Nevenka Andonova
Mimoza Ristova
Mirjana Jonoska

F I Z I KA

PËR VITIN E II TË ARSIMIT TË MESËM PROFESIONAL

Shkup, 2010

Recensentë:

Dr. Bllagoja Velanoski
Zeqirja Zeqiri
Mihail Trenovski

Dr. Nevenka Andonovska, profesor i rregullt në FSHMN, Shkup
Dr. Mimoza Ristova, profesor i rregullt në FSHMN, Shkup
Dr. Mirjana Jonoska, profesor i rregullt në FSHMN, Shkup

F I Z I K A

Për vitin e **II** të arsimit të mesëm profesional

Përkthyes:
Muzafer Beqiri

Redaktor i botimit në gjuhën shqipe:
Doc. dr. Abdyl Koleci

Lektor i botimit në gjuhën shqipe:
Abdulla Mehmeti

Ilustrimet:
Autorët

Botues:
Mistria për Arsim dhe Shkencës e Republikës së Maqedonisë

Shtypi:
Qendra grafike shpk, Shkup

Tirazhi:
2.200 copë

Me aktvendim të Ministrit për Arsim dhe Shkencë të Republikës së Maqedonisë, nr. 22-4477/1, të datës 09.08.2010, miratohet përdorimi i këtij libri shkollor.

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека “Св.Климент Охридски” , Скопје
53(075.3)
АНДОНОВСКА, Невенка
Физика за II година средно стручно образование / Невенка Андоновска, Мимоза Ристова, Мирјана Јоноска. - Скопје : Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2010. - 312 стр. : илустр. ; 30 см
ISBN 978-608-226-094-5
1. Ристова, Мимоза [автор] 2. Јоноска, Мирјана [автор]
COBISS.MK-ID 84258058

Parathënia

Ky libër i FIZIKËS është dedikuar *për të gjitha drejtimet e vitit të II të arsimit të mesëm profesional.*Ky i mbulon këto programe të ndryshme:

- programin e fizikës për drejtimin e elektroteknikës, drejtimin e grafikës, drejtimin e makinerisë, drejtimin e komunikacionit, drejtimin e ndërtimtarisë-gjeodezisë, drejtimin kimiko-teknologjik;
- programin e fizikës për drejtimin kimiko-teknologjik (teknik procesor -prodhues), drejtimin e pylltarisë-drupunues dhe
- programi i fizikës për drejtimin e mjekësisë dhe shërbime profesionale.

Te të gjitha drejtimet e përmendura si lëndë e arsimit të përgjithshëm është përfaqësuar me dy orë në javë (72 orë në vit). Çdonjëri prej programeve përmban nga 5 deri 7 tema të cilat pjesërisht janë të ndryshme, prandaj ky tekst patjetër përfshin material prej gjithësej 13 tema. Detyra e arsimtarit është të udhëheq me programin për drejtimin përkatës dhe t'i ndaj vetëm përmbajtjet e kërkuara.

Nga pikëpamja didaktike, teksti lejon edhe aktivitet të të menduarit të nxënësve. Prandaj, atje ku është e nevojshme më e qartë dhe të kuptuarit më të thellë të materialit, janë marrë detyra nga eksperimentet ose shembuj të detyrave të zgjedhura. Pothuajse çdo njësi mësimore mbaron me pyetje përkatëse, detyra dhe aktivitete, shpeshherë të lidhura edhe me shfrytëzimin e kompjuterit ose aktivitet të lidhur me eksperiment të cilin nxënësi mundet ta bën vet.

Edhe pse gjatë të shkruarit e tekstit autorët ishin në bashkëpunim permanent, por, çdo autor është mbështetës kryesor i temës së caktuar ose njësisë mësimore. Kështu,

- *dr. Nevenka Andonovska* është autor i kapitujve:2.1, 2.2, 2.3, 2.5, 2.7, 2.8, kapitujtë: 3. 1,3.2,3.3,3.7,3.8,3.9,3.10,3.11,3.12, tërë kapitullin 4, kapitujt: 5.1.5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5 .7,5.8,5.9,5.13,5.14,5.15. kapitujt:9.1,9.2,9.3,9.4,9.6,9.8,9.10,9.11,9.12,9.13,9.20,9.21. tërë kapitullin 10. tërë kapitullin 11, kapitujt: 12.1,12.2,12.3,12.4 (së bashku me M. Jonoska), 12.5,12.6,12.7 (së bashku me M.Jonoska), 12.9,12.10,12.12, 12.13.
- *dr. Mimoza Ristova* është autor i kapitijve: 5.10,5.11,5.12,8.11. tërë kapitulli 13 , kurse
- *dr. Mirjana Jonoska* është autor i: tërë kapitulli 1; kapitujtë: 2.4, 2.6. kapitujt: 3.4, 3.5, 3.6, tërë kapitulli 6, tërë kapitulli 7, kapitujt:8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, kapitujt: 9.5, 9.7, 9.9, 9.14, 9.15, 9.16, 9.17, 9.18, 9.19, kapitujt:12.4 (së bashku me N. Andonovska), 12.6, 12.7 (së bashku me N. Andonovska), 12.8 dhe 12.11.

Autorët e librit do t'u jenë mirënjohës të gjithë shfrytëzuesve të këtij teksti, nëse me sugjerimet, propozimet dhe porositë e tyre, në aspektin profesional, didaktik ose teknik, do të ndihmojnë për përmirësimin dhe përsosjen e këtij teksti.

Qershor, 2010 Autorët

P Ë R M B A J T J A

HYRJA.....1

1. TERMODINAMIKA
1.1. Hyrja.....1
Kuptimet themelore.....1
Energjia e brendshme.....2
1.2.NDRYSHIMI I ENERGJISË SË BRENDSHME.SASIA E NXEHTËSISË.....4
Si mund të ndryshon energjia e brendshme?
Kapaciteti i nxehtësisë dhe kapaciteti specifik i nxehtësisë.....4
Ndryshimi i energjisë së brendshme gjatë kryerjes së punës.....4
1.3. PARIMI I PARË I TERMODINAMIKËS.....7
Puna e gazit dhe avullit.....8
1.4. PROCESET ADIABETIKE.....10
1.5. PARIMI I PUNËS SË MAKINAVE TË NXEHTËSISË. KOEFICIENTI I VEPRIMIT MË TË DOBISHËM.....11
1.5.1. Makina ideale e nxehtësisë.....11
1.5.2. Koeficienti i veprimit të dobishëm (KVD) të makinës së nxehtësisë.....13

2. LLAMBAT MEKANIKE
2.1. LËVIZJET PERIODIKE
Konceptet themelore.....15
2.1.1. LËKUNDJET HARMONIKE
Elementet e lëvizjes lëkundëse.....16
2.2. MADHËSITË KARAKTERISTIKE TË LËKUNDJEVE HARMONIKE.....17
2.3. BARAZIMI PËR SHPEJTËSINË DHE NXITIMIN E LËVIZJES SË LËKUNDJEVE HARMONIKE.....18
2.4. LAVJERËSI MATEMATIK.....21
Perioda e lëkundjes së lavjerësit.....21
Lavjerësi fizik.....23
Zbatimi praktik i lavjerësve.....23
2.5. ENERGJIA E LËKUNDJEVE HARMONIKE.....24
2.6. MBIVENDOSJA E LËKUNDJEVE.....26
Diagrami vektorial.....26
Mbivendosja e lëkundjeve harmonike në drejtim të njëjtë dhe frekuencë të njëjtë.....26
2.7. LËKUNDJET E NGULFATURA.....29
2.8. LËKUNDJET E DETYRUARA REZONANCA MEKANIKE.....30

3. VALËT MEKANIKE DHE ZËRI
3.1. DUKURITË VALORE.....32
3.2. SHPEJTËSIA E VALËVE.....34
3.3. BARAZIMI I VALËS SË RRAFSHËT.....35
3.4. VALA INTEREFERENTE.....37
Superpozicioni i valëve.....37
Interferenca e valëve.....37
Pulsi i valës gjatë refelekimit.Vala e Stonit.....38
3.5. PRINCIPI I HAJGENS-FRENEL DIFRAKSIONI I VALËVE.....41
Principi i Hajgensit.....41
Burimet sekundare janë koherente.....41
Difraksioni i valëve.....42
3.6.REFLEKTIMI DHE THYERJA E VALËVE.....45
Reflektimi dhe përthyerja dhe parimi i Hajgens-Frenelit.....46
3.7. VALËT E ZËRIT.....48
Karakteristikat themelore të valëve të zërit.....48
3.8.INTENZITETI DHE MADHËSIA E ZËRIT.....49
3.9. REZONANCA E ZËRIT.....51
3.10. ZHURMA DHE MBROJTJA PREJ ZHURMËS.....52
3.11. EFEKTI I DOPLERIT.....53
3.12. INFRAZËRI. ULTRAZËRI DHE ZBATIMI.....55

4. ELEKTROSTATIKA
4.1. BAZAT E ELEKTROSTATIKËS.....58
4.2. LIGJI I KULONIT.....59
4.3.FORCA E FUSHËS ELEKTRIKE.....60
4.4. PUNA E ENERGJISË FUSHA ELEKTROSTATIKE.....62
Potenciali elektrik dhe tensioni.....62
4.5. DIPOLI ELEKTRIK NË FUSHËN ELEKTRIKE.....64
4.6. KAPACITETI ELEKTRIK. KONDENZATORËT.....65
4.6.1. LIDHJA E KONDENZATORËVE ELEKTRIK.....66

5. RRYMA ELEKTRIKE.....69

5.1.RRYMA ELEKTRIKE..... 69
5.2. LIGJI I OMIT.....70
5.2.1.Varësia e rezistencës prej temperaturës.....71
5.2.2. Superpërçueshmëria.....72
5.2.3. Ligji i Omit për tërë qarkun elektrik.....73
5.3. RREGULLAT E KIRKUT.....75
5.4. LIDHJA NË SERI DHE PARALELE E REZISTORËVE..... 76
5.5. ZBATIMI I RREGULLAVE TË KIRKUT.....78
5.6. PUNA DHE FORCA E RRYMËS ELEKTRIKE. LIGJI I XHULIT-LENCIT.....79
5.7. LIGJI I XHULIT PËR PËRÇUESIN HETEROGJEN VOLUMINOZ.....81
5.8. LIGJET E FARADEIT PËR ELEKTROLIZËN.....83
5.9. PROCESET ELEKTROKINETIKE.....84
Elektroforeza. Eelektroosmoza.....86
5.10. EMISIONI TERMOELEKTRONIK DHE ZBATIMI.....87
Osciloskopi..... 88
Gypi katodik te TV dhe kompjuteri.....89
Dioda vakumore.....90
Trioda.....90
5.11. GJYSMËPËRÇUESIT.....92
Përçueshmëria personale dhe zbatimi.....92
Vetitë themelore të gjysmëpërçuesëve.....94
5.12. MJETET GYJSMËPËRÇUESE..... 95
Dioda gjysmëpërçuese..... 95
(PN-kontakti)..... 95
LED-dioda..... 96
Qelitë solare..... 96
Tranzistori bipolar (PNN ose NPN).....97
MOSFET-tranzistorë.....97
Qarqet integrale (çipet)..... 98
5.13. POTENCIALI BIOELEKTRIK.(PBE)..... 100
5.14. PBE I ZEMRËS. TRURIT DHE MUSKULAVE.....102
5.16. ELEKTRODAT PËR MATJEN E POTENCIALIT BIOELEKTRIK..... 106

6. DUKURITË MAGNETIKE DHE ELEKTROMAGNETIKE
6.1. FUSHA MAGNETIKE E MAGNETËVE TË PËRHERSHËM. FUSHA MAGNETIKE E RRYMËS..... 109
Veprimi reciprok magnetik..... 109
Eksperimenti i Erstedit.....110
Fusha magnetike e përçuesit të drejtë. Vijat e forcave..... 111
Letra magnetike dhe solenoidi..... 111
6.2. FORCA MAGNETIKE (AMPERIT) INDUKSIONI MAGNETIK. FLUKSI MAGNETIK..... 113
Forca magnetike (Amperit). Induksioni magnetik.....113
Fluksi magnetik.....114
Zbatimi teknik i forcës së Amperit.....114
Konstruksioni i ampermetrit dhe voltmetrit.....116
6.3 FORCA E LORENCIT..... 117
Forca e Lorencit..... 118
Madhësia e induksionit magnetik të përçuesit e drejtë..... 118
Forca e veprimit reciprok te përçuesit paralel me rrymë. Përkufizimi për ampermetrin..... 118
Madhësia e induksionit magnetik të solenoidit nëpër të cilin rrjedh rrymë.....119
6.4. VETITË MAGNETIKE TË MATERIALEVE. Magnetet dia, para dhe fero.....120
Feromagnetët..... 120
Permeabiliteti relativ magnetik.....121

7. INDUKSIONI ELEKTROMAGNETIK
7.1. INDUKSIONI ELEKTROMAGNETIK? Eksperimentet themelore..... 122
Ligji themelor për induksionin elektromagnetik..... 123
FEM e rrymës së induktuar dhe forca e Lorencit.....125
7.2. RREGULLA E LORENCIT PËR RRYMËN E INDUKUAR. RRYMAT SHAKULLORE.....125
Rregull e Lencit..... 125
Rrymat viore (Fukit).....126
7.3. VETËINDUKSIONI.INDUKTIVITETI..... 129
Vetëinduksioni..... 129

8. LËKUNDJET ELEKTRIKE DHE VALORE, RRYMA ALTERNATIVE
8.1. RRYMA ALTERNATIVE..... 133
Parimi i punës së gjeneratorit për rrymën alternative..... 133
Vlerat efektive të rrymës alternative.....135

8.2.REZISTENCA INDUKTIVE E OMIT DHE E KAPACITETIT..... 137
Rezistenca induktive..... 138
Paraqitja fazore..... 137
Rezistenca e kapacitetit.....138
8.3. LIDHJA NË SERI E OMIT. REZISTENCA KAPACITATIVE DHE INDUKTIVE. LIGJI I OMIT PËR RRYMËN ALTERNATIVE.....140
Lidhja serike e të gjitha llojeve të rezistorëve. Ligji i Omit.....141
Rezonanca e tensionit..... 141
8.4. PUNA E FORCËS SË RRYMËS ALTERNATIVE..... 142
Qarku me rezistorë të Omit.....142
Qarku me rezistorë reaktiv.....142
Forca mesatare, maksimale dhe reaktive e rrymës alternative..... 143
8.5. TRANSFORMATORËT.....145
8.6. QARKU ELEKTRIK OSCILATOR. LËKUNDJET ELEKTROMAGNETIKE.....148
Lëkundjet personale elektromagnetike.....148
Relacioni i Tomsonit.....149
Lëkundjet e ngulfatura.....150
8.7.FITIMI I LËKUNJEVE ELEKTRIKE TË NGULFATURA.QARKU I HAPUR LËKUNDËS..... 151
Gjeneratri i lambës.....151
Rezonanca te qarku i oscilimeve elektrike..... 151
Qarqet e hapura lëkndëse. Antena..... 152
8.8. VALËT ELEKTROMAGNETIKE.....153
Lidhja ndërmjet magneteve të ndryshueshëm dhe fushave të ndryshueshme elektrike.....153
Si krijohet dhe shpërdahet vala elektromagnetike.....153
8.9. VETITË E VALËVE ELEKTROMAGNETIKE. EKESPERIMENTET E HERCIT..... 160
Llojet e valëve elektromagnetike.....160
8.11. RADIOTRANSMISIONI..... 162
Elementet e radioteknikës.....162
Radio. Modulacioni dhe demulacioni.....163
Përforcuesi 165

9.DUKURITË E DRITË DHE KUANTIT
9.1. NATYRA KORPUSKULARE-VALORE E DRITËS..... 166
9.2.REZATIMI INFRAKUQ DHE ULTRAVJOLLCË..... 168
9.2. LIGJET THEMELORE TË GJEOMETRISË OPTIKE..... 170
9.4.REFLEKSIONI TOTAL. Endoskopi..... 170
9.5. PASQYRA E RRAFSHËT.....174
Fytyra e pasqyrës së rrafshët.....174
Zbarimi i pasqyrës së rrafshët.....175
9.6. PASQYRAT SFERIKE.....176
Formimi i fytyrave te pasqyrat sferike. Barazimi i pasqyrës.....176
9.7. PËRTHYERJA NËPËR PLLAKËN PLANPARALELE. PRIZMA E HOLLË.....181
Pllaka planparalele.....181
Thyerja nëpër prizmën e hollë..... 181
9.8. THJERRËZAT OPTIKE.....182
Konstruksioni i fytyrave te thjerëzat.....184
9.9 DISPERZIONI I DRITËS. LLOJET E SPEKTREVE..... 185
Disperzioni i dritës.....185
Spektret. Llojet. Zbatimi.....186
9.10. ZBATIMI I PASQYRAVE SFERIKE. Oftalmoskop.....189
9.11. INSTRUMENTET OPTIKE.....190
Aparati fotografik. Lupa. Mikroskopi optik.....190
9.12. MIKROSKOPI OPTIK.....193
9.13.MUNGESAT E THJERRËZAVE DHE SYRIT..... 194
9.14. BURIMET KOHERENTE. INTERFERENCA E DRITËS.....196
Burimet koherente.....196
Interferenca e dritës. Eksperimentit i Jungut..... 197
9.15. DIAFRAKSIONI I DRITËS. PARMAKI I DIFRAKSIONIT.....199
Difraksioni i dritës..... 199
Parmaku i difraksionit.....200
9.16. POLARIZIMI I DRITËS.....203
Transverzaliteti i valëve të dritës..... 203
Drita natyrore (e pa polarizuar)..... 204
Zbatimi.Rrotullimi i rrafshit të polarizimit.....205
9.17. LIGJET PËR REZATIMIN ME NXEMJE. KUANTI..... 207
Rezatimi me nxemje..... 207
Ligji i Stefan-Bolcmanit..... 208

Ligji i Vinit.....209
Idea e Plankut për ekzistimin e kuanteve.....209
9.18. EFEKTI FOTOELEKTRIK.....212
Fotoefekti i jashtëm..... 212
Fotonet..... 213
Barazimi i Ajnshtajnit për fotoefektin..... 214
9.19. ZBATIMI I FOTOEFEKTIT. FOTOELEMENTET.....216
Zbatimi i fotoefektit.....216
Fotoefekti i brendshëm..... 217
Fotorezistorët..... 217
Fotoelementet.....217
9.20. RREZET E RËNTGENIT.....219
Rrezatimi frenues rëntgenetik.....220
Rrezet karakteristike të rëntgenit..... 220
9.21. ZBATIMI I RREZEVE TË RËNTGENIT..... 222
Difraksioni i rrezeve të rëntgenit..... 223

10.FOTOMETRIA
10.1. Ndjeshmëria spektrale e syrit.....225
10.2. MADHËSITË FOTOMETRIKE DHE NJËSITË E TYRE..... 226
10.3. FOTOMETRI.....228

11. FIZIKA ATOMIKE
11.1. MODELET E ATOMIT.....231
11.2.MODELI I ATOMIT TË BORIT..... 233
11.3. SQARIMI I SPEKTRËVE TË ATOMIT TË HIDROGJENIT SIPAS MODELIT TË BORIT.....234
11.4. LUMINISHENCA..... 237
11.5.EMISIONI SPONTAN DHE I STIMULUAR I RREZATIMIT.....240
11.6. LASERËT DHE ZBATIMI.....242

12. FIZIKA NUKLEARE DHE BIOFIZIKA RADIOAKTIVE
12.1. STRUKTURA E BËRTHAMËS SË ATOMIT..... 245
Njësia për masë në fizikën nukleare..... 245
12.2. FORCAT BËRTHAMORE.....247
12.3. ENERGJIA E LIDHJES SË BËRTHAMËS SË ATOMIT.....248
12.4.RADIOAKTIVITETI NATYROR..... 250
Vetitë e rrezeve alfa, beta dhe gama..... 250
12.5. LIGJI PËR ZBËRTHIMIN RADIOAKTIV.....253
12.6. REAKSIONET NUKLEARE.....256
12.7. FISIONI NUKLEAR.....258
Reaksioni vargor..... 259
12.8. REAKTORËT NUKLEAR.....262
Ekologjia dhe fizika..... 263
12.9. FIZIKA BËRTHAMORE. REAKSIONET TERMOBËRTHAMORE..... 265
Reaksionet termobërthamore të Diellit dhe yjeve.....266
Fuzioni bërthamor i kontrolluar.....266
12.10. DOZIMETRIA E RREZATIMIT JONIZUES.....268
Madhësitë dozimetrike dhe njësitë e tyre..... 268
Vlerat kufitare të dozave të lejuara..... 268
12.11. DETEKTORI PËR RREZATIM JONIZUES.....270
Regjistrimi i rrezatimit radioaktiv.....270
Fotoemulzioni.....270
Dhoma e Vilsonit. Dhoma e fluskës.....270
Njehsori Gajger-Mylerit..... 271
Metodat shintilacuese..... 273
Detektorët gjysmëpërçues.....273
12.12. KONTROLI DOZIMETRIK. DOZIMETRIA..... 274
12.13. INTERAKSIONI I RREZATIMEVE JONIZUESE MBI MATERIEN E GJALLË..... 276

13. FIZIKA E MATERIALEVE
13.1. STRUKTURA E MATERIALEVE..... 278
Modelet e strukturës së materies.....278
Modeli i gazit..... 278
Modeli i plazmës.....278
Modeli i materies kondenzuese..... 279
Lëngjet.....279
13.2. LIDHJET ATOMIKE DHE MOLEKULARE.....281
Natyra e lidhjeve kimike.....281
lidhja jonike..... 282
Lidhja kovalente..... 282
Lidhja metalike.....282
Lidhja e Van der Valsit.....283
Lidhja hidrogjenike.....284
13.3.MATERIALET KRISTALORE DHE AMORFE.....285
Parmaku kristalor (radha e prejardhjes së lashtë).....287
Defektet e parmakut të kristalit.....288
13.4. KRISTALET E LËNGTA.....290
Ndarja e kristaleve të kristaleve.....290

Si caktohen molekulat te kristalet e lëngëta.....291
Kristalet e lëngëta në teknologjinë e LCD-TFT displeit.....292
13.5. STRUKTURAT METALORE.....294
Vetitë themelore të metaleve.....294
Modeli i gazit elektronik.....295
Mungesat e modelit „gazit elektronik‘.....295
Legirimi.....297
Sinterimi.....297
13.6.POLIMERËT.....298
Plastika rreth nesh.....298
Polimerët piezoelektrike dhe piroelektike.....299
Polimerët përcjellës.....299
Biopolimerët.....300
Edhe goma është polimer.....301
Vulkanizimi i gomës.....302
13.7 QELQI DHE QERAMIKA.....303
Qelqi.....303
Prodhimi i qelqit.....304
Ngjyrosja e qelqit.....304
Qeramika.....305
Zmaltimi.....306
Qeramika rezistuese nga zjarrit.....306
Magnetet e qeramikës.....306
Qeramikët feroelektrike.....306
13.8. MATERIALET NDËRTIMORE.....307
Vetitë fizike të materialeve të rëndësishme për ndërtimtari.....308
Parametrat e gjendjes.....308
Karakteristikat strukturore.....308
Vetitë hidrofizike.....308
Vetitë termofizike.....308
Vetitë mekanike.....309
Ndërtimi efikas energjetik.....310

1.1. KUPTIMET THEMELORE TË TERMODINAMIKËS

Hyrja

Zhvillimi i industrisë, bujqësisë dhe transportit është i mundshëm vetëm në bazë të energjetikës. Tani pothuajse, makina energjetike themelore janë të ashtuquajturat makinat me nxemje. Ato janë makina ku shfrytëzohet energjia e djegëjes së naftës, qymyrit etj. Ky rol i madh i makinave me nxemje në energjetikën bashkohore kërkon të studjuarit dhe të kuptuarit e pyetjeve të lidhura me shndërrimin e energjisë gjatë djegëjes së lëngjeve të para në energji të dobishme.

Pjesa e fizikës që merret me shndërrimet energjetike të një makine me nxemje quhet **termodinamikë.** Kjo pjesë e fizikës është formuar qysh në shekullin XIX, gjatë krijimit të makinave së nxemjes. Sot, termodinamika përfshin rreth më të madh të dukurive. Ligjet e saja zbatohen në kimi, biologji, hidrodinamikë edhe shkencat tjera natyrore, *çdokundi ku vjen deri te procesi i shndërrimit të energjisë*. Termodinamika i studion praktikisht dukuritë e njëjta sikurse teoria molekulare-kinetike, por nga aspekti tjetër, me metoda tjera.Në termodinamikë nuk studiohen mekanizmat e dukurive, nuk futet në botën e mikrogrimcave dhe bashkëveprimet e tyre reciproke, këtu të gjitha dukuritë studiohen nga pikëpamja e shndërrimeve energjetike makroskopike.

Kuptimet themelore

Do të vërejmë disa koncepte themelore të termodinamikës. Koncepti **sistemi termodinamik** shpeshherë haset. Kjo është në realitet, cilido trup, ose më shumë trupa, vetitë e të cilave shqyrtohen. Shembulli më i thjeshtë i sistemit termodinamik është gazi homogjen, lëng ose trup i ngurtë.

Çdo trup real ose sistem termodinamik bashkëveprojnë në mënyrë reciproke me rrethinën. Domethënë, sistemet reale termodinamike nuk janë të izoluar. Cilët sisteme mund t'i logarisim për të **izoluar**?

Ato janë sistemet të cilët nuk bashkëveprojnë në mënyrë reciproke me rrethiën ose, më saktë, ku bashkëveprimi reciprok me rrethinën mund të eliminohet. Sistemi i këtillë mund të realizohet. Shembull i sistemit të këtillë do të jetë cilido trup, i vendosur në enën e Djuarovit (fig. 1). Ena e Djuarovit ka gaqe të qelqit ose metalike që janë të dyfishta, ashtu që ndërmjet faqeve është vakumi. Faqet e këtilla të cilët shumë mirë e izolojnë brendësinë e enës nga rrethina, mundësojnë realizimin e sistemeve të izoluar të nxehtësisë.

Sistemet e izoluara të termodinamikës gjenden në gjendje të caktuar termodinamike.

Gjendja termodinamike e sistemit caktohet nëpërmjet numër të caktuar të parametrave të cilët njëvlerësisht e karakterizojnë sistemin e dhënë. Për shembull, si sistem termodinamik le të na paraqet sai të caktuar të gazit ideal të vendosur në cilindër me çep që mundet lehtë të lëviz. Gjendja termodinamike e këtij gazi plotësisht është përcaktuar nëse dihet temperatura, vëllimi dhe shtypja e gazit.

Në një sistem termodinamik ekziston gjendja e baraspeshës dhe jobaraspeshës. Në rastin e gazit te cilindri i izoluat, i paraqitur në figurën 2 bëhet fjalë për gjendjen e baraspeshës së gazit. Pikërisht, me gjendje të baraspeshës së një sistemi nënkuptohet gjendja ku në mënyrë mikroskopike ndryshojnë parametrat e gjendjes (shtypja, vëllimi dhe temperatura e gazit) as që vjen deri te ndryshimi i gjendjes agregate të trupit prej sistemit. (Kjo nuk do të thotë se mikroproceset nuk ndodhin, dihet se, për shembull, lëvizja hautike e braunit të molekulave të gazit nuk ndërpritet). Na do të ndalemi vetëm te gjendejet e baraspeshave të sistemeve.

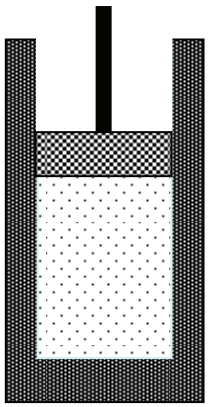


fig. 2

Gjendja e baraspeshës së një sistemi termodinamik mund të tregohet grafikisht. Për shembull, gjendja e një gazi ideal (sasi e përcaktuar e gazit , për shembull 1 mol) mund të caktohet me pikë në rrafsh ku te boshtet e koordinatave barten vëllimi dhe shtypja e gazit (fig. 3).

Paraqitja e këtillë e gjendjes së gazit është e mundshme nga shkaku që parametrat: shtypja, vëllimi dhe temperatura e gazit nuk janë të varur.

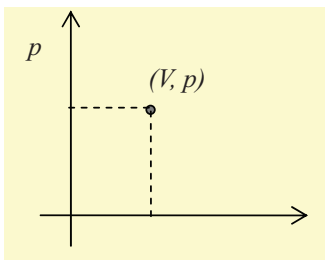


fig.3

E dim, për sasi të caktuar të gazit, këto parametra janë të lidhur me barazimin e Klapejrit të pozitës:

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{ose} \quad pV = nRT \tag{1}$$

Te ky realcion p është shtypja, V vëllimi, T temperatura e gazit, m masa e gazit, M nasa e tij molare, kurse R konstanta univerzale e gazit.

$$R = 8{,}32\,\frac{\mathrm{J}}{(\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K})} \tag{2}$$

Numri i molëve, sasi e substancës te gazi n caktohet si raport ndërmjet masës së gazit m dhe masës së tij molare M.

$$n = \frac{m}{M}$$

Për llojet tjera të sistemeve termodinamke vlen barazimi tjetër i gjendejes, që më së shpeshti, caktohet eksperimentalisht.

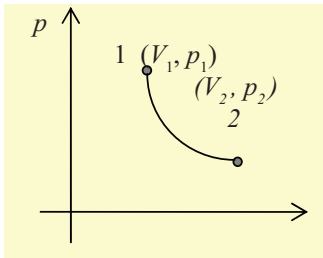


fig.4

Nëse te një sistem termodinamik ka ardhur deri te ndryshimi i gjendjes, themi, ka ardhur deri te **procesi termodinamik**.

Procesi termodinamik, zakonisht, paraqiten grafikisht (fig. 4). Për gazin ideal shfrytëzohet (p,V)-diagrami.Ai është sistem koordinativ ku te boshti i abshisës bartet vëllimi V, kurse te boshti i ordinatës- shtypja p. Te figura 4 janë paraqitur dy gjendje të gazit ideal (V_1,p_1) dhe (V_2,p_2). Lakorja (1-2) e jep vijimin e procesit prej kalimit të gjendjes 1 në gjendjen 2. Duhet të nënvizohet se grafikisht mund të paraqiten vetëm proceset baraspeshe, d.m.th. procese te të cilët vjen te deri te kalimet e pandërprera prej një gjendej baraspeshe në tjetrën. Gjatë procesit vjen deri te ndonjë gjendje pa baraspeshë, atëherë procesi nuk mund të paraqitet grafikisht.

Energjia e Brendshme

Është e njohur se te sistemet e mbyllur, të izoluar, për shkak të fërkimit, themi se pjesë e sistemit të nxemjes, themi se pjesë e energjisë shndërrohet në energji të brendshme më së miri sqarohet nëpërmjet teorisë molekulare-kinetike.

Do të marrim si sistem sasi të caktuar të gazit ideal. Molekulat e gazit janë në gjendje të lëvizjes haotike të vijueshme. Çdo molekul ka sasi të caktuar të energjisë. **Me energji të brendshme nënkuptojmë energji kinetike e molekulave të gazit**.Ku bëhet fjalë për gazin real. lëng ose trup i ngurtë, nuk mundet

sikurse te gazi ideal të eliminohen bashkëveprimet reciproke ndërmjet molekulave: atje grimcat gjenden te fusha forcave molekulare, prandaj kanë edhe energji potenciale. Prandaj themi:*energjia e brendshme e një sistemi (ose trupi) është energji kinetike e lëvizjes së molekulave si edhe energjia potenciale e bashkëveprimit reciprok molekular*.

Do ta njehsojmë energjinë e brendshme të sistemit termodinamik të gazit ideal. Energjia e brendshme U është e barabartë me shumën e energjisë kinetike të lëvizjes translatore të çdonjërës molekulë $\left(\overline{E}_{ki}\right)$:

$$U = \overline{E}_{\mathrm{k1}} + \overline{E}_{\mathrm{k2}} + \overline{E}_{\mathrm{k3}} + \cdots + \overline{E}_{\mathrm{kn}} \qquad (4)$$

Duhet të përmendet se kjo është e saktë nëse bëhet fjalë molekulat njëatomike. *Nëse molekula është shumëmolekulare, atëherë patjetër të kemi llogari edhe për energjinë kinetike të trupit rrotullues*.

Te teoria molekulare-kinetike tregohet se energjia mesatare kinetike e molekulave të gazit njëatomik është dhënë me:

$$\overline{E}_{\mathrm{k}} = \frac{3}{2}kT \qquad (5)$$

ku k është konstantja e Bolcanit,

$$k{=}1{,}38{\cdot}10^{-23}\mathrm{J/K},$$

kurse T temperatura absolute e gazit.

Në një mol gaz ka N_A molekula (N_A është numri i Avogardit), pra energjia e një moli të gazit njëatomësh është:

$$U_M = N_{\mathrm{A}}\overline{E}_{\mathrm{k}} = N_{\mathrm{A}}\frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}RT \qquad (6)$$

pasi $N_A k{=}R$.

Prej këtij relacioni shihet se energjia e përgjithshme e 1 moli të gazit ideal nuk varet prej vëllimit të tij ose shtypjes, por vetëm prej temperaturës së tij. Relacioni (6) për gazërat dy

atomik është $U_M = \frac{6}{2}RT = 3RT$ kurse për

shumë atomikët $U_M = \frac{6}{2}RT = 3RT$, që tregon se te të gjitha gazërat *madhësia themelore fizike te energjia e brendshme të gazit është temperatura.* Prej këtu vijon: nëse vjen deri te ndryshimi i energjisë së brendshme të gazit ideal, atëherë ai ndryshim sigurisht karakterizohet me temperaturën e gazit:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}R\left(T_2 - T_1\right) \qquad (7)$$

Me fjalë tjera: **energjia e brendshme është funksion e gjendjes së një gazi**. Kjo do të thotë kur sistemi gjendet në një gjendje, energjia e tij e brendshme e ka vlerën e caktuar që i takon asaj gjendje, pavarësisht nga ajo gjendja paraprake sistemi ka kaluar në këtë gjendje. Nëse kemi sasi më të madhe të gazit, n mola gaz, atëherë energjia e brendshme është dhënë me:

$$U = n\frac{3}{2}RT, \quad \text{por pasi} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_{\mathrm{A}}}$$

dhe

$$k = \frac{R}{N_{\mathrm{A}}} \quad \text{vijon}$$

$$U = N \cdot \frac{3}{2}kT \qquad (8)$$

Energjia e brendshme të sistemit të gazit ideal varet vetëm prej temperaturës së gazit dhe prej numrit të përgjithshëm të molekulave të gazit. Te gazet shumëattomike fitohen relacione të

ngjashme: për dyatomiket $U = N \cdot \frac{5}{2}kT$,

kurse për shumëatomiket. $U = N \cdot 3kT$.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka është sistemi termodinamik? Përmend disa shembuj.
2. Çka është gjendja e baraspeshës termodinamike dhe si caktohet?
3. Përmend disa shembuj të proceseve termodinamike.
4. Çka është energjia e brendshme e një sistemi termodinamik? Me cilat njësi matet?
5. Prej çka varet energjia e brendshme për ndonjë sasi të gazit?

1.2.NDRYSHIMI I ENERGJISË SË BRENDSHME. SASIA E NXEHTËSISË

Si mund të ndryshon energjia e brendshme? Kapaciteti i nxehtësisë dhe kapaciteti specifik i nxehtësisë.

Deri te ndryshimi i energjisë së brendshme të sasisë së caktuar të gazit mund të vjen në dy mënyra:
1.Me *nxemjen ose me ftohjen e gazit* (nëse ai gjendet në kontakt me trup më të nxehtë ose më të ftohët).
2. Me *zgjerimin ose komprimimin e gazit* (kur gazi zgjerohet ai kryen punë dhe energjia e tij e brendshme zvogëlohet, derisa gazi komprimohet prej jashta kryhet punë pra energjia e tij e brendshme rritet).
Me mënyrën e parë të ndryshimit të energjisë së brendshme sqarohet kuptimi *sasia e nxehtësisë*. Pikërisht, gjatë nxemjes ose ftohjes të një sistemi termodinamik vjen deri te *shkëmbimi i nxehtësisë. Energjia e përcjellur te trupi (sistemit) ose merr prej tij, në procesin e shkëmbimit të nxehtësisë quhet* **sasia e nxehtësisë**.
Si sistem do të marrim sasi të gazit ideal dhe atë e nxejmë me ngrohës (trup në temperaturë të lartë). (fig. 1). Nëse çepi i gazit qëndron i fiksuar në të njëjtin vend, me nxemjen e gazit zmadhohet energjia e tij e brendshme, dhe atë ashtu që sasi e nxehtësisë e futur Q është e barabartë me ndryshimin e energjisë së brendshme ΔU:

$$Q=\Delta U \qquad (1)$$

Prandaj, për sasisë e nxehtësisë gjykohet sipas ndryshimit të energjisë së brendshme të sismit. Të gjithë matjet kalo metrike bazohen në këtë parim. Prova dhe përvoja e përditshme na tregojnë se nxemjet e barabarta të trupave të ndryshëm janë të nevojshme sasi të ndryshme të nxehtësisë

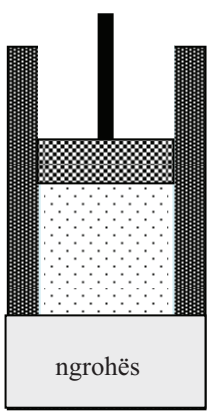


fig. 1

Kapaciteti i nxehtësisë C_m i një trupi është sasia e nxehtësisë që i lajmëron trupit (i shtohet ose i merrë) që t'i ndryshon temperatura për 1 kelvin. Matet me xhul në kelvin. Ose:

$$C_m = \frac{Q}{\Delta T}\left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}\right] \qquad (2)$$

Që të ndahen vetitë e ndryshme të nxehtësisë të substancave të ndryshme është futur koncepti **kapaciteti specifik i nxehtësisë**.
Kapaciteti specifik i nxehtësisë është sasia e nxehtësisë që duhet të lajmëroj (shtohet ose zbritet) në njësi mase të substancës së dhënë që të ndryshon temperatrura e tij për një kelvin. Matet në J/(kg K) dhe shënohet me c. Ose

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}\left[\frac{\mathrm{J}}{(\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K})}\right] \qquad (3)$$

Pasi për nxemjen e 1 kg masë nga substanca e nevojshme c, për nxemjen e masës (m) nga substanca e njëjtë është sasia e nevojshme e substancës Q të dhënë me:

$$Q = c\ m\ \Delta T \qquad (4)$$

Për madhësinë fizike *sasi e nxemjes* shpeshherë shfrytëzohet emri *nxehtësi*.

1.2.2. Ndryshimi i energjisë së brendshme gjatë kryerjes së punës

Energjia e brendshme e një gazi, përveç me nxemje se ftohje, mund të ftohet mund të ndry-shon edhe me ekspanzion ose komprimimin e gazit. Të supozojmë në enën e izoluar cilindrike të kemi gaz të mbyllur. Çepi i enës lëvit lehtë (fig.2). Forcat e shtypjes së gazit veprojnë në faqet e enës dhe e lëvizin lehtë çepin e lëvizshëm, pra kështu kryen punë. Nëse gjatë këtij procesi nuk shtohet kurrfarë energjie punën që e kryen gazi kryhet në llogari të energjisë së gazit.

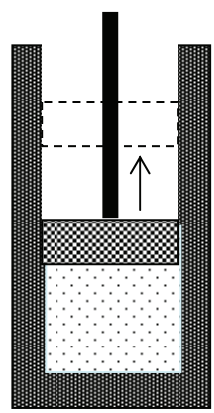


fig. 2

Gjatë ekspanzionit të gazit, energjia e brendshme e gazit zvogëlohet. Gazi ftohet.
Nëse gazi komprimihet, kryhet punë nga jashta, poashtu energjia e brendshme e sistemit zmadhohet.
Njëri nga shekncëtarët e parë ka treguar se ndryshimi i energjisë së brendshme të sistemit është e barabartë me punën e kryer është Xhul (James Prescott Joule (1818-1889). Në figurën 3 është dhënë skema parimore e eksperimentit të tij.
Te ena me ujë A janë futur lopata, të lidhura me një bosht nëpërmjet të cilës mund të rrotullo-

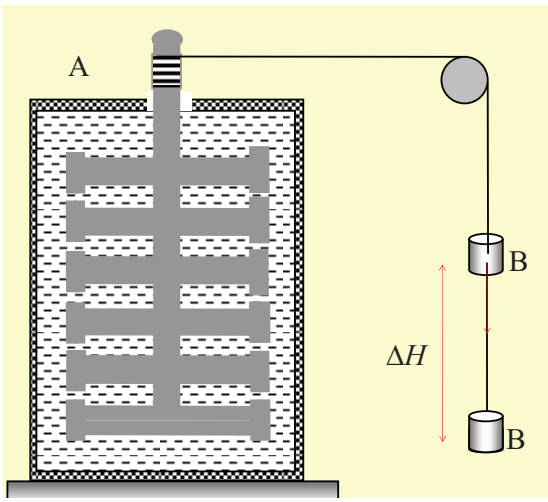


fig. 3

hen. Rrotullimi mundësohet me veprimin e forcës të trupit B që lëviz nën ndikimin e peshës Tokësore, ashtu që lehtë mund të matet puna e kryer i trupit B:

$$A = m\,g\,\Delta H \qquad (5)$$

Gjatë fërkimit të lopateve me ujë, uji nxehet. Vjen deri te ndryshimi i energjisë së brendshme e ujit. Ai ndryshim është i barabartë me punën e kryer të trupit B. (Eksperimenti tregon poashtu vjen deri te nxemja edhe e lopatave dhe të enës, por ajo mund të eliminohet). Me matje të temperaturës në enë, mund të matet ndryshimi i energjisë së brendshme të sistemit.

Xhuli ka treguar se puna prej 4186 J gjithmonë e rrit temperaturën e 1 kg ujë për 1 kelvin.
Ky eksperiment dikur ka luajtur rol shumë të rëndësishëm në fizikë. Me atë për herë të parë ishte treguar se energjia mekanike dhe nxehtësia (energjia e brendshme) e sistemit janë madhësi fizike ekuivalente dhe duhet të maten me njësitë e njëjta.
Eksperimenti i Xhulit e ka vërtetuar ligjin për ruajtjen e energjisë në kuptimin e gjerë të fjalës:
Te lëvizjet e të gjitha sistemeve të izoluara, shuma e energjisë kinetike, energjisë potenciale dhe energjisë së brendshme të të gjithë trupave që e përbëjnë sistemin, është konstant dhe nuk ndryshon. Ajo shumë e përbën gjithë energjinë e sistemit. Formulimi matematikor i këtij ligji e jep përmbajtjen e njërit prej parimeve themelore, parimin I të termodinamikës.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si mund të ndodh ndryshimi i energjisë së brendshme të një sistemi termodinamik?
2. Me cilin relacion tregohet sasia e nxehtësisë dhe me cilat njësi matet?
3. Çfarë kapacitet të nxehtësisë duhet të kenë furrat termoakumuluese?
4. te tabela më poshtë është dhënë kapaciteti specifik i nxehtësisë të shumë substancave. Nëse përdorni ngrohës të njëjtë për të nxehur 1 kilogramë ujë dhe 1 kilogramë hekur për 50 shkallë, çka më shpejtë do të nxehet dhe pse?

substanca	c[J/(kg.K)]
ujë	4186,8
Fe	460
Hg	120
Ag	250
Cu	380
ajër	1010
akull	2090
petrolej	2140
eter	2340
glicerin	2430

5. Kemi dy trupa: i pari është kub me masë 100g. kurse i dyti kub hekuri me masë 50 g. Cili prej të dy trupave ka kapacitet të nxehtësisë më të madhe?

6. Gjatë caktimit të energjisë së nxehtësisë së shpenzuar për nxemje të 3 kg ujë te ena e bakrrit me masë 12 kg nuk është mbajtur llogari për energjinë e shpenzuar për nxemjen e enës. Çfarë gabimi në përqindje është bërë gjatë kësaj? (Përgj. 3,5%).

7.Sa nxehtësi duhet t'i shtohet 4 kg ujë që e njëjta të nxehet prej 20^0 C? Njehsimet që do t'i bëni janë të sakta, duke pasur parasysh faktin që uji e nxeni në enë?

Pak histori

James Prescott Joule (1818 - 1889)

Xhuli ka qenë fizikan britanik. Është marrë me hulumtime eksperimentale.
Punimin e parë për ekuivalencën mekanike të nxehtësisë e ka dhënë në vitin
1843. Në moshën 22 vjeçare e ka dhënë ligjin shumë të rëndësishëm për
nxehtësinë të prodhuar me rrymë elektrike, sot të njohur si ligji i Xhul-Lenc
Njësia xhul për punë dhe energji e mban emrin e tij.

Rezime e shkurtër

Sistemi termodinamik është cilido trup, ose shumë trupa vetitë e të cilëve shqyrtohen. Sistemet të cilët nuk bashkëveprojnë reciprokisht me rrethinën, më saktë, bashkëveprimi reciprok i të cilit me rrethinën mund të eliminohet, i llogarisim të **izoluar**.

Gjendja termodinamike e sistemit caktohet nëpërmjet numrit të caktuar të parametrave të cilët njëvlerësisht e karakterizojnë sistemin e dhënë.
Me **gjendje baraspeshë** të një sistemi nënkuptohet gjendja te e cila në mënyrë makroskopike nuk ndryshojnë parametrat e gjendjes, as që vjen deri te ndryshimi i gjendjes agregate të trupit të sistemit.

Energjia e brendshme e një sistemi ose trupi është energjia kinetike e lëvizjes së molekulave, si edhe energjia potenciale e bashkëveprimit molekular reciprok.Energjia e nrendshme është funksion e gjendjes së një gazi. Energjia e bartur te trupi (sistemi), ose marrja prej tij, te procesi i shkëmbimit të nxehtësisë quhet **sasia e nxehtësisë**.

Kapaciteti i nxehtësisë i një trupit është sasia e nxehtësisë që i lajmërohet trupit (i shtohet ose i merret) që t'i ndryshon temperatura për 1 kelvin.

Kapaciteti specifik i nxehtësisë i ndonjë substance është sasia e nxehtësisë ë duhet t'i lajmërohet (shtohet ose merret) të njësi mase të subsatncës së dhënë që të ndryshon temperatura e tij për një kelvin.

Ndryshimi i energjisë së brendshme të sasisë së caktuar të gazit ose zgjerimi ose komprimimi i gazit. Gjatë zgjerimit të gazit ftohet, kurse gjatë komprimimit puna kryhet nga jashta gazi ngrohet, energjia e brendshme e sistemit rritet.
Shuma e energjisë kinetike, energjia potenciale dhe e brendshme e të gjitha trupave që e përbëjnë një sistem të izoluar është konstant, nuk ndryshon. Ky është zgjeruar **ligji për ruajtjen e energjisë**.

1.3.PARIMI I PARË I TERMODINAMIKËS

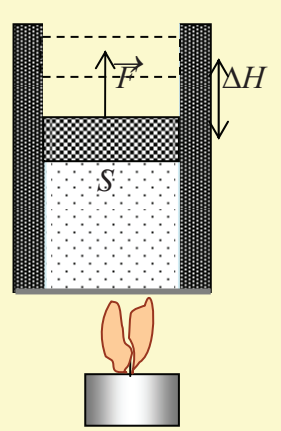


Fig. 1

Një sasi e gazit ngrohet në cilindër të mbyllur me çep lehtë të lëvizshëm (figura 1). Gjatë nxemjes gazi zgjerohet dhe e lëviz çepin lartë. Gazit me nxemje i kemi dhënë një sasi nxehtësie Q. Kjo nxehtësi është shpenzuar për kryerjen e punës A dhe për ndryshimin e energjisë së brendshme të gazit (ΔU).

Kjo mund të shkruhet si:

$$Q = A + \Delta U \qquad (1)$$

Ky barazim e shpreh ligjin e ruajtjes së energjisë. Ky është formulimi matematikor **e parimit I të termodinamikës.**

Sasia e nxehtësisë që lajmërohet në një sistem shpenzohet për ndryshimin e energjisë së brendshme të sistemit dhe për kryerjen e punës prej sistemit përballë veprimit të forcave të brendshme.

Prej këtij parimi shihet se në çdo sistem të izoluar shuma e energjisë mekanike dhe të brendshme (të nxehtësisë) mbetet konstante, e pandryshueshme. As energjia mekanike, as e nxehtësisë nuk mund të jenë të përballuara prej tasgjë, as që mund të jenë të zhdukura. „Permetum mobile"- makina e nxehtësisë që do të punonte pa i dhënë energji nuk mund të krijon.

Që të kryhet ndonjë punë mekanike, është e nevojshme trupit i cili duhet ta kryen punën t'i shtohet ndonjë energji të nxehtësisë.

Parimin e parë i termodinamikës do ta zba tojmë në disa procese te gazërat ideal.

a.Gazi që është mbyllur si te figura 1 le të ngrohet, kurse **vëllimi le të jetë konstantë (proces izohor)**, domethënë çepi qëndron në vendin e njëjtë. Në këtë rast nuk ak lëvizje, puna e kryer është e barabartë me tero dhe gjithë nxehtësia e futur është shpenzuar për ngrohje të gazit, për ndryshimin e energjisë së brendshme të gazit:

$$Q_V = \Delta U \qquad (2)$$

ku Q_V është sasia e nxehtësisë që i është shtuar gazit në kushtet e vëllimit konstant, në çka tregon indeksi V. Domethënë, *gjatë procesit izohor gjithë sasia e nxehtësisë që është sjellur shkon për zmadhimin e energjisë së brendshme të sistemit*.

b. Te **procesi izohor**, shtypja e gazit te ena (fig. 1) mbahet konstant. Nëse gazit i shtohet ndonjë sasi e energjisë, ai pjesërisht shndërrohet në punë, kurse pjesërisht shpenzohet për nxemjen e gazit:

$$Q_p = A_p + \Delta U \qquad (3)$$

Indeksi p edhe këtu paraqet se shtuarja e nxehtësisë bëhet gjatë shtypjes konstante.

Ta njehsojmë punën që kryhet. Pasi p=const, konstante është edhe forca e shtypjes së gazit që vepron te çepi, pra puna që e kryen është e barabartë me prodhimin e forcës F dhe zhvendosja ΔH që është në kahje të forcës së shtypjes (fig. 1):

$$A_p = F\,\Delta H = p\,S\,\Delta H = p\,\Delta V \qquad (4)$$

Në këtë relacion me S do ta shënojmë prerjen e sipërfaqes së çepit mbi çepin mbi të cilin vepron forca e shtypjes. Prodhimi $S\Delta H$=ΔV.

Puna është e barabartë me prodhimin e shtypjes dhe ndryshimit të vëllimit të gazit.

c. Të supozojmë më në fund se shtuarja e sasisë së nxehtësisë e kryejmë ashtu që gazi të mos ta ndryshon temperaturën. Kjo është *procesi izoterm*. Po ashtu temperatura nuk ndryshon, domethënë energjia e brendshme nuk ndryshon ΔU=0. Gjithë sasia e nxehtësisë e futur është shndërruar në punën e kryer:

$$Q_T = A_T \qquad (5)$$

Gjatë procesit izoterm gjithë sasia e nxehtësisë e futur shpenzohet për kryerjen e punës mekanike. Megjithatë, do të shikojmë se shfrytëzimi tërë-

sisht është i kufizuar, për të cilën do të bëhet fjalë më vonë.

Puna e gazit dhe avulli

treguam se gazi, përkatësisht avulli mundet gjatë disa kushteve të kryen punë.
Do të kthehemi te procesi izobar. Puna atje është e barabartë me:

$$A_p = p\,\Delta V = p\,(V_2 - V_1) \qquad (6)$$

Nëse te (p-V)- sistem koordinativ paraqitet procesi izobar fitohet vijë e drejtë, paralele me boshtin e abshisë (figura 2).

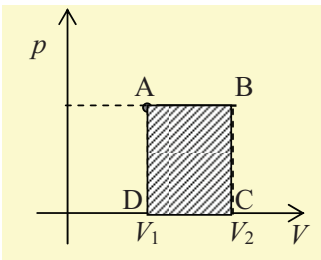


Fig. 2

Prej grafikut është e qartë se prodhimi $p(V_2-V_1)$ është në realitet numerikisht e barabartë me syprinën *ABCD*, domethënë syprina e sipërfaqes të kufizuar me drejtëzën e shtypjes dhe boshtit të abshisës në intervalin e vëllimeve fillestar V_1 dhe të fundit V_2.
Mund të tregohet se kjo punë varet vetëm prej ndryshimit të temperaturës, Të supozojmë se kemi n mol gaz. Sipas barazimit të Klajperit të gjendjes së gazit në fillim dhe në fund është

$$\begin{aligned} pV_1 &= n\,R\,T_1 \\ pV_2 &= n\,R\,T_2 \end{aligned} \qquad (7)$$

Nëse prej barazimit të poshtëm e zbresim barazimin e sipërm fitohet

$$P\,(V_2 - V_1) = n\,R\,(T_2 - T_1) \qquad (8)$$

prej ku është e qartë se *puna e kryer varet prej ndryshimit të temperaturës*.
Nëse supozojmë të kemi 1 mol gaz, dhe ndryshimi i temperaturës është 1 kelvin, atëherë sipas (8) puna e kryer është e barabartë me R.
Kjo tregon se gazi univerzal konstant e ka këtë rëndësi fizike:

Konstantja univerzale konstante R është e barabartë me punën që e kryen një mol gaz ideal, për shtypje konstante, kur temperatura e tij ndryshon për një kelvin.

Nëse gazi kryen zgjerimin sipas ndonjë lakore të pa përcaktuar, procesi është çfarëdo, edhe pse vëllimi i është ndryshuar prej ndonjë V_1 në vëllim V_2, kurse procesi ka rrjedh ashtu që ndërmjet kohës kanë ndodhur gjendje që i përshkruan lakorja M - N (figura 1) gjithashtu mund të caktohet puna e gazit që e ka krye.
Intervalin $V_2 - V_1$ e ndajmë në numër të madh të intervaleve shumë të vogla. Ato le të jenë N,por cilido të jetë prej tyre e ka gjerësinë ΔV_1. Për një interval të vogël të atillë ndryshimit të vëllimit mund t'i pengon se shtypja p_i është konstante, pikërisht pjesa e lakores që i takon atij intervali të vogël të vëllimit, mund të llogaritet për drejtëz paralele me boshtin e abshis. Atëherë puna e kryer prej gazit gjatë ndryshimit të vëllimir ΔV_i është:

$$A_i = \pi_i\,\Delta V_i \qquad (9)$$

Punën tërësisht të kryer gjatë procesit M-N do ta fitojmë kur do t'i mbledhim punët e kryera

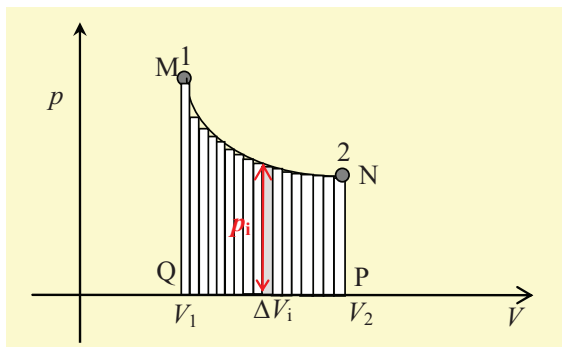


Fig. 3

gjatë gjithë N intervaleve të vogla. Pasi $p_i\,\Delta V_i$ numerikisht është e barabartë me syprinën e drejtkëndëshit të të kaltër të vogël, puna e përgjithshme e gazit numerikisht është e barabartë me syprinën ndërmjet lakores M-N dhe boshtit të abshisës. Ajo është syprina MNPQ që është e barabartë me shumën e sipërfaqeve të gjithë drejtëkëshave të vegjël.

Duhet të përmendet se zhvendosja e punës në këtë mënyrë është aq më e mirë sa është numri i intervaleve më i madh. Në kushte të atilla, syprina e sipërfaqes MNPQ është shumë afër me sipërfaqen e të gjithë drejtkëndëshave.

Të shikojmë tani çka ndodh gjatë **gazit të komprimuar**. Për fillim do të supozojmë se kompresioni bëhet gjatë shtypjes konstante dhe se gazi prej vëllimit V_2 (figura 2) gradualisht zvogëlohet vëllimi që në fund bëhet V_1 . Gjatë ndodhjes izobare të këtillë të gazit *puna kryhet nga forcat e jashtme, përballë forcave të shtypjes së gazit, dhe prandaj ajo punë është negative.* Dhe në përgjithësi, nëse një proces rrjedh prej vëllimit më të madh nga më i vogli, puna që kryhet numerikisht është e barabartë:

$$p\Delta V = p(V_2 - V_1)$$

por e kryejnë forcat e jashtëme përballë forcave të shtypjes, **ajo punë është negative**. Edhe në kushte kur procesi nuk është izobar, por çfarëdo që të jetë, punën e fitojmë se syprinë të sipërfaqes të kufizuar me lakoren e procesit dhe boshtit të abshisës, por ajo punë është negative.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si thotë parimi I i termodinamikës për procesin izohor?
2. Si njehsohet puna gjatë procesit izobar?
3.kur është pozitive, por kur është negative puna e një gazi ideal? A\pajtohet ajo me përkufizimin fillestar për punën të mësuar në mekanikë?
4. Vëllimi e ndonjë sasie të gazit ndryshon prej V_1 në V_2 një herë izotermë, kurse pastaj izobar. kur kryhet punë më e madhe?
5. Një mol gaz është mbyllur në cilindër dhe i kryen proceset me AB, BC, CD, DA, sikurse është paraqitur te diagrami nga figura 4. Përshkruaj procset të cilat mbesin këtu. Sa punë është krye gjatë gjithë ciklit? (Përgj. 50 J).

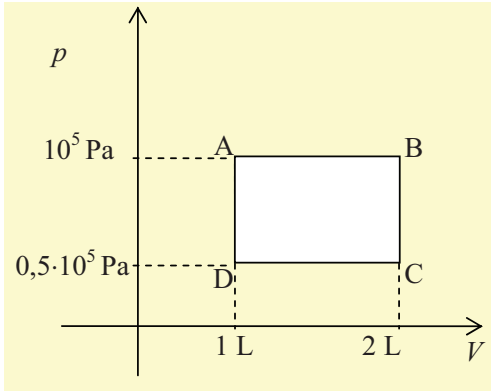


Fig. 4

6. Çfarë procese ndodhin nëse rrjedhin në kahen e kundërt ADCBA? A do të kryen atëherë gazi punë dhe sa?

7.Në cilindër me çep gjendet ajër me masë 0,2 kg. Gazi ngrohet ashtu që temperatura i është ndryshuar për 88 K. Sa punë do të kryhet megjithatë, nëse ndodh gjatë shtypjes konstante? Masa molare e ajrit është 0,029 kg/mol. (Përgj. 5383 J).

Rezime e shkurtër

Parimi I i termodinamikës thotë: sasi e nxehtësisë që lajmërohet te një sistem, shpenzohet për ndryshimin e energjisë së brendshme të sistemit dhe për të krye punë përballë forcave të jashtme. Ose: „Permutim mobile"-makina me nxemje që do të punonte pa i shtuar energji nuk do të krijohet.

Nëse një proces rrjedh prej vëllimit të vogël nga më i madhi, puna që megjithatë kryhet numerikisht është e barabartë me prodhimin $p\Delta V$ dhe ajo është pozitive, por nëse procesi realizohet prej vëllimit më të madh nga më i vogël punën e kryejnë forcat e jashtme përballë forcave të shtypjes, dhe ajo punë është negative. ***Konstanta univerzale e gazit R është e barabartë me punën që e kryen një mol gaz ideal, gjatë shtypjes konstante, kur temperatura e tij ndryshon për një kelvin.***

1.4. PROCESET ADIABATIKE

Në termodinamikë rëndësi të veçantë kanë proceset adiabatike. Atë janë procese: **procese ku sistemi nuk kryen kurrfarë shkëmbim të nxehtësisë nga rrethina.** Për këto procee:

$$Q = 0 \qquad (1)$$

Që të mundësohet proces i këtillë, do të duhej gazi të gjendet në enë me izolim të nxehtësisë ideale. Realisht izolim i atillë vështir arrihet. Megjithatë, në natyrë përsëri hasen një varg procese të cilat llogariten për adiabatik. Ato janë shumë të shpejtë, ose procese eksplozive, te të cilat nuk ka kohë që të realizohet shkëmbimi i nxehtësisë.
Nëse kemi parasysh për (1) parimi I i termodinamikës, të dhënë me:

$$Q = A + \Delta U$$

kalon në $A + \Delta U = 0$ ose

$$\Delta U = - A \qquad (2)$$

ndryshimi i energjisë së brendshme është e barabartë me punën me shenjë negative. Si është interpretimi fizikë në këtë gjykum?
Le të jetë, për shembull gazi të zgjerohet në mënyrë adiabate. Atëherë ai kryen punë në kahe të forcave të shtypjes (punë pozitive), por ka ndoshur ndryshim negativ i energjisë së brendshme. Domethënë, energjia e brendshme zvogëlohet. Gazi ftohet. Themi: **zgjerimi adiabat kryhet në llogari të enegjisë së brendshme të sistemit.**
Anasjelltas, nëse mbi gazin kryhet kompresim adiabatik, atëherë puna kryhet nga jashta, ajo është orientuar përballë veprimit të forcave të shtypjes, domethënë ajo punë është negative.Puna negative sipas (2) domethënë ndryshimi pozitiv i energjisë së brendshme. Gjatë kompresimit adiabatik gazi ngrohet. Procesi adiabatik i idealizuar mnd të kryhet te cilindri me gaz (figura 1) faqet e të cilit janë izolator ideal të nxehtësisë. Nëse gazi „vet vetiu„ nën ndikimin e forcave të shtypjes e rilëviz çeoin lartë, ai kryen punë pozitive, në llogari të energjisë së brendshme, por gazi ftohet. Anasjelltas, nëse gazi prej jashta komprimohet, temperatura do të hyp.

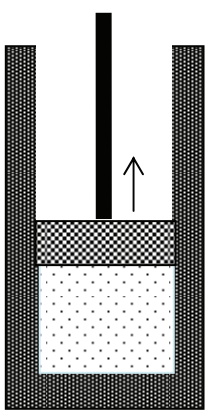


Fig. 1

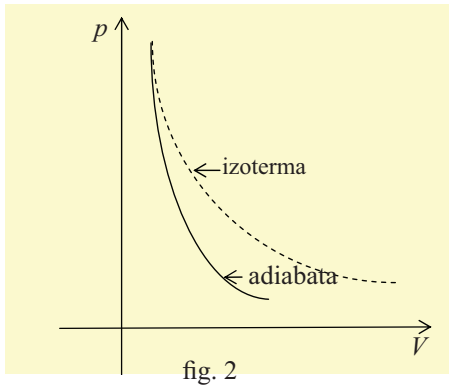


fig. 2

Varshmëria e shtypjes së gazit prej vëllimit te proceset adiabate është paraqitur në figurën 2. Lakorja e varshmërisë quhet **adiabata**.
Në të njëjtin sistem koordinativ, për krahasim është dhënë edhe grafiku i varshmërisë së shtypjes së gazit prej vëllimit gjatë proceseve izoterme. Shihet se adiabata është „më e pjerrët„ lakore nga izoterma. Shkaku për zvogëlim më të madh e shtypjes gjatë zgjerimit adiabat sqarohet në këtë mënyrë: te procesi adiabat deri te zvogëlimi i shtypjes vjen nga dy shkaqe: edhe për shkak të zmadhimit të vëllimit, ngjashëm si te proceset izoterme, por edhe për shkak të ftohjes së gazit.

Pyetje, detyra, aktivitete

1.Vëllimi i gazit znadhohetdyfish, një herë izoterm, kurse pastaj adiabat. Kur gazi kryen punë më të madhe? Kur ftohet?
2. Mbi gazin e një ene të izoluar kryhet kompresim adiabatik. Çfarë pune kryhet? Sqaro shenjën e punës.

Rezime e shkurtër
Proceset te të cilët sistemi nuk kryen kurrfarë shkëmbim të nxehtësisë me rrethinën janë adiabatik. Gjatë zgjerimit adiabatik gazi ftohet, kurse gjatë kompresimit adiabatik ngrohet.

1.5. PARIMI I PUNËS SË MOTORËVE ME NGOHJE. KOEFICIENTI I VEPRIMIT MË TË DOBISHËM

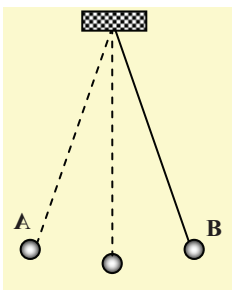
Motorët ideal të nxehtësisë

Motorët të cilët e shfrytëzojnë energjinë e brendshme të nxehtësisë dhe atë e shndërrojnë në punë quhen **motorë të nxehtësisë.**

Para se të njihemi me parimet themelore të këtyre motorëve, duhet të njihemi me një fakt të rëndësishëm të lidhur me natyrën të proceseve të natyrës, kurse kjo është se *në natyrë nuk janë të mundshme procese kthyese (reverzibile)*. Çka është procesi reverzibil?

Ai është proces që rrjedh në dy kahje. Pikërisht, nëse ndonjë proces termodinamik gjendet në një gjendje, procesi është reverzibil, nëse është e mundshme *procesi i kundërt prej gjendjes së dytë në të parën, por megjithatë të mos vjen deri te disa ndryshime energjetike ose lloj tjetër, as te sistemi, as te rrethi*.

Si proces kthyes do të mund ta mendojmë lëkundjen e një topi, por vetëm nëse e përjashto-orientuar përballë veprimit të forcave të shtypjes, domethënë ajo punë është negative.Puna negative sipas (2) domethënë ndryshimi pozitiv i energjisë së brendshme. Gjatë kompresimit adiabatik gazi ngrohet. Procesi adiabatik i idealizuar mnd të kryhet te cilindri me gaz (figura 1) faqet cese mekanike mund të llogariten për reverzibile (lëkundja e peshës në spi-rale, hedhja e topit te dyshemeja ela-stike etj.). Megjithatë, nga përvoja e dimë se lëkundja e lavjerësit nuk ndodh ashtu sikurse do të ishte pa fërkim. Ekziston fërkim dhe lavjers, me proces që nuk është reverzibil. Edhe proceset e nxehtësisë nuk janë reverzibil. Si shembull do të marrim dy trupa që janë në takim të afërtë. Trupi 1 le të jetë në temperaturë më të lartë se trupi 2. ($T_1 > T_2$). E dijmë se trupi 1 do t'i jep një llo sasie të nxehtësisë së trupit 2, por deri në proces të anasjelltë nuk mund të vjen. Asnjëherë nuk mund të ndodh trupi 2 t'ia kthen nxehtësinë trupit 1. Ngjashëm është edhe me dy proceset tjera të nxehtësisë. Për shembull, në një enë me shtypje të lartë le të kemi gaz dhe enën le ta sjellim në një dhomë. Nëse pastaj enën e hapim dhe lejojmë që ai të zgjerohet në dhomë, edhe pse ky proces do të ndodh „në vetvete", e anasjellta asnjëherë nuk do të ndosh-gazi të kthehet në vëëlimin paraprak.



Të gjithë shembujt e theksuar lartë tregojnë se ato në **natyrë proceset rrjedhin në një kahe**. Kjo na tregon se përveç parimit të ruajtjes së energjisë së përgjithshme të një sistemi, ekziston e dhe një parim që e përshkruan kahen e ndodhjes së proceseve. Këtë kahe e sqaron parimi II i termodinamikës,por atë që ta kuptojmë, do të mësojmë shkurtimisht një proces ciklik ideal, të njohur në fizikë si proces i Karnit. Me proces ciklik nënkuptojmë proces të atillë ku trupi i punës (për shembull, gazi në një cilindër) periodikisht kthehet në gjendjen fillestare. Një motor i nxehtësisë, në realitet, paraqet përsëritje të shumëfishtë të një cikli.

Cikli Karno përbëhet prej dy proceseve izoterm dhe proceseve adiabatik. trupi i punës është gaz në një cilindër me faqe ideale të nxehtësisë. Gazi në fillim gjendet në gjendjen 1, të përshkruar me parametrat (p_1, V_1, T_1) (figura 2 në cilindër me bazë që mund të jetë përçues ideal i nxehtësisë.

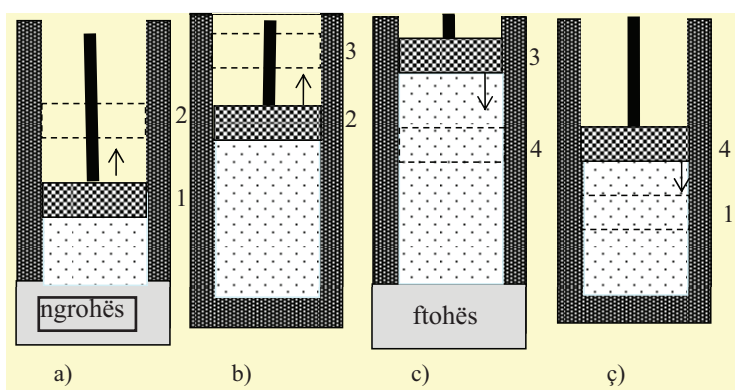


Fig.2

E lëshojmë gazin të zgjerohet. Por, pasi ai gjatë zgjerimit do të ftohej, kurse na duam zgjerimi të jetë izotermë, i japim një sasi të nxehtësisë prej trupit që është në prekje të drejtpërdrejt në fund të enës dhe që do ta quajmë ngrohës, kurse me këtë, domethënë gazi kryen zgjerim izoter gjatë temperaturës T_1(fig. 2 a).
Ky proces është përshkruar me izotermën 1-2 në figurën 3. Kur do të arrihet gjendja 2, të përshkruar me parametrat (p_2,V_2,T_1)

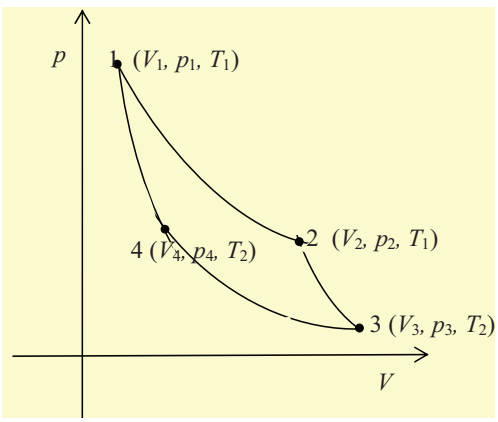


Fig. 3

fundi i cilindrit zëvendësohet me izolator ideal të nxehtësisë (fig. 2b), kështu që gazi më tutje zgjerohet në mënyrë *adiabatike*. Megjithatë, gazi do ta arrin gjendejn 3, të përshkruar me parametrat (p_3,V_3,T_2)
ku temperatura e gazit zvogëlohet, pasi gazi është zgjeruar adiabatikisht. Procesi 2-3 është përshkruar me adiabatën 2-3.
Në vijimin e mëtutjeshëm vjen deri te zvogëlimi i vëllimit, dhe atë në fillim nëpërmjet rrugës të kompresimit izoterm, ku ena cilindrike prej figurës 2 patjetër duhet të lidhet me përçues ideal të nxehtësisë që do të jetë drejtpërdrejt në kontakt me trup me temperaturë të ulët. Këtë trup do ta quajmë **ftohës** dhe atë i mundëson të merret një lloj sasi e nxehtësisë që të mundet gjatë komprimimit të gazit të mbahet temperatura T_2. Pas komprimirimit izoterm, gazi prej gjendjes 3 kalon në gjendjen 4, të përshkruar me parametrat (p_4,V_4,T_2)
Izoterma 3-4 e grafikut nga figura 3 e përshkruan këtë proces. Pjesa e fundit nga cikli i Karnit duhet të sigurohet kthimi i sistemit në gjendjen fillestare 1.

Për këtë shkak, gazi përsëri izolohet, fundi i cilindrit është përsëri izolator ideal i nxehtësisë (figura 2ç) dhe kryhet kompresimi adiabatik, që të mundëshet rritja e temperaturës prej T_2 në T_1. Procesi 4-1 është adiabatik, dhe është përshkruar me adiabatën 4-1 në figurën 3.
Domethënë te proceset 1-2-3 ndodh zgjerimi, kurse gjatë proceseve 3-4-1 kompresimi i gazit. Gjatë zgjerimit të gazit kryen punë për shkak të veprimit të forcave të shtypjes përballë forcave të jashtëme dhe ajo punë është pozitive. Gjatë komprimimit puna është e kryer dhe ajo është negative. Puna e përgjithshme është e barabartë me ndryshimin ndërmjet këtyre dy punëve dhe numerikisht është e barabartë me syprinën e sipërfaqes të kufizuar me lakoren 1-2-3-4-1.
te pjesa 1-2 gazi pranon një lloj sasi të nxehtësisë prej ngrohësit. Ta shënojmë meQ_1. Ngrohësi gjendet në temperaturën T_1. Te pjesa 3-4 gazi jep edhe sasi të nxehtësisë Q_2 të ftohësit që e ka temperaturënT_2.
kjo tregon se te puna shfrytëzuese shndërrohet vetëm pjesë prej sasisë së nxehtësisë Q_1. Ajo është pjesa Q_1 - Q_2.
Të parashtrojmë pyetje të këtillë: a do të fitojmë punë shfrytëzuese pa ekzistuar ftohës dhe pa ja marrë një sasi të nxehtësisë sistemit?
Nëse prej gjendjes 3 do të kryejmë kompresion pa e marrë një sasi të nxehtësisë, domethënë kompresioni do të jetë adiabatik, sipas lakores 3-2 deri te arritja e temperaturës T_1. Pastaj procesi do të rrjedh në mënyrë izoterme sipas lakores 2-1. Punën që do ta kryejnë forcak e jashtme gjatë kompresionit do të jetë e barabartë me punën e gazit që e kryen gjatë zgjerimit. Puna shfrytëzuese do të jetë e barabartë me zero. Domethënë, **kusht i domosdoshëm që të kemi kryerje të punës së dobishme, është, përveç trupit të punës, të kemi ngrohës, prej të cilit do të merret sasi e nxehtësisë Q_1 por edhe trup që është më i ftohët, ftohës ku një pjesë e nxehtësisë do t'i dorëzohet Q_2.**
Prej kësaj shihet se nuk është e mundshme tërë sasia e nxehtësisë të shndërrohet në punë mekanike. Ky gjykim është njëra nga formulimet e parimit II të termodinamikës.

Domethënë, që të fitohet punë e dobishme, përveç kushtit se është e nevojshme ekzistimin e ndonjë trupi që na jep energji (që del prej parimit I të termodinamikës),është e nevojshme të plotësohet edhe kushti i dytë. Duhet të ekzistojnë dy trupa të cilët gjenden në temperatura të ndryshme, pasi nxehtësia mundet të kalon vetëm prej trupit me temperaturën më të lartë te trupi me temperaturë më të ulët, por kursesi anasjelltas. Te procesi i Karnit, gazi do të kryen punë vetëm nëse pjesë e nxrhtësisë i jep ftohësit. Motori që do të punon pa dhënë pjesë të nxehtësisë së pranuar, e quajmë „perpetuum mobile prej rendit II“. Parimi II i termodinamikës tregohet edhe me gjykimin „perpetuum mobile të rendit II nuk është i mundshëm“.

Koeficienti i veprimit të dobishëm (KVD) të motorit të nxehtësisë

Koeficienti i veprimit të dobishëm të një motori është raporti ndërmjet punës së fituar të dobishme dhe energjia e futur në të.

Te motori ideal që do të punon me përsëritje të shumëfishta të procesit të Karneut, KVD (η) gjendet si:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \qquad (1)$$

pasi puna e dobishme është Q_1 - Q_2 kurse energjia Q_1. Njehsimet tregojnë se ky koeficient është lidhur me temperaturën e ngrohësit T_1 dhe temperaturën e ftohësir T_2 në këtë mënyrë:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \qquad (2)$$

Sipas Karne, cilido qoftë motor real i nxehtësisë që punon me ngrohës në temperaturë T_1
dhe ftohës në temperaturë T_2 nuk mund të ketë KPT më të madh se koeficienti i veptimit të dobishëm të motorit ideal të nxehtësisë.

Sot te motorët e nxehtësisë, lënda djegëse gjatë djegëjes e zmadhon temperaturën e trupit punues të motorit deri në qinda, ose mija shkallë në krahasim me rrethinën. Megjikthatë, shtypja e trupit punues (gjithmonë ai është gaz) zmadhohet dhe ai kryen punë për llogari të energjisë së brendshme. Asnjë motor i nxehtësisë nuk mund të punon gjatë temperaturës së njëjtë të trupit punues dhe rrethinës ku këtu luan rol të ftohësit. Kjo do të thotë gjatë kryerjes së punës te motorët e nxehtësisë patjetër të vjen deri te dhënëja e nxehtësisë prej më të ngrohët të trupave më të ftohët.

Çdo motor i nxehtësisë merr nehtësi prej lëndës djegëse të ngrohët që luan rolin e ngrohësit, kurse një pjesë e asaj nxehtësie patjetër t'ia jep rrethinës, më së shpeshti atmosferës.

Kjo do të thotë se çdo motor me nxehtësi përbëhet prej ngrohësit, trupit punues dhe ftohësit. Paraqitja skematike e motorit të nxehtësisë është dhënë në figurën 4.

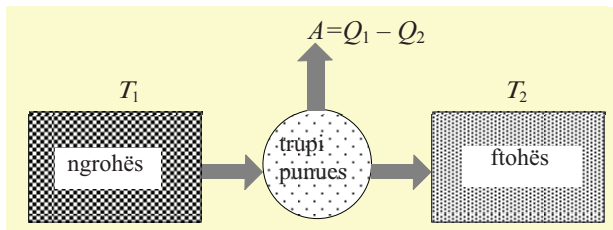


Fig. 4

prej formulës (2) është e qartë se të zmadhohet KVD , temperatura e ngrohësit duhet të jetë më e lartë, kurse e ftohësit më e ulët. Vetëm në kushte T_0=0 (zero absolute) η=1. Ky kusht nuk mund të arrihet. Praktikisht, temperatura e ftohësit zakonisht është temperatura e ajrit ose temperatura e afër asaj. Temperatura e ngrohësit mundet të zmadhohet. Megjithatë, çdo material ku është vendosur ngrohësi ka kufirin e tij të qëndrueshmërisë (pika e shkrirjes), pra nga këto shkaqe as temperatura e nfrohësit nuk mundet shumë të zmadhohet. Detyra themelore e teknikës bashkohore të ndërtimit të motorëve të nxehtësisë është bërja e motorit ku KVD e të cilit më shumë do të afrohet deri të KVD të motorit të nxehtësisë ideale. Kjo bëhet me zvogëlimin e fërkimit, domethënë zvogëlimi të humbjeve të nxehtësisë që pa dobi shpenzohet. Në këtë fushë edhe sot akoma mundet të bëhen përmirsime. Motorët e nxehtësisë, temperatura e së cilës së ngrohësit dhe ftohësit janë T_1=800K dhe

T_2=300K sipas (2) do të ketë vlerë:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\,\% = 62\,\%$$

ndërsa te motorët real arrihet vetëm 35-40%.

Sot, kur motorët e nxehtësisë ilëvizin automobilat, traktorët, dizel lokomotivat, aeroplanet, anijet etj. detyra për zmadhimin të efikasitetin e motorëve të nxehtësisë kërkon edhe hulumtime tjera të cilat dalin nga kujdesi më i madh i jonë për mjedisin ku jetojmë. Lëndët djegëse të motorëve me nxehtësi nuk guxojnë të japin gazëra mbeturina që e helmojnë mjedisin ku motorët punojnë. Kjo nuk guxon të lejhet që të mundet jo vetëm njeriu por edhe gjallesat të zhvillohen normalisht në topin Tokësor, dhe atë jo vetëm sot por edhe në të ardhmen. Këto gaze shumë ndikojnë edhe në ndryshimin e temprraturës së atmosferës, por me këtë edhe të Tokës. Struktura e ndryshuar e atmosferës i shkatërron efektet e topit Tokësor, pra mund të priten ndryshime të mëdhaja klimaterike edhe jo në të ardhmen e largët. Prej të gjitha këtyre shkaqeve, përsosja e motorëve me nxehtësi kërkon angazhim më të madh të shkencës.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka është proces reverzibil? Përmend shembull.
2. Pse themi se në natyrë nuk ekziston proces reverzibil?
3. Çka është proces ciklik? Sqaro procesin Karne. Me çka është e barabartë puna te procesi Karne? Si është shenja?
4. Sqaro si do të jetë motori që do të punonte si edhe akrne, por në kahe të kundërtë; pikërisht, gazi i gjendjes 1 të kalon nëpërmjet 4-3-2-1 (figura 3). Si do të jetë puna te motori ni këtillë?
5. Sa është koeficienti i veprimit të dobishëm të motorit të nxehtësisë ngrohësi i të cilit është në 620^0 C, kurse ftohësi në -20^0C? (Përgj. 71,6%).

Pak histori

Sadi Karno (Sadi Carnot, 1796-1832)

Sadi Karno është fizikan francez. Veprën e tij të njohur për ciklusin, që sot e mban emrin e tij, e ka botuar në vitin 1824. Ka vdekur i nga kolera. Në bazë të ideve të tija për teorinë e mekanikës të nxehtësisë Klauzius (1850) dhe B. Tomson Kelvin (1851) e kanë vendosur parimin II të termodinamikës.

Rezime e shkurtër

Në natyrë nuk ekzistojnë procese reverzibile.

Kushti i domosdoshëm që të kemi kryerje të punës së dobishme prej ndonjë motori me nxehtësi është,përveç trupit punues, të emi ngrohës, prej të cilit do të merrej sasi e nxehtësisë (Q_1), por edhe trup që është më i ftohët, ftohës ku pjesë e nxehtësisë do t'i jepej (Q_2).

Koeficienti i veprimit të dobishëm të një motori është raporti ndërmjet punës së dobishme të fituar dhe energjisë së futur në të dhe caktohet me $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

Cilido motor ideal i nxehtësi të jetë që punon me ngrohës në temperaturë T_1 dhe ftohës në temperaturë T_2, nuk mund të ketë KVD më të madhe se koeficienti i veprimit të dobishëm të motorit ideal të nxehtësisë që punon sipas ciklusit të Karnes.

2.1. LËVIZJA PERIODIKE

Kuptimet dhe elementet themelore të lëvizjes lëkundëse

Me kuptimin lëvizje *periodike* nënkuptohet përsëritja e lëvizjes ose pozita e trupit pas një traektorje të njëjtë. Me fjalë tjera, lëvizja është periodike kur përsëritet në intervale të njëjta kohore. Te lëvizjet e këtilla kohëzgjatja e një ciklusi quhet *periodë*.

Shumë dukuri në natyrë janë periodike, për shembull: lëvizja e lavjerësit të orës, pesha e

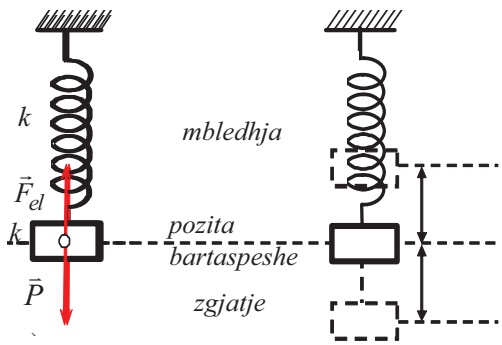


Fig. 1. Lëkundja e spirales

përforcuar në spirale, dridhja e telave të instrumenteve muzikore, pastaj puna e zemrës, oscilimet e grimcave nga mesi material nëpërmjet të cilave përhapet zëri, lëvizja e planeteve rreth Diellit, oscilimet e atomeve dhe molekulave rreth gjendjeve baraspeshe te grilla kristalore të trupit të ngurtë, te rryma alternative ka ndryshim periodik të tensionit elektrike dhe rryma etj.

Varësisht prej fizike së lëkundjeve dhe mënyrs së fitimit të tyre, dallojmë: lëkundje *mekanike* dhe *elektromagnetike* (lëkundja e vektorit të forcës së fushës elektrike dhe induksionit magnetik).

Lëvizjet lëkundëse paraqesin lloj të veçantë të lëvizjeve periodike të cilat shpeshherë hasen. Lëvizje periodike ku trupi mënjanohet herë në njërën anë herë në anën tjetër prej pozitës së baraspeshës më stabile quhet lëvizje lëkundëse.

Kushti që të ndodh lëvizja lëkundëse është të ekziston forcë që përherë do ta kthen trupin në pozitë barapeshe. Ajo mund të jetë *e jashtëme ose e brendshme*. Të shqyrtojmë një spirale në skajin e të cilës është varë peshë (fig. 1). Megjithatë spiralja tërhiqet deri sa forca e elastike e brendshme e saj $\vec{F}_{el}$ nuk ba

raspeshohet me forcën e peshës Tokësor $\vec{P}$ **pozita e baraspeshës** (fig.1a).

Nëse nën ndikimin e forcës së jashtme nxirret prej pozitës të baraspeshës, zmadhohet edhe forca elastike $\vec{F}_{el}$. Kjo forcë tenton ta kthen peshën në pozitën baraspeshë dhe prandaj quhet *forca kthyese*. (fig. 1 b). Forca kthyese te lëvizja lëkundëse është orientuar nga pozita e baraspeshës. Sistemi peshë-spirale fillon të lëkundet rreth pozitës së baraspeshës. Gjatë kohës së lëkundjes trupi gradualisht e ndryshon largësinë e tij prej pozitës së baraspeshës.

Mënjanimi momental prej pozitës së tij të barapeshës quhet **elongacion.** Vlera më e madhe e elongacionit quhet **amplitudë.** Sistemin që e formojnë spiralja elastike dhe pesha quhet *sistem lëkundës ose lëkundës*. Lëvizje lëkundëse periodike ka edhe kur një trup është varur në pe (fig.2). Nëse trupi nxirret prej po-

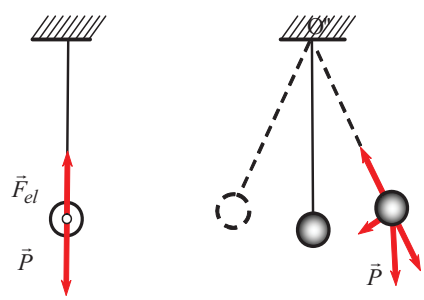


Fig.2. Lëkundja e trupit të varur në pe

zitës së baraspeshës, nën ndikimin e komponentës së forcës së Tokës pesha Tokësore, ajo përsëri kthehet në këtë pozitë. Kjo forcë, edhe pse është e ndryshme sipas natyrës, është orientuar nga pozita e baraspeshës dhe është analoge me forcat e elasticitetit. Ajo është forca kthyese.

2.1.1. LËKUNDJET HARMONIKE

Elementet e lëvizjes lëkundëse

Ndërmjet llojeve të ndryshme të lëkundjeve, në formën më të thjeshtë janë **lëkundjet harmonike** ku madhësia lëkundëse gjatë kohës ndryshon sipas ligjit të sinusit ose kosinusit. Megjithatë, shumë forma të lëvizjeve lëkundëse mund të sillen në lëkundje të këtij lloj. Se kjo është kështu, mundet lehtë të tregohet me këtë eksperiment.

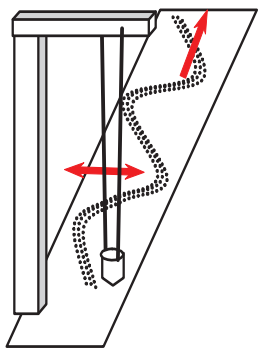


Fig. 1

Ena konike me hapje të ngushtë në maje mbushet me rërë të imët dhe me ndihmën e penjëve varet në shtyllë që të paraqet lavjerës. Nën lavjerësin është vendosur shirit i gjatë i errët (fig. 1). E nxjerrim lavjerësin prej pozitës baraspeshe dhe e lëshojmë të lëkundet. Në momentin kur e lëshojmë lavjerësin të luhatet, fillojmë në mënyrë drejtvizore t'a lëvizim shiritin në drejtim normal me lëkundjen e lavjerësit. Rëra e imët që rrjedh prej grykës së enës konike bien në shirit dhe përshkruan lakore, të njohur si sinusoidë.

Lëkundjet harmonike matematikisht lehtë përshkruhen nëpërmjet vijimit të projektimit të pikës materiale P që rrotullohet drejtvizorisht. Për këtë qëllim është e përshtatshme të vërehet hija e pikës P te ekrani E, e vendosur normalisht në rrafshin e rrotullimit. Hija e pikës P, P' kryen lëvizje lëkundëse harmonike (fig. 2).

Te sistemi koordinativ *XOY* bartet vija rrethore me rreze *A* të barabartë me madhësinë e vlerës së amplitudës të lëvizjes lëkundëse harmonike dhe pika *P* e cila rrotullohet drejtvizorisht me shpejtësi këndore konstante ω në kahe të kundërtë prej lëvizjes së shigjetës së orës. Lëvizja e pikës *P* fillon prej pozitës P_0. Hija (projeksioni) i pikës materiale *P* mbi ekranin oscilon sipas vijës së drejtë ndërmjet *+A* dhe *-A*.

Qendra e lëvizjes së rrotullimit të pikës *P* është në fillimin e koordinatave të sistemit *XOY*, kurse projeksioni (hija) e pikës materiale

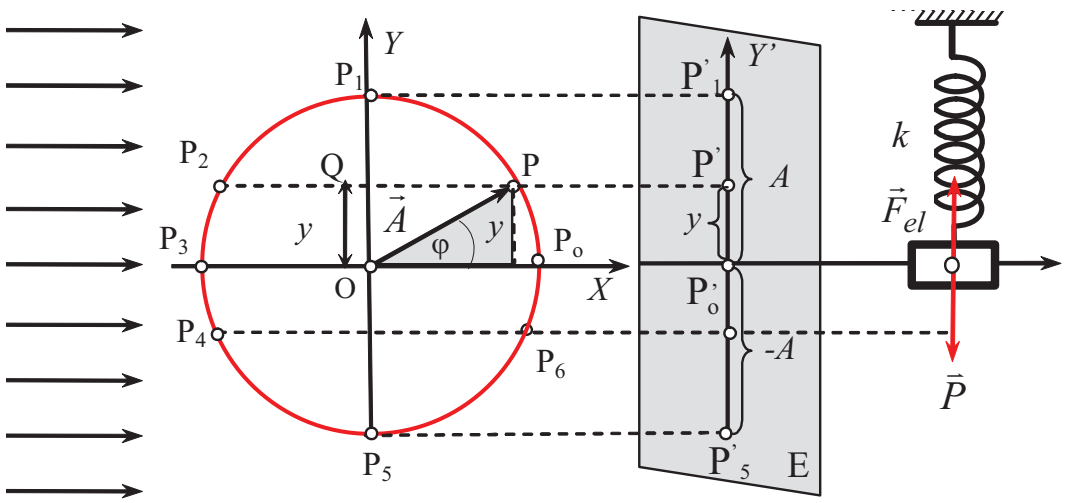


fig. 2

P mbi ekranin *E* shqyrtohet në drejtim të boshtit *Y*. Ta shënojmë pozitën fillestare me P_0. Ndërsa pika P bën lëvizje drejtvizore rrethore duke kaluar nëpër pikat P_1, P_2, P_3, P_4 etj., projeksioni (figura) e pikës P'_0 kalon nëpër pikat P'_1, P'_2, P'_3etj. Prandaj, pozita P është pozita baraspeshe e lëvizjes drejtvizore.

Largësia e projeksionit të pikës P prej fillimit të koordinatave mbi boshtin *Y* në çfarëdo moment është *elongacioni y*. Elongacioni maksimal ose largësia më e madhe prej pozitës së baraspeshës është *amplituda*, dhe është e barabartë me rrezen e vijës rrethore të shënuar me $A(P'_0 P'_1=A)$.

Megjithatë, hija e pikës materiale bën lëvizje lëkundëse harmonike ndërmjet vlerave $+A$ deri te zero nëpërmjet $-A$ deri te zero dhe përsëri deri te elongacioni maksimal $+A$. Koha *T* për të cilën projeksioni i pikës do të bën një lëkundje është **perioda e lëkundjes**. Për atë kohë lëkundësi dy herë kalon nëpër pozitën e baraspeshës.

Numri i lëkundjeve të plota të realizuara në njësi kohë është **frekuenca** *f.* Njësia për frekuencën është 1 hz (herc)

$$1\,\mathrm{Hz} = \frac{1}{1\,\mathrm{s}} = \mathrm{s}^{-1}. \qquad (1)$$

Frekuenca është lidhur me periodën ashtu që vlen

$$f = \frac{1}{T}\ . \qquad (2)$$

Në cilindo moment *t* segmenti $OP_1 = A$ me boshtin *X* të sistemit kënddrejtë koordinativ formon kënd φ, që e përcakton edhe madhësinë e elongacionit të projeksionit P' dhe themi e përcakton *fazën e lëkundjes*.

Për kohën për një periodë rreze vektori $\vec{A}$ do të përshkruan rreth pikës O kënd të plotë 2π radianë. Pasi lëvizja është drejtvizore, këndi φ ndryshon proporcionalisht me kohën. Prandaj mund të shkruhet proporcioni:

$$\varphi : 2\pi = t : T \qquad (3)$$

Megjithatë faza e lëkundjes φ, koha *t*, perioda e lëkundjes T dhe shpejtësia këndore ω (frekuenca rrethore janë të lidhura me:

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi f\ t = \omega t\,. \qquad (4)$$

Prej barazimit të fundit shihet se këndi φ varet prej kohës. Përkatësisht faza dhe koha janë karakteristike me lëvizjen lëkundëse. Frekuenca rrethore ω është dhënë me barazimin:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f\quad . \qquad (5)$$

Frekuenca rrethore është numër i lëkundjeve në 2π sekonda.

2.2. MADHËSITË KARAKTERISTIKE TË LËKUNDJEVE HARMONIKE

Madhësitë karakteristike të cilat ndryshojnë gjatë lëkundjes harmonik janë: *elongacioni, shpejtësia, forca dhe nxitimi*. Prej fig. 2 (2.2.) shihet se

$$\frac{\mathrm{OQ}}{\mathrm{OP}} = \frac{y}{A} = \sin\varphi\,.$$

Prandaj, pozita e projeksionit të pikës materiale në boshtin Y me kohën ndryshon sipas ligjit:

$$y = A \sin \varphi = A \sin 2\pi f\, t = A \sin\omega t \qquad (1)$$

Barazimi (1) grafikisht është paraqitur në (2.4. fig.2). Nëse këndi fillestar ka ndonjë vlerë φ_0, atëherë barazimi (1) e ka formën:

$$y = A \sin (\omega t + \varphi_0). \qquad (2)$$

Funksioni sin ω*t* dhe cos ω*t* janë funksione periodike të cilat mnarrin vlera ndërmjet ± 1dhe mundet të kenë vlera të barabarta për vlera të ndryshme të *t.* Për shembull, sin $\omega t = +1$ për $t = \pi/2\omega$, $5\pi/2\omega$ etj. Prandaj, barazimi (1) matematikisht mund të shprehet në këtë mënyrë

$$y = A \sin \omega t = A \sin \omega(t+kT), \qquad (3)$$

ku k=1, 2, 3,...është numër i plotë, që do të thotë për interval të caktuar kohor saktë: $t=T$, $2T$, $3T$,... funksioni merr vlera të barabarta.

Sikurse shihet faza e lëkundjest është përcaktuar me argument të funksionit sinusoidë.

Nga ana tjetër nëse shihet projeksioni të pikës materiale P mbi boshtin *X*, edhe ajo gjithashtu bën lëvizje lëkundëse harmonike me barazimin

$$x = A \cos \varphi = A \cos 2\pi ft = A \cos \omega t. \qquad (4)$$

Kjo lëvizje fazërisht ndryshon prej lëvizjes lëkundëse harmonike të dhënë me barazimin (3) për π/2.

$$\cos \omega t = \sin (\omega t+\pi/2). \qquad (5)$$

Prej barazimeve (1) dhe (5) mund të përfundohet se lëvizja drejtvizore sipas vijës rrethore është ekuivalente e dy lëvizjeve lëkundëse harmonike normale me frekuenca të barabarta, kurse fazat ndryshojnë për π/2. Duke ngritur në katror dhe mbledhjen e barazimeve (1) dhe (5) fitohet barazimi i vijës rrethore:

$$x^2 + y^2 = A^2 (\cos^2\omega t+\sin^2\omega t) = A^2$$

Përkatësisht pikë e cila njëkohësisht merr pjesë ndërmjet dy lëvizjeve lëkundëse harmonike normale me frekuenca të barabarta, dhe ndryshimi në fazat për π/2 gjendet edhe vija rrethore.

Pyetje dhe detyra

1. Cilat lëvizje janë periodike?
2. Çka është frekuenca dhe cila është njësia SI e saj dhe cila është lidhja ndërmjet periodës dhe frekuencës?
3. Nxirrni barazimin për elongacionin në kahen *y*.
4. Nëse funksioni sin ω*t* dhe cos ω*t* janë funksione periodike si do ta shkruani elongacionin në numër të plotë periodë?
5. Shkruaje projeksionin e pikës materiale P që, gjithashtu, bën lëvizje lëkundëse harmonike mbi boshtin *X*.

2.3. BARAZIMI PËR SHPEJTËSINË DHE NXITIMIN E LËVIZJES LËKUNDËSE

Përveç askush të ndryshon gjatë kohës te lëvizja lëkundësee harmonike, përveç elpngacionit, janë edhe shpejtësia edhe nxitimi. Shpejtësia $\vec{v}$ e pikës P që lëviz nëpër vijën rrethore ka kahen nëpër tangjentën të tërhequr prej pikës P. Deri te ligji për shpejtësinë e lëvizjes lëkundëse harmoike mund të arrihet nëse vijohet mënyra që tanimë e shfrytëzojmë për ligjin e elongacionit, d.m.th. shpejtësinë e kërkojmë si projeksion të vektorit të shpejtësisë vijore $\vec{v}$ të lëvizjes rrethore në drejtim të lëvizjes lëkundëse (fig. 1). Projeksioni i shpejtësisë v_y te lëvizjet lëkundëse harmonike e ndryshon modulin e tij, kështu edhe kahen e vet.

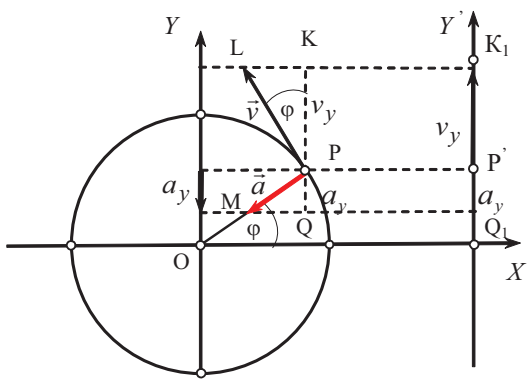


Fig. 1

Te fig. 1 shihet se trekëndëshi PKL vijon:

$$\frac{PK}{PL} = \frac{P_1K_1}{PL} = \frac{v_y}{v} = \cos\varphi, \qquad (1)$$

Për φ=0, P' ka shpejtësi maksimale pasi madhësia e vektorit të shpejtësisë *v* është e barabartë me projeksionin v_y Ajo është vlera e amplitudës së shpejtësisë së projeksionit P'. Nëse ajo vlerë është $v=\omega A$; $\varphi=\omega t$, A është rrezja e lëvizjes rrethore me amplitudën e lëvizje lëkundëse. Sipas barazimit (1) shpejtësia v_y të lëvizjes lëkundëse harmonike është shënë me:

$$v_y = \omega A \cos \omega t, \qquad (2)$$

Te barazimi (2) ω është frekuenca rrethore. Shpejtësia e lëvizjes lëkundëse harmonike është dhënë si funksion i kosinusit prej kohës. vlera e tij në mënyrë lëkundëse ndryshon në kufijtë $v_y = \pm v = \pm \omega A$. Kjo do të thotë se shpejtësia e pikës P ndryshon në mënyrë lëkundëse harmonike. Shenja (+) ose (-) vetëm e tregon orientimin e shpejtësisë si madhësi vektoriale në lidhje me boshtin *Y*.

Nxitimi i lëvizjes lëkundëse harmonike mund të caktohet si projeksion i nxitimit centripetal $\vec{a}$ (a_y) (fig. 1). Prej trekndëshit PMQ vijon:

$$a_y = P_1Q_1 = PQ = PM \sin \varphi, \qquad (3)$$

Pasi PM është moduli i nxitimit centripetal të lëvizjes rrethore drejtvizore, mujnd të shkruhet $a=-\omega^2 A$ dhe $\varphi=\omega t$. Nxitimi në kahen Y të a_y është:

$$a_y = - \omega^2 A \sin \omega t. \qquad (4)$$

Nxitimi është proporcional me elongacionin dhe gjithmonë është në kahen e elongacionit:

$$a_y = - \omega^2 y. \qquad (5)$$

Te fig. 2 është paraqitur grafikisht varësia e elongacionit, shpejtësisë dhe nxitimit të lëkundjes harmonike gjatë kohës. Pasi vlerat maksimale të cilat mund t'i pranon funksioni sinus ose kosinus janë ± 1,, vlerat maksimale të shpejtësisë do të jenë ± ωA:. Shpejtësia është më e madhe kur trupi kalon nëpër pozitës baraspeshë, d.m.th. për $t=0$ dhe $t=T/2$. Shpejtësi, pra është e barabartë me zero te pikat ku elongacioni është maksimale, d.m.th., për $t=T/4$, $3T/4$, $5T/4$,...

Nxitimi i pikës materiale gjatë lëvizjes lëkundëse harmonike ka vlerë maksimale $\omega_0=\omega^2 A$ që i përgjigjet për elongacion maksimale.

Nxitimi është i barabartë me zero kur trupi kalon nëpër pozitën e baraspeshës (elongacioni $y=0$). Përsëri si shembull më i thjeshtë për lëvizjen lëkundëse harmonike ta shqyrtojmë lëkundjen e peshës me masë *m* të varur në fund të një spirale elastike.

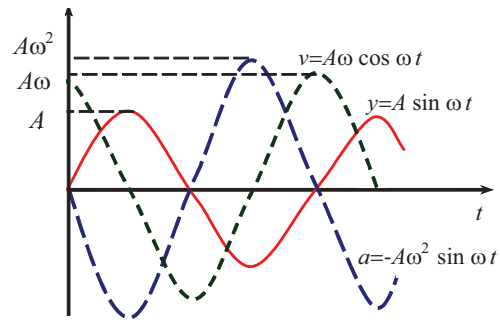


Fig. 2. Elongacioni, shpejtësia dhe nxitimi janë zhvendosje fazore.

Sistemi peshë-spirale le të jenë nën veprimin e forcës së jashtëme *F* nxirret prej pozitës baraspeshe. Forca e jashtme është proporcionale me ndryshimin e gjatësisë së spirales, $F=ky$,ku *k është koeficienti i proporcionalitetit*. Nëse spiralja është më e ashpër, koeficienti *k* është më i madh. Ose për çfarëdo lëkundje harmonike konstanta *k* është e njohur edhe si konstante e proporcionalitetit të forcës kthyese të lëkundjes harmonike.

Nëse spiralja tërhiqet për ndonjë gjatësi $y=A$ dhe lëshohet, si rezultat i kësaj si *forcë kthyese* të spirales vepron forca

$$F_{el} = - ky \qquad (6)$$

që tenton ta kthen peshën në pozitë baraspeshe (gjendja $y=0$), përkatësisht sistemi spirale-peshë fillon të lëkundet rreth peshës baraspeshe. Shenja minus tregon se forca dhe zhvendosja (elongacioni) *y* gjithmonë kanë kahe të kundërta, përkatësisht forca e ndryshon kahen gjithmonë kur trupi kalon nëpër baras peshën. Forca te lëvizja lëkundëse ka vlerë më të madhe kur trupi më së shumti do të largohet prej pozitës baraspeshe.

Sipas ligjit të dytë të Njutnit, madhësia e forcës mund të shkruhet:

$$F = ma_y = - ky, \quad (7)$$

ajo është karakteristike e çdo trupi që kryen lëvizje oscilatore.
Sipas (7) nxitimi është:

$$a_y = -\frac{k}{m} y \ . \quad (8)$$

Me caktimin e barazimeve (5) dhe (8) fitohet $-\omega^2 y = -ky/m$, përkatësisht:

$$\omega = \sqrt{k / m}. \quad (9)$$

Këtu zhvendosja fillestare prej pozitës baraspeshe është amplituda *A*.

Sipa asj që u tha më sipër për frekuencën e lëkundjes f_0, të quajtur **frekuenca personale** e lëkundës harmonik, fitohet:

$$f_o = \frac{\omega}{2\pi},$$

pra

$$f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (10)$$

Prej dy barazimeve të fundit shihet se *frekuenca dhe perioda nuk varen prej amplitudës, por varen prej masës të* lëkundjes *dhe koeficientit k.*

SHEMBULLI 1.Topi me masë *m*=220 g, i përforcuar te spiralja me koeficient *k*=0,2 *kN/m*, kryen lëvizje lëkundëse. Sa është moduli i nxitimit kur topi ka zhvendosje 2 cm prej pozitës së baraspeshës?
Është dhënë: *m*=220 g=0,2kg; $k=0{,}2\cdot 10^2$N/m; *k*=200N/m; *y*=2cm=0,002 m.
Zgjidhje:me zëvëndësimin e vlerave të dhëna te barazimi te i cili e eliminojmë shenjën minus fitojmë:

$$a_y = -\frac{k}{m} y$$

$$a = \frac{k}{m} y = \frac{200\,\text{N/m}}{0.2\,\text{kg}} 0{,}002\,\text{m} = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

SHEMBULLI 2. Të shkruhet barazimi i lëvizjes lëkundëse harmonike nëse moduli i amplitudës *A*=0,4 m. frekuenca rrethore ω=4Hz dhe faza fillestare $\varphi_0 = \pi/2$.
Është dhënë: *A*=0,4 m, ω=4 Hy; $\varphi_0 = \pi/2$.
Zgjidhje: me zëvëndësimin e vlerave të dhëna te barazimi $y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ fitohet:

$$y = 0{,}4 \sin(4t + \pi/2).$$

Pyetje dhe detyra

1. Prej çka varet konstanta te forca kthyese të lëkundjes harmonike kur lëkundja harmonike është peshë-spirale.
2. Shkruani barazimin për shpejtësinë e projeksionit-pikë që lëkundet në kahe *Y*.
3. Shkruani barazimin për nxitimin e projeksionit-pikë që lëkundet në kahe *Y.*

REZIME

- Faza e lëkundjes te lëvizja lëkundëse harmonike φ, koha *t*, perioda e lëkundjes *T* dhe frekuenca rrethore ω, janë të lidhura me

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi f \ t = \omega t \ .$$

- Frekuenca është lidhur me periodën ashtu që vlen:

$$f = \frac{1}{T}$$

- Njësia për frekuencën është $1\,\text{Hz} = \frac{1}{1\,\text{s}} = \text{s}^{-1}$.

- Frekuenca rrethore ω është numri i lëkundjeve në 2π sekonda

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \ .$$

- Nëse faza fillestare ka ndonjë vlerë φ_0 elongacioni është

$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

- Frekuenca personale e lëkundjes harmonike dhe perioda e oscilimit janë

$$f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

2.4. LAVJERËSI MATEMATIK

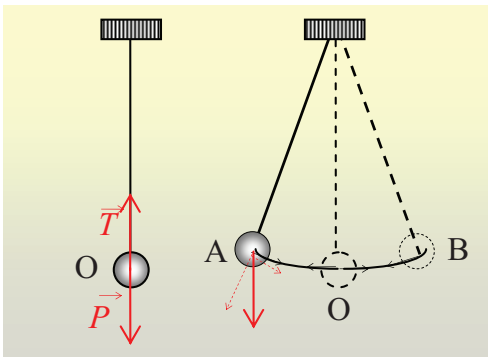


Fig. 1

Topi i cili është varur te peri me masë të papërfillshme mundemi t'a logarisim për **lavjerës matematik** (fig. 1). Në realitet lavjerësi matematik është kuptim i idealizuar dhe paraqet pikë materiale me masë *m* që është varur te peri i pa zgjatshëm (pa masë) me gjatësi *l*. Në pozitën baraspeshë, i dhënë në figurë 1 majtas, janë baraspeshë. Pesha Tokësore dhe forca e shtrëngimit të perit T. Nëse topi zhvendoset prej pozitës baraspeshe (figura djathtas), nën ndikimin e njërës prej komponenteve të peshës Tokësore, topi fillon të lëkundet duke bërë lëkundje të plotë OA-OBO. Tregohet se nëse kjo lëkundje, në kushtet kur këndi pranë majës është i vogël, është harmonike.

Perioda e lëkundjes të lavjerësit

Me këto eksperimente tregohen disa fakte të rëndësishme të lidhura me periodën e lavjerësit.
Matni me kronometër kohën për të cilën do të bëhen 10 lëkundje. Periodën do ta fitoni kur këtë kohë do ta pjesëtoni me 10. Keni kujdes gjatë eksperimentimit, lavjerësi matematik është lëkundës harmonik vetëm kur lëkundja bëhet gjatë këndeve të vogla te maja, më të vogla se 5^0.
Pastaj kontrolloni këtë: paralelisht me lavjerësin, vendosni tjetër, ashtu që të kenë gjatësi të barabarta, por masa të ndryshme. Matni me kronometër kohën që të bëhen 10 lëkundje të dy lavjerësave. Çka vëreni? *Periodat nuk varen prej masave*.
Matni kohën prej 10 lëkundjeve për tjetër amplitudë të lëkundjes. Çka përfundoni? *Perioda e lëkundjes nuk varet prej amplitudave*.
Krahasoni qasjen e lëkundjes të këtij lavjerësi me periodën e lavjerësit me 4 herë gjatësi më të madhe. *Perioda është 2 herë më e madhe*. Domethënë, *perioda varet prej gjatësisë*. Me këto eksperimente tregohet se perioda e lavjerësit matematik nuk varet as prej masës së topit, as prej amplitudës së lavjerësit, por vetëm prej gjatësisë së tij.
Këtë do ta tregojmë edhe në mënyrë teorike. Për këtë shkak do të shërbehemi edhe me figurën 2.

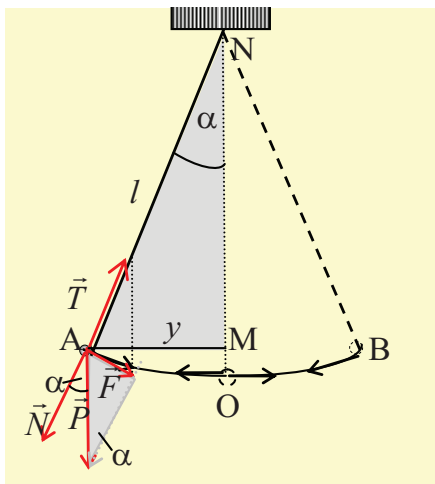


Fig. 2

E shqyrtojmë topin në pozitën A. Te ai veprojnë dy forca. Pesha Tokësore$\vec{P} = m\vec{g}$forca e shtërngimit $\vec{T}$. Rezultanta e atyre dy forcave është forca $\vec{F}$ që tenton ta kthen topin në pozitën e baraspeshës, pra e luan rolin e *forcës kthyese* te lëkundja harmonike. (Kjo forcë, në realitet, është jo e baraspeshuar komponenta e peshës Tokësore $\vec{P}$, pasi komponenta tjetër e saj $\vec{N}$ _është e baraspeshuar me forcën e shtrëngimit $\vec{T}$).
Nëse shihen të dy trekëndëshat të shënuar me të kaltër, shihet se ato janë dy trekëndësha të ngjyshëm, si trekëndësha me kënde të barabartë. Prej ngjashmërisë së këtyre trekëndëshave

vijon

$$\frac{|\vec{F}|}{|\vec{P}|}=\frac{\mathrm{AM}}{\mathrm{AN}} \text{ ose } \qquad \frac{F}{P}=\frac{y}{l} \tag{1}$$

Duke pasur parasysh se $P=mg$, dhe se y, për këndet të vogla α, është përafërsisht e barabartë me gjatësinë e harkut AO, që do të thotë zhvendosje prej pozitës së baraspeshës, përkatësisht elongacion, për forcën kthyese fitohet:

$$F=-\frac{mg}{l}y \tag{2}$$

Shenjën minus e vëndojmë pasi forca kthyese $\vec{F}$ është e orientuar gjithmonë nga pozita e baraspeshës, domethënë e kundërtë e elongacionit.

E dijmë se çdo forcë kthyese te lëvizjet lëkundëse harmonike është dhënë me relacionin e pëgjithshëm:

$$F=-ky, \tag{3}$$

por pasi këtu, sipas (2) për lavjerësin e dhënë konstanat e proporcionalitetit është dhënë me:

$$k=\frac{mg}{l} \tag{4}$$

ku prej anës së djathtë kemi madhësi konstante, vijon përfundimi se *lavjerësi matematik për këndet të vogla është lëkundje harmonike*.

Perioda e lëkundja harmonike (shihe relacionin te mësimi paraprak) përcaktohet sipas $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Nëse këtu zëvëndësohet (4), fitohet:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{mg/l}}; \qquad T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; \tag{5}$$

Domethënë, tregohet edhe në mënyrë teorike se perioda e lavjerësit T te lavjerësi matematik, nëse ai lëkundet me këndet të vegjël, *varet vetëm nga gjatësia e tij l*, dhe është me barazimin (5).Te ky relacion g është nxitimi tokësor, Kuptohet nëse nxitimi tokësor ndryshon, do të vjen edhe deri te ndryshimin i periodës së lavjerësit matematik.

Lavjerësi, perioda e të cilit e një lëkundje është një sekondë, dhe quhet *lavjerës sekondar*.

Nëse në gjerësinë gjeografike prej 45^0 nxitimi tokësor është g=9,806 m/s^2. prej relacionit del se gjatësia e lavjerësit sekundar është:

$$l_s=\frac{gT^2}{4\pi^2}=\frac{g}{4\pi^2}=0{,}248 \text{ m}$$

Na treguam se eksperimentalisht se perioda e lavjerësit matematik për një vend të njëjtë prej varet vetë prej gjatësisë së tij. Megjithatë, sikusrse që mund të shihet, perioda e lavjerësit ndryshon nëse ndryshon nxitimi tokësor. Me lavjerës të njohur si Picarelit, mund të tregohet ekesperimentalisht edhe kjo varësi.

Lavjerësi i Picarelit është lavjerës i zakonshëm matematik - topi A, me çengel nga ana e poshtëme (shih figurën 3). Lavjerësi montohet në shtyllë të lartë dhe matet perioda e tij e lëkundjes. Pastaj, te çengeli i lavjerësit varet një pe shumë i gjatë që është i kontrolluar nëpër vrimë të pllakës horizontale të vendosur M, kurse në skajin tjetër e pllakës vendosen edhe tre topa me masë të barabartë të topit të vendosur lartë.

Gjatë vendosjes së këtillë të sistemit, mënjanohet prej pozitës së baraspeshës lavjerësi i sipërm dhe përsëri matet perioda e lëkundjes. Tregohet se lëkundja tani është me dy herë periodë më të vogël. *Sqarim*: lavjerësat e poshtëm nuk luhaten, ato, vetëm për shkak të veprimit peshës To- kësore e zmadhon nxitimin që është tani rreth 4 herë më e madhe. Gjatësia e perit ndërmjet lavjerësit të sipërm dhe gjatësitë e topave duhet të jenë sa më të mëdha, që të mundet me bindje të madhe të supozohet, se forca me të cilën lavjerësi A kthehet në pozitën e baraspeshës vepron vertikalisht poshtë.

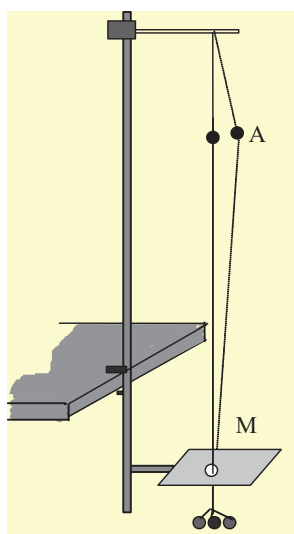


Fig. 3

Varësia e periodës së lavjerësit matematik prej nxitimit tokësor se mundësia me matje të periudhës së lavjerësit me gjatësinë e njohur të caktohet nxitimin tokësor për të cilën sipas (6) fitohet:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \ . \qquad (7)$$

Lavjerësi fizik

Çdo trup i ngurtë që nën ndikimin e peshës Tokësore rreth një boshti të palëvizshëm horizontal që nuk kalon nëpër qendrën e tij të masës, paraqet **lavjerës fizik** (fig. 4).

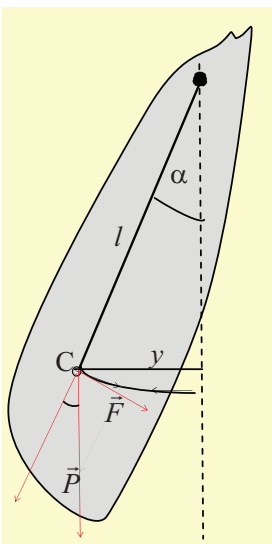


Fig. 4

Gjatë mënjanimit prej pozitës së baraspeshës për kënd të vogël α, i trupit te qendra e tij *qendra e masës* vepron forca kthyese që është dhënë me:

$$F = -mg\sin\alpha = -mg\frac{y}{l},$$

që është relacion i barbartë me atë lavjerës matematikë (2) . Perioda e lëkundjes së lavjerësit fizikë me siguri është i ndryshëm prej periodës së lëkundjes të qendrës së masës së trupit, kur ai do të veçohet si lavjerës matetikë i veçantë. Prandaj, nuk mund të shfry- tëzohet relacioni përkatës. Kjo lehtë kuptohet nëse trupin fizikë e paramendijmë të zbërthyer në pika materiale të veçanta. Çdonjëra prej tyre e izoluar prej trupit do të paraqet lavjerës matematik në veçanti periodat e të cilave do të përcaktohen sipas relcionit (6). Megjhithatë, për shkak të lidhshmërisë së tyre në trup të ngurtë, ato nuk mundet veçmas të lëkunden, por oscilojnë si tërësi me periodë të cilën e quajmë *perioda e lavjerësit fizikë*. Por me siguri ekziston të paktën një lavjerës matematik që oscilon me periodë të lavjerësit fizikë.Pra, në praktikë *zgjedhet lavjerës matematik i atillë ku gjatësinë e zgjedhim ashtu që perioda e tij të jetë e barabartë me periodën e lavjerësit fizikë.* Gjatësia e atij lavjerësi matematik perioda e të cilit është e barabartë me periodën e lëkundjes së lavjerësit fizikë quhet gjatësia **e redukuar e lavjerësit fizikë**. Në këtë mënyrë formula (6) mund të shfrytëzohet edhe për lavjerësin fizikë, nëse në vend *l* merret gjatësia e redukuar (l_t).

Zbatimi praktik i lavjerësave

1. Lavjerësi fizikë zbatohet te ora e murit. Atje perioda mund të ndryshon me lëvizjen e peshës sipas shufrës së lavjerësit.
2. Metronomi, gjithashtu, paraqet lavjerës fizikë. Ai shërben për matjen e saktë të intervaleve kohore. Edhe atje mund të sillet perioda me zhvendosjen e pllakës masive.
3. Seizmografot është gjithashtu, lavjerës fizikë me të cilin maten vibracionet e lëvores së Tokës të cilat ndodhin gjatë tërmeteve.
4. Me relacionin (7) në geofizikë përcaktohet nxitimi tokësor e vendeve të ndryshme të sipërfaqes Tokësore.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sa është perioda e oscilimit të lavjerësit matematik të Tokës, kurse sa të Hënës, nëse nxitimi e peshës Tokësore është 9,81 m/s^2, kurse te pesha e Hënës është 1,62 m/s^2. (Përgj.T_t=1,79 s; T_H=4,41 s)
2. Për sa përqind është ndryshuar frekuenca personale e lavjerësit duke bartur Hënën? (Përgj: 33%)

Rezime e shkurtër

Lavjerësi matematik për kënde të vogla të mënjanimit është oscilator harmonik, me periodë të oscilimit:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Çdo trup i ngurtë që, nën ndikimin e peshës Tokësore, oscilon rreth boshtit të palëvizshëm horizontal që nuk kalon nëpër qendrën e tij të masës paraqet **lavjerës fizikë**. Ai ka periodë të vet të oscilimit. Gjatësia e lavjerësit matematikë, perioda e të cilit është i barabartë me periodën e lavjerësit fizikë, quhet **gjatësia e redukuar e lavjerësit fizikë.**

2.5. ENERGJIA E LËKUNDJES HARMONIKE

Çdo lëkundje harmonike posedon energji. Energjia mekanike e përgjithshme gjatë lëvizjes lëkundëse është shuma e energjisë kinetike dhe potenciale. Ato te procesi i lëkundjes periodikisht shndërrohen njëra në tjetrën (fig. 2).

Të shqyrtojmë, për shembull, trup me masë m të varur në spirale dhe mund të bënë lëvizje lëkundëse. Trupi në fillim tërhiqet poshtë nën veprimin e ndonjë force që është e barabartë dhe e kundërtë me forcën kthyese që tenton trupin ta kthen në pozitën e baraspeshës.

Energjia kinetike e pikës materiale (trupi) me masë m që merr pjesë në lëkundje harmonike dhe shpejtësia e të cilit v_y është përcaktuar me (2.3) barazimi (2), është

$$E_k = \frac{1}{2}mv_y^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t) \qquad (3)$$

$$E_k = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t) \qquad (4)$$

Energjia kinetike e ka vlerën maksimale y=0, kurse vlerë $y=A$. Është e qartë se te të gjitha pozitat e tjera të sistemit njëkohësisht do të ketë edhe energji potenciale edhe kinetike.

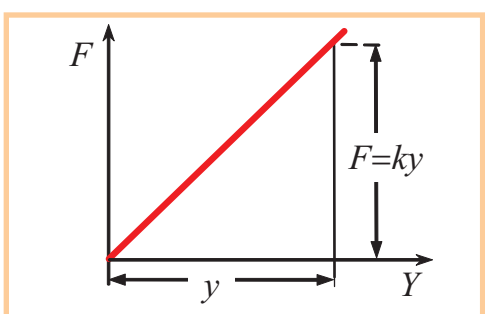


Fig. 1

Pika materiale e fiton energjinë potenciale në llogari të punës që e kryejnë forcat e deformacioneve elastike gjatë zhvendosjes prej pozitës së baraspeshës. Forca e zhvendosjes ndryshon linearisht $F=-ky$.Në fig. 1 është paraqitur forca me të cilën deformon spiralen që sipas ligjit të Hukut është $F=ky$.Nëse spiralja zgjatet për y puna është e barabartë me syprinën e trekëndëshit të kufizuar me drejtëzën $F=ky$ dhe boshtin Y, duke filluar\prej zeros deri te y (fig. 1).

Pasi puna kryhet në llogari të energjisë potenciale të trupit në fushën e forcave elastike, vijon se energjia potenciale është $E_p=-A$, ose:

$$A = -\frac{ky^2}{2} \ . \qquad (1)$$

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t) \qquad (2)$$

Sikurse shihet prej barazimit (2) energjia potenciale e lëkundjes harmonike varësisht prej kohës, ndryshon sipas ligjit të një funksioni periodik. Megjithatë, energjia potenciale për $y=0$ ka vlerë zero, $E_p(\min)=0$, për $y=A$ ka vlerë maksimale $E_p(\max)=kA^2/2$.

Energjia mekanike e përgjithshme e sistemit që lëkundet është shumë e energjisë kinetike E_k dhe potenciale E_p.

$$E = E_k + E_p = \frac{kA^2}{2}[\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)] = \frac{k}{2}A^2$$

$$E = E_k + E_p = \frac{k}{2}A^2 \qquad (5)$$

Megjithatë, te sistemi ku forcat e fërkimit dhe rezistenca mund të eliminohen, energjia mekanike e përgjithshme është madhësi konstante. Ajo gjatë kohës nuk ndryshon dhe varet vetëm prej konstantes së spirales k dhe katrorit të amplitudës.

Kur spiralja do të zgjatet, fig. 2, te pika më e ilët $y=A$,e gjithë energjia mekanike është potenciale. Kur trupi do të lëshohet lirshëm të oscilon, shpejtësia e tij rritet, kurse me të rritet edhe energjia kinetike. Megjithatë, trupi fiton aq energji kinetike për sa do të zvogëlohet energjia potenciale.

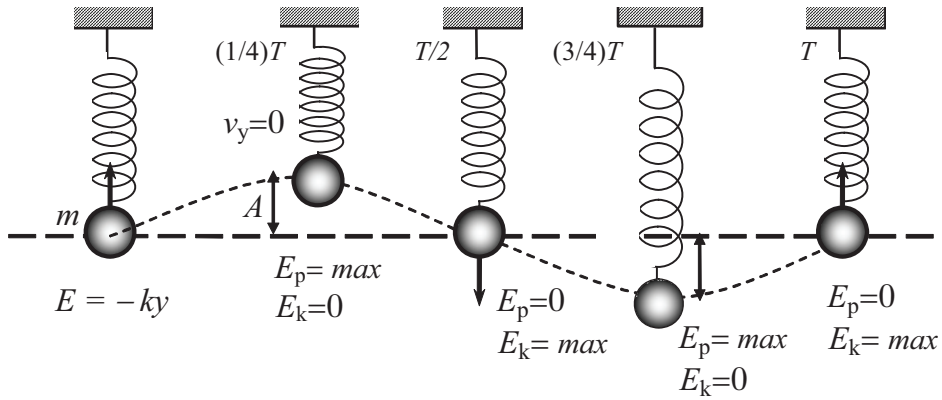


fig.2

Në pozitën baraspeshe (y=0) e gjithë energjia potenciale shndërrohet në kinetike. Në atë pikë trupi ka shpejtësi maksimale. Megjithate duke lëvizur trupi e kalon pozitën e baras peshës. Spiralja mblidhet dhe forca nga ana e spirales do t'a ngadalëson trupin, kështu ai e humb energjinë kinetike, kurse spiralja fiton energji potenciale. Trupi përfundimisht do të ndalet te pika më e ulët y=-A, dhe përsëri energjia mekanike është vetëm potenciale. Atëherë forca kthyese e spirales e nxiton trupin në kahen e anasjelltë, pra energjia potenciale shndërrohet në kinetike dhe kështu gjithë procesi përsëritet.

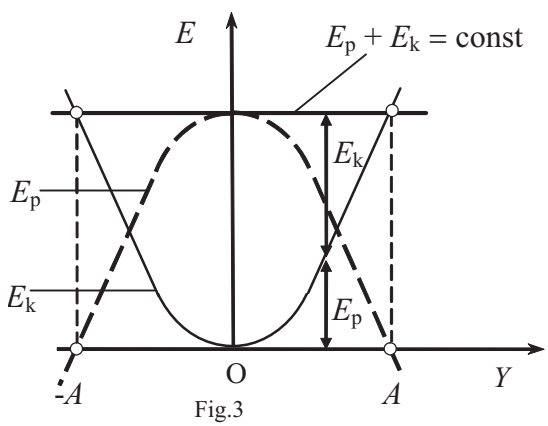


Fig.3

Në fig. 3 grafikisht është paraqitur se si ndryshon energjia potenciale, kinetike dhe e përgjithshme e sistemit që lëkundet. Fillimi i koordinata prej sistemit koordinativ (E,y) puthitet me pozitën e baras peshës rreth të cilës ndodhin lëkundjet harmonike. Këtu E_p=0. lëvizja është kufizuar për vlerat e y në kufijtë ndërmjet A dhe -A të cilët u përgjigjen zhvendosjeve të mëdhaja të mundshme prej pozitës së baraspeshës. Me vijë të plotë është paraqitur energjia potenciale $E_p=ky^2/2$. Largësia prej vijës horizontale deri te lakorja është e barabartë me energjinë kinetike. Vija horizontale i përgjigjet gjithë energjisë

$$E=E_p+E_k=\text{const.}$$

Deri te përfundimet e njëjta për energjinë e përgjithshme do të vijmë edhe te lavjerësi matematik, ose cilido sistem që realizon lëvizje oscilatore.

PYETJE DHE DETYRA

1. Sa është energjia e përgjithsme e sistemit lëkundës.

2. Si varet energjia e sistemit lëkundës prej amplitudës?

3. Pesha e varur në spirale është nxjerrë prej pozitës së baraspeshës dhe është lëshuar. Pas sa kohe (pjesë të periodës) energjia potenciale maksimale do të kalon në enegji kinetike maksimale?

(Përgj.: T/4)

4. Pesha e spirales me koeficientin e proporcionalitetit k=10^3 N/m lëkundet me aplitudë 20 cm. Cakto energjinë e tij të përgjithshme.

(Përgj.: 4 10^{-6}J)

2.6. RADHITJA E LËKUNDJEVE

Diagrami vektorial

Shpeshherë është shumë e përshtatshme lëkundjet harminike të paraqiten me ndihmën e diagramit vektorial. Treguam se projeksioni i një topi që qarkullon kryen lëvizje lëkundëse harmonike. Kjo mundet edhe eksperimentalisht në këtë mënyrë:

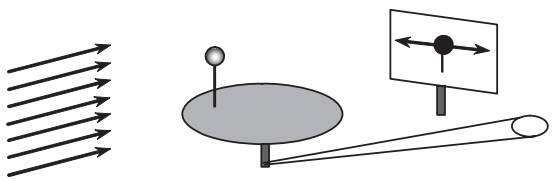


Fig. 1

Në ekran vërehet hija e topit të vendosur në periferi prej një disk që rrotullohet me ndihmën e makinës centrifugale. Hija e topit kryen lëvizje lëkundëse harmonike. Drita e pjesës së poshtme hijezohet, ashtu që në ekran shihet vetëm hija e topit.
Metoda e diagramit vektorial bazohet pikërisht mbi faktin që hija e topit që rrotullohet në mënyrë drejtvizore kryen lëvizje drejtvizore. Në atë kuptim bëhet kjo:

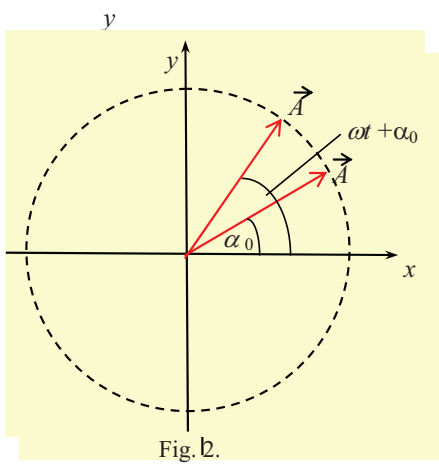


Fig. 2.

te sistemi koordinativ bartet vektori $\vec{A}$ me gjatësi të barabartë me madhësinë e vlerë së amplitudës të lëvizjes oscilatore harmonike dhe klnd α që i përgjigjet fazës të lëkundjes (figura 2). Faza fillestare për t=0 le të jetë α_0. Vektori rrotullohet në mënyrë rrotullohet drejtvizorisht me shpejtësi këndore ω në kahe të kundërt të shigjetës së orës. Projeksioni i këtij vektori te boshti y ndryshon në kufijtë $+A$ dhe $-A$, kurse gjatë kohës ndryshon si

$$y = A \sin (\omega t + \alpha_0) \qquad (1)$$

si elongacion i lëkundjes harmonike, faza në momentin t është $(\omega t + \alpha_0)$ njëjtë me këndin që e bën vektori $\vec{A}$ me boshtin x, kurse frekuenca rrethore ω përgjigjet shpejtësisë këndore të rrotacionit të vektorit $\vec{A}$. Gjatë zgjidhjes së problemeve më të ndërlikuara të radhitjes së lëkundjeve shpeshherë shfrytëzohet diagrami vektorial.

Radhitja e lëkundjeve harmonike në drejtim të njëjtë dhe frekuencë të njëjtë

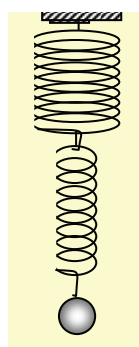


fig. 3

Në pjesë të ndryshme të fizikës ndodh të jetë e nevojshme të radhiten dy ose më shumë lëkundje në drejtim të njëjtë. Për shembull, nëse kemi top që varet në spirale që është përforcuar në spirale tjetër (fig. 3). Topi atëherë në lidhje me pikën e varjes do të realizon lëvizje të përbërë, rezultati i radhitjes së lëkundjeve.
Në përgjithësi, një trup mund të bëjë lëvizje oscilatore të përbërë që është rezultat i radhitjes së lëkundjeve që janë me drejtim të njëjtë, ose drejtimet e lëkundjeve të formojnë ndonjë kënd, të kenë frekuencë të njëjtë ose të ndryshme, faza të njëjta ose të ndryshme, amplituda të njëjta ose rë ndryshme.
Do të shqyrtojmë raste kur trupi merr pjesë në dy lëkundje me drejtim dhe frekuencë të njëjtë. Lëkundjet e këtilla atëherë mund të ndryshojnë vetëm në amplitudën ose në fazë.

1. Lëkundjet le të kenë faza të njëjta, kurse

ndryshojnë vetëm amplitudat. Ky është rast më i thjeshtë e radhitjes. Këtu amplitudat thjeshtë mblidhen (fig. 4)

$y_1=A_1\sin(\omega t+\alpha_0)$ dhe

$y_2=A_2\sin(\omega t+\alpha_0)$ kur do të mblidhen:

$$y=y_1+y_2=(A_1+A_2)\sin(\omega t+\alpha_0) \qquad (2)$$

Edhe te diagrami vektorial do të thotë vetëm mbledhja e dy vektorëve të barabartë dhe të orientuar $\vec{A}_1$ dhe $\vec{A}_2$.

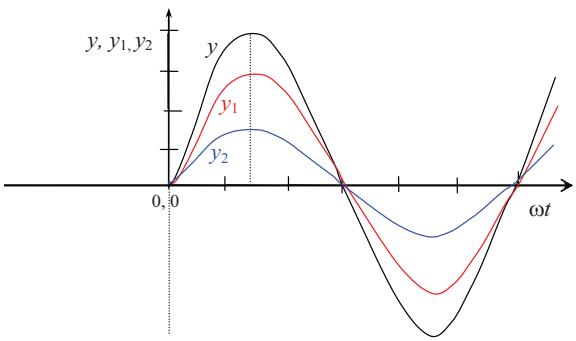


fig. 4.

Amplituda e rezultantes së lëvizjes lëkundëse është e barabartë me shumën e amplitudave të lëkundjeve të veçanta. Në figurën 4 është paraqitur rasti $\alpha_0=0$. Në këtë rast lëkundjet mbështeten dhe vjen deri te përforcimi i tyre.

2. Nëse janë të dy lëkundjet me amplituda të ndryshme dhe lëkunden në kundër fazë, d.m.th. le të jenë elongacionet të dhëna me:

$y_1=A_1\sin\omega t$ dhe

$y_2=A_2\sin(\omega t+\alpha_0) = -A_2\sin\omega t$

për lëkundjen rezultuese fitohet relacioni:

$$y=(A_1+A_2)\sin\omega t \qquad (3)$$

e cila tregon se amplituda e rezultantes së lëvizjes lëkundëse fitohet si ndryshim i lëkundjeve të veçanta. Ilustrimi në këtë rast i radhitjes është dhënë në figurën 5. Te diagrami vektorial kjo do të jetë rast i mbledhjes së dy vektorëve të kundërtë të orientuar (fig. 5a).

rast i veçantë do të jetë nëse edhe amplituda e lëkundjeve të veçanta do të jenë të barabarta. Atëherë rezultanta e lëkundjest nuk ekziston, ndryshimi i amplitudave është e barabartë me zero. Themi lëkundjet zhduken njëra me tjetrën. Ky rast është veçanërisht i rëndësishëm te lëvizja valore me të cilën më tej do të njihemi.

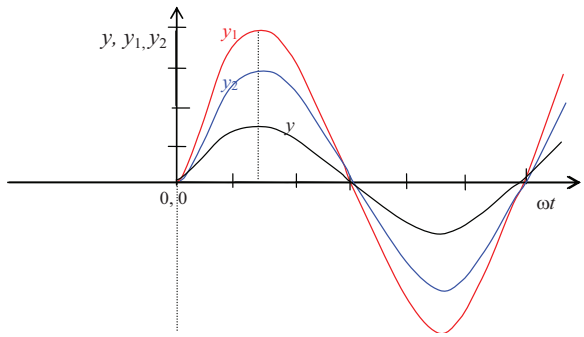


fig. 5

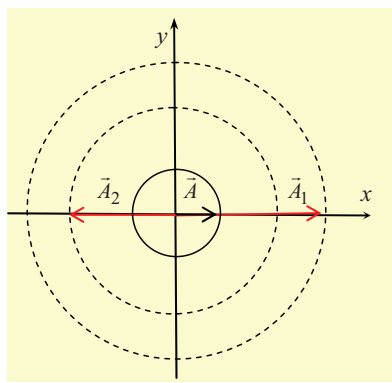


Fig. 5a. Diagrami vektorial për rastin e lëkundjeve kundërfazore. Amplituda rezltuese është ndryshimi i amplitudave të lëkundjeve të cilat radhiten.

3. Le të radhiten tani dy lëkundje me frekuencë të njëjtë, por amplitudë të ndryshme dhe me fazë të ndryshme.

$y_1=A_1\sin(\omega t)$ dhe $y_2=A_2\sin(\omega t+\alpha_0)$

mblidhen dhe fitohet:

$$y=y_1+y_2=A_1\sin(\omega t)+A_2\sin(\omega t+\alpha_0) \qquad (4)$$

Domethënë, sillet në atë se duhet elongacionet e oscilimeve të veçanta të mblidhen.

Zgjidhja analitike është më e ndërlikuar dhe janë

drejtëza me ndihmën e diagramit vektorial për këto lëkundjeve (fig. 6).

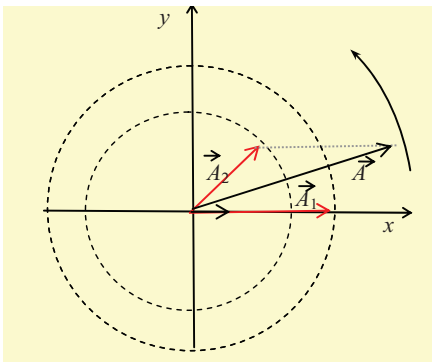


Fig. 6a. Amplituda e lëkundjes rezultuese është i barabartë me shumën vektoriale të dy amplitudave.

Vektori rezultues është shumë vektoriale e amplitudave $\vec{A}_1$ dhe $\vec{A}_2$. Ai rrotullohet me shpejtësi të njëjtë këndore, domethënë oscilimi është me frekuencë të njëjtë, por në mënyrë fazore është zhvendosur në lidhje të dy lëkundjeve. Vektori $\vec{A}$ e lëkundjes rezultuese formon kënd që është i ndrshueshëm edhe prej vektorëve $\vec{A}_1$ dhe $\vec{A}_2$. .

Paraqitja grafike e rastit më të thjeshtë, kur amplitudat janë të barabarta, kurse lëkundjeve ndryshojnë në fazën të dhënë në fig. 6.

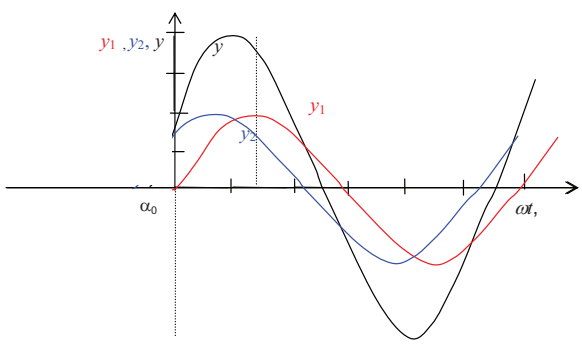


Fig. 6

Prej figurës është e dukshme se rezultanta e lëvizjes së përbërë lëkundëse harmonike me frekuencë të njëjtë, fazore e zhvendosur në lidhje me të dy lëkundjeve. Grafiku i lëkundjes rezultues y është fituar me mbledhje të thjeshtë të elongacioneve të lëkundjeve të veçanta.

Rast interesant kemi kur bëhet radhitja e dy lëkundjeve me frekuenca të njëjta por në dy drejtime normale. Gjatë radhitjes të dy lëkundjeve me frekuenca të njëjta, por në dy drejtime normale si lëvizje rezultuese fitohet lëvizje sipas drejtëzës, vijë rrethore, përkatëssht elipsë, varësisht prej ndryshimit fazor ndërmjet oscilimeve.

Do të ilustrojmë se si fitohet lëvizja sipas vijës rrethore. Atëherë të dy oscilimet në dy drejtime normale janë me amplituda të njëjta, kurse ndërmjet tyre ekziston ndryshim fazor π/2. Domethënë, duhet të radhiten:

$$y_1 = A_1 \sin(\omega t) \quad \text{dhe} \tag{5}$$

$$x = A\sin(\omega t + \pi/2) = A\cos(\omega t) \tag{6}$$

Pika materiale që do të merr pjesë edhe në të dy lëvizjet lëkundëse do të ketë koordinata x dhe y të cilat kështu ndryshohen me kohën.

Është e përshtatshme të caktohet trajektorja e kësaj pike materiale në rrafshin $(x, 0, y)$. Për këtë qëllim duhet të lirohemi prej parametrit t.

Nëse barazimet (5) dhe (6) ngriten në katror dhe mblidhen fitohet:

$$x^2 + y^2 = A^2\left[\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)\right],$$

por pasi shprehja në kllapat e mesme është e barabartë me 1, fitohet

$$x^2 + y^2 = A^2$$

Domethënë pika materiale lëviz sipas vijës rrethore me rreze të barabartë me amplitudën e oscilimeve të cilat radhiten. Nëse amplitudat ishin të ndryshme, trajektorja do të ishte elipsë.

Shumë më të ndërlikuara janë rastet e radhitjes së lëkundjeve me frekuencë të ndryshme dhe drejtime të ndryshme.

Rezime e shkurtër

-Gjatë radhitjes së lëkundjeve me drejtim të njëjtë dhe frekuencë e lëkundjes rezultuese është me frekuencë të njëjtë por, në rastin e përgjithshëm, është zhvendosje fazore në lidhje me të dy lëkundjeve të cilat radhiten.

-Gjatë radhitjes së lëkundjeve të cilat kryhen në dy drejtime normale si rezultat i radhitjes, varësisht prej ndryshimit fazor fitohet lëkundje sipas drejtëzës ose elipsë, përkatësisht vijë rrethore nëse amplitudat e oscilimeve që mblidhen janë të puthitshme.

2.7.LËKUNDJET E NGULFATURA

Në realizimet e deri tanishme supozijmë se sistemi që lëkundet nuk ka humbje të energjisë mekanike, pra lëkundja realizohet me amplitudë konstante A. Në kushte reale, përveç forcave eleastike ose kuazi elastike veprojnë edhe forcat e fërkimit ose forcat e rezistencës të rrethinës ku lëkundësi lëviz, pra amplituda e sistemit lëkundës me kohën zvogëlohet. Kohëzgjatja e oscilimeve të lira varet si prej madhësisë së humbjeve të energjisë ashtu edhe prej madhësisë të energjisë së futur fillestare.

Paraqitja grafike e zvogëlimit të amplitudës gjatë kohës është dhënë në fig. 1.

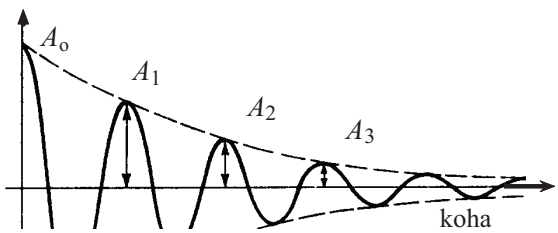


Fig. 1. Zvogëlimi i amplitudës te lëkundjet e ngulfatura

Te lëkundjet mekanike energjia gradualisht kalon në të brendshme. Te lëkundjet nga natyra mekanike pjesë e energjisë kalon në të brendshme, kurse pjesë rezaton në rrethinë.

Koeficienti i ngulfatjes varet prej rrethinës ku sistemi kryen lëkundje dhe nga energjia e shpenzuar për shkak të elasticitetit të spirales. Për shembull, ngulfatja e sistemit trup-spirale është më i madh kur ai sistem lëkundet në ujë ose vaj se sa kur lëkundet në ajër (fig. 2).

Në fig. 3 është paraqitur lëvizja lëkundëse e sistemit me vlera të ndryshme të koeficientit të ngulfatjes. Te lakorja (1) sistemi rreth pozitës baraspeshe të tij lëkundet ngulfatshëm. Nëse vlera e koeficientit të ngulfatjes është shumë e madhe, lëvizja bëhet aperiodike.

Kur koeficienti i ngulfatjes rritet dhe arrin ndonjë vlerë kritike (lakorja 2), trupi gradualisht afrohet deri te pozita e vet të baraspeshës. Sistemi te i cili koeficienti i ngulfatjes arrin vlerë më të madhe se vlera kritike (lakorja 3), ngadal afrohet nga pozita e vet e baraspeshës.

Ngufatja kritike shfrytëzohet te shumë instrumente matëse të cilët kanë shigjetë, për shembull, voltmetrat, ampermetrat, instrumenti për matjen e shpejtësisë, peshore etj. Nëse ngulfatja është shumë e vogël, shigjeta do të ëkundet rreth vlerës së vërtetë të instrumentit praktikisht është i pashfrytëzuar. Sistemi te i cili ngulfatja është shumë e madhe se ngulfatja kritike, do të lëkundet ashtu ngadal, që madhësia e matur mundet të ndryshon para se ajo të lexohet. Prandaj kur ngulfatja është afër deri te gjendja kritike, shigjeta arrin shpejtë dhe pa lëkundje deri te leximi përfundimtar.

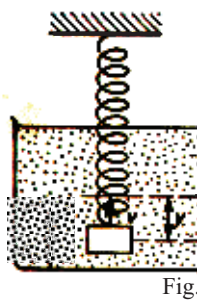


Fig. 2

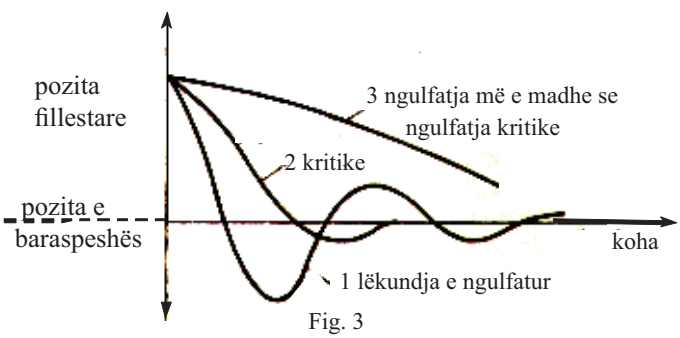


Fig. 3

PYETJE DHE DETYRA

1. Kur bëhen lëkundjet e ngulfatura dhe si zvogëlohet amplituda gjatë kohës?
2. Prej çka varet a do të ketë lëkundje të ngulfatur periodike?
3. Kur një lëvizje është aperiodike?
4. Grafikisht paraqite zvogëlimin e amplitudës me kohën te një lëvizje lëkundëse e ngulfatur.
5. A mundet lëkundjet e ngulfatura të jenë të shfrytëzueshme?

2.8. LËKUNDJET E DETYRUARA. REZONANCA MEKANIKE

Çdo sistem lëkundës në kushte reale, për shkak të mposhtjes së forcave të fërkimit dhe rezistencat e jashtëme, kryen lëkundje të ngulfatura. Sistemi lëkundës, që të kryen lëkundje të pangulfatura, duhet në mënyrë të kontinuar të pranon energji.

Sistemi mund të realizon lëvizje lëkundëse edhe kur mbi të vepron ndonjë forcë e jashtëme e cila periodikisht ndryshon me kohën. Forca e jashtëme harmonike me amplitudë F_0 dhe frekuencë f që nxit lëkundje, le të jetë dhënë me barazimin:

$$F=F_0 \sin 2\pi ft. \qquad (1)$$

kur forca e jashtëme harmonike në mënyrë alternative e vazhdon dhe mbledh spiralen, sistemi realizon *lëkundje të lira*.Frekuenca e sistemit që lirshëm lëkundet quhet *frekuenca personale* f_0. Ajo varet prej sistemit të vet mekanikë.

Për shembull, kur forca e jashtëme harmonike në mënyrë alternative e vazhdon dhe e mbledh spiralen, sistemi realizon *lëkundje harmonike të detyrueshme*. Me zbatimin e forcës së atillë sistemi detyrohet të lëkundet me frekuencën e forcës së jashtëme. Amplituda, kurse me të edhe energjia e lëkundjeve të detyrueshme varet prej ndryshimit ndërmjet frekuencës f të forcës së jashtëme periodike dhe frekuencës personale f_0 të vet lëkundjes.

Sa më shumë është nryshimi ndërmjet këtyre dy frekuencave, po aq amplituda e lëkundjeve të detyruara është më e vogël.

Kur frekuenca e forcës së jashtëme harmonike f afrohet deri te frekuenca personale të sistemit f_0 amplituda e lëkundjes rritet, njëkohësisht rritet edhe energjia. Kur do të arrihet $f - f_0=0$, përkatësisht për:

$$f = f_0$$

amplituda e lëkundjeve të detyruara arrin vlerë maksimale.Kjo dukuri quhet ***rezonanca mekanike***, $f = f_0$ është frekuenca **rezonante**. Sa do të jetë amplituda e lëkundjeveeve të detyruara varet prej koeficientit të ngulfatjes δ . Kur koeficienti i ngulfatjes do të bëhet gjatë $f = f_0$, amplituda bëhet e pafundshme e madhe. Zakonisht, trupi ose sistemi që paraqitet si shkak ndonjë sistem lëkundës të kryen lëkundje të detyrueshme, quhet *lëkundës*.Lëkundësi i cili e pranon frekuencën e forcës së jashtëme periodike në këtë rast është *rezonator*.

Nëse masa e lëkundësit m_0 në krahasim me masën e rezonatorit m_r është më i madh($m_0 >> m_1$),

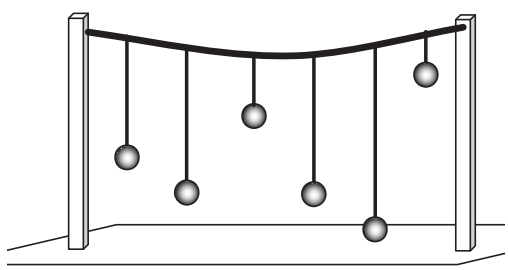


Fig. 1

veprimi kthyes të rezonatorit nga oscilatori është aq i dobët që mundet të lehet pas dore. Megjithatë, nëse ato kanë masa përafërsisht të barabarta ($m_o \approx m_r$) vjen në shprehje forca kthyese e rezonatorit. Në rrethana të këtilla ka dukuri të bartjes alternative të energjisë oscilatorike prej lëkundësit nga rezonatori, dhe anasjelltas. Dukuria rezonanca më së miri mund të demostrohet në këtë mënyrë:

gyp të hollë elastik i gomës, të përforcuar në skajet, janë varur lavjerësa të barabartë me gjatësi të ndryshme, kurse vetëm dy janë me gjatësi të barabarta (fig. 1).

Nëse cilido prej tyre shihet se pozita e baraspeshës, lëkundjet i pranojnë vetëm lavjerësat të cilët janë me gjatësi të barabarta (e dyta dhe e katërta), Për këto dy lavjerësa thuhet se janë në rezonancë. Pikërisht, lavjerësat do të jenë në rezonancë vetëm nëse u puthiten frekuencat e veta.

Fig. 2. Shembull klasik për rezonancën. Shembja e urës nëpër lumin Tokama në vitin 1940.

Në fig. 2 është paraqitur fotografia e urës Tokana Narows që është shembur prej valëve rezonante të erërave periodike të cilat kanë kaluar mbi atë.

Rezonanca është karakteristike edhe për llojet e valëve. Përveç rezonancës mekanike, ka edhe akustike, elektromagnetike, nuklearemagnetike, rezonanca optike (te gjeneratorët-laserët e kuantit). Që të fitohet zë i caktuar, zbazëtira e gojës dhe gjuha janë si rezonatorë.

Lëkundjet e detyruara dhe rezonanca kanë zbatim të gjerë në akustikë-përforcimi i zërit, në radioelektronikë - përforcimi i lëkundjeve elektrike etj.

Përveç efekteve pozitive, rezonanca mund të ketë edhe pasoja dëmshme. Prandaj, gjatë konstruksionit të objekteve ndërtimore, ura, makina mbahet llogari frekuenca e tyre personale të mos puthitet me frekuencën e forcave të jashtëme periodike. Rezonanca shfrytëzohet edhe për konstruksionin e instrumenteve për matjen e frekuencës së rrymës alternative-*frekuncëmetëa*.

Trupi i njeriut, si tërësi, mund të llogaritet për sistem lëkundës të përbërë. Nëse dihen masa, koeficienti i elasticitetit dhe koeficienti i ngulfatjes të organeve të ndryshme, mund të studiohet reaksioni i trupit te njeriu në vibracione të ndryshme. Për këtë qëllim shfrytëzohet modeli biomekanikë e njeriut.

Çdo elementi sistemit biologjik, si sistem mekanik, ka frekuencë të vet karakteristike. Ngacmimi i atyre frekuencave zakonisht ndodh te mjetet e udhëtimit, nëpërmjet motorëve lëkundës me të cilën punon ose nëpërmjet dyshemes ku qëndron. Për shembull, frekuenca e rezonancës për masën e stomakut është 4-8 Hz, për nofullën e poshtëme është 100-200 Hz.

Lëkundjet me amplituda të vogla dhe frekuencat prej 3 deri 30 Hz janë të njohura si *vibracione* ose dridhje.Vibracionet ndikojnë dëmshëm te njeriu. Është tregua se eshtërat janë përçues të mirë dhe rezonator të vibracioneve. Por, dukuritë e rezonansës gjatë ndikimeve të jashtëme të qeta, pasi *koeficienti i ngulfatjes për sistemin biologjik është shumë i madh*, shumë vështir realizohen.

Pyetje dhe detyra

1. Kur ndodhin lëkundjet e detyrueshme?
2. Kur ndodh rezonansa mekanike?
3. Rezonanasa a është karakteristike vetëm për lëkundjet mekanike?
4. Çka duhet të bëhet që të pengohet rezonansa e dëmshme?

Që ta vëreni shembjen e rezonansës të urës Tocana Narows shihe viedeoklipin
http:/www,youtobe.com/watch?v=POFilVcbpAl

REZIME

- Lëkundjet e ngulfatura mund të jenë periodike (koeficienti i ngulfatjes-më i vogël se ai kritik) dhe aperiodik (më i madh se vlera kritike).
-Frekuenca e sistemit që lirshëm lëkundet quhet frekuenca personale f_0.Rezonansa krijohet nëse frekuenca personale f_0 i lëkundjes puthitet me frekuencën e forcës së jashtëme harmonike.

3.1. DUKURITË VALORE

Shembuj për lëvizje valore ka gjithëkundi afër nesh. Nëse te uji i qetë hedhim gur, zona e cila drejtpërdrejt është prekur nga guri fillon të lëkundet, por pastaj lëkundja zgjerohet duke krijuar valë nëpër sipërfaqen e ujit. Zëri, gjithashtu, është një lloj lëvizje valore. Pranimi i zërit dhe fotografisë te pranuesi i radios dhe televizionit realizohet me valët elektromagnetike. Valë elektromagnetike janë edhe rrezet e dritës së rëntgenit edhe rrezet γ .

Varësisht prej natyrës së procesit valor dhe mjedisit nëpër të cilin bartet ekzistojnë: *valë mekanike, elektromagnetike dhe kuantimekanike*.

Çka është vala? Si krijohet lëvizja valore? Përgjigjet janë të ndryshme për çdo lloj valore.

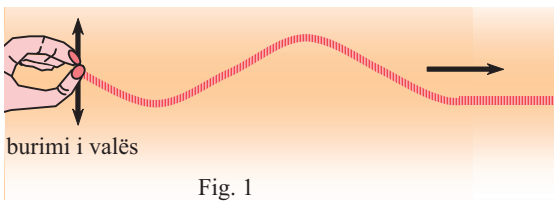


Fig. 1

Shembulli më i thjeshtë për të treguar lëvizje valore është nëse marrim litar të gjatë ose gyp të gomës dhe me dorë e lëvizim lartë-poshtë (fig. 1)

Kur në një mjedis material (i ngurtë i lëngtë os i gaztë) gjendet burim i lëkundjeve (ajo është edhe ***burim valor***) ndërmjet burimit dhe grimcave të mjedisit material paraqiten forcat elastike të bashkëveprimit reciprok. Nën ndikimin e tyre grimcat nga mjedisi janë të detyruara të lëkunden me frekuencë të barabartë me frekuencën e burimit të lëkundjes. Kuptohet, së pari do të fillojnë të lëkunden ato grimca nga mjedisi të cilat që janë në kontakt të drejtpërdrejt me burimine valës, kurse grimcat më të largëta vonohen në fazë nga parapraket dhe prej burimit të valës.

Procesi i zgjerimit të lëkundjeve në hapësirë me kohën quhet **proces valor**, *lëvizje valore* ose *valë*.

Gjatë procesit valor grimcat e mjedisit lëkundenrreth baraspeshës, por prej njërës në tjetrën grimcë në hapësirë *bartet vetëm me deformim, kurse me të edhe energjia e burimit*. Në këtë mund të bindeni, nëse në ujin e qetë ku ka top ose send tjetër të lehtë hedhni gur. Megjithatë topi lëkundet lartë-poshtë, duke mbetur në vendine njëjtë, pa dallim që vala në mënyrë të dukshme është zgjeruar.

Çfarë valë dallojmë dhe se si ato zgjerohen në mjedis?

Varësisht prej asaj se si lëkunden grimcat e mjedisit elastik valët mund të jenë:

-***transverzale*** - ato janë valë ku grimcat nga mjedisi material lëkundet normalisht në kahe të zgjerimit të valës. Valët e atilla janë paraqitur në fig. 2

Fig. 2

-***longitudinale***-grimcat e mjedisit lëkunden në drejtim në të cilën zgjerohet vala (fig. 3

Si shembull për valën longitudinale është zgjerimi i valës së zërit në ajër.

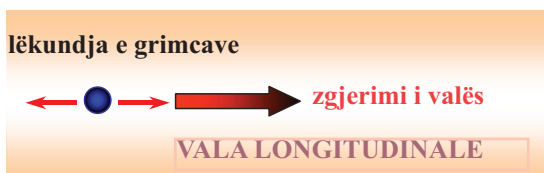


Fig. 3

Zgjerimi i valëve longitudinale është kushtëzuar nga deformimi vëluminoz i mjedisit elastik, pra ato zgjerohen në mjeise të ngurta, të lëngjeve dhe të gazta. Pasi zgjerimi i valëve transverzale është pasojë e llojit të veçantë të deformimit karakteristikë vetëm për trupat e ngurtë zgjerohen vetëm te mjedi-set e ngurta. Zgjerimi i valës transverzale te mjedisi material njëdimensional ësh-

shtë ilustruar me varg të grimcave (molekula, atome) në fig. 4.

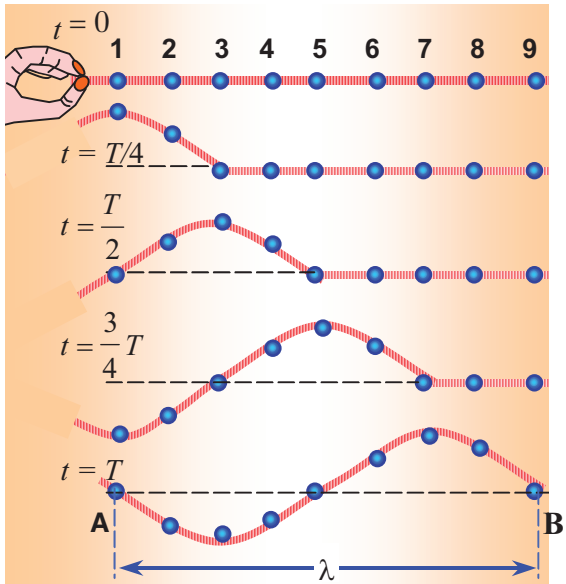


Fig. 4. Zgjerimi i valës transverzale

Në momentin t=0, vala që zgjerohet prej majtas në të djathtë ka ardhur deri te grimca 1. Ajo fillon lëvizje translatore lëkundëse duke e tërhequr edhe grimcën 2. Kur grimca 1 e arrin largësinë maksimale prej baras peshës ($t=T/4$), vala është zgjeruar deri te grimca 3. Për kohën $t=T/2$, grimca 1 përsëri është në pozitën baraspeshë, ndërsa grimca 3 duke e tërhequr edhe grimcën 4 e arrin elongacionin maksimal. Për atë kohë vala është zgjeuar deri te grimca 5 që akoma është në pozitën baraspeshë. Ky proces vazhdon, ashtu që për kohën $t=3T/4$, grimca e parë është në largësinë maksimale prej baraspeshës por në kahen e kundërt prej të parës, kurse vala është zgjeruar deri te grimca e shtatë. Për $t=T$ grimca e parë do të bën një oscilimtë plotë, kurse për atë kohë lëkundja e grimcave është zgjeruar deri te grimca 9. Ajo e fillon lëkundjen në të njëjtën kohë kur edhe grimca 1 e fillon periodën e dytë, d.m.th., grimca 9 lëkundet me vonesë të kohës prej $t=T/2$. Ato dy grimca lëkundet në fazë, d.m.th., sinhrono ndërmjet tyre ekziston ndryshim fazor 2π).

Rrugën që e kalon deformimi te mjedisi elastik për kohën prej një periode të lëkundjes të burimit (grimca e parë) është ***gjatësia valore***. Ajo zakonisht shënohet me λ.

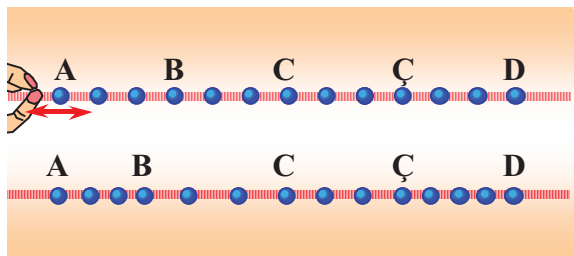


Fig. 5. Zgjerimi i valës longitudinale

Gradualisht duke u formuar vala longitudinale prej më shumë grimcave (fig.5) mund të sqarohet në mënyrë analoge sikurse edhe formimi i valës transverzale. Edhe në këtë rast lëkundja e grimcës së parë bartet në të dytën, por nëpërmjet asaj te e treta etj. Gjatë lëkundjeve ndryshon vetëm largësia ndërmjet tyre. Vala e atillë te mjedisi shkakton ndryshime periodike të dendësisë (trashje dhe dobësim), të cilat lëvizin lëvizin në kahe të zgjerimit të valës.

Pjesae hapësirës te e cila të gjitha grimcat janë përfshirë në procesin e lëkundjes quhet fusha **valore**. Kufiri që i ndan grimcat të cilat lëkunden prej atyre që akoma nuk kanë filluar të lëkunden, quhen ***front i valës*** (latinisht *frontis* - ball).

Sipërfaqeja valore është vend gjeometrik i pikave, të cilat gjatë procesit valor lëkunden me faza të barabarta.

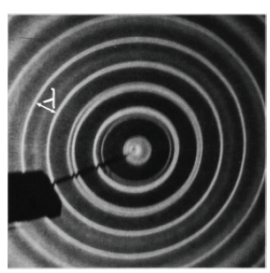


Fig. 6. Vala sferike

Sipërfaqeja valore mund të ketë çfarëdolloj forme, por në rastin më të thjeshtë mund të jetë, e rrafshët, sferike ose cilindrike. Prandaj, në mjedisin e pakufizuar homogjen dhe izotrop, ku shpejtësia e zgjeriit nëpër sipërfaqet koncentrike qendra e të cilëve është në burimin e valës. Valët e atilla janë **valë sferike**,kurse në ballë të frontit është sipërfaqja sferike. Dimenzionet e burimit të valës së atillë janë të vogla pra mund të llogaritet se burimi i valës së këtillë është me pika (fig. 6).

Nëse sipërfaqet valore janë rrafshe normale në kahe të zgjerimit të valës, ajo është **valë rrafshore**.Vala rrafshore në sipërfaqe të ujit mund të fitohet gjatë dridhjes të vijës me dimenzione të mëdhaja prej gjatësisë valore të valës.

Valët mund të jenë *hapësinore, sipërfaqësore dhe njëdimenzionale* (*vijore*). Nëse lëkundjet e burimit barten sipas një drejtimi më parë të konstatuar, në këtë rast bëhet fjalë për shpërndarjen e valëve vijore. Valët e atilla zgjerohen, për shembull, sipas gjatësisë të një drejtëze (teli thupra, litari).

Për paraqitje të thjeshtë dhe përshkrimi i valëve futet kuptimi **rreze**. Rreze është vijë tangjenta e së cilës në çdo pikë puthitet me kahen e zgjerimit të valës. Te mjedisi homogjen rrezet janë drejtëza normale në frontin e valës. Kahja e rrezeve është përcaktuar në kahen e zgjerimit të valës.

Pyetje dhe detyra

1. Çfarë valë dallohen sipas asaj se si lëkunden dhe sqaro mekanizimin e krijimit të tyre.
2. Barka, që do të ndodhet në valën e gjerësisë detare a noton së bashku me valën?
3. Gjatë procesit valor grimcat e mjedisit elastik lëkunden rreth pozitës baraspeshore,kurse prej njërës grimcë në tjetrën në hapësirë bartet vetëm çka?
4. Pse nuk mund të të fitohen valë mekanike në vakuum. A e dini se cilët valë zgjerohen në vakum?
5. Përmend disa dukuri që kanë karakter valor.

3. 2. SHPEJTËSIA E VALËVE

Në mjedisin elastik homogjen burimi i valës le të realizon lëkundje harmonike. Çdo grimcë, deri ku ka arritur vala, realizon lëkundje të detyrueshme me frekuencë të burimit. Nga këto shkaqe karakteristikat e burimit: **frekuenca** *f,* **perioda** *T* **dhe amplituda** *A* janë karakteristikat e valës që krijohet.

Nëse *shpejtësia e zgjerimit të valës është v,* për intervalin e kohës deri sa burimi bën një lëkundje të plotë (një periodë *T*), vala dota kalon rrugën *vT*, përkatësisht ai ka kaluar largësi λ të barabartë me:

$$\lambda = vT. \qquad (1)$$

λ është **gjatësia valore** e valës. Ajo është largësia më e vogël në kahe të zgjerimit të valës ndërmjet dy grimcave prej mjedisit elastik që lëkunden në fazë.

Prej formulës për lëvizjen valore (1) fitohet edhe shpejtësia e valës:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \ . \qquad (2)$$

Përveç kësaj shprehje të përgjithshme për shpejtësinë, ekzistojnë edhe formula të veçanta për shpejtësinë e valëve transverzale dhe longitudinale.Me ato drejtpërdrejtë shprehen vetitë e mjedisit nëpër të cilin kalon vala. Njutni e ka treguar se shpejtësia e zgjerimit të valës në mjediset e ngurta dhe të lëngta varen prej vetive të mjedisit. Shpejtësia e zgjerimit të valëve longitudinale është dhënë me formulën:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \quad \text{ose} \quad v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \ , \qquad (3)$$

ku ρ është dendësia e mjedisit, *E* moduli i Jungut të elasticitetit, që është madhësi karakteristike për vetitë e trupave të ngurtë, ndërsa *B* është koeficienti i zgjerimit të vëllimit të mjediseve të lëngjeve, *E* dhe B janë shprehur në N/m^2.

Shpejtësia e zgjerimit të valëve transverzale dhe mekanike (valë nëpër tela ose petë shtrënguar në të dy skajet) varet prej forcës së shtrëngimit *F* dhe vetive të mjedisit nëpër të cilin zgje-

rohet vala:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad (4)$$

Pikërisht, shpejtësia varet prej forcës së shtrëngimit të materialit dhe dendësisë vijore μ(μ=*m*/*l*- masa e njësis gjatësi).

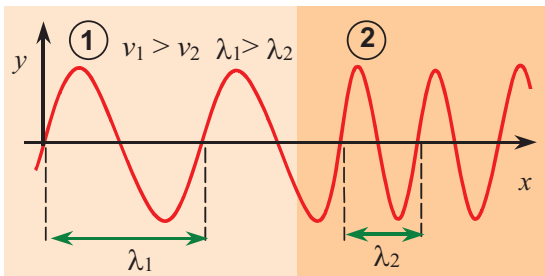
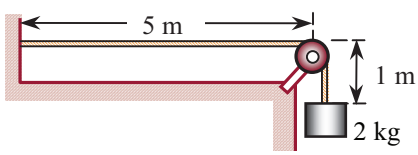


Fig. 1. Shpejtësia e zgjerimittë valës te mjedisi i dhënë homogjen është madhësi konstante.

Kur vala kalon prej njërit mjedis në tjetrin, ai e ndryshon edhe shpejtësinë e tij, por me të edhe gjatësinë valore, por frekuenca e tij mbetet e pandryshueshme (fig. 1).

Nëse shpejtësia e zgjerimit të valës në mjedisin e parë është më i madh, do të jetë më i madh edhe gjatësia e tij valore.

SHEMBULLI 1. Litar homogjen e ka masën 0,300 kg dhe gjatësi 6,00m. Litari është shtrënguar me peshë, që e ka masën 2 kg. Të caktohet shpejtësia e zgjerimit të valës transverzale nëpër litar.



Zgjidhje: forcaF me të cilën është tërhequr litari është

$$F = mg = (2{,}00\,\text{kg})(9{,}80\ \text{m/s}^2) = 19{,}6\,\text{N}$$

Masa njësi e gjatësisë së litarit është:

$$\mu = \frac{m}{l} = \frac{0{,}300\,\text{kg}}{6{,}00\,\text{m}} = 0{,}0500\ \text{kg/m}$$

Tani mund të caktohet shpejtësia e valës transverzale, ajo është:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{19{,}6\ \text{N}}{0{,}0500\ \text{kg/m}}}\ ;\ v = 19{,}8\,\text{m/s}\ .$$

3.3. BARAZIMI I VALËS SË RRAFSHËT

Që ta nxjerrim barazimin e valës së rrafshët të supozojmë se burimi i valës gjendet në fillimin e koordinatave me fillim O të sistemit kënddrejtë koordinativ dhe realizon lëkundje harmonike. Vala zgjerohet në kahe të boshtit *x*,kurse grimcat e mjedisit lëkunden në kahe të boshtit *y* (fig. 1). Me *A* le ta shënojmë amplitudën, me *T* periodën, kurse me *f*=1/*T* frekuencën e valës.

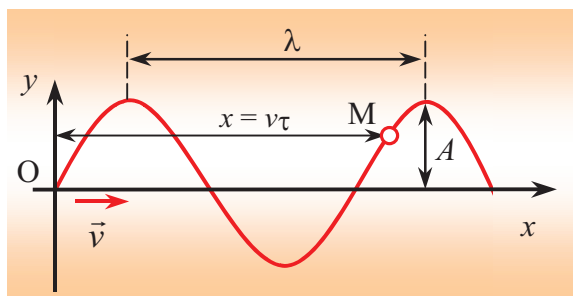


Fig. 1

Barazimi i burimit mund të paraqitet me:

$$y = A\sin\frac{2\pi}{T}\ t\ . \qquad (1)$$

Grimcat të cilat janë më larg prej burimit do të fillojnë të lëkunden me ndonjë vonesë në lidhje me burimin, domethënë në mënyrë fazore mbeten. Që të zgjerohet vala deri te grimca M që është në largësi x prej burimit të valës, duhet të kalon kohë *t*. Prandaj barazimi i asaj grimce është dhënë me

$$y = A\sin\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\,. \qquad (2)$$

Nëse shpejtësia e zgjerimit të valës te mjedisi material i dhënë është *v,* kurse koha τ e barabartë me $\tau=x/v$, fitohet:

$$y = A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{x}{v}\right)$$ ose

$$y = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t-\frac{2\pi}{vT}x\right)$$

Duke pasur parasysh se $vT=\lambda$ fitohet:

$$y = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t-\frac{2\pi}{\lambda}x\right).$$

Duke e futur madhësinë $k=2\pi/\lambda$, e cila quhet numri i valës dhe $\omega = 2\pi/T$ - frekuenca rrethore, barazimi i valë së rrafshët mund të shkruhet edhe në këtë formë:

$$y = A\sin(\omega t - kx) \qquad (3)$$

Me *kx* shprehet ndryshimi fazor ndërmjet lëkundjeve që i realizon pika e larguar për *x* prej burimit të valës dhe lëkundjeve të burimit të valës.

Pyetje dhe detyra

1. Përmendi disa dukuri të cilat kanë karekter valor?
2. Çka është lëvizje valore, por çka është valë?
3. Vizatoni lakore për varshmërinë e elongacioneve të lëvizjes valore periodat e të cilës qëndrojnë si 1:2.
4. Pse te mjediset me forca më të mëdhaja elastike shpejtësia e valëve është më e madhe?
5. Me cilat madhësi themelore karakterizohet vala dhe si është lidhja ndërmjet tyre?
6. Sipas të dhënave në fig. 1. caktoni shpejtësinë e zgjerimit të valëve.

(Përgj. 0,3 m/s).

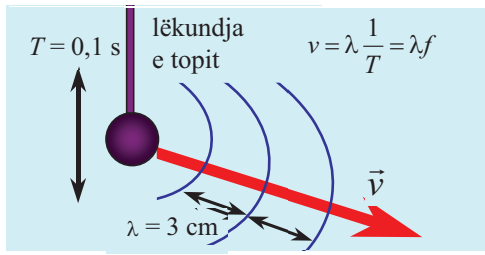


Fig. 1.

7. Gjatë kalimit të valës prej një mjedisi në tjetër ndryshon edhe gjatësia valore, kurse frekuenca nuk ndryshon. Si sqarohet kjo?

8. Sa është shpejtësia e valës longitudinale nëpër çelikun që e ka modulin e elasticitetit të Jungut dhe dendësia e $2{,}05\cdot10^{11}$ N/m^2

$7{,}6\cdot10^3$ kg/m^3. (Përgj.: v=5193 m/s)

9 Sa është shpejtësia e valës longitudinale nëpër ujë, ku koeficienti i vëllimit të zgjerimit është: $2{,}1\cdot10^9$ N/m^2 dhe dendësia e 10^3 kg/ m^3.

(Përgj.: v=1449m/s).

10. Barazim i valës është dhënë me $y = 0{,}1\cos\left(\frac{\pi}{8}t+\frac{\pi}{4}x\right)$. Të caktohet: a) perioda T, b) frekuenca rrethore ω dhe c) gjatësia valore λ.

(Përgj.: T=16 s, $\omega=\frac{\pi}{8}\frac{\text{rad}}{\text{s}}$)

REZIME

-Varësisht prej asaj se si lëkunden grimcat e mjedisit elastik, valët mund të jenë *transverzale dhe longitudinale*.

-Sipërfaqja valore mund të ketë çfarëdo forme, por në rastin më të thjeshtë ajo mund të jetë *e rrafshët, sferike dhe cilindrike*.

-Nëse shpejtësia e zgjerimit të valës është *v,* për interval kohor deri sa burimi bën një lëkundje të plotë (T) vala do ta kalon rrugën vT, përkatësisht ai e kalon largësinë λ të barabartë me $\lambda = vT$, λ–gjatësia valore.

3.4. SUPERPOZICIONI I VALËVE. INTERFERENCA VALORE

Superpozicioni i valëve

Nëse me dy shkopij njëkohësisht e prekim sipërfaqen e ujit, prej çdonjërit prej atyreve do të krijohet valë rrethore që do të „kalojë“, nëpër tjetrin, sikurse ky tjetri të mos ekziston (fig. 1).

Ngjashëm përhapen valët e zërit, valët e radios ose valët e dritës. Të përkujtohemi se nëse dy instrumente muzikore tingëllojnë, na të dy i dëgjojmë pavarësisht njëri prej tjetrit. Domethënë, përvoja dhe eksperimentet na tregojnë se valët nga burimet e ndryshme zgjerohen në hapësirë pavarësisht.

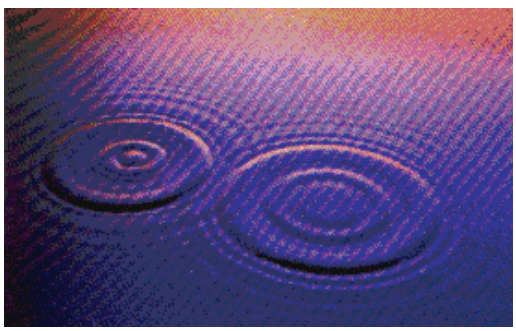


Fig. 1

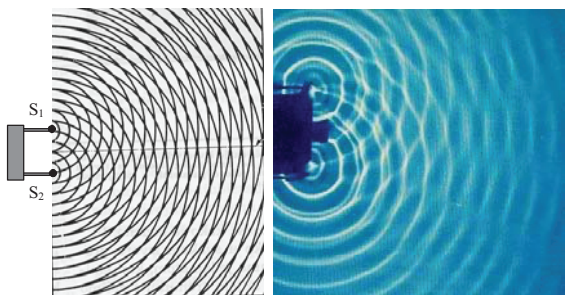
Pasi valët nuk bashkëveprojnë atëherë çdo pjesë e hapësirës te e cila zgjerohen ose më shumë valë do të marrin pjesë në lëkundje, të shkaktuara nga çdonjëri prej valëve në veçanti. Që të caktohet rezultanta e deformacionit, duhet të caktohet deformacioni i shkaktuar prej çdonjërës prej valëve, kurse pastaj ajo të mblidhet më së shpeshti në mënyrë vektoriale pasi ato krijohen në drejtime dhe kahe të ndryshme, ose mënyrë skalare (algjebrikisht) nëse valëzimet janë kahëzuar në drejtim të njëjtë. Themi se në hapësirë ka ardhur deri te **superpozioni i valëve**.

Duhet të përmendet se ky parim vlen vetëm për valët me intenzitet të vogël.

Interferenca e valëve

Nëse vjen deri te superpozicioni i dy valëve me frekuenca të barabarta, të cilat kanë gjatësi të barabartë valore, atëherë gjatë superpozicionit të valëve mundet të ndodh një dukuri shumë e rëndësishme me të cilën më gjerësisht do të njihemi.

Të vendosim në mbajtësin e njëjtë dy shkopinjë të barabartë dhe mbajtësin ta vendosim mbi instrumentin që do të shkakton lëkundje të njëkohësishme e të dy shkopinjët të cilat godasin mbi sipërfaqen e ujit. Megjithatë kemi fituar dy valë të barabarta rrethore me gjatësi valore të barabartë të cilat zgjerohen prej burimeve. Si rezultat i radhitjes së dy valëve të këtilla mbi sipërfaqen e ujit do ta fitojmë fotografinë të fig. 2. Sikurse shihet nuk vjen deri te përforcimi i thjeshtë i valëzimeve të ujit, por fotografia është shumë e ndërlikuar. Në disa vende valëzimi është shumë i përforcuar, ndërsa ekzistojnë edhe vende ku uji është i qetë.



Fi. 2. Vizatim dhe fotografi të valëve të ujit

Dukuria e radhitjes së dy (ose më shumë) valëzimeve ku formojnë valëzim me amplitudë kohore të përhershme në çdo pikë nga hapësira te e cila valëzimet janë shpërndarë, quhet interferenca e valëve.

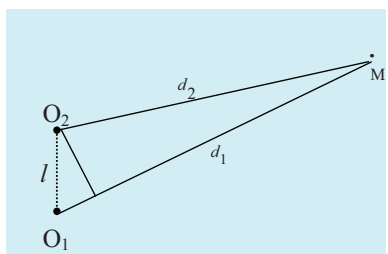


Fig. Të dy burimet gjenden në largësi l njëri prej tjetrit që është shumë më e vogël se largësia d_1 dhe d_2.

Do të sqarojmë më detalisht në çfarë kushte mund të ndodh interferenca e valëve.

Për këtë qëllim do t shërbehemimevizatim nga fig. 3. Pyetemi si do të jetë amplituda e valëzimit në pikën

M e cila prej pikave O_1 dhe O_2 është në largësi përkatëse d_1 dhe d_2.

Rezultati i radhitjes së valëve në pikën M do të varet prej ndryshimit në fazën e cila është shkaktuar me ndryshimin e rrugëve Δd. Në kushtet kur largësitë ndërmjet burimeve është shumë më e vogël se largësia deri te pika M, $\Delta d=d_2-d_1$. Nëse kjo largësi është l, ose 2, 3, 4, herë më e madhe se λ, atëherë te pika M njëkohësisht arrin amplituda maksimale ose minimale e valëzimit.

$$\Delta d=k\lambda \qquad k=0,1,2,..... \qquad (1)$$

atëherë hemi se *valëzimi është në fazë*.
Në ato vende do të plotësohet kushti për valëzimin maksimal të amplitudës.

Amplituda e lëkundjes te pika e dhënë do të jetë maksimale, nëse ndryshimi i shkuarjes së rrezeve në të dy valët të cilat e shkaktojnë lëkundjen në atë pikë është e barabartë me numër të plotë herë sipas gjatësisë valore. Te fig.4 është dhënë varësia e elongacioneve γ_1 dhe γ_2 e shkaktuar prej valëve për të cilët është plotësuar kushti (1), si edhe rezultanta e elongacionit që, sikurse shihet, është rezultat i mbledhjes së elongacioneve γ_1 dhe γ_2. Prandaj barazimet (1) e japin formulën matematike për **kushtin e maksimumit**.

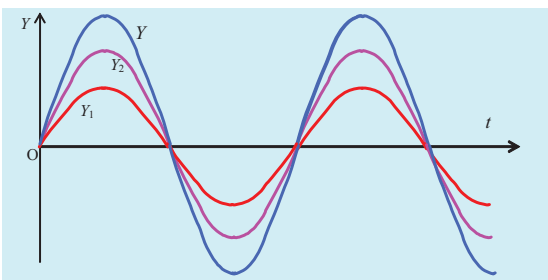


Fig. 4. γ_1 (vija e kuqe) γ_2(vija e violë) janë zhvendosjet (elongacionet) të shkakatuara prej dy valëve ndërmjet të cilave ekziston ndryshimi $\Delta d=\lambda$..Atëherë nuk ekziston ndryshim te fazat dhe zhvendosjes rezltuese γ (vija e kaltër) është e barabartë me shumën. Vjen deri te përforcimi i lëkundjeve.

Nëse largësia ndërmjet γ_1 dhe γ_2 është një γ/2 ose numër tek g/2, atëherë ndërmjet elongacioneve në cilëndo moment ekziston ndryshim faze π. Lëkundja e pikave ku është plotësuar me elongacion 0, më saktë, atje lëlundje nuk ka (fig, 5).

Ai është **kusht për minimum**:

$$\Delta d=(2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k=0,1,2,... \qquad (2)$$

Amplituda e lëkundjet te pika e dhënë do të jetë minimale, nëse ndryshimi ndërmjet shkuarjes së rrezeve të të dy valëve të cilat i shkaktojnë lëkundjet te pika e dhënë është e barabartë me numër tek të gjysmave nga gjatësia valore.

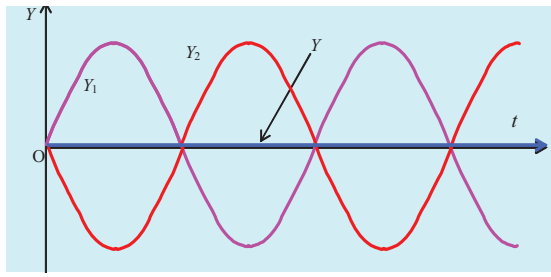


Fig. 5. Ndryshimi i shkuarjes së rrezeve $\Delta d=\lambda/2$ ose numër tek herë më i madh. Zhvendosja rezultuese g është zero. Lëkundjet janë kundërfazore.

Kuptohet ekzistojnë edhe pika te të cilat nuk ësh të plotësuar kushti (1) as kushti (2). Atje amplituda e lëkundjes rezultues ka ndonjë vlerë e cila

gjendet ndërmjet këtyre dy vlerave. Por më e rëndësishme është, se amplituda e lëkundjes edhe në ato pika nuk ndryshon me kohën. Prandaj në sipërfaqen e ujit paraqitet shpërdarje e caktuar e amplitudave të oscilimit, e cila quhet fotografia interferencione (fig. 2a).

Interferenca si dukuri paraqitet te të gjitha llojet e valëve: mekanike, të zërit, radiovale ose të dritës.

Pulsi valor gjatë reflektimit. Vala qëndruese.Le të marrim zorrë gome dhe me dorë le të bëjmë vetëm një puls valor (fig. 6). Skaji i zorrës le të jetë e përforcuar për ndonjë mur (mjedis me dendësi më të madhe) (fig. 6 a). Kur pulsivalori do të arrin deri te muri, ai prej atij reflektohet. Gjatë këtij reflektimi muri vepron mbi zorrën e gomës, ashtu që pulsi i kthyer do ta ndryshon kahen e deformimit (fig. 6 b).

Themi: *gjatë reflektimit të valës prej mjedisit më të dnedur ka ardhur deri te ndryshimi i fazës së valës për* $\varphi=\pi$.

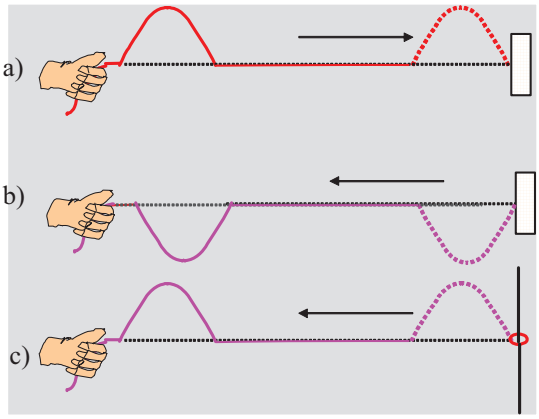


Fig. 6. Refleksioni i pulsit valor: a) pulsi arrin deri te mjedisi i përforcuar; b) pulsi i reflektuar prej skajit të përforcuar lëviz prapa, por gjatë reflektimit ka ardhur deri te humbja e fazës për λ/2; c) refleksioni i pulsit në rastin e skajit të lirë të zorrës-nuk ka ndryshim në fazën e valës së reflektuar

Si pasojë e këtij ndryshimi të fazës, nëse vala e dhënë reflektohet prej mjedisit më të dendur çdo pikë e zorrës është e detyruar të lëkundet nën ndikimin e të dy valëve: të ndërhyrësit dhe të reflektuarit. Këto dy valë janë koherente dhe ato interferojnë. Ato janë me kahe të kundërt dhe zhvendosje fazore.

Karakteristika e kësaj interference vërehet me këtë eksperiment: në njërin skaj të perit të përforcuar vendosim pirun me zë i cili detyrimisht lëkundet nën ndikimin e elektromagnetit (fig. 7a), Skaji tjetër hidhet përtej makares së palëvizshme dhe përforcohet me peshë ose dinamometër. Frekuanca e elektromagnetit pirun kështu e fituar është 100 Hz.

Pasi peri nga të dy anët është i lidhur, këtu ndodh refleksioni i valës dhe si rezultat i valës interferuese dhe fillestare krijohet **valë qëndruese**. Vala qëndruese ka **barqe** te shprehura qart-vendi ku peri lëkundet me amplituda maksimale, dhe **nyje-**vende ku nuk ka kurrfarë lëkundje. *Vendpozita e barqeve dhe nyjeve nuk ndryshon me kohën, ato nuk lëvizin sipas gjatësisë së perit, prandaj valët e këtilla i quajmë valë qëndruese.*

Eksperimenti tregon se numri i nyjeve dhe barqeve varet prej frekuencës *f* të lëkundjes, por edhe prej masës së perit në njësi gjatësi *d*, si edhe prej modulit të forcës së përforcimit *F*.

Tani më vërejtëm se vendpozita e nyjeve dhe barqeve nuk ndryshon gjatë kohës. Kjo është ashtu pasi që ndryshimi në fazat e lëkundjes në vendet e barqeve dhe nyjeve (por edhe në cilën do pikë tjetër) nuk ndryshon me kohën.

Vetitë themelore të valëve qëndruese

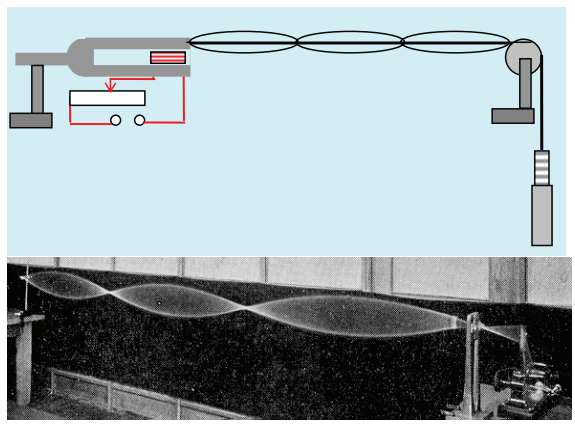


Fig. 7a) Skema e eksperimentit. b) Barqet dhe nyjet te lëkundja e telit

Kjo varet prej vendpozitës së perit. Që ta kuptojmë këtë do të shërbehemi me fig. 8, te e cila janë treguar valëzimet e valës ndërhyrëse (vizatuar me vijë te kuqe) dhe valës reflektuese (të vizatuara me vijë të kaltërt) në momente të ndryshme të lëkundjes. Ato dy valë inteferojnë dhe krijojnë valë qëndrese (e shënuar me të gjelbërt). Shihet se ***largësia ndërmjet dy barqeve është λ/2.*** Prej fig.8 gjithashtu shihet se ***të gjitha pikat ndërmjet dy nyjeve lëkunden në fazë,*** ato njikohësisht kanë vlera maksimale në një ose dy kahje. Gjithashtu, ***të gjitha pikat majtas edhe djathtas prej nyjes lëkunden me faza të kundërta,*** zhvedosje faze për π.

Duhet të përmendim se valët qënduese te teli i dhënë nuk mund të krijohen gjatë çfarëdo frekuence, por vetëm gjatë ndonjë frekuence të caktuar. Nëse e kemi rastin e lëkundjes së telit i cili është i përforcuar nga të dy anët, në të dy anët patjetër të krijohen nyje, kurse ndërmjet tyre disa barqe. Largësia ndërmjet dy nyjeve është λ/2.

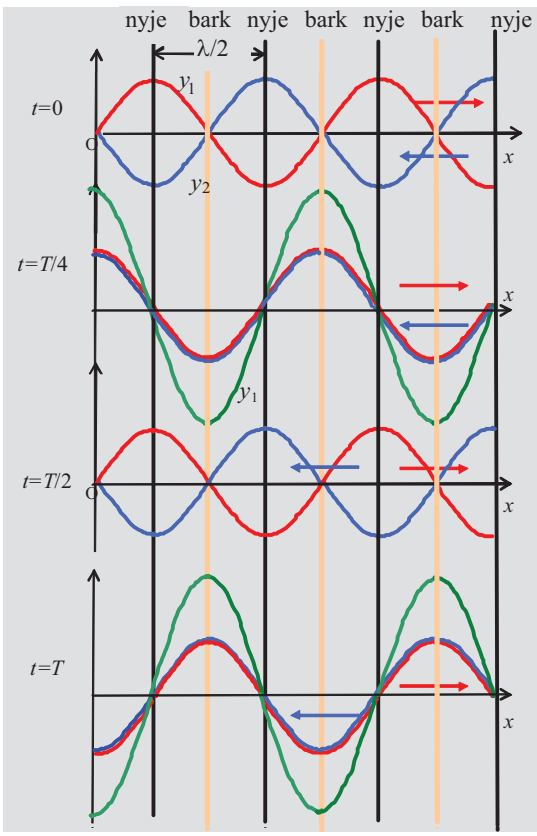


Fig.8. Lëkundja në vende të ndryshme të telit në kohë të ndryshme. Shihet se vendet e nyjeve ndërhyrëse dhe vala e reflektuar janë gjithmonë me fazë të kundërt. Atje lëkundja nuk ka. Barqet janë vende me amplituda mksimale.

Domethënë te gjatësia e telit L mund të krijohen vetëm numër i plotë i gjysmave prej gjatësisë valore: $L = m\lambda/2$ ku m = 1,2,3..., të cilëve u përgjigjen frekuencat personale:

$$f = m\frac{v}{2L} \qquad (m = 1,2,3\ldots) \qquad (3)$$

v është shpejtësia e zgjerimit të valës.

Kështu e fitojm relacionin për të ashtuquajturën **frekuencat e veta, themelore** (per m= 1) dhe frekuencat më të larta- **harmonike**.

Te valët qëndruese, për dallim prej lëvizëseve (progresivet), nuk vjen deri te bartja e energjisë. Të dy valët që lëvizin në kahje të kundërta bartin sasi të njejta të energjisë, kështu vjen deri te bartja e energjisë në të dy kahjet e kundërta.

Valët qëndruese mund të krijohen te të gjitha llojet e valëve: te valët në ujë, te valët e zërit, burimet e radiovalëve-antenat janë rezultat i zgjerimit të valëve qëndruese elektromagnetike.
Lëkundjet e telave te instrumentet me tela kanë formën e valëve qëndruese. Po ashtu, përveç frekuencës themelore madhësia e së cilës është e caktuar me relacionin (3) ku operimi, teli prodhon edhe frekuenca që janë numër i plotë herë më të larta dhe të cilat quhen **harmonike.**

Pyetja, detyra, aktivitetet

1. Bëni eksperiment të këtillë. Në enë të gjërë të cektë futni ujë (fig. 9.a). Për atë qëllim mund të shërben edhe tava e zakonshme. Merrni dy shkopinj, ashtu që me të parin ju ta prekni ujin, kurse me të dytën shokun ose shoqen tuaj. A janë burimet koherente?

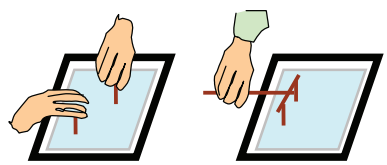


Fig. 9.

2. Të dy shkopinjtë vendosni mbi një mbështetëse dhe në mënyrë ritmike prekni sipërfaqen e ujit (fig. 9.b). Çka vëreni?
3. Duke shfrytëzuar udhëzimin e programit PEARLS, dhe udhëzimin të punuar prej anëtarëve të projektit Tempus- Shkup, 2001 nga Instituti i fizikës në sektorin valët, studioni „ Përzierja e valëve“.
4. Largësia ndërmjet dy nyjeve të valës qëndruese, të krijuara prej dy pirunave me zë në ajër, është 40cm. Sa është frekuenca e pirunit nëse shpejtësia e zërit është v= 340 m/s? (Përgjigje: 425 Hz).

3.5 PARIMI HAJGENS-FRENEL I DIFRAKSIONIT TË VALËVE

Parimi i Hajgensit

Një varg i dukurive të lidhura me zgjerimin e valëve, reflektimi i tyre, përthyerja ngjajshëm mundet thjesht të sqarohen nëse njihet fronti valor i valës.

Në vitin 1690 fizikani holandez Hajnrih Hajgensi ka propozuar një mënyrë të thjeshtë se si të caktohet fronti valor në momentin $(t+\Delta t)$ nëse e dimë pozitën e frontit në momentin t.

Hajgensi ka propozuar se çdo pikë prej frontit valor në momentin t paraqet **burim sekondar** të valës elementare sferike. Fronti valor në momentin $(t+\Delta t)$ do të jetë anvelopa e përbashkët e këtyre valëve sekondare.

Do ta ilustrojmë idenë e Hajgensit nëpërmjet zgjerimit të valës në mjedisin homogjen.

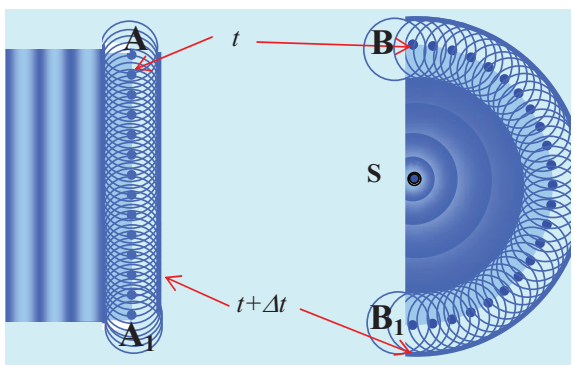


Fig.1 Proeksioni i valës së rafshët dhe sferike në rafsh (rafshi i burimit të valës sferike)

Te fig.1 majtas është dhënë fronti i valëve të valës së rafshët AA_1. Në momentin t, ai paraqet rafsh. Çdo pikë i atij rafshi është burim i valës elementare sferike, kurse anvelopa e përbashkët e këtyre valëve përsëri është rafsh.

Kjo do të thotë se fronti valor në momentin $(t+\Delta t)$ fitohet në largësi ΔR:

$$\Delta R = v\Delta t \qquad (1)$$

Në figurën e njejtë djathtas është paraqitur zgjerimi i valës sferike në rrafshin e burimit S.

Atje fronti valor në momentin t është sfera BB_1, kurse si çdo pikë e tij paraqet burim valës elementare sferike, anvelopa e tyre e përbashkët është përseri sferë-front valor në momentin $(t+\Delta t)$.

Burimet sekondare janë koherente

Hajgensi është ithtarë i madh për natyrën valore të dritës, por ideja e tij nuk ka qenë në përgjithsi e përkapur deri te paraqitja e fizikanit francez Frenel i cili parimin e Hajgensit e plotësoi dhe e sqaroi. Pikerisht, Freneli konstaton, që me një varg eksperimentesh është edhe e konstatuar, se valët sekondare elementare të cilat shtrihen në frontin valorë janë koherente. Prandaj fronti valor ne cilëndo pikë në momentin pas një kohe Δt fitohet si rezultat i interferencës të valëve sekondare.

Prandaj, **parimi Hajgens-Frenel** thotë:

çdo pikë në hapësirë e goditur nga valëzimi (çdo pikë e frontit të valës) është burim i sferike elementare sekondare, kurse interferenca e valëve sekondare e përcakton valëzimin në cilëndo pikë te e cila vala arrin në momentin pasues.

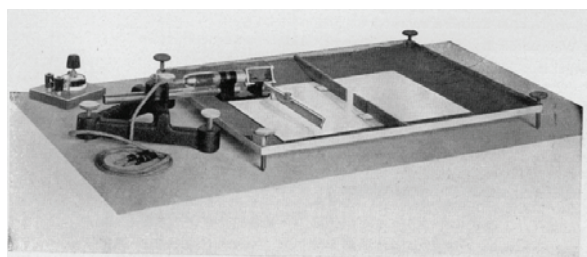


Fig.2

Me eksperiment të realizuar me valët në ujë mund të konstatohet parimi i parë i Hajgens-Frenelit. Në enën e cekët me ujë, në njërin skaj montohet shufër e drejt e cila me ndihmën e motorit lëkundet lart-posht, duke e prekur sipërfaqen e ujit (fig.2). Ashtu që, në sipërfaqen e ujit fitohet valë e rrafshët, frontet valore të të cilëve këtu janë drejtëza paralele.

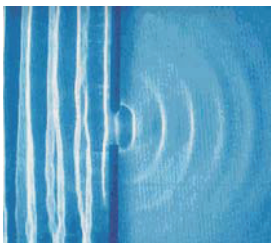


Fig.3.

Në rrugën e asaj vale të rrafshët, paralele me frontin valor është vendosur pengesë me hapje të vogël. Tregohet se ajo pjesë e vogël (që mund ta llogarisim për pikë) bëhet burimi i valës elementare sferike (këtu rethore). Pas pengesës përhapet vala rrethore. Te fotografija e fig.3 shihet vala e atillë sferike.

Pjesa e dytë prej parimit të Hajgens-Frenel do ta tregojmë me ndihmën e valëve në ujë.

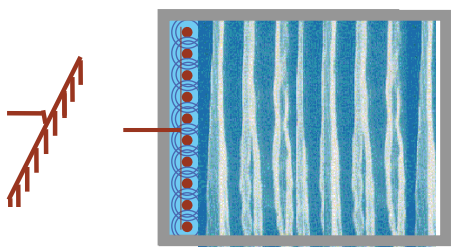


Fig. 4a Fig. 4 b

Te ena e njëjtë vendoset të oscilon mbështetësi me shumë shkopinjë (shihe figurën 4a), ashtu që ato e prekin njëkohësisht ujin. Çdo shkop paraqet burim të valës sferike, por pasi ato burime janë koherente, valëzimet e tyre interferojnë. Si rezultat i interferencës në një farë largësie fitohet valë i rrafshët (këtu drejtvizore).

Difraksioni i valëve

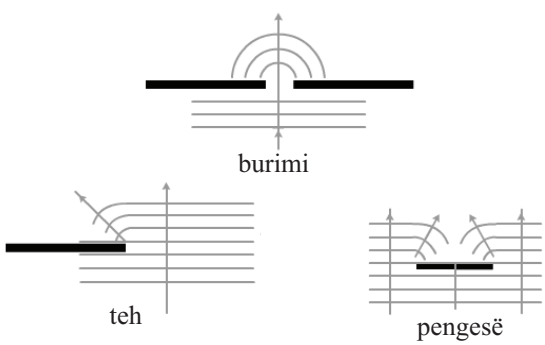
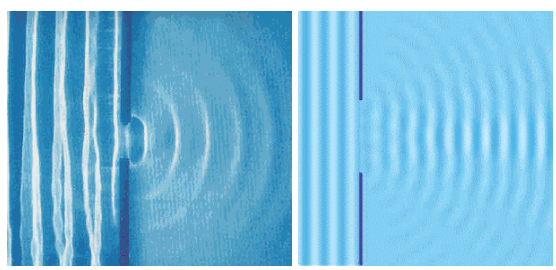


Fig. Vala e rrafshët e difraksionit

Dukuria e difraksionit ndodhë kur vala kalon në kufi të një pengese, ndonjë hapje ose objekt. Asnjë veti nuk ndryshon gjatë dukurisë difraksion përveç drejtimit të përhapjes së valës (fig.5). Gjatësia valore, frekuenca, perioda dhe shpejtësia janë të njëjta edhe pas dukurisë difraksion. Kjo mund të konstatohet eksperimentalisht.

Me ndihmën e pllakës drejtvizore dhe elektromotorit të shkaktojnë krijimin e valëve të rrafshta në uj (sikurse ne fig. 1) dhe në rrugën e tyre të vendosin pengesa me hapje dimenzionet e të cilave do t'i ndryshojmë (fig.6). Nëse hapja është me dimensione të vogla ose të rendit të madh të gjatësisë valore të valës ndërhyrse, pas pengesës do të fitohet valë rrethore (fig.6a).



a) b)

Fig. 6

Por nëse hapja e pengesës zmadhohet (fig. 6b), do të vërejmë se deri te shtrembërimi i frontit valor do të vjen vetëm te skajet e hap-jes, deri sa në pjesën më të madhe fronti valor do të jetë vijë e drejtë.

Edhe te pengesat vërehet dukuria e shtrëngimit të frontit valor. Nëse në rrugën e valëve në uj vendoset pengesë e vogël dimensionet e të cilave janë të krahasueshme me gjatësinë valore të valës, froni valor do të deformohet (fig. 7 lart dhe në mes), por jo shum. Nëse pengesa është me dimensione të mëdha, valëzim pas pengesave nuk ka për të pasur, por vetëm te te het do të vjen deri

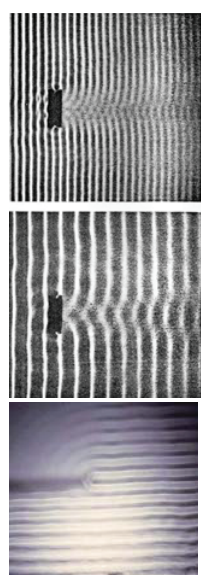


Fig. 7

te shtrembërimi i frontit të valëve (fig.7 posht).

Dukuria e shtrembërimit të frontit valor gjatë kalimit nëpër hapje me dimensione të vogla, të krahasueshme me gjatësinë valore të valës, ose te tehet, quhet ***difraksion i valës.*** Dukuria e difraksionit të valëve sqarohet me parimin e Hajgens-Frenelit. Valët sekondare të hapjes së ngushtë prej fig. 6a, inteferojnë, numri i tyre është i vogël ashtu që rezultati i interferencës është krijimi i valës ngjajshem si vala sferike. Te fig.8 është dhënë fotografija e difraksionit të dy hapjeve të vendusura në rrugën e valës së rrafshtë në ujë. Shihet se valët pas hapjeve inteferojnë, ngjajshëm sikurse që inteferojnë dy burime të pavarura.

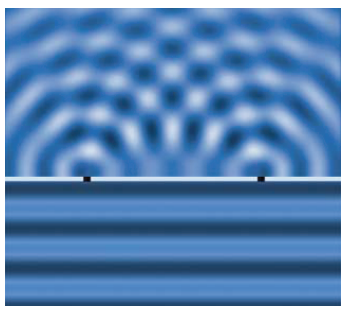


Fig.8

Difraksioni i valëve pas pengesave paraqitet edhe te zëri. Çdo kush din se mundet ta dëgjon muzikën nga radioja prej dhomës fqinjë edhe pse nuk e sheh radion.

Difraksioni i valëve, gjithashtu sikurse interferenca është e duhur për të gjithë llojet e valëve. Por, *kushti themelor që të vërehet ky fenomen është se hapja, ose pengesa në të cilën has vala duhet të jet me madhësi të krahasueshme ose më të vogël se gjatësia valore e valës që ndërhy.*

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Bëni eksperiment të këtillë në kushte shtëpiake. Në enë të gjëtë e të cektë futni uj. Për atë qëllim mund të shërben edhe tava e gjërë e zakonshme. Në tehet e tavës vëndoni pëlhur që të eliminohet, të paktën pjesërisht refleksioni i valëve prej faqeve të tavës. Në mesin e tavës vendosni dy pengesa fig.8. Në njërën anë me shkop të shkurtur prekni ujin në mënyrë ritmike. Çka vëreni pas pengesës? Vizatoni se si shihet vala pas hapjes së pengesave.

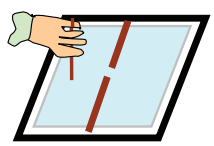


Fig. 9

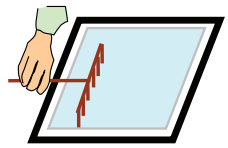


Fig. 10

2. Në enën e njejtë bëni eksperiment të ngjajshëm me ate që është dhënë te fig. 9 dhe te fig. 10. Nëse në mënyrë ritmike e lëvizni dorën (fig. 10) do të fitoni valë të rrafshët.

3. Çka mendoni, nëse si burim që në mënyrë ritmike e prek ujin, përdorni veglën me ndonjë far forme të mbuluar, fronti valor pas pengesës te eksperimenti nga fig.9 a do të ndryshon?

4. A keni vërejtur se si violinistët i akordojnë violinat e tyre? Sqaroni!

5. Nëse kitara sillet në mjedisin me tjetër temperaturë ajo duhet të akordohet, pse?

6. Kërkoni në internet web faqet: **Standing Waves**
Formation of **Standing Waves**
www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/class/waves/u10l4b.html dhe
www.cord.edu/dept/physics/p128/lecture99_35.html - 16k - 17 Mar 2003
dhe vëreni simulimin e valëve qëndruese.

7. **Kërkoni në internet web faqet:**
Hygens‘ principle
1. The Physics of Light: **Hygens‘ principle**
librarz.thinkquest.org/27356/p_hzgens.html - 14k-

2. Hygens‘ principle
farside.ph.utexas.edu/-rfitzp/teaching/302l/lectures/node135.html - dhe
3. id.mind.net/-zona/mstm/physics/waves/propagation/hygens1.html - 4k
dhe studioni formimin e fronitit valorë me ndihmën e Hajgens-Frenelit.

8. **Në web faqen**
www.smeter.net/propagaton/images/wavediffraction-2.gif
vëreni simulimin e paraqitjes së difraksionit të dritës dhe studioni.

Pak histori

Hristian Huygans (1629-1695) është fizikam i dëgjuar holandez dhe matematikan krijues i parë i teorisë valore për dritën në vitin 1690.Ai i pari e ka dhënë formulën për lavjerësin dhe ka konstruktuar orë me lavjerës.
Punët e tija matematikore janë për prerjet konike cikloida dhe teoria e gjasës. Me përsosjen e teleskopit ai e ka zbuluar satelitinSturn, Tigan,dhe katreguar se unaza e Saturnit nuke prek sipërfaqen e tij.

Augustin Fresnel (1788-1827) është fizikan idëgjuar francez. Ai ikavënduar bazat e optikës valore bashkohore. Duke e plotësuar parimin e Hajgensit me idenë se valëtsekondare interferojnë, aie ka dhënë edhe teorinë matematikore. për difraksionin e dritës. Edhe translativitetin e valëve të dritës së pari ka qenë e vërtetuar prej tij. Formulat e Freneit për amplitudëm dhe fazën e dritës së reflektuar dhe të përthyerjes nuke kanë humbur rëndësinë e tyre edhe sot.

Parimi i Hajgens-Frenelit thotë:çdo pikë në hapësirë deri te cila ka prekur valëzimi është burim i valës elementare sferike, kurse interferenca e valëve sekondare e përcaktojnë frontin valor në cilëndo pikë te e cila valëzimi arrin në momentin e ardhshëm.

Dukuria e difraksionit ndodh kur vala kalon në kufirin e një pengese, ndonjë hapje ose objekt.

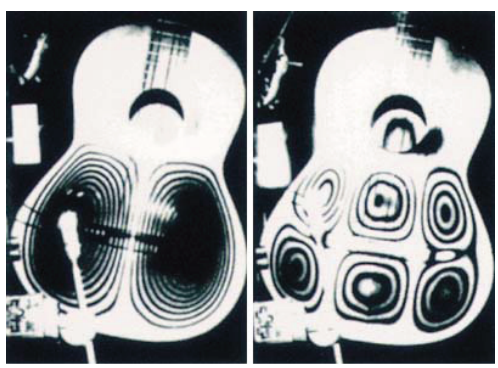
Gjatë dukurisë difraksion asnjë veti e valës nuk ndryshon përveç *drejtimit të përhapjes së valës*.

Kushti themelor që të vërehet fenomeni difraksion i valëve është hapja ose pengesa ku has vala duhet të jenë me madhësi krahasuese, ose më e vogël se gjatësia e valës që ndërhyn.

Rezime të shkurtër për mësimet 3.3 dhe 3.4.

Dukuria e radhitjes së dy (ose më shumë) valëve ku formohen valët me amplituda kohore të përhershme në çdo pikë të hapësirës te e cila valëzimi shpërndahen, quhet interferenca e valëve.
Amplituda e lëkundjet te pika e dhënë, e vendosur në hapësirë ku ndodhin interferenca e valëve, do të jetë maksimale, nëse ndryshimi i shkuarjes të rrezeve të të dy valëve që e shkaktojnë lëkundje në atë pikë është e barabartë me numër të plotë herë sipas gjatësisë valore.
Amplituda e lëkundjes te pika e dhënë do të jetë minimale, nëse ndryshimi i shkuerjes së rrezeve prej të dy valëve që interferojnë, dhe të cilat që i shqetësojnë oscilimet në pikën e dhënë është e barabartë me numër tek të gjysmave të gjatësisë së valës.

Gjëra interesante



Për mundësinë e krijimit të valëve qëndruese te pllakat të cilat nxiten te lëkundjet, ka thënë Hladin. Ai me gudalën e violinës ka shkaktuar lëkundje në pllaka metalike me sipërfaqe në formë të katrorit ose rrethit. Varësisht prej asaj ku pllaka e atillë do të përforcohet,në të gjatë lëkundjes paraqiten lakore nyjesh. Që të mundet këto lakore të jenë të shikuara, mbi pllakën vendoset rërë e imët e kuarcit. Në vendet ku pllaka lëkundet me amplitudë maksimale, grimcat e rërës nuk do të gjenden. Rëra mblidhet në vendet ku janë nyjet e lëkundjes të pllakës. Në figurën lartë janë valët qëndruese të kutisë së drurit të kitarës.

3.6. REFLEKTIMI DHE PËRTHYERJA E VALËVE

Nëse ndonjë val bie mbi sipërfaqen kufitare të ndonjë sendi ai prej tij pjesërisht reflektohet. Ai reflektim, varësisht prej asaj se sipërfaqeja është e lëmuet ose shumë e shtrembëruar, mund të jetë e orientuar ose difuze. Për reflektimin e valëve vlen lgji i parë i Snelit, sipas të cilit:

Nëse mbi sipërfaqen e rrafshët kufitare bie val e rrafshët, ashtu që rrezja e tij me normalen formon kënd α, ai pas reflektimit formon me normalen kënd β që është i barabartë me këndin ndërhyrës:

$$\alpha = \beta \qquad (1)$$

Ligji i parë i Sneulit thotë:

Gjatë reflektimit prej një sipërfaqe kufitare, këndi ndërhyrës është i barabartë me këndin e reflektimit.

Rrezja ndërhyrëse e valës së dhënë, normalja e tij dhe rrezja e reflektuar shtrihen në rrafshin e njëjtë.

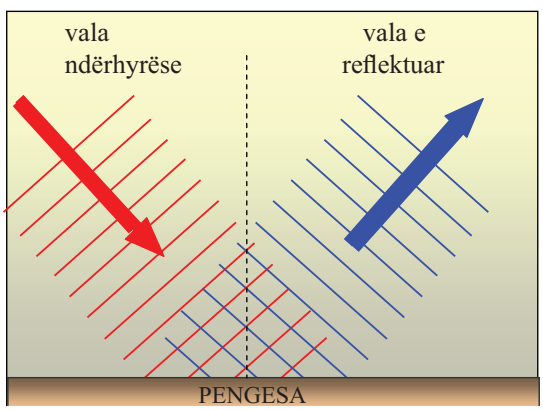


Fig. 1

Kjo veti e valëve, që vlen për të gjitha llojet e valëve (mekanike, të zërit, të dritës, radiovalët etj.), të skicuara në figurën 1, mund thjeshtë të demostrohet mendihmën e valëve në ujë.

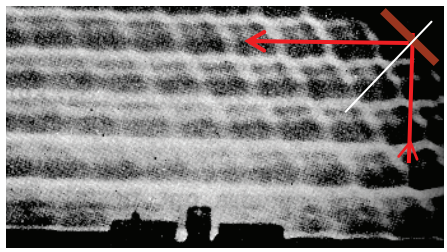


Fig. 2. Fotografia e reflektimittë valëve në ujë

Nëse në kadën e banjos për valët në ujë përdoret burim vijor, kurse në rrugën e valës nën ndonjë kënd në lidhje me frontin e valëve vendoset pengesë drejtvizore, fronti i valës së reflektuar formon kënd të njëjtë në lidhje me normalen e rrafshit ndërhyrës si edhe rrezes ndërhyrëse.

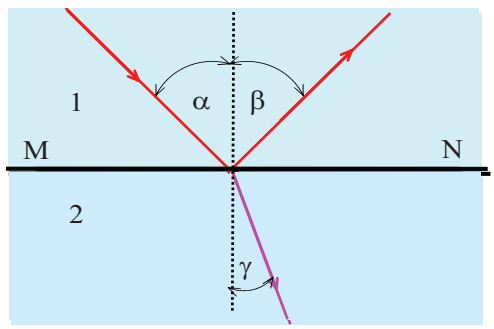


Fig. 3. Rrezja ndërhyrëse, e reflektuar dhe e përthyer

Megjithatënë kufirin e të dy mjediseve tetë cilat valëtlëvizin me shpejtësi të ndryshme, përveç refleksionit (fig. 3) ndodh edhe përthyerja evalës (fig.4).

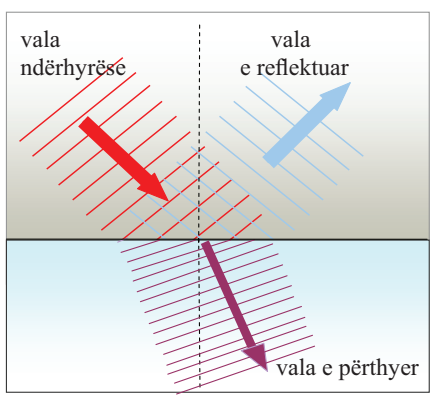


Fig. 4

Këndi ipërthyerjes γ është këndi ndërmjet normales dhe rrezes së përthyer kurse madhësia e tij varet prej asaj si është raporti ndërmjet shpejtësive të përhapjes në mjedisin ndërhyrës v_1 dhe shpejtësia në mjedisin ku përthyet rrezja v_2:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21} \qquad (2)$$

Raporti ndërmjet shpejtësive të mjediseve 1 dhe 2, n_{21} quhet **indeks relativ** i mjedisit të dytë në lidhje me të parin.

Edhe paraqitja e përthyerjes së valëve mundtë tregohet nëpërmjet valëve në ujë. Shpejtësia e këtyre valëve varet prej thellësisë së ujit. Sa më e madhe është thellësia e ujit, më e madhe është edhe shpejtësia në ujë. Pra kështu nëse në rrugën e përhapjes së valës së ujit të rrafshët vendoset pllakë qelqi, por ashtu që mbi të akoma të ketë ujl,shpejtësia e përhapjes së valës në atë pjesë të jetë më e vogël. Nëse tehu i pllakës së qelqit formon ndonjë kënd në lidhje me frontin valor, këto valë në atë pjesë do të përthyhen (fig. 5).

Për përthyerjen e valëve vlen ligji i Sneliut për përthyerje: *gjatë përthyerjes së valëve, rrezja ndërhyrëse, normalja dhe rrezja e përthyerjes së valës shtrihen në rrafshin e njëjtë.*

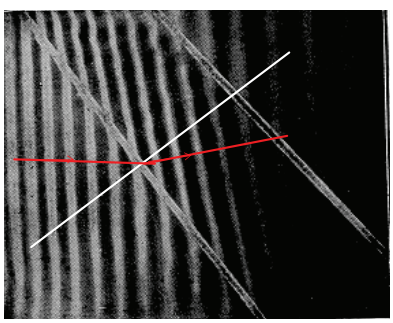


Fig. 5

Raporti i sinusit të këndit ndërhyrës dhe sinusit të përthyerjes është i barabartë me raportin e shpejtësive të përhapjes së valës te mjedisi ku rrezja ndërhyn dhe shpejtësia e mjedisit ku vala përthyhet. Ky raport quhet indeksi i relativitetit të përthyerjes në mjedisin 2 në lidhje me mjedisin 1.

Gjatë përthyerjes së valës prej mjedisit me shpejtësi të madhe, në mjedisin me shpejtësi më të vogël, rrezja e përthyer është orientuar *nga normalja* e mjedisit kufitar.

Gjatë përthyerjes prej mjedisit me shpejtësi më të vogël, në mjedis me shpejtësi më të madhe të përhapjes së valës, rrezja e përthyer shpërndahet *prej normales* në sipërfaqen kufitare.

Reflektimi dhe përthyerja dhe parimi i Hajgens-Freneli

Sjellja e të gjitha llojeve të valëve në sipërfaqen kufitare ndërmjet dy mjediseve te të cilat valët shpërdahen me shpejtësi të ndryshme dhe ligjet e Sneleusit, mundet lehtë të sqarohen nëpërmjet parimit të Hajgens-Frenelit. Për këtë qëllim do të na shërbej vizatimi i fig. 6.

Supozojmë se tufa e valës së rrafshët bie mbi sipërfaqe e rrafshët kufitare MN. Vala pjesërisht reflektohet, kurse pjesërisht përthyhet. Pse vjen deri te këto dukuri, dhe nën cilët kënde ndodh reflektimi, përkatësisht përthyerja?

Fronti i valëve të valës ndërhrëse, të shënuar me AA_1, kur ndërhyn nënkëndin α, nukarrin njëko

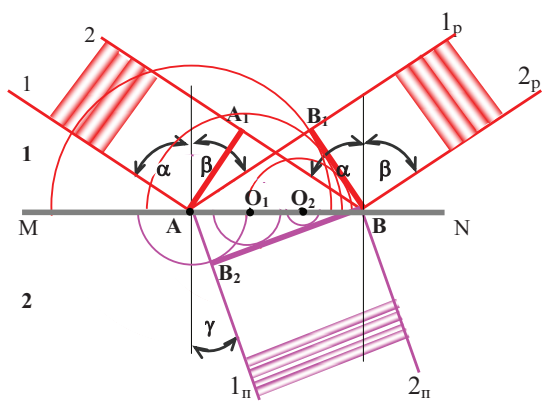


Fig. 6

hësisht te sipërfaqja kufitare, po rnë momentin ku rrrezja 1 është te pika A, rrezja 2 është në pikën A_1.

Gjatë intervalit kohor për të cilin rrezja 2 do të arrin prej pikës A_1 deri te pika B, te të gjitha pikat e sipërfaqes kufitare të segmentit AB gradualisht arrin valëzimi dhe ato sipas parimit të Hajgens-Frenelit bëhen burime të valëve elementare sferike. Këto valë përhapen me

shpejtësi të ndryshme te mjediset 1 dhe 2, prandaj edhe rrezet e tyre në këto mjedise janë të ndryshme. Me të kuqe janë shënuar valët te mjedisi 1, kurse me violetë valët te mjedisi 2.

Në momentin kur valëzimi i rrezes 2 ka arritur te pika B te sipërfaqja kufitare, si rezultat i interferencës së valëve sekondare krijohen fronte të valëve, e mjedisi 1, $\mathbf{BB}_1$, kurse te mjedisi 2 fronti i valëve $\mathbf{BB}_2$. Prej fotografisë shihet se të dy trekëndëshat ΔAA_1B dhe ΔAB_1B janë të puthitshëm (janë kënddrejtë, kanë hipotenuzë të përbashkët te brinja $AB_1 = BA_1$pasi ato janë rrugët e kaluara prej valës te mjedisi ndërhyrës për kohën Δt për të cilën rrezja 2 e ka kaluar rrugën prej pikës A_1 në B). Prej vizatimit shihet se:

$\angle B_1BA = \beta$ dhe $\angle A_1AB = \alpha$ si kënde me krahë normal. Pasi këto kënde, nga ana tjetër, janë të barabartë për shkak të puthitshmërisë së trekëndëshave, vijon

$$\alpha = \beta$$

me të cilën është vërtetua relacioni (1).

Që të vërtetohet relacioni (2) duhet t'i analizojmë trekëndëshat ΔAA_1B dhe ΔAB_1B. Ato janë trekëndësha kënddrejtë katetet e të cilëve janë AB_1 dhe AB_2 i paraqesin rrugët e kaluara të rrezes 1 në mjediset 1 dhe 2 për interval të kohës Δt për të cilin rrezja 2 e ka kaluar rrugën A_1 në B. Pra kështu

$$AB_1 = v_1\Delta t \text{ dhe } AB_2 = v_2\Delta t \ . \qquad (3)$$

Pasi $\angle ABB_2 = \gamma$, si kënde me krah normal, kurse prej fotografisë shihet se

$$\frac{AB_1}{AB} = \sin\alpha \qquad (4)$$

dhe

$$\frac{AB_2}{AB} = \sin\gamma \ , \qquad (5)$$

me zëvendësimin e relacioneve (3) në (4) dhe (5) fitohen

$$\frac{v_1\Delta t}{AB} = \sin\alpha \quad \text{dhe} \quad \frac{v_2\Delta t}{AB} = \sin\gamma \ .$$

Nëse barazimin e majtë e pjesëtojmë, do të fitojmë:

$$\frac{\frac{v_1\Delta t}{AB}}{\frac{v_2\Delta t}{AB}} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} \quad \text{ose} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} \qquad (6)$$

me të cilën sqarohet relacioni (2) për përthyerjen e valëve.

Pyetje, detyra, aktivitete

1.Çka është reflektimi i valëve? Si është lidhje ndërmjet këndit ndërhyrës dhe këndit të reflektimit?
2. Si ndryshon gjatësia e valës gjatë kalimit prej mjedisit me shpejtësi më të vogël në mjedis me shpejtësi më të madhe të përhapjes së valëve?
3. Gjatë ndërhyrjes normale të valës mbi sipërfaqen kufitare që ndan dy mjedise me shpejtësi të ndryshme të përhapjes së valës a vjen deri te përthyerja e valës? Përshkruaje çka ndodh në atë rast të kalimit prej një mjedisi në tjetrin. Cilat madhësi, që e karakterizojnë valën ndryshojnë, kurse cilët nuk ndryshojnë?

Rezime të shkurtër

Nëse ndonjë valë bie mbi sipërfaqen kufitare të ndonjë sendi ai prej tij pjesërisht reflektohet. Për refleksioni e valës vlen ligji i Sneliusit që thotë: **gjatë reflektimit prej sipërfaqes kufitare të dhënë, këndi ndërhyrës është i barabartë me këndin e reflektimit. Rrezja ndërhyrëse e valës së dhënë, normalja e saj dhe rrezja reflektuese shtrihen në rrafshine njëjtë.**
Gjatë kalimit ndërmjet dy mjediseve me shpejtësi të ndryshme të përhapjes së valës, përveç reflektimit, ndodh edhe përthyerja për të cilën vlen ligji i Sneliusit për përthyerje që thotë: **raporti i sinuseve të këndit ndërhyrës dhe sinusit të këndit të përthyerjes është i barabartë me raportin e shpejtësive të përhapjes së valëve te mjedisi ku rrezja ndërhyn dhe shpejtësisë së mjedisit ku vala përthyhet. Ky raport quhet indeksi i relativitetit të përthyerjes së mjedisit 2 në lidhje memjedisin 1. Rrezja ndyrhyrëse, normalja dhe rrezja evalës së përthyer shtrihen në rrafshin e njëjtë.**

3.7. VALËT E ZËRIT

Fusha e zërit, përkatësisht krijimi, përhapja dhe mënyra sipas të cilës pranohet zëri mësohet në lëmin e veçantë të fizikës-**akustika**.

Valët e zërit janë valë mekanike me frekuenca prej 16 deri 20000 Hz. Konstruksioni fiziologjik të veshit te njeriu është e atillë që ai nuk ësht i aftë t'i regjistron zërat me frekuenca f<16Hz, d.m.th., ***infrazëri*** dhe zërat me f>20000Hz-***ultrazëri***. Megjithatë, ekzistojnë kafshë të cilat e dëgjojnë ultrazërin dhe infrazërin.

Në rastin e përgjithshëm, çdo trup që është i aftë të oscilon te intervali i frekuencës së përmendur, mund të jetë burim i zërit.

Ekzistimii valëve të zërit më së lehti mund të konstatohet me vesh. Ajo është më e lehtë kurekziston rezonanca e valëve të zërit. Për këtë qëllim bënikëtëprovë.

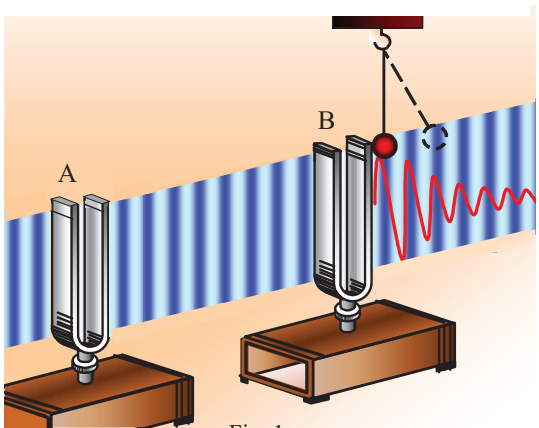


Fig. 1

Merrni dy piruna akustik A dhe B të cilat lëkunden me frekuenca të barabarta (fig. 1). Kutijat e tyre të rezonancës vëndoni njëra përballë tjetrës,kurse largësia ndërmjet tyre le të jetë përafërsisht gjysmë metër. Topthi i vogël vendosur ashtu që lehtë ta prek njërin skaj të pirunit B. Me çekiç gome e godisim pirunin A.

Vëreni: topi te lavjerësi fillon dukshëm të lëkundet.

Edhe pse pirunin B nuk e kemi ngacmuar, ai përsëri do të fillon të lëkundet. Lëkundjet e zërit të pirunit A krijojnë ndryshim periodik të shtypjes dhe dendësisë së ajrit që arrin deri te piruni B dhe e detyron të lëkundet. Themi, ndërmjet të dy pirunave ka ndodhur ***rezonanca e zërit***. Megjithatë, nëse te njëri krah të pirunit shtohet ndonjë copë metal, me të cilën do të ndryshon frekuenca, kushtet për rezonancë nuk do të plotësohen. Lëkundjet e pirunit të dytë janë të dobëta,pra praktikisht edhe nuk dëgjohet zëri (toni).

Këto ndryshime lëkundëse të shtypjes dhe dendësisë së mjedisit material ndodhin sipas rregullave që vlejnë për valët mekanike.

Te lëngjet dhe gazërat zëri përhapet vetëm si valë longitudinale. Te mjediset e ngurta elastike zëri mund të përhapet edhe si longitudinal edhe si transverzal. ***Në vakuum nuk ekzistojnë kushte për përhapjen e valëve akustukë.***

Karakteristikat themelore të valëve të zërit

Zërat që çdo ditë i dëgjojmë janë të llojllojshëm. Ndërmjet tyre mjaftë qartë dallohen **tonet mekanike** prej **zhurmave**.

Me çka dallohen tonet e muzikës prej zhurmave dhe çka është ajo që e ngacmon ndryshueshmërinë që ekziston ndërmjet toneve të ndryshme muzikore?

*Zërin që e prodhon burimi që realizon lëkundje harmonike quhet ton i pastër ose vetëm ton.*Karakteristikat fizike themelore të zërave të cilat regjistrohen me organet e dëgjimit janë*:* ***lartësia, ngjyra dhe niveli i zërit****.*

Lartësia e tonit është përcaktuar me frekuencën. Të ngacmuara në lëkundje pirunat me frekuenca të rëndësishme, japin tone të ndryshme sipas lartësisë. Sa më e madhe është frekuenca, më e madhe është edhe lartësia. Çdonjërit prej toneve prej shkallës muzikore i përgjigjet saktë frekuencë e caktuar. Kështu, për shembull, toni A (la) ka frekuencë prej 440 Hz. Frekuenca e tonit që është për oktavë më e lartë

se frekuenca e të parit dhe është 880 Hz. Madhësia akustike e toneve ndahen në 10 intervale. Intervali i lartësive të toneve raporti i të cilëve në frekuencat e skajshme është dy herë më e madhe quhet oktavë (e para 16:32; e dyta 32:64 etj.).

Instrumentet muzikore ose telat e zërit krijojnë tone të përbërë të cilët mund të paraqiten si shumë prej lëkundjeve harmonike frekuencat e të cilave janë vlera të plota prej frekuencës më të ulët. Zëri i asaj frekuence më të ulët (gjatësia më e madhe valore) është e njohur si ***themelor*** (i thjeshtë) ose ***toni i parë harmonik***, kurse të gjithë të tjerët janë ***tone më të larta harmonike (obertone)***.

Ngjyra e tonit është karakteristikë specifike sipas të cilës dallohen burimet e toneve. Ngjyra e tonit varet prej llojit dhe numrit të toneve më të larta harmonike.

Tonet muzikore prej instrumenteve të ndryshme nuk tingëllojnë një lloj, edhe pse kanë lartësi të barabarta. Për shembull, të njëjtë me lartësi tonesh të violinës dhe pianos dallohen. Frekuencat e veta të telave varen prej shumë faktorëve: masës, gjatësisë dhe forcës së përforcimit (shih frekuencën e vet).

Zhurmat *janë rezultat i shumë lëkundje të përbëra, lëkundje joperiodike edhe sipas amplitudës dhe sipas frekuencës. Zhurmat nuk mund të ndahen në komponente të thjeshta harmonike.*

Zhurma e fuqishme dhe e shkurtër është i njohur si ***dridhje***. Të atilla janë, për shembull, eksplozivet e ndryshme, thyerje e qelqit etj.

3.8. INTENZITETI DHE ZËRIMI I ZËRIT

Përveç frekuencës, forca objektive (intenziteti) është njëri nga parametrat me të cilët janë karakteristikat e zërit.

Intenziteti ose *forca I* i valës së zërit përkufizohet në mënyrë të njëjtë sikurse intenziteti i çdo vale. Ai është energjia *E* i valës së zërit që bartet në njësi kohe *t*, nëpër njësi syprinë *S* në sipërfaqen të vendosur normalisht në drejtim të përhapjes së valës, d. m.th.,

$$I = \frac{E}{St} = \frac{P_{mes}}{S} \qquad (1)$$

ku $P_{mes} = \frac{E}{t}$ është fuqia mestare. Intenziteti *I* i valës së zërit shprehet me njësinë:

$$\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^2\ \mathrm{s}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}\ .$$

Intenziteti i zërit si karakteristike energjetike është proporcionale me katrorin e amplitudës së shtypjes që krijohet.

Zëri intenziteti i të cilit është marrë se është njësi I_{max}=1W/m^2 shkakton dhembje te veshi i njeriut. Për shembull, zë të atillë dëgjojmë prej motorit të aeroplanit të shpejtë në largësi 5 prej m. Zëri me intenzitetë dhjetë herë më të madh (10 W/m^2) nuk e dëgjojmë, kemi vetëm dëgjim për dhembje.

Intenziteti maksimal i zërit që veshi e regjistron me shqisë të dhembjesquhet ***kufiri i dhembjes*** ose *kufiri i sipërm i dëgjimit.*

Vlera minimale e intenzitetit të valës së zërit që shkakton shqisë për të dëgjuar të frekuencës së dhënë është ***pragu i të dëgjuarit***.Ky prag për frekuencat endryshme është e ndryshme. Për shembull, për freuencën prej *f*=1000 Hz është

I_{min}=10^{-12}W/m^2

Gjatë vlerësimit ***subjektiv*** të intenzitetit me organet e dëgjimit në vend të intenzitetit merret ***niveli i zërimit të zërit*** ose vetëm ***zërim***. Kështu niveli i zërimit *L* për çfarëdo intenzitet *I* përcaktohet me barazimin:

$$L = k \log \frac{I}{I_{\min}}\ , \qquad (2)$$

ku k është konstante; *I* është intenziteti i zërit; I_{min}=10^{-12}W/m^2 është intenziteti i zërit frekuencial- pragu i dëgjimit për frekuencën *f*=1000 Hz.

Kur do të marrim *k*=1 niveli i zërimit, shprehet me njësi bel (B), por kur *k*=10, ky nivel shprehet me

dhjetë herë njësi më të vogla-decibel (dB).

Në këto njësi zëri më i qetë, pragu i dëgjimit, e ka zërimin 0 dB.

Për intenzitetin e zërit që shkakton shqisë të dhembjes në nivel maksimal të zërimit është120 dB.

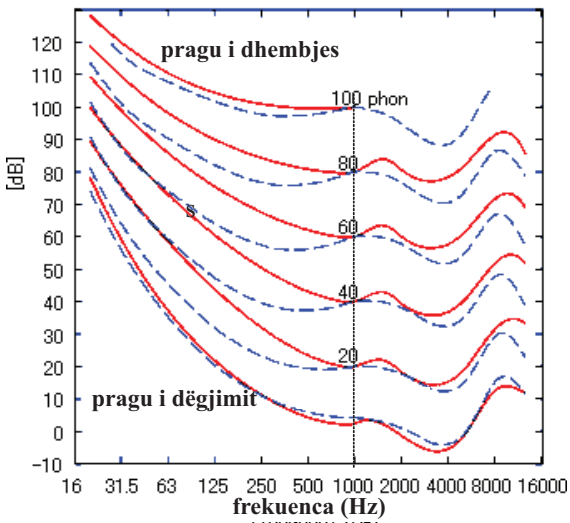


Fig. 1. Krahasimi i lakoreve të reja të zërimit të barabartë (ISO 226 prej vitit 2003 - vija e plotë) dhe Fletcher-Manson lakoret (prej vitit 1923-të ndërprera). Ndryshime të theksuara te lakoret paraqiten te frekuencat e vogla.

Te fig. 1 janë paraqitur lakoret e zërimit të barabartë të cilat tregojnë se pragu i dëgjimit shumë më tepër ndryshon me ndërrimin e frekuencës, kurse kufiri i dhembjes më e dobët. Sipërfaqeja ndërmjet pragut të dëgjimit dhe kufirit të dhembjes quhet *fusha e dëgjimit*.

Prej grafikut të fig. 1 shihet se ndërmjet 2 dhe 4 kHz veshi është më i ndijshëm, ndërsa gjatë frekuencave më të larta dhe më të voga, dëgjueshmëria është e vogël. Për shembull, 100 Hz pragu i dëgjueshmërisë është përafërsisht 10^{-8}W/m^2, që është 10^4 herë intenzitet më i madh prej intenzitetit për frekuencën prej 1000 Hz.

Intenziteti i zërit dhe zërimi prej nxitësve të ndryshëm të zhurmës janë paraqitur në tabelën 1.

Edhe për valët të zërit sikurse valët mekanike vlejnë ligjet për reflektim, përthyerje, difraksion, interferencë.

Tabela 1. Krahasimi i njësive subjektive dhe objektive të zërit

BURIMI I ZËRIT	L(dB)	t(Wm^2)
pragu i dëgjimit (largësia 1 m)	0	10^{-12}
përshpëritje (largësia 1 m)	20	10^{-10}
bisedë e lirë	40	10^{-8}
mesatarisht rrugë e lëvizshme	60	10^{6}
biseda me zë, komunikacion	70	10^{-5}
rrugë e lëvizshme	90	10^{-3}
sirena e automobilit	100	10^{-2}
aeroplani i shpejtë (larg. 10 m)	120	1

Jeni pyetur pse faqet e sallës së operës janë të ngjitura me pëlhurë, ose si është hapësira mbi te cilën është vendosur bina? Nëse absorbimi nuk është i madh reflektimi i zërit në hapësira të mbyllura mund të jetë i shumëfisht. Kjo dukuri quhet ***reverberacion***. Prandaj gjatë konstruksionit të sallave të koncertit, teatrove, auditoriumeve e tjera duhet të plotësohen kushtet për të fituar kohë optimale për reverberacion-paszërimit.

Shpejtësia e zërit varet sikurse prej vetive të mjedisit nëpër të cilën kalon kështu edhe prej temperaturës.

Shpejtësia e zërit te mjedisi i gazërave, zmadhoet me zmadhimin e temperaturës. Kështu, shpejtësia e zërit në ajër në 0^0C është 331,5 m/s, më ujë në 20^0C është 1493,2 m/s, kurse në granit është 6000 m/s.

SHEMBULLI 1. Të caktohet shpejtësia e zërit nëpër aluminium nëse moduli i Jungut të elasticitetit është $E = 7 \cdot 10^{10}$ Nm^{-2}, kurse dendësia $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kgm^{-3}

Zgjidhje: Shpejtësia e zërit mund të caktohet

prej barazimit $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$,

ajo është : $v = \sqrt{\frac{7{,}0 \cdot 10^{10}}{2{,}7 \cdot 10^3}} \approx 5{,}1 \text{ km/s}$.

3.9. REZONANCA E ZËRIT

Burimet e zërin, si lëkundës mekanik mund të kryejnë lëkundje të detyrueshme dhe të sjellen në gjendjen e rezonancës.

Rezonanca te burimet e zërit, përveç me shembullin të treguar me pirunin me zë të vendosur në kutinë e rezonancës, mund të tregohet edhe me provën të paraqitur në fig.1. Në enën më të gjër me ujë është zhytur gypi i qelqit që është hapur në të dy skajet, (kjo mund të bëhet edhe me një menzurë më të madhe ose me gyp prej neonkës të vjetër te e cila ngadal shtoni ujë.

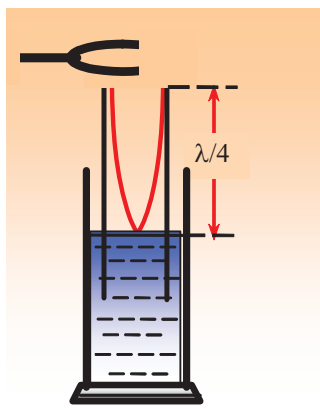


Fig.1. Eksperimenti për rezonancën e zërit

Kur mbi hapjen e gypit sjellet piruni me zë që oscilon shtylla me ajër do të realizon lëkundje të detyrueshme. Duke ndryshuar gjatësinë të shtyllës në ajër (duke e ngritur ose ulur gypin) për lartësi të caktuar, zëri dëgjohet më fuqishëm. Rezonanca e zërit krijohet kur shtylla në ajër te gypi oscilon me frekuencën e vet që puthitet me frekuencën e pirunit me zë, ose kur njëra frekuencë është numër i plotë herë më e madhe se tjetra te gypi krijohet valë e qëndresës (e atillë është edhe kutija e rezonancës te e cila është vendosur piruni me zë).

Frekuenca e vet e shtyllës me ajër varet prej gjatësisë së tij *L:*

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{(2n+1)}{4L}\, v\,; \quad n = 1, 2, 3, ... \qquad (1)$$

ku n është çfarëdo numri i plotë, v është shpejtësia e zërit në aër. Te fig. 1 gjatë gjatlsisë së shtyllës me ajër $L = \lambda/4$. Përveç kësaj, rezonanca mund të ndodhë për çfarëdo numër tek të gjatësive valore të katërta të valës së qëndruse, të mbyllur prej njërit skaj dmth., nëse gjatësia është

$$L = (2n+1)\frac{\lambda}{4}.$$

Rezonanca e zërit shrfytëzohet te instrumentet frymor. Disa instrumente (kitara, violina) që ti japin intenzitet më të madh shfrytëzojnë trupa me të cilët shkaktohet rezonanca. Trupat e tillë janë rezonatorë. Për shembull, piruni me zë është vendosur në kutinë e rezonancës.

Dukuria rezonancë shfrytëzohet për matjen e shpejtësisë së valëve të zërit. Përpiquni të caktoni shpejtësinë e zërit sipas ekperimentit sikurse në fig. 1.

Zëri mund të jetë burim i informatave dhe për gjendjen e organeve të brendhme të njeriut. Metoda me zë, e njohur si ***auskulltacion*** (dëgjimi i zërave në organizëm), është njëra nga metodat e vjetra akustike për diagnostikën në mjeksi. Për atë qëllim shfrytëzohet stetoskopi. Ai përbëhet prej kapsulës rezonance të mbuluar me membranë elastike e cila vendoset në trupin e të sëmurit, prej saj dalim gypa të gomës nga veshi i mjekut. Në kapsulën e zbrazët krijohet rezonanca ku zëri përforcohet dhe përmirsohet auskulltacioni.

SHEMBULLI 1. Piruni me zë me frekuencën f = 735 Hz është vendosur mbi shtyllën në ajër të mbyllur prej njërit skaj. Zëri më i fuqishëm sëpari do të dëgjohet kur shtylla në ajër e ka gjatësinë: a) 11,3 cm, pasjtaj edhe b) 33,5 cm. Të caktohet shpejtësia e zërit në ajër.

Zgjidhje: duke pasur parasysh barazimin

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{(2n+1)}{4L}\, v\,,$$

për shpejtësinë fitohet

$$v = \frac{4Lf}{(2n+1)} \quad n = 0,1,2,3,....$$

a) Me zëvendësimin e vlerave numerike në këtë barazim për n= 0, për shtyllën në ajër gjatësia e të cilit është L=11,3 cm për shpejtësinë fitohet:

v=4Lf; përkatësisht v_l=332 m/s;

b) për shtyllënë ajër gjatësia e të cilit është L= 33,5 cm duhet n=1, shpejtësia është:

$$v = \frac{4Lf}{3}$$ përkatësisht v_l=328 m/s.

Shpejtësin e zërit do ta fitojmë si vlerë mesatare prej v_1 dhe v_2.

3.10. ZHURMA DHE MBROJTJA PREJ ZHURMËS

Valët e zhurmës me intenzitet të madh i kanë të gjitha frekuencat e mundshme nga fusha e dëgjimit, quhen ***zhurmë***. Ekzistojnë dy lloje të zhurmës: ***urbane dhe industriale***. Niveli i lejuar i zërit për frekuencat më të larta është 70-80 dB, kurse për frekuencat e ulëta 90-100 dB. Për vende të caktuara është shkruar edhe zërim më i vogël të zërit. Për shembull, në spitale është deri 15 dB, në biblioteka deri 2 dB, në dhomat e gjumit prej 20dB deri 30 dB.

Zhurma intenzive, por veçanërisht zhurma e gjatë dëmshëm ndikon mbi organizmin e njeriut: e dobëson të dëgjuarit, e zvogëlon aftësinë e punës dhe efekte tjera të pa dëshirueshme. Për shembull, njerëzit që punojnë kazana, zakonisht vuajnë prej shurdhëmërisë së pjesërishme për madhësinë e frekuencës të zërit që përgjigjet zhurmës të krijuar prej rrahjeve të çekiçit te faqet e kazanit. Njerëzit që kanë vende të punës ku zhurma është me kohëzgjatje të madhe dhe më e madhe se e lejuara, duhet të mbrohen me pajisje përkatëse.

Për mbrojtjen e mjedisit njerëzor prej zhurmës, të domosdoshme janë matjet të zhurmës të silat bëhen me mjete akustike të quajtura ***fonometër***, përkatësisht ***sonometër***.

Gjatë mbrojtjes prej zhurmës, duhet pasur parasysh se veti izoluese më të mirë të zërit kanë materiale poroze.

Intenziteti i zërit në mënyrë eksponenciale zvogëlohet me trashësinë e materialit. Intensiteti i zërit në hapësirat e mbyllura varet prej koeficientit të apsorbimit të mureve. Kështu, për shembull, malteri e ka koeficientin e absorbimit 0,02, kurse perdet 0,23.

Për zvogëlimin e zhurmës sot shpesh muret lyhen me malter që kanë veti ta absorbojnë zërin. Në afërsi të aeroporteve bëhen mure të larta te të cilët m së shpeshti mbjellin drunjë të cilët me reflektim të shumëfishtë të valëve të zërit e zvogëlojnë intenzitetin e tyre.

Procesi i reflektimit dhe apsorbimit të valëve ka rol të veçantë gjatë përhapjes së valëve te hapësirat e mbyllura. Këro procese i përcaktojnë vetitë akustike të hapësirave. Gjatë projektimit në amfiteatra, mësojtoret, sallat e koncerteve dhe teatrove, TV studiot, shfrytëzohen teknika të veçanta të cilat janë pjesë e *akustikës arkitektonike.*

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Sirena e automobilit jep zë me intenzitet 10^{-3}W/m^2 ose zërimi prej 90 dB, dhjetë sirtena të atilla japin intensitet 10^{-2}W/m^2 ose zërim prej 100dB; dy sirena 93 dB. Pse?
2. Për sa decibel do të ndryshon zërimi i zërit nëse intenziteti zmadhohet dy herë. Përgjigje: 3 db)
3. Të caktohet frekuenca e burimit të zërit, nëse valët e zërit kanë gjatësi valore 0,68 m, kurse oërhapen me shpejtësi 340 m/s.

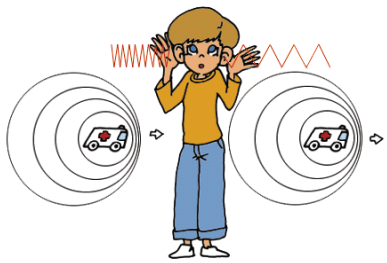
Përgjigje: f=500 Hz).

4. Gyp i metalit me gjatësi 931 m nëpër gjatësi është goditur me çekiç. Te skaji tjetër në ndryshim kohor prej t=2,5 *s do të dëgjoni dy herë zë.* Sqaroni pse ndodh kjo dukuri. Të caktohet shpejtësia e zërit te metali, nëse shpejtësia e zërit në ajër është 340 m/s.
5. Sa energji bart vala e zërit për kohën prej një minute nëpër sipërfaqen 1 m^2, nëse e ka intenzitetin 10 W/m^2.

(Përgjigje: 600 J)

6. Pse zëri te salla e zbrazët dëgjohetmë fortë se sa kur te salla ka publik?
7. Nën zilen e qelqit është vendosur zile elektrike. Nëse prej ziles së qelqit me ndihmën e vakum pompës është nxjerrë ajri, a do ta dëgjoni zlen?
8. Pse vëndohet veshi te binarët e trenit (mos e bëni atë!). Ku përhapet zëri më shpejtë?

3. 11. EFEKTI I DOPLERIT



Kur burimi i zërit dhe pranuesi janë të palëvizshëm në lidhje me mjedisin nëpërmjet të cilit zëri bartet, frekuenca e valës së zërit që e pranon pranuesi është e barabartë me frekuencën e valës së burmit.

Megjithatë, nëse burimi i valëve ose pranuesi lëvizin relativisht njëri në lidhje me tjetrin, pranuesi, do të regjistron frekuencë tjetër nga ajo që e emeton burimi i valëve.

Me siguri keni vërejtur, kur barka lëviz përballë ujit të dridhur, frekuenca me të cilën valët përplasen në barkë do të jetëmë e madhe se sa kur barka rrin e qetë ose lëviz në kahe të përhapjestë valës. Ose, kur burimi i valës lëviz nga vëzguesi, kur rrethina është e qetë, vëzhguesi dëgjon lartësi të tonit (frekuencë më të madhe) prej asaj që e jep burimi. Në rastin e kundërtë, kur burimi i zërit largohet, vëzhguesi dëgjon frekuencë më të vogël. Ky efekt vërehet edhe kur automobili ose lokomotiva të cilat japin signale zëri kalojnë shpejtë afër vëzhguesit. Këtë dukuri i pari e ka sqaruar Dopleri në vitin 1842.

Efekti i Doplerit është ndryshimi i frekuencës s[zërit gjatë lëvizjes relative të burimit në lidhje me pranuesin.

Efekti i Doplerit është dukuri karakteristike për të gjitha valët - valë të ujit, valë me zë dhe ultrazëra, por gjithashtu edhe gjatë përhapjes së valëve të dritës, radiovalëve dhe valëve tjera elektromagnetike.

Që ta sqarojmë këtë efekt, do të supozojmë se burimi i zërit O (fig. 1 lëviz me shpejtësi *v* nga vëzhduesi që qëndron te pika A, kurse pikat 1, 2, 3, 4,...e tregojnë pozitën e burimit të zërit O për intervale të vogla kohore.

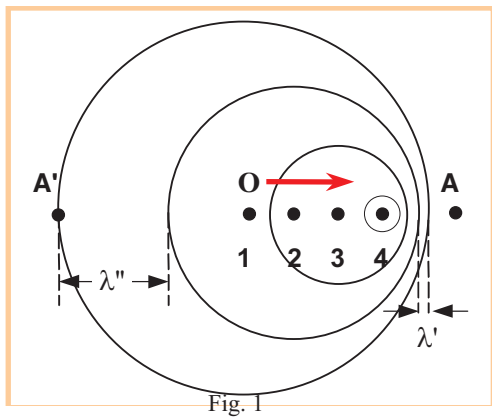


Fig. 1

Kur burimi i zërit është në pozitën 1, prej tij niset valë sferike dhe në momentin e dhënë në formë të sferës, qendra e të cilit është pika 1, është zgjeruar deri te pika A. Diçka më vonë, kur burimi i zërit është në pukën 2, niset valë tjetër i cili deri në momentin e dhënë është zgjeruar deri te pika A me sferën më të vogël qendra e të cilës është pika 2. Pastaj vjen vala 3 etj. Po ashtu në kahe OA gjatësia e valës λ' të valës së zërit do të jetë më e vogël se gjatësia e valës λ të valës kur burimi i zërit nuk do të lëvizte. Anasjelltas, në kahe OA' gjatësia e valës λ'' do të jetë më e madhe se λ'.

Megjithatë duhet të kujtohemi se gjatësia e valës λ dhe frekuenca *f* janë të lidhura me v_z shpejtësia e zërit, frekuenca që po ashtu do të rgjistron është:

$$f' = \frac{v_z}{v_z \mp v} f \quad . \qquad (1)$$

Shenja „-“ është për gjendjen kur burimi i zërit afrohet, po ashtu pranuesi do të regjistron (vëzhguesi dëgjon) zë me frekuencë të lartë prej frekuen-

cës *f* që e jep burimi e zërit. Shenja „+“ tregon se burimi i zërit largohet me shpejtësi *v* dhe po ashtu regjistrohet zëri me frekuencë të vogël.

Në rastin kur vëzhguesi lëviz me shpejtësi *v*, kurse burimi i zërit është i qetë, frekuenca që regjistrohet është:

$$f' = \frac{v_z \pm v}{v_z} f \quad , \qquad (2)$$

shenja „+“ vlen kur pranuesi i zërit (vëzhguesi) afrohet nga burimi, kurse „-“ kur pranuesi largohet.

Gjithashtu, kur valët reflektohen prej pengesës lëvizëse, frekuenca e valës reflektuese, për shkak të efektit të Doplerit, ndryshon dhe dallohet prej frekuencës së valës ndërhyrëse. Kjo dukuri mundet të shfrytëzohet për caktimin e shpejtësisë së pengesave lëvizëse (për shembull shpejtësia e elektrociteve te enët e eshtrave etj).

Kjo teknikë mund të shfrytëzohet te të gjitha llojet e valëve. Për shembull, nëse valët ultrazëri, të reflektuara nga trupthat e gjakut si pengesa lëvizëse, japin informata për shpejtësinë e gjakut dhe enëve të gjakut. Me ndihmën e kësaj teknike mund të regjistrohen edhe ndryshimet e krahërorit gjatë frymëmarrjes, pastaj pulsimin e zemrës të frytit te nëna.

Pasi barazimet (1) dhe (2) vlejnë për çfarëdo lloj valësh, zhvendosja e gjatësisë së valës të ndonjë vije të njohur spektrale mund të shfrytëzohet që të caktohet shpejtësia e lëvizjes së ndonjë ylli ose galaksie në lidhje me Tokën. Drita vjen nga ylli që largohet nga Toka e ka frekuencën më të ulët se drita e emetuar prej atomeve të elementit të njëjtë kur ato janë të qeta. Thuhet vijat spektrale të dritës prej atij ylli *janë zhvendosur nga e kuqeja*.

Kështu zhvendosja e kuqe për galaksionet më të largëta prej nesh është më e madhe. Numrë i madh i yjeve kanë zhvendosje të kuqe. Prej kësaj përfundohet se numri i madh i yjeve largohen prej nesh, d.m.th., kozmosi zgjerohet.

Në parimin e efektit të Doplerit radarët e policisë gjatë kontrollimeve të komunikacionit e caktojnë shpejtësinë e automjeteve.

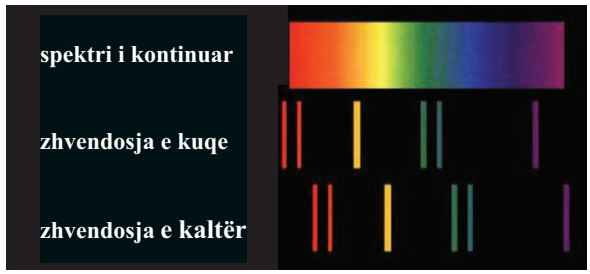


Fig. 2

Rasti special i efektit të Doplerit „depërtimii i barierës së zërit“.

Pyetje dhe detyra

1. Çka efekti i Doplerit? Numëroni disa zbatime të efektit të Doplerit.
2. Në rrugën magjistrale qëndron vëzhgues. Automobili, që lëviz me shpejtësi 20 m/s, shkon nga vëzhguesi dhe e kalon me sirenë të shtypur frekuenca e së cilës është 540 Hz. Sa frekuencë regjistron vëzhguesi gjatë afrimit edhe gjatë largimit të automobilit?
(Përgjigje: 574 Hz, 510 Hz)
3. Caktoni frekuencën e zërit që e dëgjon vëzhguesi kur burimi afrohet, përkatësisht largohet prej vëzhguesit me shpejtësi konstante.

K. Dopler (***Kristian Andreas Dopler***,1803-1853) fizikan, matematikan dhe astronom austriak. Në vitin 1842 e bën zbulimin e tij më të madh - efekti i Doplerit. Efekti shfrytëzohet edhe gjatë hulumtimieve astronomike.

Më shum informata dhe simulime për efektin e Doplerit kërkoni no internet adresën: www.scholsobservaory.org.uk/internal/dopler.htm
http://webphysics,davidson.edu/Applets/Examples From_Others/dopler.html

3.12. INFRAZËRI, ULTRAZËRI DHE ZBATIMI

Infrazëri

Valët mekanike me frekuencë më të vogël se 20 Hz bëjnë pjesë te infrazëri. Burimi i infrazërit parimisht mund të jetë çdo trup që lëkundet te intervali frekuentues i dhënë. Të atillë mund të jenë, për shembull, makinat e mëdhaja keq të centruara të cilat punojnë me numër të vogël të rrotullimeve, kamionët e rëndë transportues, sharrat për prerje të drunjëve, lëkundjet e konstruksioneve të mëdhaja ndërtimore. Burimet natyrore të infrazërit janë zbrazje elektrike në atmosferë, dallgët, tërmetet, vullkanet, valët e detit. Infrazërat krijohen, përshembull edhe gjatë gjuajtjes me armë të rënda altilerike, eksplozivi i granatave, minat etj. Te të gjithë shembujt përveç komponentës së dëgjimit, krijohet edhe infrazërat.

Këto valë frekuentuese të ulta, duke vepruar me mënyrë rezonante mbi organet e njeriut, mund të shkaktohen efekte të pa dëshirueshme: mundim, lodhje, kokëdhimbje, çrregullim. Prej tyre vështirë mund të mbrohemi për shkak se ultrazërat nuk pranohen nëpërmjet shkisës për dëgjim por nëpërmjet gjithë trupit. Lëkundjet barten nëpërmjet mureve, dyshemeve.

Gjatësia e madhe valore mundëson ultrazërit lehtë t'i përballon pengesat. Ai thjeshtë i rrethon. Ato karakterizohen me aftësi të vogël apsorbimi. Ultrazërat veçanërisht zbatohen gjatë vëzhgimeve luftarake për zbulimin e sendeve të maskuara që nuk është e mundshme vizuelisht të zbuloget.

Lëkundjet me frekuenca të ultrazërit, të cilat fitohen me mjete të veçanta, shfrytëzohen për mjekim dhe masazh.

Veçanërisht të ndishme të ultrazërave janë disa gjallesa detare. Meduzat ikin prej bregut, a disa peshqi të cilët jetojnë në thellësi, dalin në sipërfaqe dhe në atë mënyrë signalizojn për afrimin e uraganeve, valëve të cunamit ejt. Në Japoni ruhen peshqi të cilët para tërmeteve e ndryshojnë qëndrimin e zakonshëm ne akuarium.

Ultrazëri

Me ultrazë nënkuptohen valët mekanike më të mëdha se kufiri i lartë i dëgjimit. Valët e ultrazërit kanë frekuencë prej $2 \cdot 10^4$ deri 10^9 Hz. Zëri me frekuencë më të madhe se 10^9 Hz quhet ***Hiperzërim.*** Veshi i njeriut nuk mundet t'i percepton këto valë të zërit. Për shkak të frekuencës të madhe del se ultrazëri ka gjatësi valore shumë të vogël. Për shembull, për kufirin e lartë të ultrazërit, d.m.th., të frekuencavë 10^9 Hz, në ajër gjatësia valore është $3{,}4 \cdot 10^{-7}$ m, që është e rendit të madh si edhe gjatësia valore e dritës.

Burimet e ultrazërit. - Për fitimin e ultrazërit shfrytëzohen gjeneratorë *mekanik* dhe *elektromekanik.* Gjeneratorët mekanik paraqesin një llojë special i burive të konstruktuara (buria e Galltonit). Me ato fitohet ultrazëri me frekuenca të vogla (20-200 kHz) dhe forcë e vogël.

Te gjeneratorët elektromekanik shfrytëzohen ***efekti inverz piezoelektrik dhe magnetostektiv.*** Të dy efektet janë reverzibile, ku shëndruesët e ultrazërit mund të shfrytëzohen jo vetëm si gjeneratorë i ultrazërit por edhe pranues të ultrazërit.

Efekti piezoelektrik përbëhet prej: nën ndikimin e deformimit elastik te disa kristale dielektrike ndodhë polarizimi elektrik. Pikërisht në faqet e pllakës kristalore (janë prerë në mënyrë të veçantë) ku vepron forca në njërën anë elektrizohet me sasi pozitive elektrike, kurse e kundërta me negative. Me ndryshimin e kahjes së deformimit (p.sh., në vend të kompresimit kryhet zgjatja) ndodh polarizimi me kahe të kundërt. Veti të atillë kanë: **kuarci, turmalini, barium titanati, krypa e segnetit, disa polimerë etj,.**

Efekti inverz piezoelektrik. Nëse në pllakën e kuarcit fig. 1 barten mbështjellsit (filme të hollë prej ari dhe argjendi) dhe ajo vazhdon në fushën elektrike periodike të ndryshueshme, dipolet e tyre do të tentojnë ta orientojnë në kahen e fushës, që sjell deri te tendosja mekanike te kristali.Po ashtu

pllaka e kuarcit zgjatet gjatë një kahe, dhe mblidhet gjatë kahes së kundërtë të fushës. Në këtë mënyrë pllaka realizon lëkundjet të detyrueshme të cilat barten edhe në grimcat në mjedisin rreth e përqark në formë të valëve të ultrazërit.

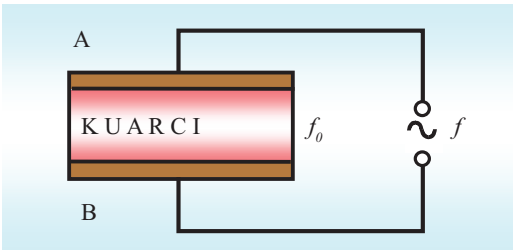


Fig. 1. Efekti inverz piezoelektrik

Lëkundjet mekanike të vendosura te kristali do të jenë me amplitudë maksimale kur ndërmjet fushës së ndryshueshme elektrike dhe pllakës kristalore do të vendoset rezonanca, d.m.th., kur frekuenca e fushës do të barazohet me frekuencën e vet të pllakës. Pllaka atëherë oscilon me amplitudë të madhe maksimale. Me zgjedje ë mirë të trashësisë së pllakës dhe mënyrë sipas së cilës është gdhendur, mund të fitohen valë ultrazënore me frekuencë prej 50 deri 100 MHz.

Për shkak të reverzibilitetit të efektit - pllaka e njëjtë mund të shfrytëzohet edhe për fitimin edhe për detektim të ultrazërit. Kështu, nëse te pllaka e kuarcit bie vala e ultrazërit krijohen impulse elektrike të cilat mund të detektohen me instrument të veçantë.

Zbatimi i ultrazërit

Karakteristika themelore fizike dhe ligjet për përhapjen e valëve të zërit vlejnë edhe për ultrazërin. Megjithatë, ultrazëri posedon një varg të vetive specifike. Ato veti janë këto:

1. valët e ultrazërit, për shkak të gjatësisë së vogël (frekuienca e madhe) përhapen përafërsisht drejtvizorisht, që mundësojnë me pasqyra të veçanta akustike të orientohen;

2. vala e ultrazërit bart më shumë energji se sa vala e zërit, d.m.th., ka intenzitet më të madh ($I \propto \omega^2$- intenziteti I është proporcionalisht me frekuencën), kështu kur do të fokusohet në sipërfaqe të vogël mund të shkakton: *efekt mekanik, të nexehtësisë, fizike kimeike dhe fiziologjike*.

3. amplituda e grimcave dhe amplituda e shtypjes së materialit të mjedisit nëpër të cilin kalon ultrazëri janë të mëdhaja dhe mund të shkaktojnë tendosje të mëdhaja dhe deformime të qëndrueshme.

Përhapja drejtvizore e valëve të ultrazërit shfrytëzohet gjatë *defektoskopisë së ultrazërit* për hulumtimin e homogjenitetit të ekzemplarëve dhe zbulimit të defekteve të ndryshme prej tyre (plasje, johomogjenitetit). Kjo bazohet në refëektimin e ultrazërit prej defekteve te ekzemplarët. Sipas madhësisë të siganalit caktohet vendi dhe forma e defektit.

Fokusimi i sipërfaqes së vogël mundëson *përpunimin mekanik të materialeve* (zierja e ftohët e materialeve që vështirë shkrihen, shpuarja, përpunimi i bukur). Ultrazëri shfrytëzohet për *osteosintezën e ultrazërit* („saldimin“ e eshtrave), në kirugji me të mund të pritet jo vetëm indi i butë por edhe i ashtit, në stomatologji shfrytëzohet për pastrimit e gurit të dhëmbit.

Me zbatimin e valëve intenzive të ultrazërit te sistemet e lëngjeve, në vendin ku intenziteti është më i madh mund të krijon „zgavër“ dhe të vjen deri te këputja e tij, d.m.th., deri te ***kavitim***. Me ndihmën e kavitimit disa sisteme të lëngta ose të ngurta mund të lirohen prej molekulave të gazit, si edhe prej papastërtive që i përmbajnë.

Aftësia e ultrazërit t‘i imtëson trupat dhe të formon emullzion prej lëngjeve të cilat nuk përzihen, shfrytëzohen në industrinë farmaceutike për prodhimin e barërave, në kozmetikë dhe industrinë kimike.

Nën veprimin e ultrazërit shumë bashkëdyzime kimike zbërthehen. Me ndihmën e ultrazërit përshpejtohen reaksionet kimike, difuzioni, tretja. Në përgjithsi këto efekte nën veprimin e ultrazërit përciellen duke e ngrohë në mes.

Ultrazëri vepron *në mënyrë stimulative mbi zhvillimit të llojit të ndryshëm të farërave*, d.m.th., i stimulojnë proceset oksidike te indi.

Efektet biologjike janë rezultat i veprimit mkanik të ultrazërit mbi indin. Me ultrazërin mundet të zhduken viruset, bakteriet, këpurdhave,

prandaj shfrytëzohen edhe për *sterelizim*.

Ultrazëri shfrytëzohet në mjeksi për diagnostifikim dhe terapi. Pasi indi i shëndoshë dhe i sëmurë ka veti të ndryshme akustike, ultrazëri, duke kaluar nëpër ato në mënyrë të ndryshme reflektohet ose apsorbon dhe në atë mënyrë i jepën informatë diagnostifikimi. Ultrazëri shfrytëzohet në fizioterapi për ngrohje. Metodat e ultrazërit *defektoskopis dhe metoda e hijes* shfrytëzohen në ndërtimtari për kontrollomin e materialeve ndërtimore.

Valët e ultrazërit kanë veti, si edhe valët tjera, prej pengesës lëvizëse ta ndryshon frekuencën. Ndryshimi i frekuencës varet prej shpejtësisë së pengesave dhe prej asaj ajo a do të afrohet ose do të largohet prej pranuesit (*efekti i Doplerit)*. Me ndihmën e aparateve të këtilla mund të shqyrtohet shpejtësia e disa trupave të cilat janë në brendësinë e sistemit që pezullohet (p.sh., shpejtësia e trupave të lakuar te enët e gjakut).

Duke i falenderuar vendin e ultrazërit me ndihmën e vegël portabl „*orientir"* personat e verbër mund ti caktojnë sendet në largësi prej 10 m, por njëkohësisht ta caktojnë edhe karatkerin e tyre.

Ultrazëri shfrytëzohet edhe për hidrolokacion-*eholokator* të shkrepave nën ujë, tufën e peshqive, nëndetëseve etj. Në bazë të kohës së matur të kaluar prej dërgimit deri te kthyerja e signalit të ultrazërit mund të caktohet thellësia e fundit të detit.

Ultrazërin e shfrytëzojnë edhe disa gjallesa. Për shembull, lakuriqi i natës orientohet në hapësirë dhe e gjuan gjahun, në bazë të reflektimit të ultrazërit. Ultrazërin për orientim e shfrytëzojnë delfinët, balenat, dhe disa gjallesa tjera të detit. Edhe pse mund të thuet se ultrazëri nuk është i dëmshëm për zbatim të gjatë të ultrazërit me intenzitet të madh më të ndishme janë sistemi nervorë qendrorë dhe periferik.

SHEMBULLI 1. Peshkatari duke e përdorur eholokatorin ka vërejtur se signali i ultrazërit të reflektuar këthehet pas 0,15 s dhe 0,20 s.

Nëse shpejtësia e zërit është 1450 m/s, të caktohet thellësia ku ka ndodhur refleksioni.

Zgjidhje: me supozim se reflektimi është prej fundit të detit dhe prej tufës së peshqive, një kohë të gjatë i përgjigjet signalit të reflektuar prej fundit të detit, derisa koha më e shkurtur prej tufës së peshqive.

Është dhënë: v= 1450 m/s

(1) t=0,15 s $\quad$ (2) t =0,20 s

S_{peshqi}=? $\quad$ S_{fundi}=?

$$v = \frac{2s}{t}$$

$$2S_{peshqi} = v\,t \qquad 2S_{fundi} = v\,t$$

$$= 1450 \text{ x } 0{,}15 \qquad = 1450 \text{ x } 0{,}20$$

$$= 217{,}5 \text{ m} \qquad = 290 \text{ m}$$

$$S_{peshqi} \approx 109 \text{ m} \qquad S_{fundi} = 145 \text{ m}$$

Pyetje dhe detyra

1. Gjatë fluturimit lakuriqi i natës orientohet ashtu që emiton signale ultrazëre, dhe pastaj e detekton zërin që reflektohet prej sendit që e ka në rrugë. Frekuenca e zërit është 50 kHz, kurse signali i zërit zgjatë 2,0 ms. Nëse shpejtësia e zërit është 340 m/s sa kohë udhëton signali i lakuriqit të natës deri te sendi, kur sendi prej lakuriqit të natës është i larguar a) 1,0 m dhe b) 0,2 m?

Sqaroni pse lakuriqi i natës e zvogëlon kohëzgjatjen e zërit kur afrohet deri te sendi.

(Përgjigje: a) 5,8 ms b) 1,2 ms)

2. Gjeneratori punon me frekuencë prej 60 kHz dhe jep signal ultrazëri me kohëzgjatje t=1/600s. Sa gjatësi valore përfshihen në atë signal?

(Përgjigje: 100)

3. Të caktohet thellësia e fundit të detit nëse koha e dërgimit deri te pranimi i signalit të ultrazërit prej eholokatorit është t=0,6 s. Shpejtësia e valëve të ultrazërit 1400 m/s.

(Përgjigje: 420 m)

Ultrasound physics
www.indyrad.iupui.edu/public/
lectures/physics/10ultras/-3k-Cached - Similar pages

4. ELEKTROSTATIKA

Në këtë fushë përveç ligjeve tëelektricitetit dhe magnetizmit do të përpunohet edhe ***bioelekriciteti*** - pjesë ku mësohen dukurtitë bioelektrike dhe ligjet e organizmit të gjallë. Të studiuarit e këtyre dukurive realizohet në dy kahe. Nëpërmjet tyre kuptohen procese të caktuara bioelektrike që realizohen te materia e gjallë, por veçanërisht te organizmi i njeriut, njëkohësisht edhe vetitë elektrike dhe magnetike të materies së gjallë. Për shembull, këtu studiohen përçueshmëria e elektrike të indeve biologjike dhe lëngje, vetitë e tyre elektrike dhe magnetike, impendansi. Për qëllimet e diagnostikës studiohen edhe bazat fizike të potencialeve bioelektrike.

Rryma elektrike, pa dallim a është gjeneruar te organizmi i gjallë ose në organizëm është sjellur prej jashtë, me qëllim për diagnostikë dhe terapi, *i përcjellë të njëjtat ligje fizike, kuptohet, në kushte specifike të organizmit të gjatë*.

4.1. BAZAT E ELEKTROSTATIKËS

Pjesa e fizikës që i studion interakcionet ndërmjet trupave të elektrizuar që janë të qetë quhet ***elektrostatikë***. Eksperimentalisht është treguar se ekziston sasi e elektricitetit pozitiv dhe negativ. Po ashtu, *mbushjet e njëjta elektrike refuzohen, kurse të kundërtat tërhiqen*.

Njësia për sasinë e elektricitetit në SI është kuloni (1 C).

Mbushja elektrike është diskrete, përkatësisht sasia elektrike te cilido trup i elektrizuar është numër i plotë herë më i madh se ***mbushja elementare elektrike*** *e,* vlera numerike e së cilës është:

$$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\mathrm{C}.$$

Elektroni dhe protoni janë bartës të mbushjes elementare elektrike. Prandaj, atomi si tërësi (kur nuk është jonizuar) është *elektroneutral* (mbushja pozitive e bërthamës është e barabartë me mbushjen negative të elektroneve.

Është e njohur se trupat mund të elektrizohen në disa mënyra: me ndihmën *e fërkimit, prekjes* dhe *influencës* ndikimit). Gjatë të gjitha këtyre mënyrave të elektrizimit kryhet çrregullimi i baraspeshës ndërmjet sasive elektrike pozitive dhe negative te trupi. Për shembull, nëse *thupra e qelqit fërkohet me lëkurë* të lyer me amalgam, ajo do të humb një numër të elektroneve dhe do të bëhet pozitivisht e elektrizuar. Njëkohësisht, lëkura i përkap të gjitha elektronet dhe do të elektrizon negativisht.

Sasia e elektricitetit që e posedon një trup i elektrizuar mund të jetë e barabartë vetëm me numër të plotë herë të mbushjeve elementare elektrike.

$$Q = \pm N\, e. \qquad (1)$$

Gjatë elektrizimit me *prekje* kryhet kalimi i mbushjes elektrike prej trupit të elektrizuar në neutral. Kjo mundet më së miri të shihet gjatë prekjes të thuprës së elektrizuar të qelqit ose thuprës së ebonitit me elektroskop, ku fletët e tij hapen.

Gjatë elektrizimit me *influencë* trupi i elektrizuar afrohet deri te trupi neutral, nën ndikimn e tij do të kryhet shpërdarja e mbushjeve te trupi neutral, ku në afërsi të trupit të elektrizuar trupi neutral do të elektrizohet në mënyrë të ndryshme, kurse te skaji më i largët mbushje të njëjtë. Elektrizimi në kohë të gjatë me influencë ndodh atëherë kur akoma është në afërsi trupi i elektrizuar, trupi në të cilin mbetet elektrizimi i përhershëm. E gjithë kjo tregon se gjatë elektrizimit të trupave elektriciteti nuk krijohet, por vetëm shpërdahet.

Sasia e përgjithshme e elektricitetit në sistemin e izoluar, pavarësisht nga proceset që rrjedhin te sistemi, nuk ndryshon. Sipas ligjit për *ruajtjen e mbushjeve elektrike as nuk krijohen as nuk zhduken, por vetëm shpërdahen.*

4.2. LIGJI I KULONIT

Çdo mbushje elektrike e ndryshon hapësirën rreth tij, duke krijuar ***fushë elektrike***. Fusha elektrike e mbushjes të palëvizshme është e përhershme gjatë kohës dhe quhet *fushë elektrike*.

Që të studiohet fusha elektrike shfrytëzohet *mbushje pozitive pikash,* ***„mbushje prove“***, përkatësisht mbushje e atillë që nuk e ndryshon fushën e studiuar (fig. 1). Nëse te fusha që krijon mbushje elektrike pikash Q në largësi r parashtrohet problem mbushje pozitive $+q$, ndërmjet këtyre dy mbushjeve të palëvizshme, të vendosura në *vakum*, ekziston forcë e bashkëveprimit të caktuar me ligjin e Kulonit:

$$F = k\frac{Q_1 q}{r^2}\ . \qquad (1)$$

Konstanta e proporcionalitetit k varet prej zgjedhjes së sistemit të njësive. Në SI ajo është k=9·10^{9}Nm^{2}C^2. Përkatësisht:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}. \qquad (2)$$

Konastane e re e futur ε_0=1/4pk quhet konstanta dielektrike i vakumit ose vetëm konstanta elektrike në fizikë (ε_0=8,85418·10^{-12}C^2/N·m).

Prandaj, Ligji i Kulonit mund të shkruhet:

$$F = k\frac{Q_1 q}{r^2} \qquad (3)$$

Nëse mbushjet janë të njëjta, forca është shtyse (fig. 1)*, por nëse mbushjet janë të ndryshme forca është tërheqëse* (fig. 2)*,* gjithmonë e orientuar në drejtim të largësisë ndërmjet mbushjeve, njëjtë ose të kundërt të vektorit njësi $\vec{r}_0$. . Ky ligj i shkruar në formën vektoriale është dhënë me:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 q}{r^2}\vec{r}_0 \qquad (4)$$

SHEMBULLI 1.Sa është forca e bashkëveprimit të dy mbushjeve sasia elektrike e të cilëve është q_1=q_2=2·10^{-6}C.Largësia ndërmjet mbushjeve është 0,6 cm. Mbushjet janë vënduar në vakum.

Zgjidhje: k= 9·10^{9}Nm^{2}C^2; r=0,6 cm=6·10^{-3}m

$$q_1 = q_2 = 2\cdot 10^{-6}\ \text{C}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_1}{r^2}; \qquad F = k\frac{q_1 q_1}{r^2}$$

$$F = 9\cdot 10^9\frac{\left(2\cdot 10^{-6}\right)^2}{\left(6\cdot 10^{-3}\right)^2}; \qquad F = 10^3\ \text{N}$$

Pyetje dhe detyra

1. Çfarë sasie të elektricitetit ekziston dhe si mund të elektrizohen trupat?
2. Sa është forca me të cilën bashkëveprojnë mbushjet sasia e elektricitetit të të cilit është q_1=2·10^{-6}C dhe q_2=3·10^{-6}C. Largësia ndërmjet mbushjeve është 0,6 cm.

(Përgjigje: F=1,5·10^{3}N)

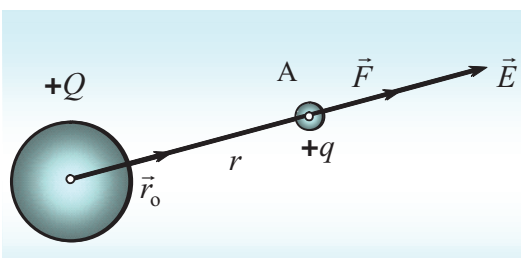


Fig. 1

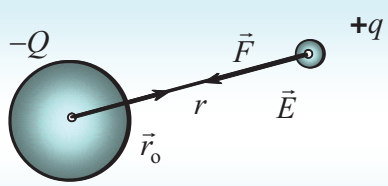


Fig. 2

Fig. 1 Mbushja $+Q$ e trupit në formë të topit (që është njëjtësikurse mbushja e plotë të skoncentrohen në qendrën e tij) vepron në mbushjen paraprake +q të vendosur në topin A me forcë reflektuese$\vec{F}$, të orientuar njëjtë sikurse vektori $\vec{r}_0$ në kahe të largësisë r ndërmjet mbushjeve.

Fig. 2. Mbushja negative -Q vepron në +q me forcë pozitive $\vec{F}$ që është kahëzuar kundër $\vec{r}_0$.

4.3. FORCA E FUSHËS ELEKTRIKE

Karakteristika e forcës së fushës elektrike te pika e dhënë është ***forca e fushës elektrike***. Që të përkufizohet forca e fushës elektrike me Q le të paraqet sasinë e elektricitetit të mbushjes së pikës që në rrethinë krijon fushë elektrike. Te ndonjë pikë A, e cila gjendet në largësi r prej mbushjes së pikës, vëndojmë sasi elektrike për provë +**q** (fig. 1 prej 4.2), Sasisë për provë të elektricitetit do të vepron forca e dhënë me ligjin e Kulonit. Nëse në pikën A vendoset dy herë, tri herë etj., sasi elektriciteti më e madhe ($2q$, $3q$,...) atëherë edhe forca do të zmadhohet dy herë, tri herë, etj., ($2F$, $3F$,...).Kjo tregonse raporti ndërmjet forcës dhe madhësisë së sasisë së elektricitetit për pikën e dhënë nga fusha elektrike është madhësi konstante, pikërisht:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{2F}{2q} = \frac{3F}{3q} = \cdots = const \ . \qquad (1)$$

Ajo është ***forca e fushës elektrike*** E që është madhësi vektoriale.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \qquad (2)$$

Kahja e vektorit të forcës elektrike $\vec{F}$ puthitet me kahen e forcës $\vec{F}$ (fig. 1. dhe fig. 2 prej 4.2).

Forca e fushës elektrike nuk varet prej madhësisë së mbushjes të provuar q, kurse madhësitë Q dhe r, me ato të cilat e caktojnë fushën te pika e dhënë, d.m.th.,

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Q}{r^2}. \qquad (3)$$

Njësia për forcëne fushës elektrike në SI, në pajtim me barazimin (1), është *N/C*,përkatësisht sikurse më vonë do të tregojmë, mund të jetë edhe V/m.

Nëse mbushjet të cilat së bashku veprojnë janë në mjedis homogjen dhe të izoluar, fusha E dobësohet për vlerën ε_r, përkatësisht:

$$E = \frac{E_o}{\varepsilon_r}; \quad \text{ku} \quad E_o = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Q}{r^2} \qquad (4)$$

është forca e fushës në vakuum.

Madhësia ε_r është konstanta dielektrike relative e mesit të materialit ose

$$\varepsilon_r = \frac{E_o}{E}. \qquad (5)$$

Ajo për vakumin është ε_r=1, kurse për ajrin $\varepsilon_r \approx 1$. Te mjedisi dielektrik ε_0 zëvëndësohet me konstanten

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \, \varepsilon_{r,} \qquad (6)$$

e cila shprehet në të njëjtat njësi sikurse ε_0 C/Nm^2) dhe quhet *konstanta absolute dielektrike*.

Prej këtyre shkaqeve forca e Kulonit ndërmjet cilitdo dy mbushjeve në vakum nuk dallon shumë prej forcës në ajër. Por, te mjedisi material me konstante dielektrike ε_r forca për bashkëveprim ndërmjet mbushjeve zvogëlohet ε_r herë.

Mesi,në rastin e përgjithshëm, nuk është e thënë tëjetë homogjen, por mund të paraqet kombinim prej numrit të madh të dielektricitetit me konstante të ndryshme dielektrike. Shembull për dielektrikun johomogjen është trupi i njeriut. Numër i madh i indeve, pasi përmbajnë sasi të madhe të ujit (për ujë $\varepsilon_{fër}$=81), konstanta relative dielektrike është përafrsisht me ujin (për gjakun është 85, për palcën e ashtit 6-8, për mushkëritë e bardha është 25-50, kurse të indit të yndyrës 11-17).

Për forcën e fushës elektrike vlen parimi i superpozicionit. Në pajtim me superpozicionin e fushave elektrike fusha elektrike rezultuese e sistemit prej N mbushjeve elektrike pikash në pikën e dhënë nga hapësira është dhënë me shumën vektoriale prej forcave të atyre fushave:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i \qquad (4)$$

ku $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \cdots \vec{E}_n$ janë forcat e fushës elektrike të krijuar prej mbushejve elektrike përkatëse.

Grafikisht fusha elektrike paraqitet me ***vija të forcave elektike***. Ato janë vija të menduara tangjenta e të cilave te pika përkatëse nga fusha puthitet me kahen e vektorit të forcës së fushës elektrike $\vec{E}$, sipas të cilës prej gjendjes së qetë do të lëviz mbushje pozitive elektrike provuese.

Pasi në çdo pikë të fushës vektori $\vec{E}$, ka vetëm një kahe, vijat e forcës elektrike nuk priten, ato dalin normalisht prej sipërfaqes së mbushjes pozitive, por mbarojnë normalisht në mbushjen negative.

Te figurat 1 dhe 2 është paraqitur fusha elektrike që e shkakton mbushje pikash ku vijat e forcave janë drejtëza radiale të cilat dalin prej mbushjes, nëse ai është pozitiv dhe hyjnë në të, nëse ai është negativ.

Te fusha homogjene (kur vektori i fushës elektrike te cilado pikë nga fusha është e barabartë sipas madhësisë dhe kahes) vijat e forcës ndërmjet veti janë paralele dhe çdokundi me dendësi të barabartë.

Fusha elektrike homogjene fitohet me dy pllaka të afërta, të mëdhaja, paralele dhe të elektrizuara (shiko fig. 3). Marrun në përgjithësi, drejtimi i fushës ndryshon prej njërës pikë në tjetrën, kjo do të thotë vijat e forcës zakonisht janë lakore. Kur fusha nuk është homogjene, *vektori i forcës së fushës elektrike në pikën e dhënë është sipas tangjentës të vijave të forcës të tërhequra në atë pikë prej fushës (fig. 4). Që t'i tregoni vijat e forcës elektrike merrni një gotë dhe në të vëndoni yndyrë dhe topmetali.*

Vendosni në grafoskop dhe topin e metalit lidhni me njërin skaj të makinës influente të aktivizuar. Ngadalme dorë vëndoni griz mbi yndyrën. Grimcat e grizit do të vëndohen në kahe të vijave të forcave, sikurse te figura 1 dhe 2. Të njëjtën përsëritni me dy pllaka të metalit të hollë tanë të bashkuara për të dy skajet të makinës influente. Keni kujdestelat që dalin prej makinës influente askundi tëmos prekin!

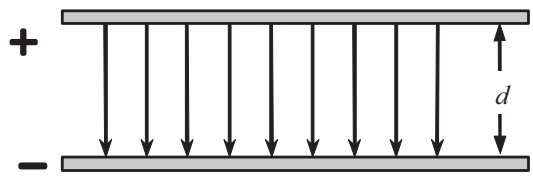


Fig 3. Fusha elektrike homogjene

Vijat e forcës në këtë rast do të jenë drejtëza paralele, të njëjta sikurse ato të paraqitura te figura 3.

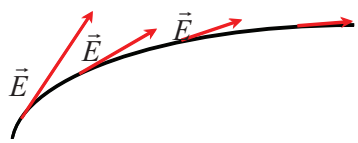


Fig. 4 Te fusha johomogjene forca e fushës $\vec{E}$, është në kahe të tangjentës të vijëd dë forcës.

Dendësia e vijave të forcës sipasmarrëveshjes merret të jetë me madhësi të forcës së fushës elektrike. Domethënë, numri i vijave të forcës të vizatuarqa, të cilat kalojnë nëpër njësi syprinë prej sipërfaqes të vendosur normalisht në vijat, është proporcionale (ose të barabartë) memadhësisnë e vektorit $\vec{E}$,

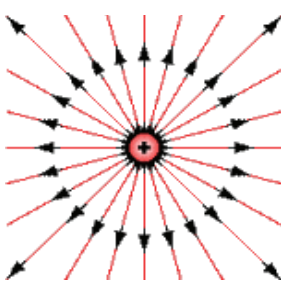


Fig. 1

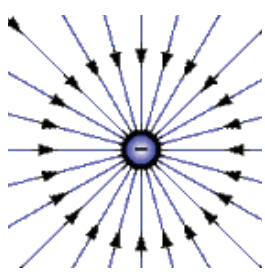


Fig.2

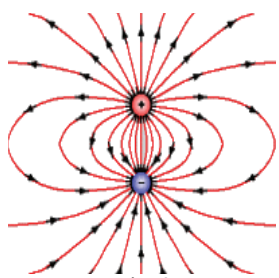


Fig. 3

Paraqitja grafike e shpërdarjes së vijave të forcës elektrike nga fusha elektrike të krijuar me mbushje elektrike pozitive të pikave (fig. 1) mbushje elektrike negative (fig. 2) dhe dy mbushje të ndryshme.

4.4. PUNA DHE ENERGJIA E FUSHËS ELEKTRIKE

Për përshkrimin e fushës elektrike, përveç forcës së fushës $\vec{F}$ e cila është madhësi vektoriale, futet e edhe madhësia skalare *potenciali elektrik*.Potenciali elektrik është karakteristikë energjetike e fushës në çdo pikë të saj.

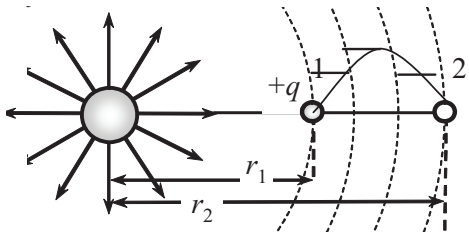


Fig. 1

Te pika 1 (fig. 1) nga fusha elektrike të krijuar nga mushja elektrike e palëvizshme $+Q$ le të vendosen mbushje elektrike (njësi) $+q$. Duke e ditur forcën e fushës në pikën 1, mund të caktohet forca me të cilën fusha do të vepron në sasinë elektrike provuese $+q$. Forca me të cilën fusha e krijuar prej Q, $\vec{F} = q\vec{E}$,vepron në sasinë elektrike provuese e cila është reflektuese dhe të dhënë me kurse forca e fushës është

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Q}{r^2} \ . \qquad (1)$$

Barazimi (1) e jep forcën e fushës që e krijon mbushja Q në largësi r.Gjatë zhvendosjes së mbushjes provuese $+q$ prej pikës 1 nga pika 2, forcat reflektuese të fushës të krijuara nga mbushja Q kryejnë punë që llogaritet për *pozitive*. Kjo do të thot, fusha te pika 1 posedon një lloj energjie potenciale. Gjatë afrimit të mbushjes $+q$ në kahen e kundërtë të fushës prej pakufi, nga 1, kryhet punë për përballimin e forcave të fushës. Po ashtu, mbushja $+q$ kalon në pozitën te e cila fusha elektrike është aq e dobët që energjia e tij potenciale është marrë për zero, në pozitën te e cila fusha është më e fortë. Pradaj që të realizohet duhet mbushja të vepron forcë e jashtëme, themi se puna kryhet përballë forcave të fushës, kurse ajo punë është negative. Kjo punë sjellë deri te zmadhimi i energjisë potenciale embushjes provuese $+q$.

Puna e forcave elektrike nuk varet prej trajektores sipas të cilës kryhet lëvizja e mbushjes elektrike në atë fushë por vetëm prej pozirës fillestare dhe të fundit. Fusha e cila i ka këto veti është *potenciale*, kurse forcat që në fusha të këtilla veprojnë, janë ***konzervative***.

Puna e forcave elektrike, që janë edhe konzervative, gjatë zhvendosjes së mbushjes q sipstrajektores së mbyllur është e barabartë me zero. Veti të atillëka edhe fusha e gravitacionit.

Pasi puna A që është krye prej forcave të fushës sjell deri te zvogëlimi i energjisë potenciale mund të shkruhet:

$$A = -(W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W \qquad (2)$$

ku me W_{p1} dhe W_{p2} janëshënuar energjitëpotenciale në pikat 1 dhe 2.

Njëjtë sikurse edhete fusha egravitacionit të Tokës, nëse masa e trupit që është në ndonjë largësi prej tij zmadhohet n-herë, n-herë do të zmadhohet edhe energjia potenciale e tij.Kështu, nëse te pika edhënë nga fusha sjellet n-herë sasi më e madhe elektrike (nq), energjia potenciale është n-herë më e madhe (nW). Kjo tregon se herësi i energjisë potenciale dhembushja q është madhësi ecila do të varet vetëm prej vend pozitës të asaj pike dhe prej burimit të fushës.Ajo madhësi e përshkruan fushën edhe quhet *potencial elektrik*.

Potenciali elektrik në pikën e dhënë është caktuar me energjinë potenciale që do ta kishte mbushje pozitive njësi në atë pikë të fushës:

$$V = \frac{W_p}{q} . \qquad (3)$$

Njësia për potencialin elektrik në SI është volti (1V).

$$1\,\mathrm{V} = \frac{1\,\mathrm{J}}{1\,\mathrm{C}} . \qquad (4)$$

Potencial prej një volt ka fusha elektrike te pika e dhënë, nëse për bartjen e njësisë së sasisë elektrike pozitive, prej pakufi në atë pikë të fushës duhet të kryhet punë prej 1 J.

Poptenciali elektrik i fushës i krijuar në mbushjen pikash Q është

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Q}{r} \qquad (5)$$

ku r është largësia ndërmjet burimit dhe pikës te e cila kërkohet potenciali.

Ngjashëm sikurse energjia potenciale dhe potenciali varen prej zgjedhjes së pozitës referente zero, megjithatë ndryshimi i potencialit varet prej zero nivelit për njehsimin e potencialit. Në pajtimme barazimet (2) dhe 93) puna që kryhet prej forcave të fushës gjatë bartjes së mbushjes $+q$ prej pikës 1 seri te pika 2 është:

$$A = +q\,(V_2 - V_1) = -q\Delta V \qquad (6)$$

ku $\Delta V = V_2 - V_1$.

Puna që është e nevojshme që të bartet njësi e mbushjes pozitive prej një pike në tjetrën në fushën elektrike është e barabartë me ndryshimin e potencialeve në ato pika.

Ndryshimii potencialeve në dy pika të fushës elektrike është ***tensioni elektrik*** dhe shënohet me U_{12}. Nëse potenciali në pikat 1 dhe 2, të paraqitura te fig. 1 janë shënuar me V_1 dhe V_2 atëherë tensioni ndërmjet tyre është:

$$U_{12} = V_1 - V_2 \qquad (7)$$

Përkatësisht duke pasur parasysh (6) fitohet:

$$U_{12} = V_1 - V_2 = \frac{A}{q} \qquad (8)$$

Nëse gjatë zhvendosjes të njësisë së mbushjes pozitive (+1C) *prej nj pike në tjetrën kryen punë prej një xhuli, atëherë ndërmjet tyre dy pikave ekziston tension prej një volti.*

Njësia për tensionin është e barabartë menjësinë për potencial (1V).

Potenciali i Tokës merret për 0. Duke pasur parasysh se tensioni ndërmjet dy pikave mund të merret si ndryshim potencial ndërmjet tyre, gjatë matjes së potencialit në pikën e dhënë të fushës elektirke në realitet matet tensioni ndërmjet asaj pike dhe ndonjë pike të sipërfaqes së Tokës.

Potenciali në ndonjë pikë nga fusha, prej më shumë mbushje pikash është shuma algjebrike e potencialeve të atyre mbushjeve.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n = \sum_{i=1}^{n} V_i \,. \qquad (9)$$

Shpërdarja e potencialit të fushës elektrike grafikisht paraqitet me *sipërfaqet ekuipotenciale*. Ato janë sipërfaqe te të cilat shtrihen pika me potencial të barabartë. Për fushën homogjene sipërfaqet ekuipotenciale janë rafshe, kurse për mbushje pikash ato janë sfera koncetrike te qendra e së cilës është sfera elektrike.

Vijat e forcave elektrike gjithmonë janë normale në sipërfaqet ekuipotenciale.

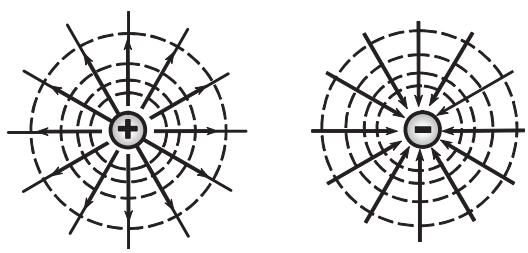


Fig. 2

Te figura 2 me vija të ndërprera janë paraqitur vijat ekuipotenciale prerjet e sipëfaqeve ekuipotenciale në rafsh të mbushjeve pozitive dhe negative. Nëse mbushja lëviz prej sipërfaqes ekuipotenciale nuk kryen punë.

Që të caktohet tensioni ndërmjet dy pikave prej fushës elektrike homogjene, p.sh., kondezatori pllakëzore (shihe fig. 3 prej 4.3), veprohet në këtë mënyrë: në brendësinë e anës pozitive të pllakës elektrike pozitive potenciali i të cilës është $+V_1$, cendoset sasi elektrike provuese $+q$. Pas

ndikimin e fushës $+q$ do të lëviz nga pllaka potenciali i të cilës është $-V_2$. Megjithatë, forcat e fushës kryejnë punë:

$$A=Fd = qEd. \quad (10)$$

E është forca e fushës elektrike, d largësia ndërmjet pllakave ku eksizton ndryshimi potencial $U= V_1 - V_2$.

Nëse, ndërmjet dy pikave të fushës që janë në largësi d ekziston ndryshim potencial U kjo punë, sipas (8) është dhënë me

$$A = q\,(V_1 - V_2) \quad (11)$$

Prej barazimeve (10) dhe (11) për ndryshimin potencial ndërmjet pllakave të cilat janë vendosur me largësi d fitohet:

$$U= V_1 - V_2= Ed$$

Prandaj, forca e fushës elektrike e $\vec{E}$ cila gjithmonë është e orientuar prej potencialit të lartë kah potenciali i ulët është

$$E = \frac{V_1 - V_2}{d} = \frac{U}{d} \quad (12)$$

Ky relacion e jep lidhjen ndërmjet madhësisë së forcës të fushës homogjene dhe tensionit ndërmjet pllakave. Në bazë të barazimit (12), forca e fushës elektrike në SI mund të shprehet me njesi V/m.

SHEMBULLI 1. Çfarë punë minimale është e nevojshme të kryej forca e jashtme për barjen e mbushjes $q = 3 \cdot 10^{-6}$C prej largësisë të madhe të pafundshme prej pikës së larguar 0,50 m prej mbushjes $Q= 20 \cdot 10^{-6}$C?

Zgjidhje: $k =9 \cdot 10^9$ Nm^2 C^{-2}. Puna që kryen fusha elektrik është e barabartë me vlerën negative prej ndryshimit të enegjis potenciale

$$W = +qU_{21} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_o}\left(\frac{Q}{r_2} - \frac{Q}{r_1}\right);$$

pasi anëtari i parë në kllapa është 0 fitohet ($r_2 \to \infty$):

$$W = -(3\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C})\frac{9\cdot 10^9\ \mathrm{N\cdot m^2/C^2}\ (20\cdot 10^{-6}\ \mathrm{C})}{0{,}5\ \mathrm{m}}$$

$$W = -1{,}08\ \mathrm{J}.$$

Në këtë rast kryhet puna negative, pasi e kryen forca e jashtme.

Pyetje dhe detyra

1. Puna e forcave elektrike a varet prej formës të rrugës sipas të cilës lëviz mbushja?
2. Sa është puna e forcave të fushës elektrike sipas lakores së mbyllur?
3. Sa është tensioni ndërmjet dy pikave prej fushës elektrike të krijuar prej mbushjes të pikave, nëse për bartjen e sasis elektrike prej 10^{-7} C është kryer puna prej $2 \cdot 10^{-3}$ J.

(Përgjigje: U= 20000V)

4.5. DIPOLI ELEKTRIK NË FUSHËN ELEKTRIKE

Dipoli elektrik është sistem prej dy mbushjeve të pikave të barabarta sipas modulit të ndryshme $+Q$ dhe $-Q$, të vendosura në largësi të vogël l

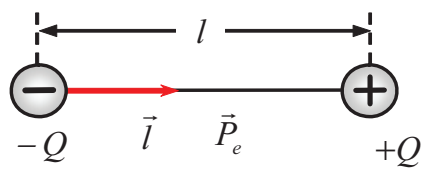


Fig. 1 Dipoli elektrik

Drejtëza që kalon nëpër mbushje quhet *boshti dipolit*. Karakteristika themelore e çdo dipoli është momenti elektrik i dipolit $\vec{P}_e$ ose vetëm ***momenti i dipolit***, të dhënë me :

$$\vec{P}_e = \vec{l}\,Q. \quad (1)$$

Ai është vektor qëështë shënuar një llojsi edhe vektori i ***largësisë së dipolit*** $\vec{l}$ prej mbushjes negativit nga pozitive. Njësia e për momentin e dipolit në SI është kulon për metër (C·m).

Që të sqarohet sjellja e dipolit elektrik te fusha elektrike homogjene, duhet të shqyrtohet figura 2.

Çdonjërës prej mbushjeve të dipolit veprojnë forcat:

$$\vec{F}_+ = Q\vec{E} \quad \text{dhe} \quad \vec{F}_- = -Q\vec{E}, \qquad (2)$$

ku $\vec{E}$ është forca e fushës elektrike te e cila gjendet dipoli. Këto dy forca, të barabarta sipas modulit, por të kundërta sipas kahes, veprojnë si dujë e forcave. Nëse sin $\alpha = d/l$ (shiko fig. 2), momemnti i forcës që tenton ta rrotulloj dipolin në kahen e fushës është:

$$M = F\,d = Q\,E\,l \sin\alpha = P_e\,E \sin\alpha, \qquad (3)$$

ku α është këndi ndërmjet vektorit $\vec{l}$ që e karakterizon zhvendosjen e mbushjes pozitive $+Q$ në lidhje me mbushejn negative $-Q$, dhe vektori i fushës elektrike $\vec{E}$. Nëse sin $\alpha = d/l$, sipas barazimit (3) madhësia e momentit të duajës të forcave varet prej momentit të dipolit $\vec{P}_e$, prej orientimit të dipolit te fusha dhe prej forcës së fushës elektrike $\vec{E}$.

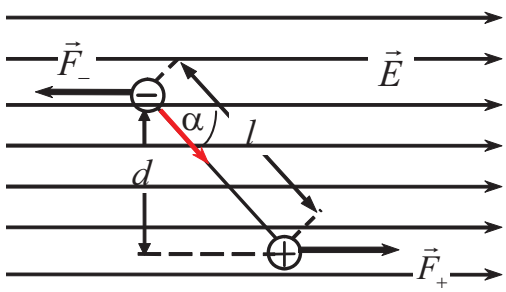


Fig. 2. Dipoli elektrik te fusha elektrike homogjene

Te fusha homogjene e dipolit elektrik vepron duaja e forcave që tenton ta rrotullon, ashtu që vektori $\vec{P}_e$ të jetë paralel me vektorin e fushës elektrike $\vec{E}$.

Momenti i forcës ka vlerë maksimale kur boshti i dipolit është normal në vijat e forcave, por është e barabartë me zero, kur vektorët $\vec{P}_e$ dhe $\vec{E}$ janë në kahe të njëjtë. kJo tregon se dipoli te fusha elektrike ka disa energji potenciale.

Nëse dipoli elektrik gjendet te fusha elektrike homogjene, ai zhvendoset nga zona te e cila fusha është më e fortë.

Modeli i dipolit elektrik luan rol të rëndësishëm gjatë përshkrimit të dukurive elektrike dhe bioelektrike. Te atomet dhe molekulat, nën ndikimin e fushës elektrike të jashtëme, vjen deri te asimetria e shpërdarjes të elektroneve dhe protoneve, pra këto grimca më shumë nuk janë elektroneutrale, por në aproksimacion të caktuar mund të sillen si dipol elektrik.

Te shumë molekula, edhe pse janë elektroneutral, ekziston shpërdarje josimetrike të mbushjeve që kontribuon për ndarjen e qendrave të mbushjeve pozitive dhe negative dhe dukuria e momentit të dipolit. Molekulat e atilla quhen ***molekula polare***.

Këto molekula te fusha elektrike sillen si dipol.

Te fig. 3 me vija të forcve elektrike dhe prerja e sipërfaqeve ekuipotenciale në rrfsh të mbushjeve të dipolit elektrike.

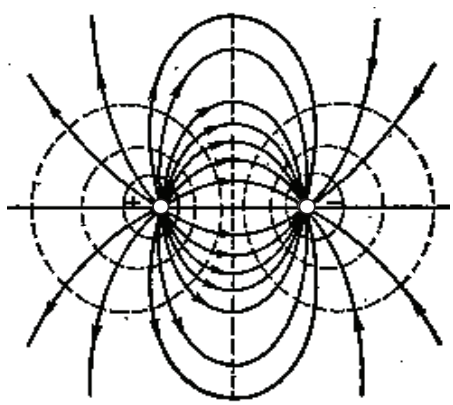


Fig. 3. Vijat e forcave elektrike dhe lakoret e ku potenciale të krijuara prej dipolit elektrik

4. 6. KAPACITETI ELEKTRIK. KONDENZATORËT

Me provë tregohet se përçues të ndryshëm, të elektrizuar me sasi elektrike të barabartë kanë potenciale të ndryshme. Nëse, tani, përçuesit të dhënë, mirë i izoluar prej mjedisit të tij, njëri pas tjetrit sillet sasi e elektricitetit $Q_1 = Q$, $Q_2 = 2Q$ ..., $Q_n = nQ$, përkatësisht do t'i ndryshon edhe potenciali elektrik, përkatësisht tensioni i Tokës, dhe atë $U_1 = U$, $U_2 = 2U$ ..., $U_n = nU$. Kjo mirë shihet kur prej trupave paraprakisht të elektrizuara me provuese njëra pas tjetrës të një elektrometrit përcillen sasi të njëjtë të elektricitetit Q. Elektrometri tregon shmangëje sa më të madhe (fig. 1).

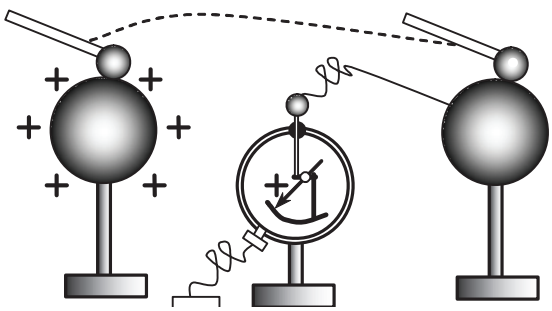


Fig. 1. Sasimë të madhe të elektricitetit potencial më të lartë

Sasia ndërmjet sasive të elektricitetit të sjellur dhe tensionitpërkatës është madhësi konstante, karakteristike për trupin e dhënë:

$$C = \frac{Q_1}{U_1} = \frac{Q_2}{U_2} = \frac{Q_3}{U_3} = \cdots = \frac{Q_n}{U_n} = \frac{Q}{U}$$

Kjo madhësi karakteristike për përçuesin quhet ***kapaciteti elektrik*** të atij përçuesi dhe shënohet me C, përkatësisht

$$C = \frac{Q}{U}. \qquad (1)$$

Kapaciteti elektrik është i barabartë me sasinë e elektricitetit që duhet të sjellet te përçuesi që të zmadhohet *potenciali i tij në lidhje me tokën për njësi*. Njësia për kapacitetin elektrik në SI është 1F (farad) ose

$$1F = 1C/1V$$

Kapaciteti elektrik prej një faradi ka trupi te i cili kur të sillet sasi elektrike prej 1C shkaktohet rritje të potencialit të tij prej një volti. Në praktik shfrytëzohen edhe njësi më të vogla se 1F: mikrofarad, nanofarad, pikofarad.

$$1\ \mu F = 10^{-6}\ F;\ 1\ nF = 10^{-9}\ F;\ 1\ pF = 10^{-12}\ F.$$

Kapaciteti elektrik i përçuesit varet prej formës së tij dhe dimenzioneve.

Eksperimentet tregojnë se kapaciteti i një përçuesi ndryshon kur në afërsi të tij sillet përçues tjetër.

Dy ose më shumë përçues, të izoluar ndërmjet veti, përbëjnë, ***kondenzator elektrik***. Këto dy përçues quhen mbështjellësa. Varësisht prej formës, kondenzatorët mund të jenë: *pllakor, cilindrik dhe sferik*.

Në radioteknikë shfrytëzohen kondenzator pllakor kapaciteti i të cilëve mund të ndryshon në mënyrë kontinuive në kufijtë e vlerës së kapacitetit të caktuar. Për çdo kondenzator është shkruartensioni maksimal te i cili mund të kyçet. Ai tension maksimal i shkruar gjithmonë është më i vogël se i ashtuquajturi *tensioni i depërtimit*, te i cili sipas rregullës vjen deri te dëmi i kondenzatorit.

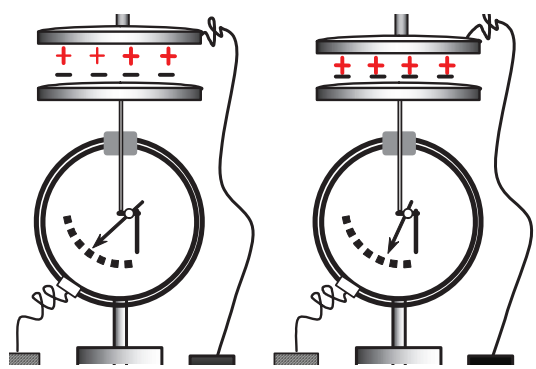


Fig. 2. Me elektrometër tregohet varshmëria e kapacitetit prej largësisë ndërmjet pllakave.

Në afërsi të kokës së një elektrometri të elektrizuar (fig. 2) le të sillet përçues neutral. Potenciali i elektrometrit zvogëlohet. Kjo është për shkak të përçuesit neutral indukohet mbushjet të cilat e dobësojnë fushën paraprake përkatësisht e zvogëlojnë potencialin e tyre, kurse kjo sjell deri te zmadhimi i kapacitetit elektrik të sistemit elektroskop-trup. Shmangëja do të ndryshon, gjithashtu, nësendryshon largësia ndërmjetpllakave osendërmjet tyre vëndohet ndonjë dielektrik. Pikërisht, nëse në afërsi të trupit të elektrizuar sillet çfarëdo tjetër trup, ptenciali i tij zvogëlohet përkatësisht *kapaciteti* zmadhohet.

Me kapacitet elektrik të kondenzatorit nënkuptohet madhësia fizike e barabartë me herësin prejsasisë së elektricitetit Q që duhet të sillet në njërën mbështjellës të kondenzatorit që ndryshimi i potencialeve ndërmjet mbështjellësve ndryshon për njësi

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{Q}{U}, \qquad (2)$$

ku me U është shënuat tensioni ndërmjet mbështjellësve të kondenzatorit.

Dy pllaka paralele të metalit në veçanti me ndonjë dielektrik, paraqet ***kondenzator pllakëzash***.Eksperimenatlishtdhe teoritikisht është konstatuar se kapaciteti elektrik i kondenzatorit kur ndërmjet pllakave gjendet ajër është

$$C_o = \varepsilon_o \frac{S}{d}, \qquad (3)$$

ku S është syprina e pllakëzave të kondenzatorit, d është largësia ndërmjet pllakave, ε_0 është konstanta dielektrike e vakumit.

Kur ndërmjet pllakave të kondenzatorit sjellet ndonjë dielektrik, kapaciteti elektrik të kondenzatorit do të zmadhohet aq herë sa është vlera e konstantes dielektrike relative ε, d.m.th.,

$$C = \varepsilon_r C_0 \qquad (4)$$

Shembull të kondenzatorit të këtillë te organizmat e gjallë është membrana e indit. Dentiti dhe pulpa te dhëmbi janë vende të pasura me enë të gjakut dhe indet nervore (vende me mbushje elektrike të dyfishtë-kondenzatorë) prandaj çfarëdo ndryshime të asaj pjese prej dhëmbit reflektojnë pra në kapacitetin e tij elektrik.

Pyetje dhe detyra

1. Çka ësht kapacitet elektrik?
2. Cila është njësia e kapacitetit elektrik?
3. Çka paraqet kondenzator pllakëzash. Prej çka varet kapacitetit i tij?

4.6.1. LIDHJA E KONDENZATORËVE ELEKTRIK

Në praktikë që të arrihet deri te kondenzatori me kapacitet të caktuar, më të madh ose më të vogël, prej atyre që kanë kondenzatorët lidhen në mënyrë paralele ose në seri te kondenzatori i baterisë.

Te lidhja ***paralele*** e kondenzatorëve elektrik (fig. 1) tensioni ndërmjet mbështjellësve të çdo kondenzatori dhe është U. Sasi e përgjithshme e elelktricitetit të baterisë paralelisht kondenzator të lidhura është shuma e sasisë së elektricitetit të kondenzatorëve të veçantë përkatësisht

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Prandaj,

$$Q = (C_1 + C_2 + C_3)U. \qquad (1)$$

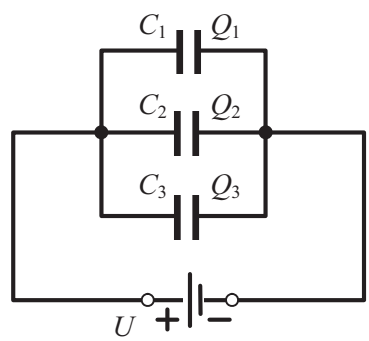


Fig. 1. Lidhja paralele e kondenzatorëve

Nga ana tjetër, nëse kapaciteti i baterisë është C, do të vlern barazimi:

$$Q = CU. \qquad (2)$$

Nëse barazohen anët e djathta të barazimeve 91) dhe (2), fitohetË

$$C = C_1 + C_2 + C_3. \qquad (3)$$

që do të thotë, gjatë lidhjes paralele të kondenzatorëve elektrik, kapaciteti i përgjithshëm është shuma e kapaciteteve të kondenzatorëve në veçanti.

Kondenzatorët lidhen ***në mënyrë serike*** në këtë mënyrë që çdo pllakë e dytë e kondenzatorit lidhet me kondenzatorin e ardhshëm (fig. 2). Nëse pllaka e parë e kondenzatorit të parë është elektrizuar me sasinë e elektricitetit $+Q$, pas induksioinit elektrostatik dhe pllakat tjera të kondenzatorëve do të elektrizohen me të njëjtën sasi të elektricitetit, që do të thotë se pllaka e kondenzatorit të ardhshëm është me shenjë të kundërt.

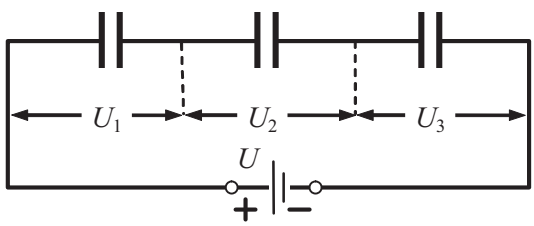


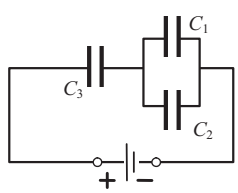
Fig. 2. Lidhja serike e kondenzatorëve.

Kapaciteti i përgjithshëm e lidjes serike të kondenzatorëve është:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}. \qquad (4)$$

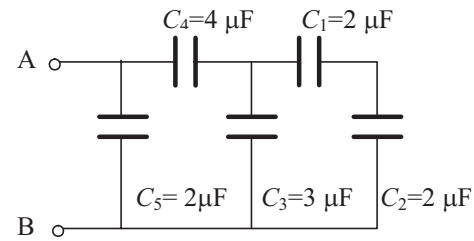
Domethënë kapaciteti i përgjithshëm të lidhjes serike të kondenzatorëve është më i vogël se kapaciteti më i vogël i kondenzatorit të lidhur në bateri.

SHEMBULLI 1.Sa është kapaciteti i përgjithshëmelektrik i kondenzatorëve të lidhur sipas figurës, nëse $C_1 = C_2 = 2\mu F$; $C_3 = 4\mu F$.

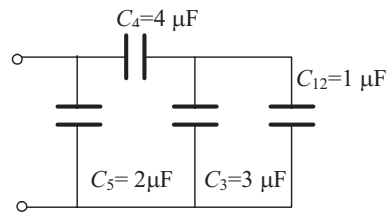


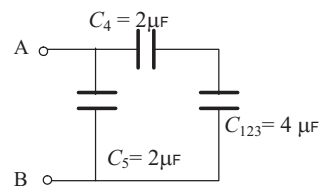
Përgjigje: $\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_{21}} + \frac{1}{C_3}$; C_{12}=4μF; C_{123}= 2 μF

SHEMBULLI 2. Sa është kapaciteti elektrik i përgjithshëm të kondenzatorëve të lidhur sipas figurës:



Zgjidhje: së pari e vizatojmë skemën ekuivalente:

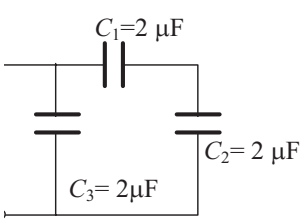




Vazhdoni sipas asaj që është e njohur deri më tani.
Përgjigje: C=4μF.

Pyetje dhe detyra

1.Sa është kapaciteti i përgjithshëm i kondenzatorëve $C_1=C_2=C_3=C_4$=2 μF të lidhur:
a) serik, b) paralel?
2. Të caktohet kapaciteti elektrik i kondenzatorëve të lidhur sipas skemës:



(Përgjigje: C=3μF)

5.1. RRYMA ELEKTRIKE

Është e njohur se te përçuesët ekzistojnë mbushje elektrike të cilët lëvizin në mënyr haotike nëpër brendësinë e tyre. Te metalet këto mbushje janë elektronet e lira. Gjatë lëvizjes së elektronëve të lirë nëpër metalet, numër i madh prej tyre përplasen me atomet dhe jonet e metaleve të cilët janë në nyjet te griës[kristalore. Në këtë mënyrë vjen deri te ndryshime të shpeshta të kahes dhe madhësisë së shpejtësive të tyre. Nëse ndërmjet skajeve A dhe B (fig. 1) të ndonjë përçuesi metalik me gjatësi l keziston ndryshim potencial $U=V_2-V_1$ në të do të shkakton fushë elektrike $E=U/l$. Nën veprimin e kësaj fushe elektronet e lira do të lëvizin prej - nga +, sikurse është treguar në fig. 1. Pikërisht, fusha elektrike e orienton lëvizjen haotike të elektroneve të lira.

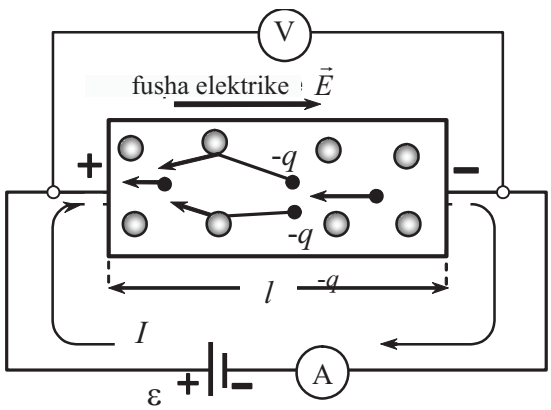


Fig. 1

Lëvizja e orientuar e mbushjeve elektrike nën ndikimin e fushës elektrike, përkatësisht ndryshimit potencial që atë e krijon burimi, quhet ***rryma elektrike***. Që nëpërmjet një trupi të rrjedhe rrymë elektrike, duhet te ai të gjenden grimca të lira tl elektrizuara. Këto grimca quhen bartës të rrymës ose bartës të sasisë së elektricitetit. Ato mund të jenë elektrone, jone pozitive dhe negative. Po ashtu, grimcat me mbushje pozitive lëvizin në kahe të fushës, prej + nga **-**, kurse negativët anasjelltas. Kur në një përçues nën ndikimin e fushës elektrike $\vec{E}$ lëvizin elektronet e lira, ai është ***përçues i rendit të parë*** (për shembull, të atilla janë metalet). Kur bartës të sasisë së elektricitetit janë jonet pozitive dhe negative, atëherë ai është ***përçues i rnedit të dytë*** (të atillë janë, për shembull, elektrolitët). Karakteristika kuantitative e rrymës elektrike janë: forca e rrymës elektrike I dhe dendësiae rrymës $\vec{J}$.

Forca e rrymës elektrike përkufizohet si sasi e elektricitetit Δq që kalon në njësin kohe normale nëpër prerje tërthore të përçuesit.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad . \qquad (1)$$

Njësia për forcën e rrymës elektrike në SI është 1 A (amper). Ajo është themelore SI njësi. Nëpërmjet saj, por në bazë të barazimit (1), mund të përkufizohet njësia për sasisë e elektricitetiti 1 C (kulon).

$$1\ \mathrm{C} = 1\ \mathrm{A}\cdot 1\ \mathrm{s}.$$

Forca e rrymës elektrike matet me amper oseme galvanometër (ampermetër i ndijshëm). Ampermetri te qarku i rrymës lidhet serik, ndërsa voltmetri me të cilin matet tensioni (për shembull, ndryshimi potencial në skajet e një rezistori) lidhet paralelisht (fig. 1).

Forca është madhësi skalare dhe tërësisht nuk e përkufizon lëvizjen e orientuar të mbushjeve në lidhje me prerjen tërthore të përçuesit. Prandaj shfrytëzohet madhësia vektoriale *dendësia e rrymës*.

Për rrymën stacionare, ku dendësia e rrymës elektrike J është e barabartë me tërë sipërfaqen S, mund të shkruhet:

$$J = \frac{I}{S} \ . \qquad (2)$$

Njësia për dendësinë e rrymës elektrike në SI është 1 A/m^2.

Barazimi i fundit ka zbatim të madh në teknikë dhe mjekësi (për shembull, te metodat elektrokirurgjike *fulguracioni dhe desikacioni*).

Nësedendësia dhe forca nuk ndryshon me kohën bëhet fjalë për rrymën e *përhershme* (stacionare). Kahja e rrymës, me marrëveshje është marrë të jetë prej potencialit më të lartë nga potenciali më i ulët,

përkatësisht kahja e rrymës te përçuesite metalit është e kundërt prej lëvizjes së elektroneve të lira. Shpesh rryma ekëtillë quhet edhe „e drejtë“ pasi paraqitja e saj grafike evarshmërisë së forcës së rrymës prej kohës është drejtë paralele me boshtin e abshisës ku është treguar koha *t* (fig. 2).

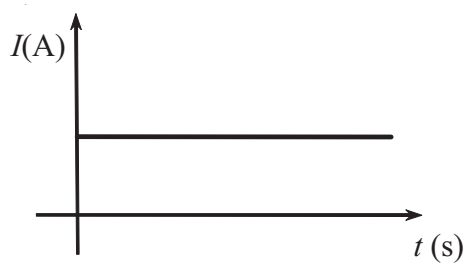


Fig. 2

Që të mundësohet nëpër përçuesin e dhënë përher rrjedhja e rrymës elektrike patjetër është ndërmjet skajeve të tij të mbahet ndryshimi potencial i përhershëm. Mbajtja e ndryshimit potencial është lidhur me shpenzimin e energjisë së jashtëme. Prandaj, për mbejtjen e ndryshimit potencial në skajet e përçuesit të dhënë është e nevojshme të kryen punë., që do ta plotëson enegjinë e fushës elektrike që shpenzohet gjatë lëvizjes së elektroneve të lira nëpër përçuesin. Kjo punë kryhet me mjete speciale (*burime të rrymës elektrike*) dhe atë në llogari të llojeve të ndryshme të enegjisë së jashtëme: mekanike (te gjeneratorët), kimike (elementi galvanik dhe akumulatorë), me dritë (fotoelementi) etj.

Madhësia fizike, e përcaktuar me punën që kryhet nën ndikimin e forcave të jashtëme për bartjen e mbushjes njësi pozititve (+1C) brenda në burim, në kahe të kahes së anasjelltë të fushës elektrike, quhet forca elektromotore dhe shënohet me FEM ose ε.

Pyetje dhe detyra

1. Çka janë përçues të rendit të parë, por çka janë të rendit të dytë?
2. Si përkufizohet dendësia e rrymës dhe cila është njësia e saj SI?

5.2. LIGJI I OMIT

Në praktikë më i njohur është ligji i Omit për përçuesit vijor (të gjatë dhe të hollë cilindrik) prej materies homogjene.

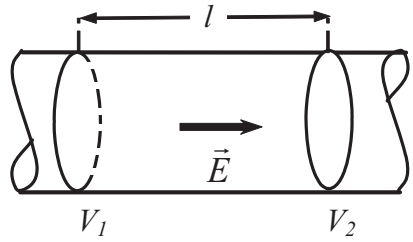


Fig. 1

Rezultatet eksperimentale tregojnë se për përçuesit homogjen vektori i dendësisë të rrymës është proporcional me forcën e fushës elektrike *E* dhe ato janë të lidhura me barazimin:

$$J = \sigma E . \qquad (1)$$

Koeficienti i proporcionalitetit σ, karakteristik për mjedisin, quhet ***përçueshmëria specifike elektrike***. Vlera reciproke e përçueshmërisë specifike elektrike $\rho=1/\sigma$ është konstante për materialin e dhënë prej të cilit është bërë përçues dhe njihet si ***rezistenca specifike elektrike*** ρ. Për përçuesit emirë rezistenca specifike elektrike ρ ka vlera të vogla.

$$\rho_{Ag}=1{,}53\cdot10^{-8}\Omega\cdot m.$$

Kur përçueshmëria specifike σ nuk varet prej forcës së fushës, në fuqi është ligji i Omit.

Që të fitohet ligjii Omit për përçues vijor (i gjatë dhe i hollë cilindrik) nga materia homogjene, do të shqyrtojmë përçues me gjatësi *l* prerja tërthore e të cilit është *S*, por nëpër të cilin rrjedh rrymë stacionare me forcë *I* (fig. 1).

Ndryshimi i potencialit $U=V_1-V_2$ që ekziston te skajet e përçuesit, sikurse që është e njohur është $U=El$.Kur prej barazimit të fundit do të shprehet forca e fushës elektrike E dhe së bashku me barazimin $J=I/S$ do të futen te barazimi (1), fitohet:

përkatësisht $$J = \frac{I}{S} = \sigma \frac{U}{l}, \qquad (2)$$

ku $$U = \frac{l}{\sigma S} I = \frac{\rho l}{S} I \ . \qquad (3)$$

$$U = IR \ . \qquad (4)$$

Barazmi i fundit tregon se *tensioni në pjesë të qarkut elektrik është e barabartë me prodhimin e forcës së rrymës që rrjedh nëpër atëdhe rrezistencës së tij*. Konstanta e proporcionalitetit te (4).

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{S}, \qquad (5)$$

që i karakterizon vetitë e përçuesit është ***rezistori elektrik***.

Prej barazimit (4) fitohet edhe forca e rrymës që rrjedh në pjesë të qarkut të rrymës.

$$I = \frac{U}{R}$$

Forca e rrymës që rrjedh pjesë e qarkut të rrymës është proporcionale me tensionin e skajeve të përçuesit, por anasjelltas proporcionale me rezistencën e përçuesit. Ajo është *Ligji i Omit për pjesë prej qarkut të rrymës*.

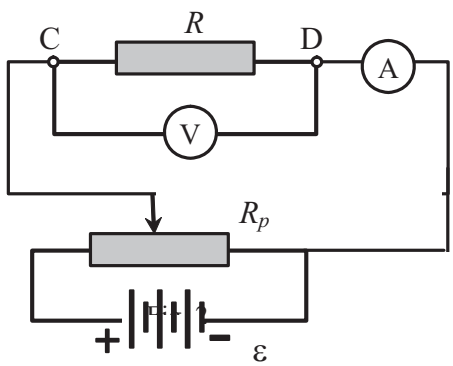


Fig. 2

Duke shfrytëzuar qarkun e rrymës si te fig. 2 mundet eksperimentalisht të provohet ligji i Omit: $I = U/R$.

Që të shqyrtohet varësia e I prej U, rezistenca R merret për të përhershëm, për shembull, R=4Ω.

Tensioni te skajet e përçuesit (pikat C dhe D) ndryshon me ndihmën e burimit dhe rezistorit me rrëshqitës R_p.Kur arrihet $U=U_{CD}$=2V; 4V, 6V, atëherë forca e rrymës te përçuesi është I=0,5A; 1A; 1,5A. Forca e rrymës është më emadhe aq herë saqë është më i madh edhe tensioni në skajet e përçuesit.

Grafiku u varësisë së forcës së rrymës prej rezistencës quhet *karakteristika e voltamperit të përçuesit*. Gjatë temperaturës së përhershme të metaleve ajo është lineare (fig. 3). Kjo do të thotë se përçueshmëria mbetet konstante.

Barazimi (6) jep mundësi të caktohet njësia e rezistencës. Njësia SI për rezistencën elektrike 1Ω ka (om).

$$1\Omega = 1\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}.$$

Rezistencë elektrike prej 1Ω ka përçues te i cili rrjedh rrymë prej një amperi kur tensioni në skajet e tij është një volt.

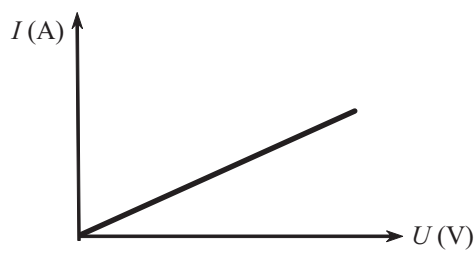


Fig. 3

5.2.1. VARËSIA E REZISTENCËS PREJ TEMPERATURËS

Sikurse vërejtëm me barazimin (5) rezistenca e përçuesit të dhënë varet prej materialit të ndërtimit të tij (ρ) dhe prej dimenzioneve të përçuesit: gjatësiae prerjes tërthore. Megjithatë, rezistenca e përçuesit varet edhe prej disa faktorëve të jashtëm: temperatura, fushës magnetike etj.

Zmadhimi i rezistencës dhe rezistenca specifike elektrike me zmadhim të temperaturës në bazë të teorisë elektronike për përçueshmërinë e metaleve përshkak të intenzivimit të numrit

të përplasjeve gjatë lëvizjeve haotike, si të joneve të grillës së kristalit ashtu edhe të elektroneve të lira. Me zmadhimin e temperaturës zmadhohet edhe shpejtësia e amplitudës së lëvizjes oscilatore të atomeve dhe joneve te grilla kristalore, që sjell deri te zmadhimi i numrit të përplasjeve.

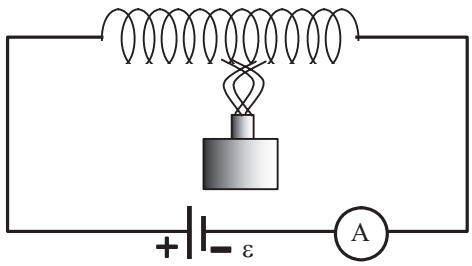


Fig. 1

Matjet eksperimentale tregojnë se rezistenca specifike elektrike ρ, kurse me të edhe rezistenca e përçuesit *R* rritet linearisht me rritjen e temperaturës sipas ligjit:

$$\rho_t = \rho_o (1 + \alpha t) , \qquad (1)$$

$$R_t = R_o (1 + \alpha t) , \qquad (2)$$

Te barazimet (1) dhe (2) ρ_{0} dhe R_0 përkatësisht janë rezistencat specifike elektrike dhe rezistenca e përçuesit të matur në 0^0C, ρ_t dhe R_t janë vlerat e madhësive të njëjta te ndonjë temperaturë të nxemjes pre t^0C, α është ***koeficienti i temperaturës së rezistencës*** për interval të dhënë të temperaturës.

Njësia për koeficientin e rezistencës së temperaturës është K^{-1}.

Prej (1) dhe (2) për α fitohet:

$$\alpha = \frac{\rho_t - \rho_o}{\rho_o t} , \text{ përkatësisht } \alpha = \frac{R_t - R_o}{R_{\ } t} \qquad (3)$$

që për përçuesie dhënë mundet eksperimentalisht të caktohet.

Koeficienti i rezistencës së temperaturës për metalet është pozitiv, që do të thotë, me zmydhimin e temperaturës rezistenca e tyre rritet. Ajo mundet të shihet prej provës te fig. 1. Me nxemjen e telit të hollë prej çeliku e mbështjellur në formë të spirales, ampermetri A tregon se forca e rrymës zvogëlohet.

Ekzistojnë edhe përçues të atillë, sikurse është, për shembull, konstantan edhe disa legura tjera te të cilët rezistenca specifike elektrike nuk ndryshon me ndërrimin e temperaturës. Te elektrolitët me zmadhimin e temperaturës, rezistenca në mënyrë jolineare zvogëlohet, për ato $\alpha<0$. Te gjysmëpërçuesët $\alpha<0$, vetëm që te ato me zmadhimin e temperaturës, zvogëlimi i rezistencës është shumë i shpejtë.

Te fig. 2 grafikisht është paraqitur varësia e rezistencës prej temperaturës së nxemjes te hekuri, konstantan dhe grafiti.

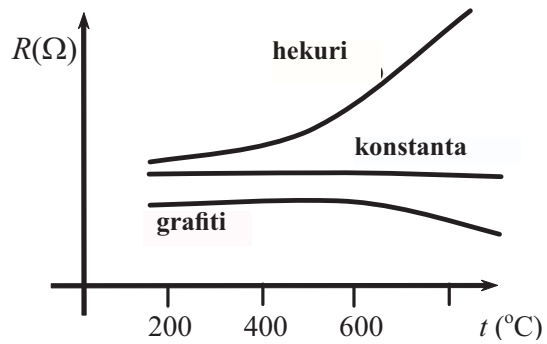


Fig. 2. Varësia e rezistencës elektrike prej temperaturës

5.2.2. Superpërçueshmëria

Ekziston numër i vogël i metaleve, legurave dhe bashkëdyzimeve kimike rezistenca specifike e të cilëve me zvoglimin e temperaturës zvogëlohet linearisht vetëm deri te ndonjë temperaturë të quajtur ***temperatura kritike***, ku rezistenca menjëherë zvogëlohet (fig. 3). Kjo dukuri është zbuluar në vitin 1911 nga Kemerlin Ones. Dukuria, e njohur si zhiva e pastër kimike.

Te numër i vogël i metaleve gjatë temperaturës afër deri te zero absolute (-273^0C). Rezistenca menjëherë bie, përatësisht merr vlera të vogla jo të rëndësishme. Temperatura te e cila substancat kalojnë në gjendje superpërçues quhet ***temperatura kritike e kalimit***.

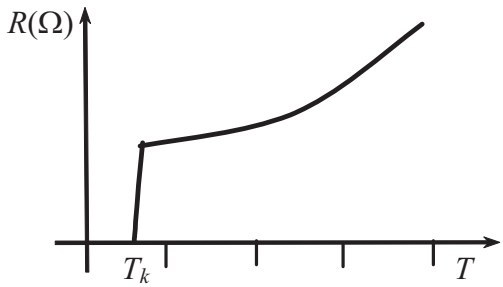


Fig. 3

Për shembull, legura prej niobium, aluminium dhe germanium ka temperaturë kritike 20 K. Çdo material sueperpërçues ka temperaturë të tij kritke që mund të shihet edhe prej tabelës 1.

tritanium	0,4 K	zhiva	4,1 K
uranium	0,8 K	plumbi	7,2 K
zink	0,9 K	tehnecium	11,2 K
aluminium	1,2 K	niobium-nitrat	15,2 K
niobium	9,2 K	galium-vanadid	18,5 K

Kushti i rëndësishëm për superpërçuesët dhe numër i vpgël i defeketeve te grilla kristalore e ekzemplarit. Ekzistimi i primesave dhe defekteve te grilla sjell deri te zhdukja e vetive të superpërçuesit. Te qyrku i rrymës prej materialit superpërçues që gjendet në temperaturë më të ulët se temperatura kritike, mbushjet kalojnë duke mos hasur në rezistencë pra rryma mnd të rrjedh shumë gjatë. Për shembull, te unaza e superpërçuesit, e shkaktuar nga induksioni elektromagnetik me kohëzgjatje të shkurtër do të rrjedh me vite pa fushë elektrike në t, përkatësisht pa burim të rrymës, vetëm me kusht unaza të mbahet në temperaturë më të ulët se temperatura e kritike.

Kur superpërçuesi është në gjendje të superpërçueshmërisë dhe vendoset fushë magnetike, me zmadhim në mënyrë graduale të fushës së përçuesit e ruan gjndjen e superpërçueshmërisë deri sa vlera e caktuar kur rezistanca duke u hedhur zmadhohet dhe superpërçueshmërisë shkatërrohet. Kjo fushë, kuptohet, mund të vjen edhe nga rryma që rrjedh prej unazës së superpërçuesit, pra forca e saj në ndonjë mënyrë patjetër të kufizohet. Forca e fushës magnetike ku paraqitet hedhja quhet ***forca kritikee fushës magnetike***.

Sot rëndësi të veçantë kanë superpërçuesët me temperaturë të lartë kritike dhe të cilat janë stabile te fushat magnetikeme forcë të madhe. Të atilla janë, për shembull, disa materiale të keramikës të cilat kanë temperaturë kritike afër temperaturës së dhomës - *temperatura e superpërçueshmërisë*. Legurat superpërçuese e fituar prej vendeve të rralla kanë temperatura kritike 90 K. Materialet superpërçuese kanë zbatim të gjerë në praktikë. Me ndihmën e mbështjelleve paraqitenfusha magnetike me forcë të madhe të cilat shfrytëzohen gjatë sintezës termobërthamore (fuzioni), akcelatori i grimcave elementare, rezonanca nukleare magnetike, te transporti hekurudhor te „dyshek magnetik“ etj. Pasi gjatë rrjedhjes së rrymës nëpër materialet e superpërçuesët nuk vjen deri në humbje të energjisë elektrike, idea është tërheqëse për krijimin e transformatorëve superpërçues dhe linjat e energjisë. Po ashtu, do të kursehet energji e madhe e cila pa nevojë shpenzohet gjatë nxemjes së saj.

SHEMBULLI 1. Te përçuesi cilindrik me diametër 1 mm^2 rrjedh rrymë me forcë 2,5 A. Nëse rryma rrjedh vetëm 1 min: a) sa sasi elektricitet ka kaluar nëpër përçuesin? b) sa ka qenë dendësia e rrymës?

Zgjidhje: $\Delta t = 1 \cdot 60 = 60\,s$, S= $3{,}14 \cdot 10^{-6}$ m^2

$$\Delta Q = I\ \Delta t = 2{,}5 \cdot 60 = 150\ \text{C}$$

$$J = I / S = 2{,}5 / 3{,}14 \cdot 10^{-6} = 0{,}8 \cdot 10^{6}\ \text{A/ m}^2$$

5.2.3. LIGJI I OMIR PËR TËRË QARKUN E RRYMËS

Brenda në çfarëdo burim të tensionit ekzistojnë humbje të energjisë, kur nëpër atë rrjedh rrymë. Prandaj, te çdo burim të forcës elektromotore ε përshkruhet ndonjë rezistencë e brendshme *r*. Nëpër burimin (fig. 1), që paraqet pjesë e qarkut të rrymës, rrjedh rrymë sikurse rrjedh nëpër përçues. Prandaj FEM mund të llogaritet për përçues i cili

ka rezistencë të vet. Rezistenca e brendshme e burimit varet nga karakteristikat e mjedisit përçues të burimit. Rezistenca e shfrytëzuesit dhe përçuesit është *rezistenca e jashtëme R*.

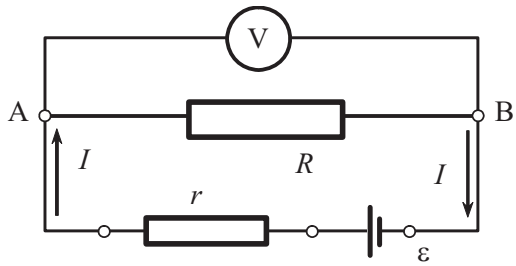


Fig. 1

Rezistenca e brendshme e burimit ësht paraqitur me një rezistor të vogël *r*, që është kyçur me burimin ndërmjet pikave A dhe B. Pasi rezistenca e brendshme e burimit del prej tij, mund të llogaritet se është lidhur serik me atë. Ramja e tensionit te pjesa e jashtëme nga qarku i rrymës do të jetë:

$$U_e = RI, \tag{1}$$

ndërsa ramja e tensionit te burimi i forcës elektrike (prej A deri te B nëpërmjet *r*) do të jetë:

$$U_i = rI. \tag{2}$$

Ramja e potencialit te pjesa e jashtëme e qarkut të rrymës edhe te burimi kryhet në llogari të forcës elektromotore të burimit, përkatësisht:

$$\varepsilon = U_e + U_i. \tag{3}$$

Me zëvendësimin e $U_e = RI$ dhe $U_i = rI$ te barazimi (3), fitohet

$$\varepsilon = RI + rI \tag{4}$$

prej ku:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \tag{5}$$

Barazimi (5) e paraqet *ligji e Omit për gjithë qarkun e rrymës* dhe fitohet në bazë të barazimit (4). Rezistenca e brendshme e burimit, si edhe forca e elektromotorit të tij, zakonisht nuk varet prej forcës së rrymës, pra për burimin e dhënë, ato mund t'i llogarisim për madhësi konstante.

Nëse lehet pas dore rezistenca e përçuesëve, ndryshimi i potencialit te skajet e rezistorit *R*(*IR*) njëkohësisht është edhe tensioni ndërmjet poleve të burimit. Prandaj mund të shkruhet:

$$U_e = \varepsilon - rI \tag{6}$$

Tensioni te skajet e rezistorit aq më shumë do të dallohet prej forcës elektromotore sa është më e madhe rryma te qarku dhe sa është më i madh rezistenca e brendshme e burimit të rrymës.

Kur rezistenca e përçuesit *R* është shumë më i madh në kraasim me rezistencën e brendshme të burimit, del se *Ir* praktikisht është i barabartë me zero, pra $U_e \approx \varepsilon$.

Te disa burime të rrymës përafërsisht është e barabartë me *U* dhe ε, pothiajse gjithmonë është plotësuar jo si rezultat e rrymave të dobëta te qarku por prej rezistencës së brendshme të vogël $r \approx 0$.
Shembull të atillë ka te akumulatorët e Omit.

SHEMBULLI 1.Të caktohet rezistenca e brendshme e burimit të rrymës te qarku i rrymës të paraqitur te fig. 1.

Zgjidhje: në bazë të barazimit (4) FEM i burimit është $\varepsilon = RI + rI$.

Ramja e matur e tensionit te skajet e rezistorit *R* është:

$$U = I\,R$$

Duke i pjesëtuar këto dy barazime fitohet:

$$\frac{\varepsilon}{U} = 1 + \frac{r}{R}$$

Prej ku fitohet $r = R\left(\frac{\varepsilon}{U} - 1\right)$.

Pyetje dhe detyra

1. Cilat madhësi e lidhin ligjin e Omit për gjithë qyrkun e rrymës?
2. Kur ndodh superpërçueshmëria?
3. Si varet rezistenca me temperaturën?
4. Ku zbatohen superpërçuesit?

5.3. RREGULLAT E KIRKOFIT

Te qarku i rrymës së mbyllur rrjedh rrymë. Përveç përçuesëve dhe burimi i forcës elektromotore ε te qarku mund të përfshihen edhe elemente tjera që përçojnë rrymë. Për shembull, ato mund të jenë mjetet matëse, përçuesë tjerë, burime të rrymës etj.

Qarku i përbërë prej elementeve, ashtu që çdo dy elemenete prej qarkut ndërmjet veti janë të lidhur në seri, qarku i atillë i rrymës është *jo i degëzuar*-i thjeshtë. Nëpër të gjitha elementet e qarkut të rrymës jo të degëzuar rrjedh rrymë me forcë të barabartë.

Qarku i rrymës që përmban nyje quhet *të degëzuara* (fig. 1). Ato mund të shqyrtohen sikurse të përbëhen prej më shumë qarqeve të thjeshta. Pjesa e konturës e kufizuar ndërmjet dy nyjeve quhet *dega e qarkut të degëzuar*. Pikat e qarkut të rrymës, te të cilat janë lidhur të paktën tre degë quhen *pika të degëzimit* ose *nyje* të qarkut të rrymës.

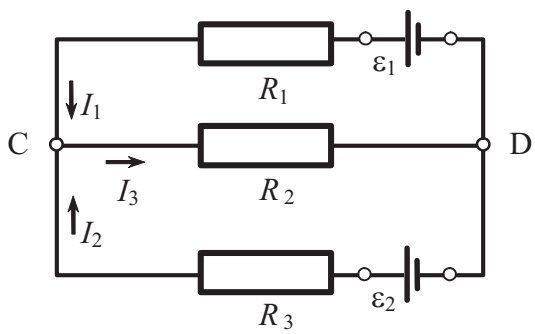


Fig. 1. Qarku i rrymës së degëzuar

Le të shqyrtojmë qark të degëzuar që përmban tre kontura ($CR_1\varepsilon_1DR_2C$; $CR_2D\varepsilon_2R_3C$; dhe $CR_1\varepsilon_1D\varepsilon_2R_3C$), dy nyje (C dhe D) dhe tre degë ($CR_1\varepsilon_1D$; CR_2D; dhe $CR_3\varepsilon_2D$) (fig. 1).

Te pika C rryma degëzohet në tre pjesë: rryma me forcë I_1 e cila rrjedh nëpër përçuesët me rezistencë R_1, rryma me foecë I_2 që rrejdh nëpër përçuesin R_2 dhe rryma me forcë I_3 që rrjedh nëpër përçuesn R_3.

Është bërë marrëveshje rrymat që hyjnë te nyjat të bartin shenjë (+), kurse rrymat që dalin - të bartin shenjë negative (-). Për pikën e nyjes C vlen barazimi

$$I_1 + I_2 = I_3 \text{ ose } I_1 + I_2 - I_3 = 0, \quad (1)$$

përkatësisht

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0 \quad (2)$$

Rregulla e parë e Kirkut thotë: *shuma algjebrike e forcës së rrymës elektrike te çfarëdo nyje prej një qarku të degëzuar është e barabartë me zero. Ky ligj është në pajtim me ligjin e ruajtjes së sasisë së elektricitetit.*

Për qarkun e rrymës së degëzuar degët e të cilës mund të fusin çfarëdo numër të burimeve të rrymës me forcë elektromotore saktë të caktuar është e domosdoshme të pranohet ***rregulla e dytë e Kirkut***. Ajo thotë: *te qarku i rrymës së mbyllur, shuma algjebrike e ramjes së rezistencave në degët e veçanta të konturës së mbyllur është e barabartë me shumën algjebrike prej forcës së elektromotorit të burimeve të përfshira në atë konturë.*

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = \sum_{i=1}^{i=n} (UR)_i \quad (3)$$

Që ta sqarojmë thelbin e këtij ligji do të shërbehemi me njërën prej konturave, për shembull, kontura $CR_2D\varepsilon_2R_3C$ prej qarkut të paraqitur në fig. 2. Te kondura e përmendur janë lidhur një burim i forcës elektromotore ε_2 dhe dy rezistor R_2 dhe R_3 nëpër të cilët rrjedh rrymë me forcë I_2 dhe I_3. Ramja e rezistencës të degës merezistencë R_2 është R_2I_3, kurse ramja e tensionit te dega e rezistencës R_3 është R_3I_2.

Nëse për kahen pozitive sipaskonturës janë marrë kahja e shigjetave të orës, atëherë rrymat I_2 dhe I_3 do të kenë kahe pozitive. Burimi ε_3, gjithashtu, ka kahe pozitive. Duke e përdor ligjin e Omit për degët $CR_3\varepsilon_2D$ dhe CR_2D prej konturave $CR_2D\varepsilon_2R_3C$, fitohet:

$$R_2 I_3 = V_C - V_D$$
$$R_3 I_2 = \varepsilon_2 + V_D - V_C$$

ku V_C dhe V_D janë potencialet te nyjet e pikave C dhe D. Me mbledhjken e dy barazimeve të fundit fitohet:

$$R_3 I_2 + R_2 I_3 = \varepsilon_2 \ . \qquad (4)$$

Barazimi ifundit e tregon rregullën e dytë të Kirkut të konturës $CR_2D\varepsilon_2R_3C$. Po ashtu të përmendim se saktësisht duhet pasur llogari për kehen e rrymave.

Nëse kahja e zgjedhur e rrethimit puthitet me kahen e rrymës, atëherë ramjet e tensioneve te degët (IR) merren me shenjë pozitive, por nëse nuk puthiten me shenjë negative. Para ε vëndohet shenja pozitive , por nëse gjatë rrethimit të qarkut të rrymës shkohet prej polit pozitiv nga poli negativ i burimit. Në të kundërtën, forcës elektromotore të burimit dhe përshkruhet shenja negative.

5.4. LIDHJE NË SERI DHE PARALELE E REZISTORËVE

Rregullat e Kirkut kanë zbatim të madh gjatë lidhjes në seri ose paralele të rezistorëve. Të shqyrtojmë qark të thjeshtë të rrymës prej rezistorëve të lidhur në seri. Rezistencat R_1, R_2 dhe R_3 janë të lidhur me burimin e rrymës elektrike U dhe nëpër çdonjërin prej tyre rrjedh rrymë elektrike me forcë të barabartë I (fig. 1).

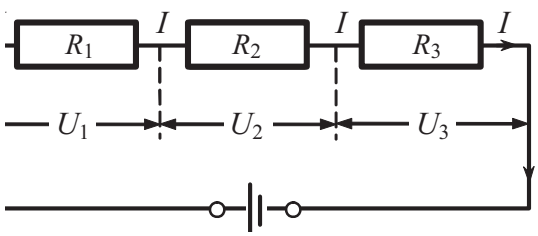


Fig. 1. Lidhja serike e rezistorëve

Ndryshimi potencial i përgjithshëm U te qarku i atillë do të jetë e barabartë me ndryshimet potenciale të re zistorëve të paraqitur:

$$U = U_1 + U_2 + U_3, \qquad (1)$$

ku $U_1 = IR_1$, $U_2 = IR_2$, $U_3 = IR_3$, përkatësisht

$$U = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I\,(R_1 + R_2 + R_3). \qquad (2)$$

Prandaj, rezistenca ekuivalente e lidhjeve të rezistorëve në seri është i barabartë me shumën e rezistencave të veçantë, d.m.th.,

$$R = \frac{U}{I} = R_1 + R_2 + R_3 \,. \qquad (3)$$

Në rastin e përgjithshëm, rezistenca e rezistorit ekuivalent, me të cilin zëvëndësohen të gjitha n rezistorët e lidhur në seri, do të jetë:

$$R = \sum_{i=1}^{n} R_i \ . \qquad (4)$$

Për lidhjen paralele të rezistorëve, tensioni i paraqitur është i barabartë me të gjithë rezistorët, kurse forca e rrymës te rezistorët e veçantë është e ndryshme (fig. 2).

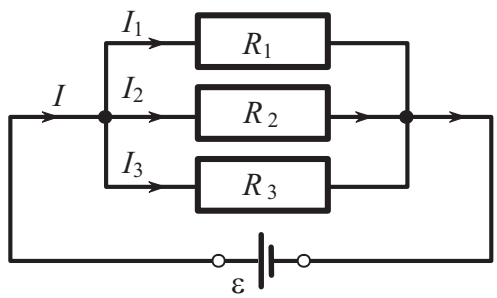


Fig. 2. Lidhja paralele e rezistorëve

Me zbatimin e rregullës së parë të Kirkofit forca e rrymës elektrike I që rrjedh nëpër pjesën e padegëzuar është e barabartë me shumën e rrymave te degët e veçanta:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Përkatësisht, forca e rrymës elektrike te degët e veçanta është: $I_1 = U/R_1$, $I_2 = U/R_2$, $I_3 = U/R_3$ Prandaj:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} . \quad (5)$$

Rezistenca e përgjithshme, $I = U/R_2$, e lidhjes paralele e rezistorëve është:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}; \quad (6)$$

ose në formën e përgjithshme

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}. \quad (7)$$

Prej barazimit (7) vjon se rezistenca e lidhjes paralele të rezistorëve është më i vogël dhe prej më të voglit prej tyre

SHEMBULLI 1. Të caktohet rezistenca ndërmjet pikave A dhe B të skemës të paraqitur te vizatimi.

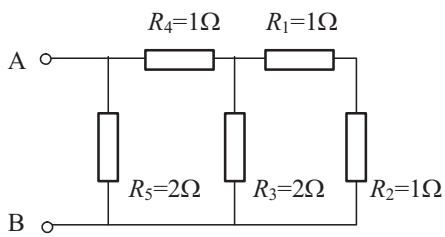
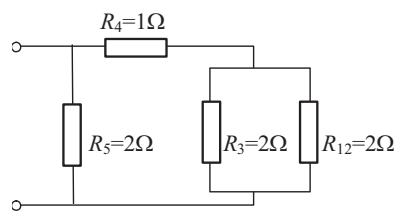


Fig. 3

Zgjidhje: R_1=1Ω, R_2=1Ω, R_3 = 2 Ω, R_4 =1 Ω R_5 =2 Ω Së pari e vizatojmë skemën ekuivalete të qarkut të rrymës:



$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3}; \frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1\Omega;$$

$$R_{123} = 1\ \Omega .$$

$$R_{1234} = R_{123} + R_4 = 2\Omega .$$

Rezistenca e përgjithshme në qark është:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_{1234}} + \frac{1}{R_5};$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1\ \Omega\ R_{AB} = 1\ \Omega$$

Pyetje dhe detyra

1. Gjenerator i rrymës elektrike me tension 220V e furnizon rrjetin për dritë të një ndërtese që ka lidhje paralele të llambave: 10 llamba me rezistencë R_1=200Ω, 5 llamba me rezistencë R_2=400Ω dhe 10 llamba me rezistencë R_3=500Ω. Rezistenca e kabelit që e sjellë rrymën prej gjeneratorit të ndërtesës me llambat është 0,5 Ω.Të caktohet: a) Forca e rrymës që rrjedh nëpër kabelin që e lidh gjeneratorin me ndërtesën. b) Tensionin ehyrjes prej ndërtesës.
(Përgjigje: rezistenca ekuivalentete të gjitha 25 llambat është:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} + \frac{1}{R'''}; \quad R_e \approx 12\ \Omega$$

Rezistenca e përgjithshme te qarku është:

$$R = R_e + R_k = 12{,}5\ \Omega$$

a) Forca e rrymës nëpër kabeli është:

$I = \frac{U}{R} = 17{,}6$ A . Kjo rrymë rrjedh edhe nëpër rezistencën ekuivalente R_e

b) Rezistenca te hyrja e ndërtesës $U_{nd.}$:

$$U_{nd.} = U - U_k = U - IR_k = 211{,}2\ V.$$

2. Për cilat qarqe vlen rregulla e dytë e Kirkofit? Si thotë rregulla e Kirkofit për konturën e dhënë prej qarkut të rrymës së degëzuar?

3. Janë dhënë dy rezistor me rezistencë të barabartë $R_1 + R_2 = 2\ \Omega$. Gjatë çfarë lidhjedo të fitoni rezistencë më të vogël prej 2 Ω?

5.5. ZBATIMI I RREGULLAVE TË KIRKOFIT GJATË SHUNTIMIT

Lidhja paralele e rezistorëve veçanërisht është shfrytëzuar kur prej qarkut të rrymës kryesore duhet të ndahet rryma ashtu që forca e saj te dega paralele e lidhur të jetë vetëm saktë pjesë e caktuar prej forcës së rrymës prej qarkut kryesore të rrymës. Kjo degë quhet shunt. Rezistenca e shuntit dihet prej më para dhe ai është $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$, $\frac{1}{999}$ pjesë e rezistencës së brendshme të ampermetrit.

Kështu, për shembull, nëse me ampermetrin duhet të matet rryma me forcë që do ta dëmtonte, atëherë pikat AB (fig. 1) lidhen me degën tjetër, d.m.th., shunt që ka rezistencë plotësuese R_1që është n herë më i vogël se rezistenca R_2 i ampermetrit, d.m.th., prej rezistencës te dega tjeër paralele që ndahet prej pikës B.

Pikërisht, nëse rezistenca e degës te e cila ampermetri është $R_2=nR_1$,atëherë, në bazë të rregullës së dytë të Kirkofit, d.m.th., prej proporcionit $I_1:I_2 = R_1:R_2$, fitohet se

$$I_2 = \frac{I_1}{n} \qquad (1)$$

Kjo do të thotë se forca e rrymës I_2 te dega te e cila ampermetri është n herë më e vogël se te shunti. Pra sipas rregullës së parë të Kirkofit forca e rrymës te pjesa e padegëzuar të qarkut është $I=I_1+I_2$, prej barazimit (1) fitohet $I_1=nI_2$. Prandaj $I=nI_2+I_2$ ose

$$I=I_2(n+1). \qquad (2)$$

Për shembull, nëse raporti i rezistencave ndërmjet ampermetrave dhe shuntit është

$$n = \frac{R_2}{R_1} = \frac{9}{1} = 9\,,$$

përkatësisht $I=I_2(9+1)$ ose $I=10I_2$

atëherë forca e rrymës te pjesa e padegëzuar e qarkut të rrymës është dhjetë herë më e madhe se vlera që tregon ampermatri. Për shembull, nëse forca e rrymës te qarku i rrymës është 10 A, atëherë rryma që do të rrjedh nëpër shuntin, do t ketë forcë 9 A, por nëpër ampermetrin do të rrjedh rrymë me forcë vetëm prel 1 A. Në këtë mënyrë, zona ematur e ampermetrit është zgjeruar 10 herë. Gjatë matjes të forcës së rrymës, çdo ndarjeprej shkallës prej zonës së matjes të ampermetrit duhet të shumëzohet me 10.

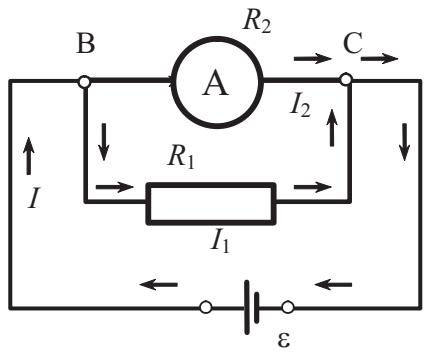


Fig. 2

Nëse, tani, me voltmetrin duhet të matet tension më i ulët prej atyre që lëvizin në kufijtë e zonës së tij të matjes, është e nevojshmete seria me voltmetrin të kyçet rezistor plotësues, të quajtur pararezistor. Rezistenca e pararezistorit është prej më parë i zgjedhur dhe ai është më i madh 9 herë, 99 herë, ose 999 herë prej rezistencës së brendshme të voltmetrit.

Pyetje dhe detyra

1. Çka është shunt dhe për çka shfrytëzohet?
2. Sa duhet të jetë rezistenca e shuntit te ampermetri me shkallë 1 A dhe rezistencë të brendshme të ampermetrit 0,1 Ω,nëse do të duhej të zgjerohet zona matëse deri 10 A.

(Përgjigje: 0,01 Ω)

3. Galvanometri me rezistencë 3900 Ω e ka shuntin rezistenca e të cilit është 1/99 prej rezistorit të galvanometrit, në mënyrë analoge te fig. 2. Të caktohet rezistenca e shuntit të lidhur paralel dhe galvanometrit.

(Përgjigje: 39 Ω)

5.6. PUNA DHE FUQIA E RRYMËS ELEKTRIKE. LIGJI XHUL-LENC

Gjatë lëvizjes së orientuar të mbushjeve elektrike nëpër përçuesin, ato përplasen nëpër përçuesin me grimcat e tyre dhe po ashtu u japin pjesë nga energjia e tyre kinetike që transformohet në lloj tjetër të energjisë. Kështu, për shembull, energjia elektrike shndërrohet në të brendshme edhe e dritës te reshoja, hekuri, llambat, te elektromotorët në mekanikë etj.

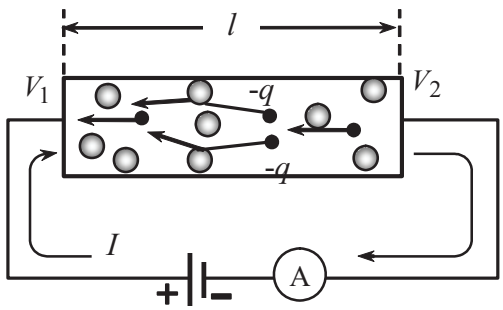


Fig. 1

Përçuesi (rezistori) me gjatësi *l* kyçet te qarku i rrymës (fig. 1). Ndërmjet skajeve të përçuesitekziston ndryshim potencial (V_1-V_2=U tension), por nëpër atë rrjedh rrymë që kryen punë *I*:

Për kohën *t* nëpër prçuesin do të bartet sasi elektrike *q* dhe forca e fushës elektrike do të kryen punë:

$$A=FI=qEI=qU. \quad (1)$$

e cila quhet *puna e rrymës elektrike*.

Gjatë rrymës stacionare me forcë *I*, sasia e elektricitetit *q* që rrjedh për kohën t mund të shprhet me forcën e rrymës $q=It$. Prandaj, puna e rrymës elektrike (e liruar prej sasisë së nxehtësisë $\Delta Q=A$) te përçuesi është:

$$\Delta Q=A=UI\Delta t. \quad (2)$$

Barazimi (2) nëse për përçuesit vlen ligji i Omit (*U*=*IR*), bëhet:

$$\Delta Q=A=I^2R\Delta t. \quad (3)$$

Kjo formulë tregon se nxehtësia e liruar është proprocionale me rezistencën R edhe për rezistenca të ndryshme te rrethi i forcës së rrymës mbahet konstante. Kr, tani, tensioni te skajet e përçuesit është konstante shfrytëzohet:

$$\Delta Q = \frac{U^2}{R}\,\Delta t\,, \quad (4)$$

Kjo do të thotë , gjatë tensioneve të barabarta të ,përçuesëve me rezistencë të ndryshme nxehtësia e liruar është më e madhe te përçuesi rezistenca e të cilit është më i vogël. Barazimet (2), (3) dhe 94) njihen si ***ligji i Xhul-lenc***.

Shndërrimi i energjisë së rrymës elektrike te nxehtësia pavarësisht njëri prej tjetrit e ka studiuar fizikani anglez Xhul dhe fizikani rus Lenc.

Prej barazimit (3) shihet se përçuesit merezistencë më të madhe zhvillohet nxehtësi më e madhe dhe se ajo është proporcionale me katrori e forcës së rrymës.Prandaj, gjatë bartjes të energjisë elektrike duhet të shfrytëzohen rryma të dobëtadhe rezistor të vegjël. Bartja e energjisë elektrike realizohet me largëpërçues me tension shumë të lartë. Që të kenë rezistencë më të vogël telat e largëpërçuesit janë prej materialit mereistencë specifike të vogël. Në këtë rast, energjia e humbur për shkak të nxemjes së tyre do të jetë më e vogël. Veprii i nxehtësisë së rrymës elektrike ka zbatim të madhe. Në këtë ligj bazohet edhe puna e siguresave të nxehtë, të cilët në seri janë yçur me shfrytëzuesin. Nëse forca e tejkalon vlerën e lejuar, përçuesi te siguresa nxehetdhe shkrihet, dhe po ashtu rrethi elektrik ndërpritet. Te ngrohëset shfrytëzohen rryma të forta të cilat lëshohen nëpër përçuesin me rezistencë të madhe.

Fuqia (efekti) e rrymës elektrike është puna që e kryen rryma elektrike në njësi kohë:

$$P=\frac{A}{t}=\frac{UIt}{t}=UI\,. \quad (5)$$

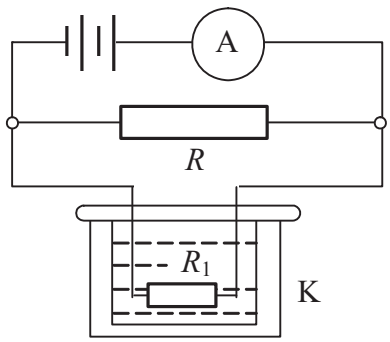
Njësia për fuqinë e rrymëse elektrike në SI është

1W (vat).

$$P = \frac{A}{t}; \quad 1\,\mathrm{W} = 1\,\mathrm{V}\cdot 1\,\mathrm{A}. \qquad (1)$$

Shfrytëzuesi elektrik e ka fuqinë prej 1 W nëse te skajet e tij ekzistontension prej 1 V, por nëpër atë rrjedh rrymë e përhershme me forcë prej 1 A.

SHEMBULLI 1.



Enë kalorimetrike K për nxemjes e ujit ka rezistor rezistenca e të cilit është R_1=60 Ω. Ai është kyçur te qarku elektrik sikurse që është paraqitur te figura. Ampermetri A tregonrrymë me forcë prej 6 A. Rezistenca elektrike e rezistorit R është 30 Ω. Të caktohet sasia e nxehtësisë e ndarë për kohën prej 5 minuta.

Zgjidhje:Është dhënë R_1=60 Ω, 6 A, t=5 60s.

Së pari duhet të caktohet forca e rrymës elektrike (I_1) që kalo nëpër tel. Pasi teli me rezistencë R_1 dhe rezistenca elektrike janë të lidhura paralele vijojnë barazimet:

$$I_a = I_1 + I\,;\; I_1 R_1 = IR$$

ku me I_a është shënuarrryma nëpër ampermetër, kurse I rryma nëpër rezistorin R. Me zgjidhjen e sistemit të barazimeve (të panjohura I_1 dhe I) fitohet:

$$I_1 = \frac{1}{3} I_a = 2\ \mathrm{A}$$

Sasia e nxehtësisë që ndahet te teli me rezistencë elektrike R_1, është $Q_1=I_1 2R_1 t$.

SHEMBULLI 2. Përçues bakri, i lidhur ndërmjet burimit të rrymës elektrike, duhet të zëvëndësohet me përçues me gjatë si të njëjtë prej aluminiumi. Sa duhet të jetë prerja tërthore e përçuesit prej aluminiumi në lidhje me prerjen tërthore të përçuesit të bakrit , që energjia elektrike e humbur e nadrë në formë të nxehtësisë mbetet e pandryshueshme.

Rezistenca specifike elektrike të bakrit është $1{,}72.10^{-8}$ Ωm, kurse e aluminiumit $2{,}8.10^{-8}$ Ωm.

Zgjidhje:

$\rho_1 = 2{,}8\cdot 10^{-8}\ \Omega\,\mathrm{m}$
$\rho_2 = 1{,}72\cdot 10^{-8}\ \Omega\,\mathrm{m}$

$$R_1 = \rho\frac{l}{q_1} \quad R_2 = \rho\frac{l}{q_2}$$

$$Q_1 = \frac{U^2}{R_1}t \quad Q_2 = \frac{U^2}{R_2}t$$

Prej kushtit të detyrës duhet:

$$Q_1 = Q_2$$

përkatësisht $\frac{U^2}{R_1}t = \frac{U^2}{R_2}t\,;\; \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_2}$

ose $\frac{q_1}{\rho_1 l} = \frac{q_2}{\rho_2 l}\,,\; \frac{q_1}{q_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{2{,}.8\cdot 10^{-8}\,\Omega\,\mathrm{m}}{1{,}.7\cdot 10^{-8}\,\Omega\,\mathrm{m}} = 1{,}64$$

Pyetje dhe detyra

1. Çka tregon ligji Xhul-lenc dhe nën çfarë kushte vlen?

2. Me futjen e rezistorit elektrik që e shpreh Ligji i Xhul-lenc shkohet deri në përfundime kundërthënëse: nxehtësia e liruar është proporcionale me rezistencën e përçuesit. Çka është në pyetje?

5.7. LIGJI I XHULIT PËR PËRÇUES VËLUMINOZ HETEROGJEN

Ligji i xhuli-Lencit që e nxorrëm te 5.6 është për përçuesët homogjen Organizmi i njeriut është përçues heterogjen. Kjo do të thotë se shumë zona të organizmit të gjallë, rezistenca specifike elektrike ($\rho=1/\sigma$) dhe konstanta dielektrike relative ε_r ndryshon. Edhe pse bëhet fjalë për përçues heterogjen, te organizmi i gjallë ekzistojnë zona relativisht të mëdhaja me rezistencë konstante specifike elektrike ρ (ρ për indin e muskulit është $2\cdot10^4$ Ωm, për gjakun $1{,}7\cdot10^4$ Ωm, për idin e yndyrës $5\cdot10^5$ Ωm, për lëkurën e thytë $3\cdot10^7$ Ωm, për eshtrat $3\cdot10^{10}$ Ωm.

Prandaj, organizmi ose vetëm pjesë prej tij, mund të tregohet si kombinim përkatës të shumë rezistuesëve homogjen, si zonë homogjene, është rrethuar me ind muskulor, ind yndyre, por pastaj është lëkura. Muskuli, indi i yndyrës dhe lëkura kanë rezistencë elektrike të vet. Prandaj, ato janë si rezistor të ndryshëm të lidhur.

Nëse dy rezistor, rezistorët elektrik të të cilëve janë R_1 dhe R_2, janë të lidhur në seri nëpër të dy kalojnë forca të barabarta të rrymës. Prandaj ligji Xhul-lencit, te ato do të lirohet sasi e nxehtësisë $\Delta Q_1=I^2R_1t$ përkatësisht $\Delta Q_2=I^2R_2t$. Kur të pjesëtohen dy barazimet e fudit, fitohet:

$$\frac{\Delta Q_1}{\Delta Q_2}=\frac{I^2R_1t}{I^2R_2t}=\frac{R_1}{R_2} \qquad (1)$$

Prandaj, sasi më e madhe e nxehtësisë do të lirohet te rezistuesi me rezistencë elektrike më të madhe. Pikërisht, gjatë lidhjes në seritë rezistorëve nëse $R_1>R_2$ atëherë edhe $\Delta Q_1>\Delta Q_2$.

Nëse tani, rezistorët janë lidhur paralelisht,pasi tensioni i të dy rezistorëve është i barabartë, vlen:

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{U^2t/R_1}{U^2t/R_2}\ ;\quad \frac{Q_1}{Q_2}=\frac{R_2}{R_1}\ . \qquad (.2)$$

Përkatësisht, gjatë lidhjes paralele sasia më e madhe e nxehtësisë lirohet te rezistori me rezistencë elektrike më të vogël.

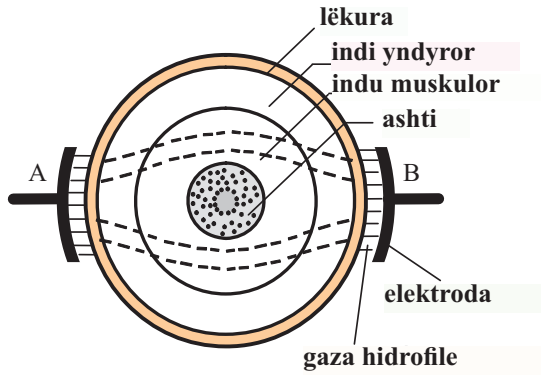


Fig. 1. Modeli i prerjes tërthore e ekstremitetit ku elektrodat janë vendosur transverzalisht.

Te organizmi i njeriut, që mund të tregohet si përçues heterogjen i përbërë prej numrit të madh të rezistorëve me rezistencë të ndryshme specifike, gjatë rrjedhjes së rrymës së drejtë, do të vjen deri te lirimi i nxehtësisë. Sa nxehtësi do të lirohet, varet prej asaj pjesa nëpër të cilën rrejdh rrynë a mundet të paraqitet me lidhje serike ose paralele të rezistorëve (ose kombinimi ityre).

Për shembull, kur mbi krahun sipër vëndohen elektrodat A dhe B dhe atë *transverzale* (fig. 1), është paraqitur prerja tërthore, rryma do të kalon nëpër të gjitha pjesët e (lëkurës, indit të yndyrës, indit të muskulit) përveç nëpër asht i cili me rezistencën specifike të madhe paraqet mjedis jo përçues. Rezistenca e përgjithshme, që krahu si përçues heterogjen e ka, mund të paraqitet si shumë e rezsistorëve serik të lidhur. Prandaj, sasia më e madhe e nxehtësisë do të lirohet në vendet me rezistencë më të madhe (barazimi 2), kurse ajo është lëkura (për lëkurëne thatë $3\cdot10^7$ Ωm).

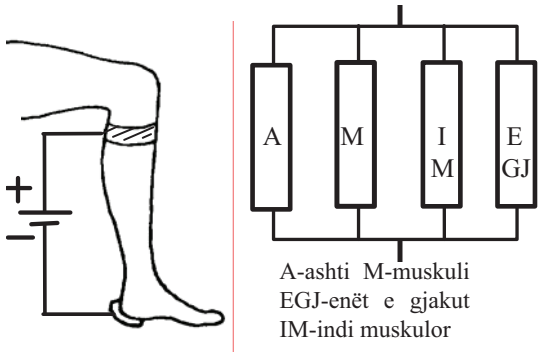


Fig. 2. Elektrodat e vendosura longitudinale gjatë galvanizimit

Megjithatë, gjatë aplikimit *longitudinal* të elektrodave, kur njëra elektrodë është vënduar te gju, kursetjetra në thembër të këmbës, rryma njëkohësisht kalon nëpër të gjitha shtresat, pra rezistenca e përgjithshme mund të paraqitet me rezistor të lidhur paralelisht (fig. 2). Kjo arrihet me *galavanizimin*. Sipas barazimit (2), më shumë nxehtësi do të lirohet te pjesët me rezistencë më të vogël, kurse ajo është atje ku ka më së shumti enë të gjakut (për indin muskulor $\rho=2\cdot10^{4}\Omega m$).

Nxemja e këtillë kushtëzon vazodilatacion (zgjerimin e enëve të gjakut) dhezvogëlimin e koeficientit të viskozitetit të gjakut (viskoziteti bie me zmadhimine temperaturës) që e zmadhon rrjedhjen e gjakut nëpër enët e gjakut.

Zbatimi i rrymës elektrike për mjekim është metodë e rëndësishme teraupetike te mjeksësia fizikale dhe enjohur si ***elektroterapi***.

Galvanizimi është veprim i ngacmimit dhe zmadhimi i depërtimit të joneve prej të dy anëve të membranës së qelizës me rrymë elektrike konstante. Rryma në vendin e zbatimit bartet me elektroda të mëdhaja zakonisht prej plumbi ose gomë përçuese. Polariteti i elektrodave duhet qartë të jetë i shënuar, njëkohësisht duhet patur ede kompjuter me të cilin mund të ndryshohet polariteti i elektrodave. Elektrodat të cilat shfrytëzohen gjatë galvanizimit janë bërë prej materialit që lehtë mbështjellet, kurse te lëkura barten nëërmjet gazës së zhytur m etretje fiziologjike.Elektrodat gjatë galvanizimit mund të vëndohen longitudinale (fig. 1) dhe transverzale (fig. 2).

Gjatë galvanizimit shfrytëzohet burimi i rrymës elektrike një lloj të orientuar ku tensioni mundet në mënyrë të kontinuar të ndryshon prej 0-100 Vnë vlera milimetrike (deri 100 mA) të forcës së rrymës elektrike. Dendësia maksimale e rrymës është 0,2 mA cm^2. Po ashtu, dozimi i rrymës elektrike varet nga koha e veprimit, gjeometria e elektrodave dhe vendi i vendosjes së tyre.

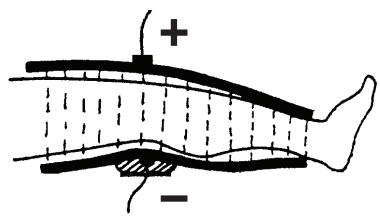


Fig. 3. Elektrodat e vendosura transverzalisht gjatë galvanizimit.

Ky lloj i terapisë shfrytëzohet gjatë llojeve të ndryshme të dhembjeve reumatike, çrregullimi i qarkullimit të gjakut, sëmundje të nervavedhe enët e gjakut.

Pyetje dhe detyra

1. Çka është elektroterapia?
2. Cilat metoda elektroterapike eshfrytëzojnë ligji Xhul-Lenc?
3. Me çfarë rezistori është paraqitur organizmi i njeriut?
4. Si mund të paraqitet organizmi i njeriut dhe për atë a vlen ligji Xhul-Lencit?

REZIME

-Puna e rrymës eektrike

$$A=FI=qEI=qU$$

-Fuqia (efekti) i rrymës elektrike

$$P=\frac{A}{t}=\frac{UIt}{t}=UI$$

-Ligji i Xhul-Lencit:

$$\Delta Q=I^2 R\,\Delta t;\ \Delta Q=\frac{U^2}{R}\,\Delta t$$

5.8. LIGJET E FARADEIT PËR ELEKTROLIZËN

Kur nëpër tretjen e ndonjë kripe, baze ose thartirë lëshohet rryma njëkahëshe prej burimit të jashtëm, jonet që janë prezente në tretje do të fillojnë të lëvizin nga elektroda e kundrët e elektrizuar, ***katjonet*** nga elektroda negative (katoda), ndërsa ***anjonet*** nga elektroda negative e elektrizuar (anoda) fig. 1).

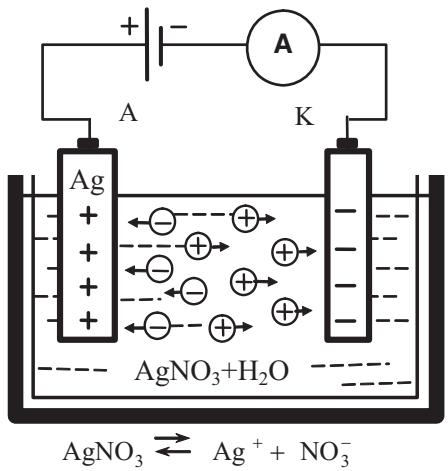


Fig. 1

Lëvizja e kahëzuar te elektrodat është e lidhurme ndarjen e masës të elektrodave. Masa e ndarë e ndonjërës prej elektrodave është sipas ligjit për elektrolizë. Nëse për kohë *t* te elektrodat elektrizohen *N* jone, me mbushje të një joni *q=ze, (z*-valenca e joneve; *e*-mbushja elektrike elementare) atëherë sasi e përgjithshme elektrike që kalon nëpër elektrolitin është:

$$Q = Nq = N\,ze, \tag{1}$$

z është valenca e joneve; *e* është mbushja elektrike elementare.

Masa e substancës *m* që ndahet te elektroda është prodhim prej numrit të joneve *N* të cilat neutralizohen te elektroda, kurse masa e tyre është μ:

$$m = \mu N = \frac{A}{N_A}\frac{Q}{ze}. \tag{2}$$

Për elementet kimike masa e një joni ($\mu=A/N_A$) është e barabartë me raportin ndrmjet masës atomike *A* dhe numrit të Avogardit N_A.

Barazimi (2) në veti i përmban të dy ligjet të formuluar prej faradeit, por i realizuar në bazë të një varg eksperimentesh.

Ligji i parë i Faradeit tregon se masa *m* e substancës së ndarë te procesi i elektrolizës së njërës prej elektrodave është proporcionale me sasinë e elektricitetit Q, që kalonnëpër elektrolitn:

$$m=k_c\,Q=k_c I\Delta t, \tag{3}$$

ku *I* është intensiteti i rrymës; Δt është koha e rrjedhjes së rrymës; k_c është koeficienti i proporcionalitetit i quajtur ***ekuivalenti elektrokimik*** ($k_c=m/Q$). Vlera e k_c numerikisht është i barabartë me masën e substancës, që ndahet gjatë kalimit të sasisë së elektricitetit prej një kulon nëpër elektrolitin (Q=1C). Ajo është madhësi karakteristike për çdo element kimik.

Ligji i dytë i Faradeit thotë: ekuvalenti kimik k_c i çdo substance është proporcional me ekuivalentin e tij kimik *k*.Ose ekuivalentët elektrokimik të subsatncave të ndryshme qëndrojnë, si që qëndrojnë edhe ekuivalemtët e tyre kimike:

$$k_e = \frac{m}{Q} = \frac{1}{eN_A}\frac{A}{z} = \frac{1}{F}\frac{A}{z} = \frac{k}{F} \tag{4}$$

Ekuivalenti kimik *k* i joneve prej llojit të caktuar prej masës atomike të elementit *A* dhe valencës së tij *z*. Ai është dhënë me barazimin:

$$k = \frac{A}{z}\ . \tag{5}$$

Konstanta $F=eN_A=9{,}6484\cdot10^4$ C/mol është ***konstanta e Faradeit***, ku *e* është mbushja elektrike elementare $N_A=6{,}0210^{23}$ mol^{-1} është ***numri i Avogardit***. Numri i Faradeit është numerikisht i barabartë me herësinë e elektricitetit *Q* që duhet të bartet nëpër elektrolitin që të ndahet 1 mol prej cilës do substancë njëvalente.

Nëse te barazimi (2) vëndohet $m=A$, $z=1$ fitohet se $Q=F$. Me fjalë tjera konstanta e Faradeit tregon sa mbushje elektrike është e nevojshme gjatë ndarjes së 1 mol substancë njëvalente.

Elektroliza gjen zbatim të madh praktik në shum fusha në shkencë, teknikë dhe në praktikë ndërmjet tjerash në elektrometalurgji gjatë përfitimit të aluminit, natrium kloridit, hidrogjenit etj. Elektroliza ndërmjet tjerash shfrytëzohet në *galvanostegji dhe galvanoplastikë*.

Galvanostegjia është proces ku kryhet mbulimi i sipërfaqeve të ndonjë metali me shtresë të hollë të metaleve të çmuara, ose me metale që nuk oksidojnë. Mbulimi bëhet me qëllim që të mbrohen prej korozionit, dëmtimet mekanike. Të atillë janë, për shembull, kromimi, prarimi me ar, prarimi me argjent, prarimi me nikel, prarimime zink etj.

Galvanoplastika është ku fitohen kopjes prej disa sipëfaqeve të relievit nëpërmjet elektrolizës me anodë aktive.

Elektroliza shfrytëzohet gjatë mbushjes së akumulatorëve, Elektroliza zbatohet për fitimin e shtresave të holla prej dielektriku te kondenzatorët elektrolit.

Pyetje dhe detyra

1. Sqaroi ligjet e Faradeit për elektrolizën?
2. Çka është ekuivalenti elektrokimik dhe prejçka varet?
3. Si në bazë të ligjeve të Faradeit mund të caktohet mbushja elektrike lementare e elektronit ($e=F/N_A$)?
4. Çka është numri i Faradeit?
5. Cilat grimca janë bartës të rrymës te elektrolitët?
6. Gjatë prarimit me ar të ndonjë sendi për kohën për 2,5 orë është ndarë prej tretjes së nitratit të argjentit 50,4 g argjent. Rezistenca e tretjes është 0,8 Ω, kurse ekuivalenti elektrokimik i argjentit është $k_{e\,(Ag)}=1{,}118\cdot10^{-6}$ kg/C.

Të caktohet intensiteti i rrymës dhe tensionit ndërmjet elektrodave.

5.9. PROCESET ELEKTROKINETIKE

Në lidhje të drejtpërdrejtë mw proceset e difuzionit janë edhe të ashtuquajturat proceset: ***elektroforeza*** dhe ***elektroosmoza***.

Proceset elektrokinetike janë rezultat i ekzistimit të shtresës së dyfishtë elektrike në kufirin e ndarjes të sistemeve dyfazore.

Shkaqet për krijimin e shtresë së dyfishtë elektrike mundtë jenë të ndryshme. Për shembull, për shkak të absorbcionit selektiv të joneve ose molekulave polare prej prej tretjes së sipërfaqes kufitare me tretësin, vjen deri te formimi i shpërdarja e së caktuar të mbushjeve elektrike. Kur në shtresën e atillë veprohet me fushë elektrike të jashtëme, pjesët e lëvizshme në këtë shtresë të dyfishtë elektrike do të largohen prej kufirt fazor, duke lëvizur në kahe të fushës, ose në kahen e kundërt, varësisht prej asaj se çfarë sasie të elektricitetit kanë.

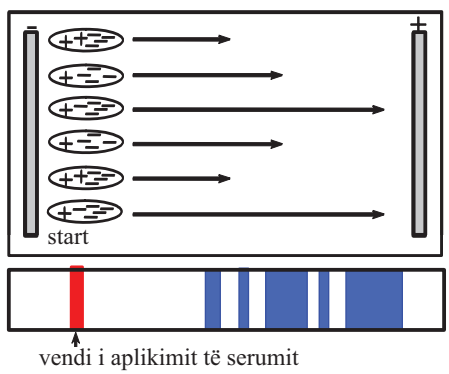


Fig. 1. Elektro foregram të proteineve të serumit

Elektroforoza. Kur te sistemi disperziv (tretje koloide ose suspenzim) vendosen elektroda vjen deri te kahëzimi i lëvizjes së grimcave në atë tretje. Kështu, për shembull trupthat e gajkut mblidhen rreth anodës.

Elektroforeza është teknikë separative me të cilën mund të ndahen edhe në mënyrë kaulitative ashtu edhe kunatitative të caktohen proteinet, lipidet, izonzimet, aminothartirat dhe substanca tjera të pranishme te plazma ose lëngjet biologjike.

Për studimin e proteineve shfrytëzohet *elektroforeza e lirë* dhe *elektroforeza zonale* (elektroforeza e bartësit). Te elektroforeza e lirë grimcat e elektrizuara lëvizin nëpër zbutësin nga elektrodat e kundërta e elektrizuara. Pranda, si rezultat i shpejtësisë së ndryshme të grimcave të elektrizuara,te tretja formohen vende me dendësi të ndryshme.

Elektroforeza zonale ndërmjettjerash shfrytëzohet për *separimin e proteineve të serumit*.Nën ndikimin e rrymës njëkahëshe ato separohen në fraksionet e tyre (fig. 1). Nëse te tretja gjendet përzierje nga proteinet e ndryshme, si për shembull, te plazma e gjakut që përmban albumine, globulinë dhe fibrinogen, gjatë procesit të elektroforezës proteinet varësisht prej mbushjes elektrike, masa molekulare dhe forma, lëvizin me shpejtësi të ndryshme,

Me elektroforezën përzierja e proteineve prej plazmës së gjakut mund të ndahet në pesë fraksione proteinesh (albumine, α_1, α_2, β dhe γ–globuline). Te mjedisi i thartë g-globulinet lëvizin më shpejtë pasi posedojnë më së shumti mbushje pozitive.

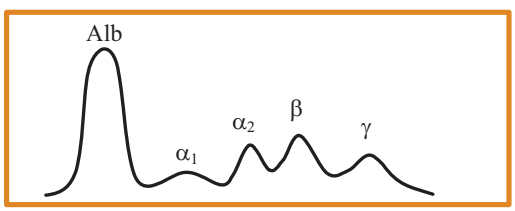
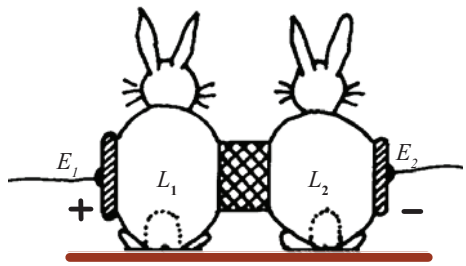


Fig. 2. Lakorja denzometrike e proteineve të serumit

Te lektroforeza zonale shfrytëzohen dhoma të veçanta të mbushura me zbutës të tretjes. Te dhomate atilla futen elektroda të lidhura me burim për rrymë mekahe të njëjtë. Nën ndikimin e fushës elektrike realizohet lëvizje e fraksioneve të veçanta nga elektrodat e kundërta të elektrizuara. Si bartës të elektroforezës shfrytëzohen mediume mbështetëse, përshembull, letër Whatman, acetat celuloze, letër fileter etj.

Gjatë rrjedhjes së rrymës elektrike nëpër përçuesit biologjik mund të vjen deri te transportii joneve të cilat në organizëm sjellen prej jashtë. Domethënë, procesi i futjes së preparateve elektrolite te organizmi nën ndikimin e fushës elektrike është ***jonoforeza***.

Futja e preparateve farmakologjike duke shfrytëzuar rrymë elektrike njëkahëshe gjerësisht zbatohet në mjekësi gjatë mjekimit të sëmundjeve të ndryshme (paradentoza, sëmundje te nyjet, zmadhimi i qarkullimit të gjakut).Për këtë shkak ndërmjet vendit të sëmur dhe elektrodës, që të sigurohet kontakt, shfrytëzohet gaza e zbutur në tretje prej medikamentit. Me elektroforezënmund të realizohet transporti jo vetëm e grimcave të elektrizuara, por edhe të grimcave neutrale të cilave u janë shtuar jone.



$$KCN \rightleftharpoons K^+ + CN^-$$

Fig. 3

Jonoforeza me demostrim tregohet prej Le Due me provën e tij me dy lepuj. Lepujt (fig. 3), pasi në këmbët e prapme, u është larguar leshi, janë vendosur njëri pranë tjetrit, të ndarë vetëm me shtresë prej gaze të zbutur në elektrolit të zgjedhur. Në këmbët e prapme u janë vënduar edhe elektroda. Rryma elektrike që sjellet nëpërmjet elektrodave E_1 hyn te lepuri i parë (L_1), kurse nëpërmjet elektrolitit me të cili është zbutur gaza edhe te lepuri i dytë (L_2). Nëpërmjet elektrodës E2 caltohet rryma elektrike. Prandaj, nëpër të dy lepujt rrjedh rrymë me të njëjtin intensitet.

Kur gaza është zbutur me tretje të ujit prej KCN te eksperimenti i përshkruar gjatë pandryshimit të kahes së rrymës vdes lepuri L_1, pasi ai u është nënshtruar anjoneve toksike CN^-të cilat prej gazës me jonoforezën hyjnë në L_1, duke udhëtuar nga anoda. Lepuri L_2 është kursyer nga veprimi i këtij joni të hapur pasi që tani te ai mund të hyjë

vetëm katjonet K^+ që nuk është toksik. Domethëbë, rezultatet prej jonogorezës, para së gjithash, varen prej kahes së rrymës dhe llojit të joneve.

Gjatë rasti më thjeshtë për grimcat me formë sferike te tretja mjaftë e holluar, forca e fërkimit sipas ligjit të Stoksit është:

$$F_{tr} = fv = 6\pi\eta\, r\, v, \qquad (1)$$

ku f është koeficienti i proporcionalitetit, v është shpejtësia e grimcave, r është rrezja e grimcës, η është viskoziteti i mjedisit disperziv të shqyrtuar. Kur kjo forcë është baraspeshë me forcë elektrike EQ (E është intenziteti i fushës elektrostatike, Q është mbushja elektrike e grimcës), d.m.th.,

$$F_{tr} = fv = EQ. \qquad (2)$$

Prandaj, prej barazimit (1) dhe (2) ka mundësi të caktohet shpejtësia e grimcave v që varet prej intenstetit të fushës elektrike, përkatësisht prej gradientit të potencialit ndërmjet elektrodave, por edhe në mes (viskoziteti dinamik η) nëpër të cilën lëvizin grimcat. Prej barazimit (2) për shpejtësinë e grimcave fitohet:

$$v = \frac{Q}{6\pi\eta r} E\,. \qquad (2)$$

Shpejtësia e grimcave të cilat ndahen me elektroforezë varet prej madhësisë së mbushjes elektrike Q, kurse ai varet prej pH mjedisit. Lëvizshmëria e grimcave, e përkufizuar si shpejtësi te fusha elektrike me 1 V/m,(v/E), në proporcion të zhdrejtë me madhësinë e tyre (rrezja). Forma e molekulave gjithashtu, e kushtëzon shpejtësinë. Përshembull, me shpejtësi të ndryshme lëvizin fibribigeni dhe globulinët të cilët janë gjithashtu me masë molekulare të njëjtë.

Me elektroforetën studiohet lëvizja e grimcave të elektrizuara të fushës elektrike dhe realizohen përfundime për vlerën e mbushjes elektrike. Shpejtësia varet prejformës së molekulave, mbushjes, masës molekulare, temperaturës, pH të tretjes etj.

ELEKTROOSMOZA

Gjatë elektroosmozës shtresa e dyfishtë elektrike, e krijuar te sipërfaqja e lëngut-faza e ngurtë (muret e membranës poroze ose kapilare të vendosura në lëng), kontribuojnë lëngu nën veprimin e fushës elektrike të jashtme të lëviz. Domethënë, elektroosmoza është lëvizje e lëngjeve nëpër pengesa të ngurta, nën ndikimin e fushës elektrike. Meqë dukuria na përkujton në osmozën të quajtur ***elektroosmozë***.

Dukuria elektroosmozë praktikisht mund të realizohet nëse në fund të një gypi U futet copë ptë materialit poroz, për shembull, copë e glinës së pjekur, rërë, vatë ose nësenë fund të gypit bëhet në formë të kapilkares etj. (fig. 4).

Te gypi i këtillë, të mbushur me ujë, jynë vënduar dy elektroda. Molekulat e ujit në kontakt me muret e materialit poroz japin elektronedhe prandaj janë eektrizuar pozitivisht, kurse muret negativ.

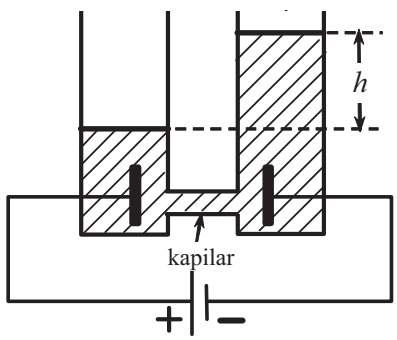


Fig. 4

Gjatë vendosjes së fushës elektrike, molekulat e ujit të elektrizuara pozitivisht (faza rrjedhëse) lë viz nga elektroda negative-katoda. Procesi do të kryhet në momentin kur shtypja elektroosmozës, që është rezultat i fushës elektrike, do të barazohet me shtypjen hidrostatik ($p=\rho gh$) të shtyllës së ujit me lartësi h.

Në praktikë elektroosmoza shfrytëzohet për pastrimin e ujit, ndarja e lëngjeve. Në mjekësi elektroosmoza shfrytëzohet për mjekimin e sëmundjeve të ndryshme të cilat janë pasojë prej sasisë së lëngjeve të zmadhuara te qelizat, për shembull, uji në gjunjë.

5.10. EMETIMI TERMOELEKTRONIK DHE ZBATIMI

Shkencëtari amerikan Tomas Edison ka vërejtur se fija e hollë e qymyrit e nxehur prej llambës së ndezur lëviz kur në afërsi do t'i sjellet thupër e elektrizuar, Më vonë është treguarse fija e djegur prej llambës emeton elektrone të lira.

Dukuria gjatë së cilës vjen deri te lirimi (emetimi) i elektroneve nën ndikimin e nxehtësisë (termo) prej sipërfaqes metalike njihet si ***emetim termodinamikë***. Ajo ka zbatim të madh në jetën e përditshme.

Ekzistojnë shumë mënyra që të lirohen elektrone prej metalit. Nëse ajo arrihet me ndihmën e ndriçimit të sipërfaqes së metalit, dukuria quhet *emetim fotoelektronik*. Nëse ajo bëhet me ndihmën e përplasjes me lektrone tjera të shpejtuara, të cilat energjinë e tyre do t'ua japin elektroneve të metalit, atëherë dukuria quhet emetimi sekondar i elektroneve. Thelbi i emetimit të elektroneve prej sipërfaqes së metalit përbëhet prej asaj tu jepet energji e mjaftueshme që të lirohen prej lidhjes me metalin dhe ta lëshojnë. Na tani për tani do të ndalemi vetëm te emetimi termoeletronik, meqë në të bazohen numër i madh i instrumenteve elektronike që i hasim në jetën e përditshme.

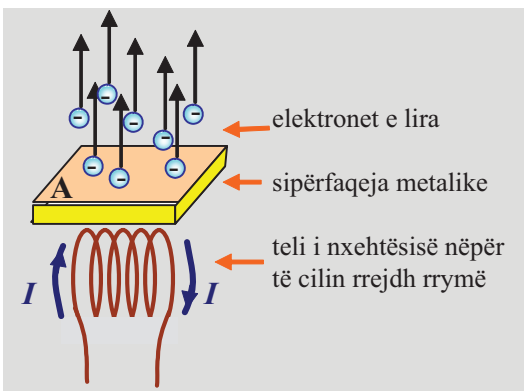


Fig. 1. Emisioni i elektroneve prej sipërfaqes metalike

Të shqyrtojmë pllakë metalike me syprinë A (**kjo quhet katodë**) që ngrohet me ndihmën e telit të nxehtë nëpër tëc cilin rrjedh rrymë *I* (fig. 1). Po ashtu vjen deri te bartja e nxehtësisë të elektroneve të lira te metali. Sasia e energjisë së nxehtësisë që i sjellet elektronit duhet të jetë shumë e mjaftueshme që të mund ta fiton lidhjen me metalin (kjo quhet **puna dalëse e elektronit**) që ta lëshon. Ato elektrone, nëse gjenden në fushën elektrike, mund të lëvizin të kahëzuara. Përndryshe, puna dalëse e elektroniz është konstante karakteristkepër çdo metal.

Shumë është e rëndësishme të gjendet prej çka varet numri i elektroneve që lirohen që të mundet rryma prej këtyre termoelektroneve të udhëhiqet. Para së gjithash, ajo më së shumti varet prej temperaturës te e cila është nxehur sipërfaqja metalike (për shkak të lidhjes së *T* me energjinë e lëvizjes së nxehtësisë), prandaj emetimi do të varet edhe prej syprinës së sipërfaqes së metalit *S* dhe prej madhësisë së punës dalëse të materialit.

Shumë instrumente elektronike me të cilat ballafaqohemi përmbajnë pjesë që punojnë në principin e emetimit termoelektronik. Ato përbëhen prej elektrodave metalike (katoda, anoda etjera elektroda ndihmëse) të cilat janë të vendosura në baloni e qelqit prej të cilit është nxjerrë ajri. Katoda zakonisht është prej materiali që shkrihet në temperaturë të lartë (kuptohet, që të shkrihet gjatë punës) dhe që ka vlerë të ulët të punës dalëse të elektroneve. Ajo nxehet me lëshimin e rrymës nëpër atë, që të ndodh emetimi termoelektronik. Katoda së bashku me me elektrodën cilindrike që gjendet para saj quhet pushka elektronike. Tensioni pozitiv anodë (+) i detyron elektronet të lëvizin nga anoda. Vakumi elektroneve u mundëson rrugën nga anoda ta kalojnë me pak përpplasjemeatomet dhe molekulave të ajrit. Shembull për gypin e vakumit është gypi ikatodës që para një kohe e kishte çdo televizor, dhe monitorët e vjetër për kompjuter dhe osciloskopët të cilët shërbejnë siinstrumente matëse. Ekzsitojnë edhe gypa tjera të vakumit, por ato nuk janë aq në përorim në jetën e përditshme. Të atillë janë dioda e vakumit,trioda, pentoda, magnetronët, klistronët etj. Këto akoma gjenden në zbatim te termokomunikimet. Ato janë

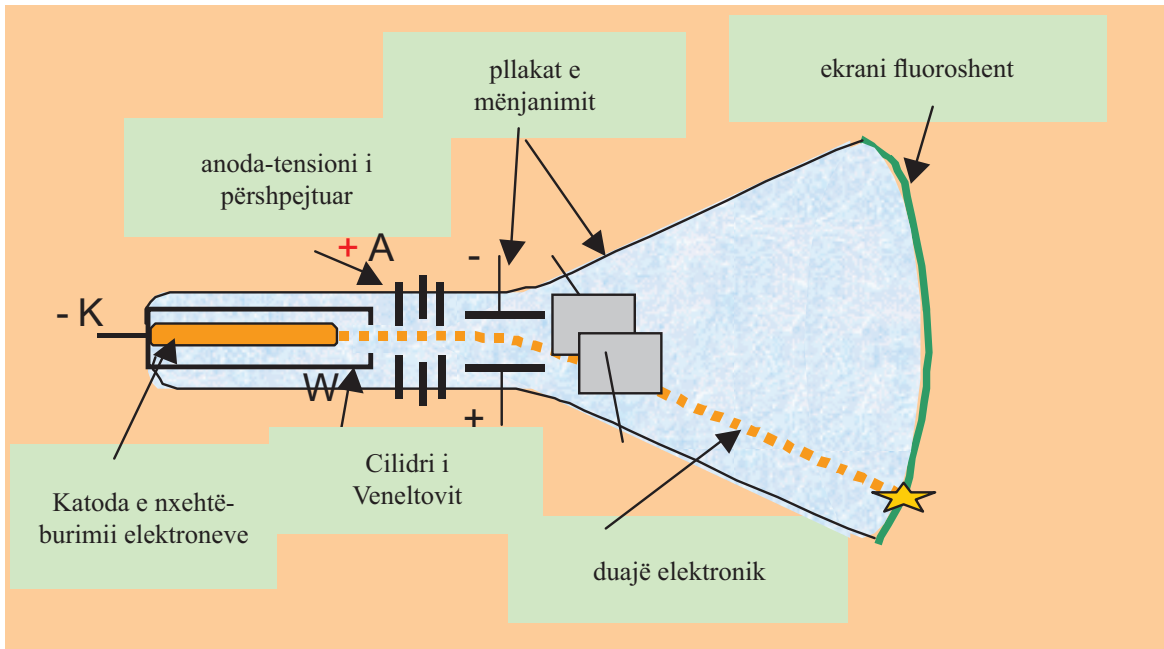


Fig.2. Prerja e gypit katodik te osciloskopi

pjesë e jetë sonë të përditshme, por si pjesë prej sateliti komunikues. Dhe kështu, gjithmonë do të ketë biseda telefonike përtej oqeaneve, dhe kur do të shihni ndonjë program të huaj satelitor, të dini se ju shërbejnë edhe gypat e vakumit.

Osciloskopi

Skema principiele e prerjes së një gypi katodik te osciloskopi është dhënë në fig. 2. Elektrone prodhohen prej katodës së nxehtë, mblidhen në me ndihmën e tensionit që sillet te cilindri i Veneltovit (W), kahëzohen dhe përshpejtohen me fushë elektrike të fuqishme ndërmjet katodës (K) dhe anodës (A). Ekrani është i bërë ashtu që të mund të ndriçon kur te ai godit tufa e elektroneve. Ekrani i atillë quhet fluoroscent.
Gjatë ramjes së tufës së elektroneve mbi ekran, ndriçon pika. Në rrugën deri te ekrani, tufa e elektroneve kalon nëpër hapësirën ndërmjet pllakave mënjanuese të cilat janë vendosur paralelisht. Ka dy çifte të pllakave mënjanuese, dhe atë horizontale dhe vertikale. Kur do të sillet tension i përhershëm ndërmjet pllakave horizontale, atëherë tufa elektronike i vepron fushës elektrike prej fushës ndërmjet pllakave.
Kështu tufa elektronike mënjanohet vertikalisht teposhtë, d.m.th., nga pllakat pozitive (fig. 2a).

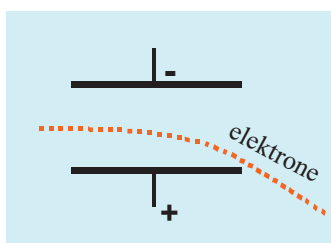


Fig. 2a. Pllakat hiorizontale mënjanuese për mënjanimin lartë-poshtë (vertikale)

Nëse sillet tension edhe pllakave vertikale, atëherë tufa elektronike do të mundtë zhvendoset edhe në kahen horizontale.

Te këto pllaka mund të sjellet e ashtu quajtur tension i mprehtë që me kohën ndryshon si te figura 2 b.

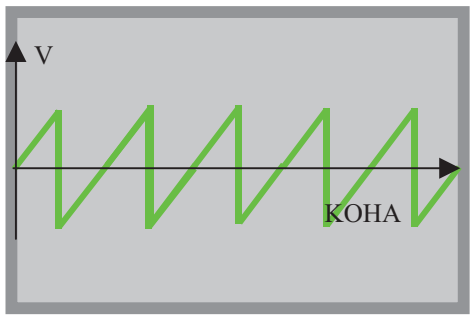


Fig. 2 b. Tensioni i mprehët pët pllakat mënjanuese

Tensioni i atillë do ta detyron tufën të lëviz prej të majtës nga e djathta dhe anasjelltas.Kur te pllakat horizontale do të sjellet tension që dëshironi ta shqyrtoni, kurse te pllakat vertikale njëkohësisht të sjellet tension i mprehtë, atëherë tufa elektronike në ekran do të vizaton lakore e cila e paraqet ndryshimin e kohës të tensionit të shqyrtuar.

Te figura 3b (majtas) është dhënë fotografia që fitohet prej shqyrtimit të ndryshimit të kohës të ndonjë tensioni të përhershëm. Fotografia tregon vijë horizontale, pasi tensioni i shqyrtuar me kohën është i pandryshueshëm. Nëse sillet tension i ndryshueshëm kohor te pllakat horizointale mënjanuese, atëherë në ekran do të fitohet informatë për ndryshimin kohor të tij. Te figura 3b (në mes dhe majtas) janë dhënë edhe skica e ndryshimit të kohor i tensionit të mprehtë alternativ që do të fitohej në ekranin e oscilografit.

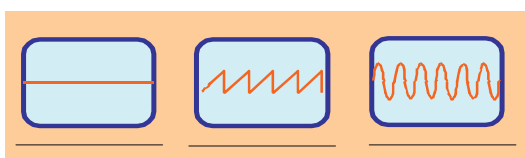


Fig. 3 b. Ndryshimi kohor i tensionit të drejtë të mprehtë dhe sinusoid, të sjellura në osciloskop

Te figura 3b është dhënë fotografia e një osciloskopi.

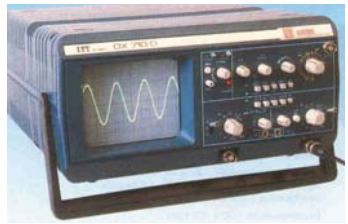


Fig. 3 c. Osciloskop

Gypi katodikë te TV dhe kompjuteri

Edhe pse LCD dhe teknologjia e plazmës e kanë marrë rolin e gypit katodik te televizorët dhe monitorët e kompjuterëve (fig. 4), është e nevojshme të përmendet se principi i formimit të fotografisë është i ngjashëm sikurse te osciloskopi. Dallimi është në atë që te sistemi i osciloskopit përbëhet prej dy çifteve të mbështjellësve të cilat janë lidhura me tension. Rryma që rrjedh nëpër mbështellëset krijon fushë

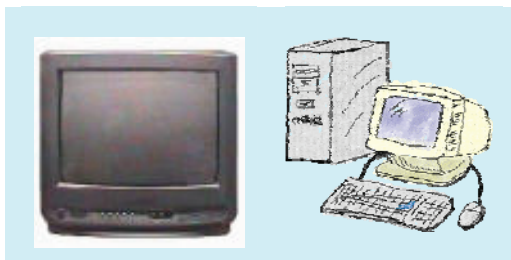


Fig. 4. Gypi katodik te TV aparati dhe në kompjuterin personal

magnetike e cila mund ta mënjanon tufën prej elektroneve (për këtë do të bëhet fjalë më vonë).

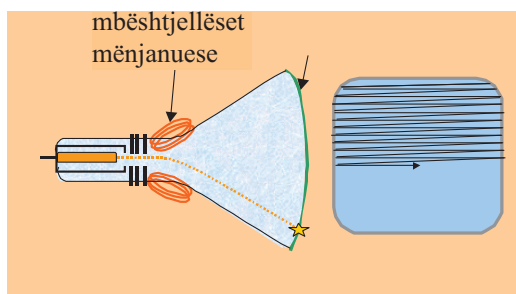


Fig. 4a. Mbështjellëset magnetike mënjanuese te gypi katodik

Kështu, me dy çifte të mbështjellësve mënjanues (fig. 4a) është mundësua lëvizja e tufës lartë-poshtë dhe majtas-djathtas. Me tensione të ndryshueshme të qëlluara mund të bëhet tufa të kalon nëpër gjithë ekranin me shpejtësi të atillë që syr i njeriut nuk do ta vëren ndryshimet në fotografi. Fotografia formohet me ndryshimin e dendësisë së tufës së elektroneve nëpërmjet tensionit të ndryshueshëm te cilindri i Veneltovit. Në fillim gypat katodike kanë qenë të monokromatike (zi-bardhë ose zi-gjelbër). Më vonë janë bërë monitorët në ngjyrë që kanë strukturë kokrrash. Çdo kokërrë prej ekranit përbëhet prej tre nënkëkërrave prej materieve luminiscente të cilat ndriçojnë kuq, gjelbër dhe kaltër (fig. 5).

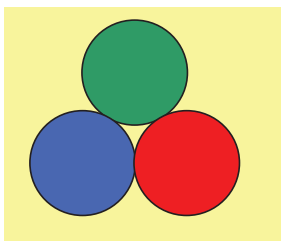


Fig. 5. Tre kokrat teekrani me ngjyrë

Dendësia me të cilën ndryshojnë fotografitë e televizorit është aq që ndijshmëria e njeriut për të shikuar të mos ta vëren ndryshimin, d.m.th., 24 fotografi në një sekondë.

Dioda e vakumit

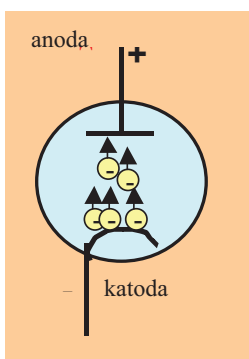


Fig. 7. Dioda

Dioda e vakumit përbëhet prej balonit të qelqit prej të cilit është evakuar ajri, te i cili janë vendosur dy elektroda, anoda dhe katoda (fig. 7). Katoda nxehet dhe liron elektrone. Te anoda sillet tension pozitiv në lidhje me katodë,pra kështu elektronet do të lëvizin nga anoda. Kur do të bien te ajo, atëherë te arku do t rrjedh rrymë. Nëse ndërmjet katodës dhe anodës lidhet tension alternativ, icili në mënyrë kohore ndryshon si te fig. 7a, atëherë rryma do të rrjedh vetëm për kohën kur anoda është pozitive në lidhje me katodën, d. m.th., në gjysmën e periodës (fig. 7b).

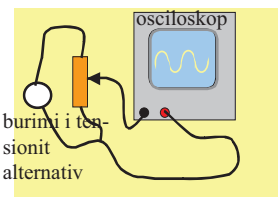


Fig. 7 a. Kështu duket ndryshimi i kohës të tensionit alternativ i shikuar në osciloskop

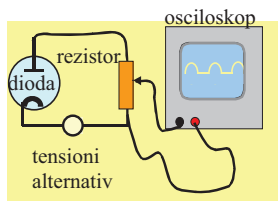


Fig. 7 b. Kështu duket tensioni i drejtë i njëkahësh me diodë vakumi i shikuar në osciloskop

Gjatë kohës së gjysmëperiodës anoda do t jetë pozitive, pra elektronet e emetuara prejkatodës do të arrinë deri te ajo. Në këtë gjysmëperiodë do të rrjedh rrymë. Gjatë kohës së gjysmëperiodës kur anoda është negative, elektronët nuk do të lëvizin nga ajo, pra rryma nuk do të rrjedh. Për shkak të kësaj vetie dioda me vakum ka gjetur zbatim te drejtuesët, tensionin alternativ e shndërron në tension mekahe të njëjtë.

Trioda

Trioda është gyp vakumi ose llambë elektronike me domethënie historike. Ajo përmban tre elektroda: anoda, katoda dhe rrjeta (fig. 8) Ajo është elementi i parë përforcuesi dhe viti i zbulimit të saj nga ana e Li De Forest, 1907, llogaritet si vit i lindjes së elektronikës. Me ndihmën e triodës janë bërë përforcues, oscilator dhe qare elektrike tjera

të domosdoshme që të mundet të zhvillohet audio-video teknologjia, telekomunikimet etj.

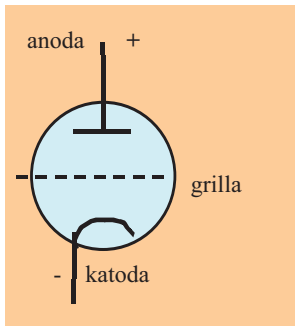


Fig. 8. Shenja për triodën

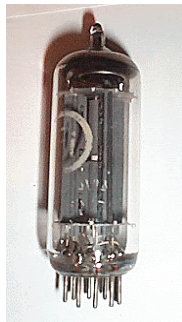


Fig. 9. Trioda

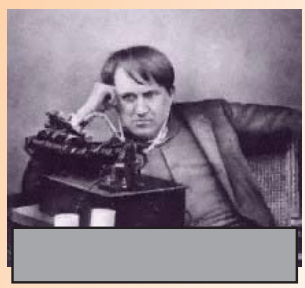
Te figura 9 është dhënë fotografia e triodës. Llambat elektronike përpara kishin zbatim të madh nëaudio-teknikë te e cila sot mbizotëron elektronika e gjysmë-përçuesëve. Por, llamabat akoma mbesin të mbretërojnë në gjitësi te satelitët komunikues (fig. 10), ku janë alternativ. Në çdothirje të bërë në telefonin e mobilit, marrin pjesë disa lamba.

Fig. 10. Satelitë komunikues kanë llamba elektronike

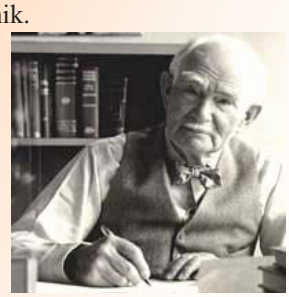
Pyetje, detyra, aktivtete

1. Sqaroni çka është emetimi termodinamikë. Si realizohet ajo?
2. Çka ësht puna dalëse te metali? A është ajokarakteristikë e metalit?
3. Si punon osciloskopi?
4. Çka është tensioni i mprehët, pse ndonjëherë quhet „baza kohore“?
5. Cili është zbatimi themelor i diodës së vakumit, Pse?
6. Pse trioda mund t‘i përforcon rrymat? Si arrihet përforcimi?
7. Numëroni instrumente te të cilët shfrytëzohen emetimet termodinamike?

Edison Tomas Alva (1847-1931).zbuluesamerikan. Ka qenë nxënës shumë i dobët dhe nuk kamundur të mbaron kurfar shkolle. Qysh si fëmijë ka menduar lloj lloje biznise të imta (ka kultivuar pemë, ka shitur gazeta, bleu shtypshkronjë. E zbuloi fotografinë dhe llambën me me fije të qymyrit, siguresën, numërruesin elektrik, mikrofonine grafitit etj.

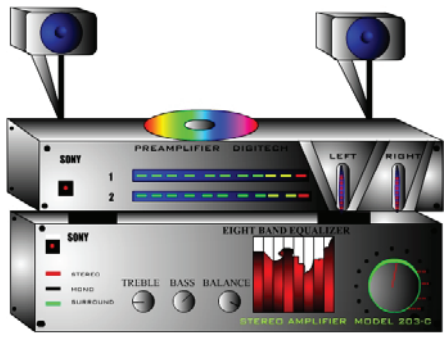


Li De Forest (1873-1961) shkencëtar amerikan dhe biznismen. Në vitin 1906 e mendoi triodën e cila menjëherë ka qenë e përdorur si përforcues i zërit. Ai ka botuar edhe një përmbledhje me poezi, dhe disa skenare filmash. Më interesante për këtë shkencëtar është ajo që ka marrë OSKAR për zërimin e procesit filmik.



5.11. GJYSMËPËRÇUES
Përçueshmëria personale dhe zbatimi

Qysh te elektrostatika përmendëm se ekzistojnë materiale të cilat e përçojnë rrymën elektrike më mirë se sa izolatorët, kurse më dobët se përçuesët, dhe quhen ***gjysmërçues***.



Shkenca për gjysmëpërçuesit e mundësoi përparimin teknologjik të shpejtëtë njerëzimit. Zbatimi i gjysmëpërçuesëve mundësoi zëvëndësimin e shpejtë të gypave të vakumit me instrumente përkatëse gjysmëpërçues.

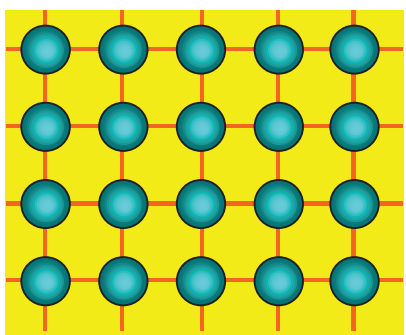


Fig. 1. Grilla kristalore e disa trupave të ngurtë

Dihet se trupat e ngurtë kanë strukturë kristalore që nënkupton atomet e radhitur në hapësirë (fig. 1). Elektronet te gria kristalore janë të përbashkëta për dy ose më shumë atome.

Ndërsa te metalet numri i elektroneve të lira është përafrsisht të barabartë me numrin e atomeve që janë të lidhura me metalin, të shumëzuar me valencëne tyre, te gjysmëpërçuesët ai numër është shumë i rëndësishëm më i vogël dhe ndryshon varësisht prejkushteve. Kështu, gjysmëpërçuesët në shte të caktuara në mund të sillen si përçues të mirë, kurse të tjerët, si izolator.

Gjysmëpërçues që më së shumti zbatohet në elektronikë dhe elemnti kimik siliciumi, dhe atë në formë me shtesa nga elementet tjera, të quajtur dopizë. Do të flasim vetëm për siliciumin pasi ai është për tani është teknologjia e gjysmëpërçuesëve më i përfaqësuar.

Përndryshe, siliciumi është element katër valent që formon kristal me lidhjen e 4 atomeve fqinje të siliciumit. Gjysmëpërçuesi i pastër jo i dopinguar, silicium quhet gjysmëpërçues me përçueshmëri personale ose lloj i siliciumit personal.

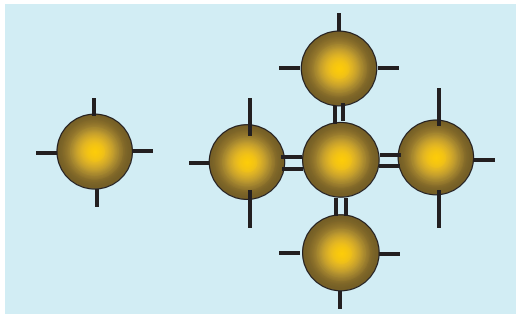


Fig. 2. Siliciumii pastër

Te lloj i veçant i siliciumit përçueshmëria i takon krijimit të çifteve të **elektron-zgavër** gjatë kushteve të caktuara.

Që ta kuptojmë mekanizmin e përçueshmërisë do të mendojmë atome të radhitura prej grilës së kristalit në fushën elektrike. Nëse gjatë kushteve të caktuara një elektron është liruar prej njërit prej atomeve, ai pas veti ka lënë vend të zgavrës që sillet si të jetë mbushje elektrike pozitive, i lidhur pët grilën (fig. 3). Ky vend ka tendencë të lidh elektron, prandaj quhet **zgavër.** Zgavra mund të mbushet me elektron prej atomit fqinjë, ashtu që tani atje do të ndodh zgavër, e më tutje me radhë. Në këtë mënyrë elektroni të lëviz në një kahe kurse zgavra (vendi i zbrazët) sikurse të lëviz në kahe të kundërt.

Domethënë, si bartës të rrymës te gjysmëpërçuesët paraqiten edhe elektronet edhe zgavrat.

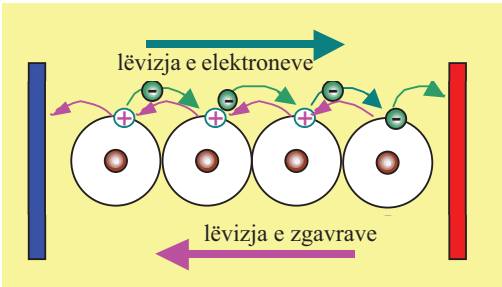


Fig. rryma elektrone dhe zgavrore te gjysmëpërçuesët nëntension

Përçueshmëria e siliciumit të pastër është shumë e vogël, pra mund të zmadhohet duke shtuar atomeve-primesa të ndonjë elementi tjetër. Përçueshmëria e këtillë quhet përçueshmëria me primesë. Varësisht prej llojit dhe valencës së elementit kimik që shfrytëzohet si doping (shtesë), gjysmëpërçuesët mund të jenë ***P-lloj*** (lloj pozitiv) ose ***N-lloj*** (lloj negativ).

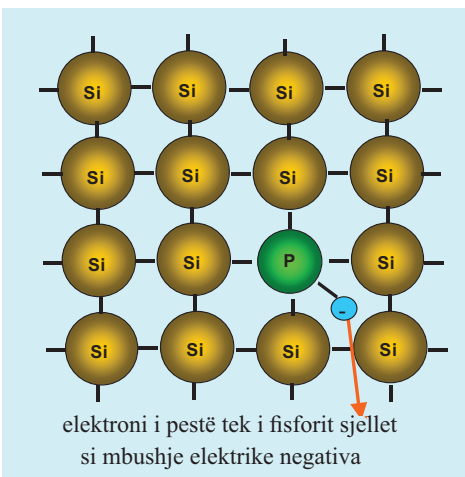


Fig. 4. Elektroni i lirë te N-lloj i siliciumit

N-lloj (lloj negativ) silicium fitohet gjatë dopingimit me atome me valencë më të lartë prej siliciumit sikurse, për shembull, fosfori pesëvalent (fig. 4).

Kështu gjatë formimit të kristalit prej siliciumi mund të ndodh në vend të një atomi të siliciumi të jetë zëvendësuar me atom të fosforit. Vendi i atillë lehtë mund të lirohet elektroni i prej valencs së pestë të fosforit. Kështu te gjysmëpërçuesi ekziston koncentrim të elektroneve të lirë se sa te lloj i vet, prandaj quhet edhe negativ (*N*)-lloj i gjysmëpërçuesit.

P-lloj (lloj pozitiv) siliciumi fitohet gjatë dopingut me atome me valencë më të ulët (për shembull, trevalent).

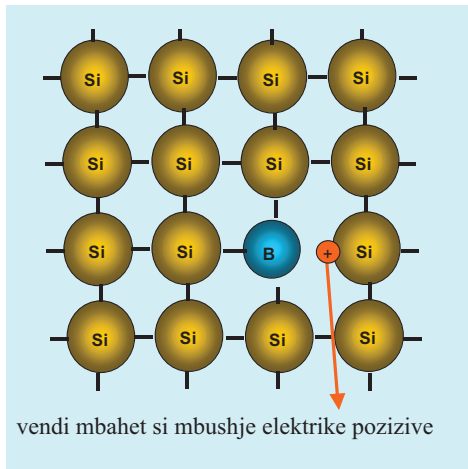


Fig. 5. Zgavër te *P*-lloj i siliciumit

Kështu gjatë formimit të kristalit prej siliciumit mund të ndodh një vend prej siliciumi të merret me jon trevalent (fig. 5). Në atë vend ekziston një elektron prej atomi fqinjë të siliciumit që nuk ka marrë „dorë“ nga fqiu pasi ai ka vetë 3 duar. Vendi i këtillë është se si mbushja pozitive që ka tendencë të robëron elektron. Gjysmëpërçuesët e këtillë kanë më shumë zgavra se sa lloj i vet, pranadajquhet P-lloj gjysmëpërçues.

Dopingu i siliciumit të pastër, që të fitohen *P* dhe *N* silicium, arrihet në shumë mënyra të ndryshme. Për disa qëllime ajo bëhet qysh dri sa siliciumi është shkrirë, pra atëherë shtohet substanca për doping. Kur do të nguroset siliciumi, atëherë atomet e dopingut inkorporohen te grila dhe bëjnë *P* ose *N* lloj të siliciumit.

Mënyrë tjetër shumë e shpeshtë të inkorporimit të dopingut te substanca themelore (siliciumi) është më së shumti i përfaqësuar në industrinë mikroelektronike me ndihmën e biombardimit të substancave themelore me atome të përshpejtuara prej dopingut. Kështu, nëse janë mjaft

të shpejta, doping-grimcat shpërthejnë nëpërmjet sipërfaqes hyjnë në brendësinë e materialit. Atje ato inkorporohen në të dhe krijojnë elektrone të lira të reja ose zgavra.

Vetitë themelore të gjysmëpërçuesëve

Përçueshmëria e metaleve bjen me rritjen e temperaturës. Te gjysmëpërçuesët është e kundërta, përçueshmëria e këtyre materialeve rritet me rritjen e temperaturës, dhe atë shumë shpejtë, se sa që ndryshimet te rezistencës ndodhin te metalet. Me rritjen e temperaturës përçueshmëria raste në mënyrë eksponenciale. Veti më të rëndësishme te gjysmëpërçuesët janë: 1) ato posedojnë koeficient negativ të temperaturës së rezistencës, d.m.th., me rritjen e temperaturës rritet edhe përçueshmëria e tyre; 2) përveç temperaturës, përçueshmëria e gjysmëpërçuesëve fuqishëm varet prej pastërtisë së tyre, prej pranisë së primesave te ato, prej intenzitetit të rrezatimit me rentgen, rrezatimi ultravioletë, ose dritë e dukshme, si edhe prej *forcës së fushës elektrike.*

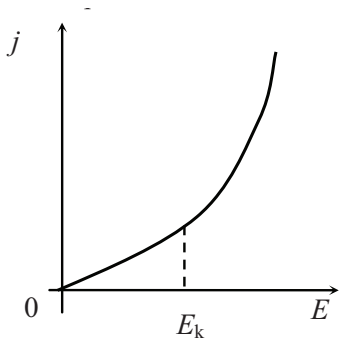


Fig. 6. Varësia e rrymës prej fushës elektrike

Për dallim prej metaleve, ku përçueshmëria nuk varet prej forcës të fushës elektrike, përçueshmëria e gjysmëpërçuesëve tregon varësi të dukshme prej forcës së fushës elektrike, veçanërisht nëse tejkalohet ndonjë vlerë kritike për fushën elektrike ($E > E_k$). Domethënë, në pajtim me ligjin e Omit për dendësinë e rrymës ($j=\sigma E$), ku j është dendësia e rrymës, σ është përçueshmëria specifikr, kurse E forca e fushës elektrike te gjysmëpërçuesët varësi e këtillë lineare ndërmjet dendësisë së rrymës dhe forcëssë fushës vlen vetëm deri te fusha që është më e vogël se vlera kritike E_k. Pastaj varësia tani më nuk është lineare, por rritet shpejtë e më shpejtë. (shihe fig. 6). Përçueshmëria specifike nuk është konstante por rritet me fushën.

Kjo varësi varet për shumë gjysmëpërçues të pastër, për të cilët $E_k \cong 10^6$ V/m. Te gjysmëpërçuesët të llojit p dhe $n$kjo shmangëje prej rritjes lineare të përçueshmërisë ndosh gjatë fushave më të ulëta prej rendit të madhësisë 10^4deri 10^5 V/m.

Ngjashëm, i madh është ndryshimi te përçuesmëria varësisht prej pastërtisë së gjysmëpërçuesit, për shembull, gjatë ndryshimit të koncentrimit të primesës së indiumit për vetëm 10^{-6} %,te grilla kristalore të germaniumit përçueshmëria specifike zmadhohet 10^6 herë.

Gjysmëpërçuesët zbatohen në elektronikë dhe mikroelektronikë (instrumente elektronike me dimenzione mikrometrike) për bërjen e diodave, tranzistorë, çipa etj. Në fig. 7 është dhënë e ashtuquajtura vafla (disk rrethor i hollë i prerë) prej siliciumit të pastër që më tutje shfrytëzohet për të bërë çipa për telefonat mobil, kompjuter, MP3 plerë etj.

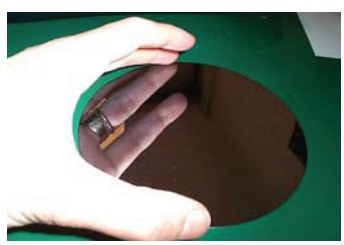


Fig. 7 Gjysmëpërçues prej siliciumi. Prej tij bëhen çipa për kompjuter.

Pyete dhe detyra

1. Cilët materiale i quajmë gjysmëpërçues?
2. Sqaroni zbatimin e përçueshmërisë.
3. Shikoni tabelën periodike dhe gjeni grupin e katërtë. Loconi gjysmëpërçuesit e elementeve katër valent Si dhe Ge. Shihni grupet majtas dhe djathtas (III dhe V) dhe vëreni me cilat elemente mund të dopingohen elementet e grupit të katërtë që të fitohen lloje P dhe N të gjysmëpërçuesëve.

5.12. INSTRUMENTET GJYSMËPËRÇUES

Dioda gjysmëpërçuese (*PN*-konakt)

Vet emri tregon se ajo përbëhet prej kontaktit ndërmjet llojit *P*, dhe tjetrit lloj *N*. Gjatë vendosjes së kontaktit ndërmjet *P* gjysmëpërçues (që është sikur të ketë tepricë të mbushjeve tëlira pozitive) dhe *N*-gjysmëpërçuesi (që është sikur të ketë tepricë të elektroneve), vjen deri te lëvizja në vend të kontaktit, një pjesë e zgavrave prej *P*-gjysmëpërçuesit do të lëvizatjeku ka më pak, d.m.th., te pjesa N dhe anasjeltas, elektrone prej pjesës N do ta kalojnë kufirin dhe do të vendosen te pjesa P. Në këtë mënyrë kufiri ndërmjet *P* dhe *N* do të krijoj shtresë që është varfëruar me bartës (elektrone dhe zgavra). Prandaj, dhe përçueshmëria e tij do të zvogëlohet, prandaj quhet shtresë barierash. Nëse kontakti *PN* kyçet në tension të përhershëm (fig. 1a), ashtu që pjesa *P* do të jetë potenciali negativ kurse pjesa *N* e potencialit pozitiv, elektronet prej burimit nuk do të mund të kalojnë nëpër shtresën e barierës, pasi do të dëbohen prej elektroneve në të cilët do të hasen te bariera. Në këtërast nëpët kontaktin *PN* nuk do të mund të rrjedh rrymë, pra ndiçuesja S nuk do të ndriçon.

Nëse tani e kyçim *P* për (+) potenciali kurse *N* për (-), atëherë elektronet prej burimit do të vijnë te pjesa *N* dhe do t'i neutralizojnë zgavrat e shtresës kufitare (fig. 1(b)).Njëkohësisht, elektronet e shtresëskufitare prej pjesës *P* do të ikin nga polariteti pozitiv prej burimit, pra bariera do të jetë edhemë e hollë dhe më e dobët. Atëherë rryma do të mund të rrjedh nëpër kufirin *PN*, pra ndriçuesja S do të ndriçoj. Dioda shfrytëzohet gjithashtu edhe si diodë vakumi, për drejtimin e tensionit alternativ. Kahja e depërtueshmërisë të diodës është shënuar te shigjeta e simbolit të saj (fig. 1c), kurse jo e depërtueshmërisë është ana e anasjellë e vijës vertikale.

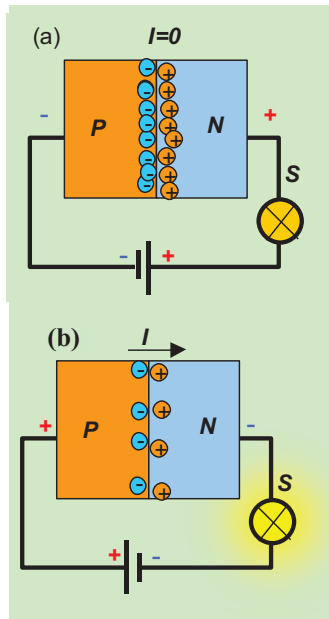


Fig. 1. PN-dioda në kahen e lëshueshme dhe të palëshueshme

Fig. 1c. Shenja për diodën në elektronikë

Karakteristika volt-amper e kontaktit *PN* është jolineare (dallohet prej vijës së drejtë). Për tensionet negative (fig. 2) rryma është krejtësisht e vogël, ndërsa, për tensionet pozitive ajo fiton vlera shumë të mëdhaja të cilat rriten me tensionin.

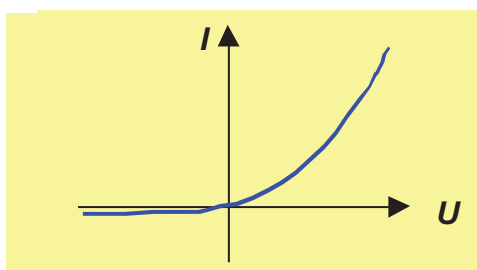


Fig. 2. Jolineare karakteristika IV e diodës gjysmëpërçuese.

LED-dioda

LED (LED=light Emmission Diode)-dioda përbëhet, gjithashtu, prej kontaktit P-N. Disa dioda mund të emitojnë dritë, kurse të tjerat, ta detektojnë, pra quhen fo-

todioda. Punon në principin e lirimit (emetimit) të dritës gjatë kthimit të elektroneve të shqetësuara në gjendje normale. LED diodat ndriçojnë gjatë tensionit të caktuar të kyçjes. Janë të kuqe, të gjelbra dhe të kaltra. LED diodat përdoren si ndriçuese indikatorë teshumë instrumente elektronike. Janë si drita të vogla të gjelbra dhe të kuqe që shërbejnë si indikator në punën e kompjuterit, tastaturës, televizorit, sistemit muzikor etj. Janë te dispjejët me dimenzione të mëdhajaa (reklamat ndriçuese)etj.

Celulat solare

Fig. 3. Qeliat solare

PN-kontakti shfrytëzohet për bërjen e ***qelive fotovtaike*** (fig. 3) të cilat e shndërrojnë energjinë diellore në energji elektrike. Përveç kësaj, prej **PN**-kontaktit janë bërë edhe senzor të ndryshëm të cilët janë të ndijshëm në ndryshimin e ndriçimit, detektorët infra të kuqe për të shikuar natën, detektor për rrezatim radioaktiv dhe shumë të tjera.

Tranzistor bipolar (PNP ose NPN)

Kërcimi më i madh në shkencë dhe njerëzimi ka arritur me zbulimin e tranzistorëve nga ana e Bretenit, Bardinit dhe Shokli në vitin 1949. Me zbulimin ka qenë e mundësuar zëvëndësimi i shpejt

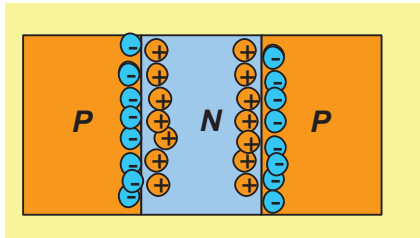


Fig. 4. *PNP* tranzistor

i kabestëve, jo ekonomik llambave elektronike të thyeshme meinstrumenete gjysmëpërçueseminiature. Prej atëherë, pra deri më sot, janë krijuar të gjitha teknikat elektronike pasuri që çdo ditë na i lehtësojnë jetën, najapin mundësi për komunikime të shpejta (lidhje telefonike dhe satelitore), të pranishëm deri te informatat (kompjuterë dhe internet) dhe shumë punë tjera.

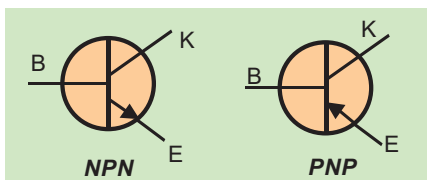


Fig. 5. Shënimi për tranzistorë në elektronikë

Tranzistori bipolar përbëhet prej tre shtresave (baza-B, emiter-E dhe kolektor-K) (fig. 4), d.m.th., prej shtresave gjysmëpërçuese lloji të cilave në mënyrë alternative ndryshon. Prandaj, ekzistojnë dy varianta *PNP* dhe *NPN* tranzistorë. Shenjat skematike të tranzistorëve janë dhënë te fig. 5. Rëndësia e tranzistorëve qëndron në atë që ai është element përforcues. Nëse sillet rrymë pak e ndryshueshme te qarku hyrës i tranzistorit (fig. 6), ai në dalje do të paraqitet si rrymë e përforcuare shumëfishtë që ndryshonnë mënyrë të njëjtë si kurse ndryshon tensioni te qarku hyrës.

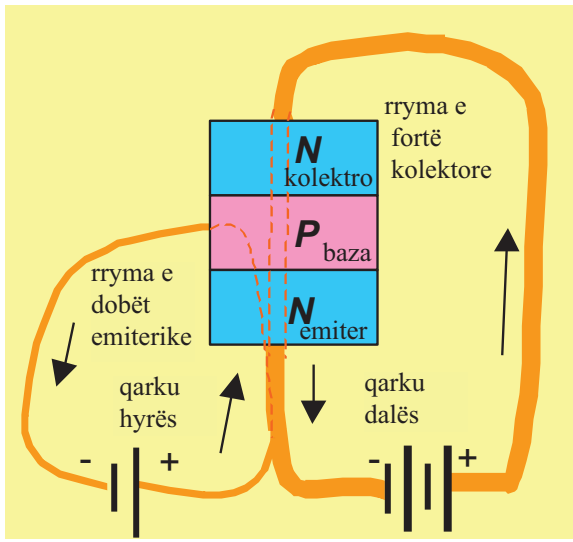


Fig. 6. Tranzistori si përforcues

Tranzistori përdoret në përforcimin edhe shumë instrumente tjera elek, te radiopranuesët, televizorët etj.

MOSFET-tranzistorë

Menjëherë ta deshifrojmë shkurtesën. Ajo është lidhje ndërmjet metalit, (M), oksid (O) dhe gjysmëpërçuesit (S), tranzistor me efekt të fushës (Fet). Përbëhet prej llojit P siliciumit te i cili janë vendosur tre shtresa të gjysmëpërçuesit, sikurse te fig. 7 (*NPN*). Te mosfet ekzistojnë tre elektroda: sors ose burim (S), në rastine njërës shtresë *N*; drejn ose uhor (*D*), kurse ajo është shtresa tjetër *N* dhe gejt ose dera e ndarë prej gjysmëpërçuesit *P* me shresë izolatori (e hijezuar me ngjyrë të bardhë) Nëse te dera (që paraqet elektrodë metali (*G*) sjellet tension pozitiv V_g, atëherë shtresa *P* në afërsi të izolatorit do të krijon sasi të elektricitetit negativ nënveprimin e influencës. Në këtë mënyrë te shtresa e izolatorit krijohet fusha elektrike (prej atje edhe prej emrit fushë=field tranzistor) që udhëhiqet prej jasht me tensionin V_g. Me tension mjaft të madh pozitiv V_g (fushë mjaft e fortë) mud të ndodh elektronet e indukuara t'i tejkalojnë zgavrat prej shtresës *P*. Në këtë mënyrë një shtresë e hollë në afërsi të izolatorit (mbi vijën e verdh të ndërprerë), lloji *P* i gjysmëpërçuesit do të kalon në *N*, pra kështu do të formohet një kanal i hollë i përçuesit (mbi vijën e ndërprerë) dhe rryma do të mund të rrjedh. Nëse tensioni i derës (*G*) është negative, atëherë depërtueshmëria e kontakteve *PN* bëhet më e vogël (kanali i hollë mbi vijën e verdh të ndërprerë tretet, pra rrymë nuk do të rrjedh. Në këtë mënyrë dera (*G*) prej mosfetit e ka tënjëjtin rol udhëheqës mbi rrymën sikurse grila te trioda. Në mënyrë të ngjashme sikursete trioda ndodh përforcimi te mosfeti.

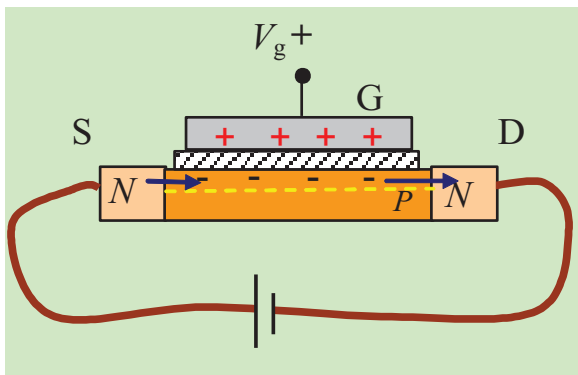


Fig. 7. Prerje e një MOSFET tranzistor

Mosfeti është shfrytëzuar te teknika digjitale. Kështu, kur ai lëshon rrymë (dera e hapur) është përkufizuar numri 1, por kur nuk lëshon (dera e mbyllur) është përkufizuar numri 0 prej algjebrës binare. Me ndihmën e algjebrës binare prej numrave 0 dhe 1 mund të shkruhen të gjithënumtast natyror, të gjitha fjalët (tekst digjital), të gjitha zërat (audio digjital-CD), të gjitha fotografitë të pa lëvizëshme dhe lëvizëse Filme në DVD).

Qarqet integrale (çipe)

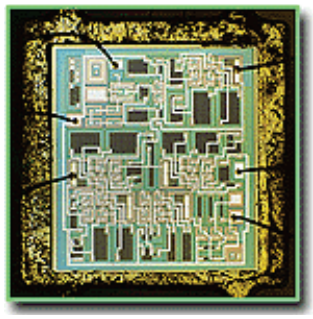


Fig. 8. Mikroprocesor

Përveç rolit të tranzistorit si përforcues dhe ndërprerës MOSFET gjatë kushteve të caktuara mund të „shndërron“ në rezistor të thjesht të omit që mund të udhëheq me tensionin e gejtit. Këtë e bën në mënyrë shumë të qëlluar për përdorim në teknikën e integruar, ku të gjitha komponentat mund të realizohen vetëm në një pllakë monolite prej gjysmëpërçuesit. Kështu, me ndihmën e teknikës së integruar, tranzistorët janë zvogëluar deri në dimenzione mikroskopike. Vitet e fundit në një centimetër katror prej siliciumit monokrist vendosen edhe më shumë se 1 milion tranzistorë mosfet. Çioet janë janë te mikroprocesori i kompjuterit, te memorja e gjallë (RAM), te memorja e kompjuterit (EPROM) dhe në shumë çelësa tjerë.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si funksionon dioda gjysmëpërçuese?
2. Sqaroni se si tranzistori ta përforcon rrymën?
3. Numëroni instrumentet ku mund të shfrytëzohen instrumentet gjysmëpërçuese.

4.Konstruksioni i drejtuesëve gjysmëpërçues

Për konstruksionin e një drejtusi gjysmëpërçues janë të nevojshme: doidë gjysmëpërçuese, një kondenzator elektrolit (rreth 10 μF), një rezistor dhe tela përçues. Që të mund të regohet veprimi drejtues, të nevojshme janë një transformator prej 6V dhe një osciloskop. Ndryshimet e rrymës alternative shihen te skema e parë 9(a). Skajet e rezistorit lidhen për osciloskopit. Që të fitoni rrymë njëanshme e drejtuar, është e nevojshme vetëm një diodë gjysmëpërçuese. Atëherë tensioni i drejtuar, i shikuar te osciloskopi, do të shihet si te figura 9(b). Që të ëmbëlzohen ndryshimet e rrymës, është i nevojshëm edhe një kondenzator në rol të filterit (fig. 9(c)), që do të mbushet gjatë kohës të gjysmëperiodës te e cila dioda është depërtueshme dhe do të zbrazet kur ajo është e padepërtueshme, pra gjithë kohën nëpër rezistorin do të rrjedh rrymë.

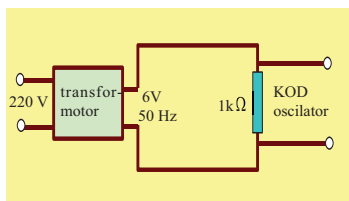
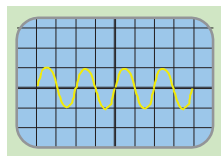


Fig. 9(a) Rryma alternative që duhet të drejtohet



Tensioni jo i drejtuar

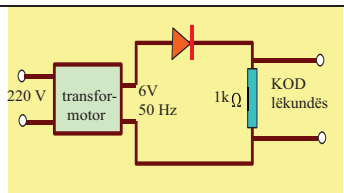
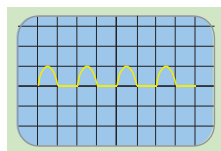


Fig. (b) Drejtues me një diodë



Tensioni drejtues i njëanshëm

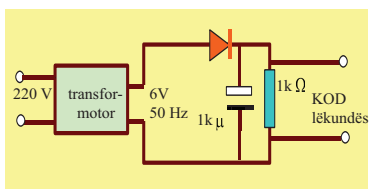
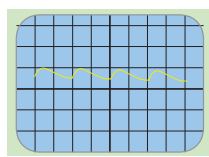


Fig. 9 (c) Drejtues dhe filter me diodë dhe kondenzator



Tensioni i njëanshëm drejtues dhe filter („i hekurosur“)

5.13. POTENCIALI BIOELEKTRIK

Potenciali bioelektrik është rezultat prej koncentrimeve të ndryshme të joneve pozitive dhe negative, nga të dy anëte membranës së qelizës.

Më saktë, lëngu nga brendësia e qelizës (lëngu intercelular-citoplazma) si edhe ajo jashtë prej saj (lëngu ekstracelulare) paraqet tretje elektrolite që përmban jone pozitive dhe negative. Në rastin e përgjithshëm, pa ndikimin e e jashtëm të fushës elektrike, drejtpërdrejt nga ana e brendshme e membranës së qelizës grumbullohet tepricë e joneve negative, kurse jonet pozitive grumbullohen te ana e jashtëme e membranës. Në këtë mënyrë,në afërsi të membranës, vjen deri te formimi i shtresës së dyfishtë elektrik (fig. 1).

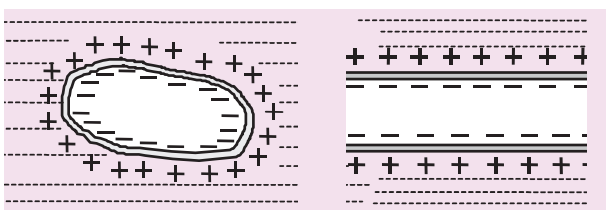


Fig. 9

Sipas vetive të veta elektrike qeliza dhe rrethina e saj mund të tregohen si kondenzator. Citoplazma dhe lëngu e rrethon, që kanë përçueshmëri të madhe, janë dy elektrodat, kurse membrana e qelizës me përçueshmërinë e saj të vogël e ka rolin e dielektrikut që i sheh elektrodat.

Potencialet bioelektrike, përveç te membrana e qelizës, ekzistojnë edhe ndërmjet indit, qmeve muskulore dhe nervore, nëvende të ndryshme të një organi të njëjtë kur ai është në gjendje të ndryshme fiziologjike etj. Potencialet e këtilla bioelektrike ekzistojnë edhe te bimët.

Potencioalet bioelektrike te qeliza pa ngacmim, përkatësisht pa u ekspozuar në ngacmim, aq më pak osemë shumë të pandryshueshme dhe quhen ***potencialet bioelektrike të qetësimit***.

Nëse në çfarëdo mënyre vjen deri te ngacmimi i qelizës, ndryshon depërtueshmëria e membranës, kurse me të shkaktohet edhe ndryshim përkatës i koncentrimit të joneve, potenciali fiton edhe madhësi dhe ngacmim tjetër. Ato ndryshime quhen *bioptenciali i ngacmimit* ose ***potenciali bioelektrik aksionar***.

Potencialet bioelektrike në bazë mund të jenë të krijuar prej difuzionit të joneve nëpër membranën e qelizës që është rezultat i ekzistimit të *gradientit të koncentrimit* nga të dy anët e membranës (transporti pasiv dhe difuzioni i lehtësuar); *transporti aktiv* i joneve të cilët, gjithashtu, krijon gjendje jo barapeshe të joneve nga të dy anët e membranës; transporti që është rezultat prej *gradientit të fushës elektrike* të membranës etj.

Pasi membrana është krejtësisht e hollë ($d=9\cdot 10^{-9}$ m), fakti se ekziston ndryshim potencial prej afërsisht 9 mV, tregon se forca e fushës elektrike E te membrana është shumë e madhe:

$$E=\frac{\Delta\varphi}{d}=\frac{0{,}070\ \text{V}}{9{,}0\cdot 10^{-9}\,\text{m}}=7{,}8\cdot 10^{6}\ \text{V/m}\ .$$

Potenciali i Neristit

Te sistemi i „qeliza e gjallë-rrethina“ gjithmonë ekziston ndonjë ndryshim potencial. Kur qelizat nuk janë të ekspozuara në ngacmim, te lëngu i qelizës mbahet koncentrimi i madh i jonevetë kaliumit, por të ulëttë joneve të natriumit, ndërsa jashta te qeliza dhe anasjelltas.

Përveç joneve te Na^+, K^+ dhe Cl^-, te lëngu brenda dhe jashta qelizës ka sasi të mëdhaja dhe jone të mëdhaja negative (fosfate, karbonate dhe shumë jone organike). Dimenzionet e këtyre joneve janë shumë të mëdhaja se poret nëpër të cilave mund të difundojnë jonet më të vogla. Prandaj lirisht mund të ignorohet efekti prej difuzionit e joneve negative të mëdhaja. Te tabela 1 janë treguar jonet më të rëndësishme te brendësia e qelizës C_i (lëngu intercelular) C_e.

JON	Koncentrimi i joneve C_i (mol/l)	Koncentrimi i joneve C_e (mol/l)	C_i/C_e	Potnciali i Nerestit
Na^+	14	142	0,0986	+61 mV
K^+	140	4	35,0	-94 mV
Cl^-	8	124	0,072	-72 mV

Te sistemi „qeliza e gjallë-rrethina“ gjihmonë ekziston ndonjë ndryshim potencial Δφ. Nëse ndërmjet tretjeve elektrolite gjendet membrana, selektive e depërtueshme vetëm për një lloj të joneve, gjatë shtypjes konstante dhe temperaturë për jonet njëvalente, vlen ***barazimi i Nertnostit***:

$$\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_e = \frac{RT}{F}\ln\frac{c_i}{c_e}, \qquad (1)$$

ku c_e-koncentrimi ijoneve (të cilat mund të kalojnë nëpër membranën) nga ana e jashtëme e membranës, c_i nga ana e brendshme,R=8,3148 $Jmol^{-1}K^{-1}$-*konstanta univerzale e gazit*), F=96485,34 $C\,mol^{-1}$-konstanta eFaradevit, kurse T- temperatura absolute.

Barazimi (1) jep mundësi t caktohet ndryshimi potencial gjatë koncentrimeve të ndryshme të joneve themelore të cilat e shkaktojnë atë ndryshim potencial.

Nëse te barazimi (1) zëvendësohen vlerat përkatëse për konstantet R dhe F, me temperaturë T=310 K, për ndryshimin potencial të membranës që mund të mbahet barapesha e koncentrimeve c_i dhe c_e, fitohet barazimi:

$$\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_e = -61\,\log\frac{c_i}{c_e}\ , \qquad (2)$$

ku Δφ shprehet në mV. Ky barazim shfrytëzohet për jonet pozitive; për jonet negative sipas tëdhënave në tabelën 1 të caktohet potenciali Nernstonit që i përgjijet këtyre joneve.

$$\Delta\varphi(K^+) = -61\log\frac{c_i}{c_e} = -61\log\frac{140}{4} = -61\,\log 30$$

$$\Delta\varphi(K^+) = -94\,\mathrm{mV}$$

Kur është kur potenciali i qetësimit në mënyrë të veçant do të krijon vetëm prej joneve K^+. Megjithatë ky potencial te qeliza nuk mjaft negative që të mban gjendejn e baraspeshër. Domethënë, jonet e K^+ për shkak të ekzistimit të gradientit të koncentrimit, difundojnë nga jashtë.

Për shkak të gradientit të koncentrimit të joneve të Na^+, këto jone difundojnë brenda. Si rezultat i kësaj te membraba e qelizës krijohet potencial me polaritet të anasjelltë. Kur membrana do të ishte e depërtueshme vetëm për natriumin, kurse jo e depërtueshme për të gjitha jonet tjera. Potenciali i Nerinstonit sipas barazimit (1) do të jetë +61 mV.

Megjithatë, është e domosdoshme të parashtrohet edhe pyetja: si është interaksioni prej këtyre potencialeve dhe sa është potenciali sumar? Përgjigjen e kësaj pyetje e jep barazimi i Goldman-Hodgin-Katzova që, në realitet, është barazimi i Nerstonit e përgjithësuar (kërkoni literaturë që të mësoni më shumë).

Në rastin kur procesi i shkëmbimit të materieve do të realizohet vetëm me difuzion (të ashtuquajtur transport pasiv), *ai do të rrjedh deri sa koncentrimi i joneve* (në këtë rast Na^+, K^+ dhe Cl^-) të *cilat mund të kalojnë nëpër membranën nuk barazohet*.

Në natyrë kjonuk ndodh, d.m.th., ndërmjet qelizës së gjallë dhe rrethinës së saj për jonet e përmendura mbahet gradienti konstant i koncentrimit. Kjo do të thotë mekanizëm i veçantë (kjo është ***transporti aktiv***) që mundëson transport të Na^+ joneve prej qelizës te mjedisi i jashtëm dhe të joneve K^+ prej mjedisit të jashtëm te qeliza.

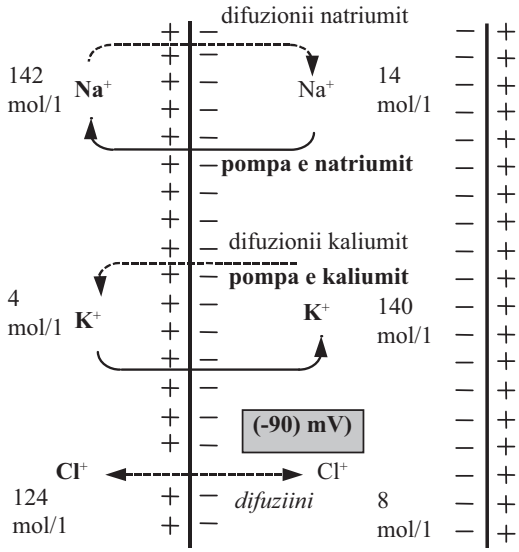


Fig. 2. Paraqitja skematike e difuzionit të disa joneve më të rëndësishme nëpër membranën e qelizës.

Transporti aktiv realizohet me elektrogenet pompa e ***natrium-kalciumit***.

Pasi transporti aktiv realizohet përballë gradientit të koncentrimit, është e qartë se ai realizohet me shpenzimin e energjis. Kjo energji fitohet prej proceseve metabolike të cilat realizohen te qeliza.

Nëse në cilëndo mënyrë vjen deri te ngacmimi i qelizës, atëheë shkaktohet edhe ndryshimpërkatës i koncentrimit të joneve te pjesa e shqetësuar prej anës së brendshme dhe të jashtëma të membranës, potenciali fiton vlera tjera dhe quhet *potenciali aktiv bioelektrik*.

Signalet nervore barten me ndihmën e potencialit aktiv. Vendi i ngacmimit prej pjesës së jashtëme të membranës së qelizës bëhet elektronegative. Rishpërdarja e joneve ka karakter kohor, kurse për mbarimin e procesit të ngacmimit, përsëri vendoset potenciali i qetësimit të membranës.

Dometnën, potenciali aktiv fillonme ndryshimin e potencialit negativ në qetësim (*depolarizimi*) dhe mbaron përsëri me kthimin e potencialit negativ prej anës së brendshme të membranës (*repolarizimi)*.

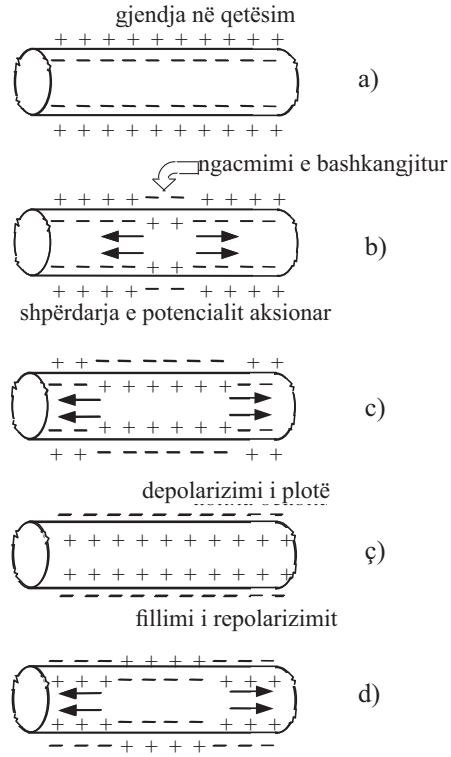


Fig. 3. *Potenciali aksional*

Te fig. 3 është paraqitur fije në pesë stadiume të ndryshme, kur është ngacmuarnjëpjesë e membranës, gjatë depolarizimitdhe repolarizimit. Potenciali i gjeneruar në një pkë prej membranës së indukuar te pjesët fqinje prej membranës dhe zgjerohet në të dy kahet nëpër gjithë gjatësinë e fijes (fig. 3.b dhe 3. c).

Pyetje dhe detyra

1. Si mund të paraqitet qeliza sipas vetive të saja elektrike?

2. Sipas të dhënave në tabelën 1 caktoni potencialin e Nernstonit për jonet e natriumit.

$$\Delta\varphi(N^+) = -61\log\frac{14}{142} = -61\log 0{,}0986$$

$$\Delta\varphi(N^+) = -61\cdot(-1{,}006) = +61\,\text{mV}$$

3. Potenciali në qetësim paraqitni nëpërmjet skemës elekrtike të membranës së qelizës.

5.14. POTENCIALI BIOELEKTRI I ZEMRËS, TRURIT DHE MUSKULAVE

Gjatë çdo lëvizje të muskulave në organizëm e inicuar është aktivitet elektrik në formë të kalimit të joneve nëpër membranën e qelizës. Në mjekësi në veçanti janë të rëndësishme impulset elektrike tëlidhura me punën e zemrës dhe aktivitetit të trurit. Këto impulse lëngjet e trupit i dërgojnë derite sipërfaqeja e trupit kunë vende të caktuara të trupit manifestohen si ndryshime të potencialit bioelektrik.

Për regjistrimin e potencualit bioelektrik, të cilat janë të rendit të madh të milivoltave (gjatë aktivitetit të trurit dhemikrovolteve), shfrytëzohen instrumente të veçanta të clat kanë mundësi për përforcimin e potencialeve bioelektrike dhe paraqitja e tyregrafike dhe vizuele.

Potenciali bioelektrik izemrës.Mësuam se si rezultat i koncentrimit të ndryshëm të joneve pozitive dhe negative nga të dy anët e membranës së qelizës krijohet shtresë elektrike e dyfishtë. Drejtpërdrejt para koncentrimit të muskulit të zemrës te faqet e qelizave të saj krijohen ndryshime të cilat mundësojnë difuzion të joneve pozitive në brendësinë e qelizës dhe ajo bëhet pozitivisht elektrizuar në lidhje me atë të jashtmes. Ky *depolarizim* përhapet te gjithë qeliza. Valë e atillë e depolarizimit inicohet te nyja e sinus atriumit. *Kjo është pika elektronegative e zemrës*.Vala përhapet në gjithë muskulin. Pastaj, gjithë musuli i zemrës ngadal përsëri kthehet te gjendja e fillimit (do të bëhet pozitive). A është procesi i ***repolarizimit***. Domethënë, ritmika e koncentrimit të zemrës e shkaktuar prej përhapjes së biopotencialeve aksionale të fijeve të muskulave të zemrës.

Gjithë zemra depolarizohet sikurse të punohet për dy njësi funksionale të ndara. Njëri përbëhet prej dy atriumeve, kurse tjetra prej dy atriumeve. Ato në përgjithësi janë të lidhura me nyjen atriventrikulatore që e ngadalëson realizimin e impulseve prej para atriumeve. Kjo jep mjaftë kohë para atriumeve gjatë koncentrimeve ta zbrazin përmbajtjen e gjakut te atriumet para se të vjen deri te koncentrimi përsëri i tyre. Si përhapet potenciali aksional dhe si embulon gjithë zemrën mund të shihet prej fig. 1.

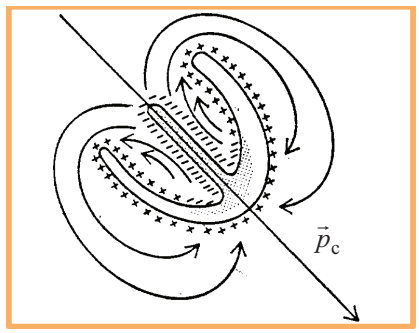


Fig. 1.

Potenciali i ndryshueshëm i zemrës është i lidhur me potencialin aksional. Po ashtu, rreth zemrës krijohet fushë elektrike e ndryshueshme. Kjo fushë elektrike e ndryshueshme përhapet në gjithë organizimin deri sa sipërfaqeja e trupit ku mundet edhe të regjistrohen (fig. 2).

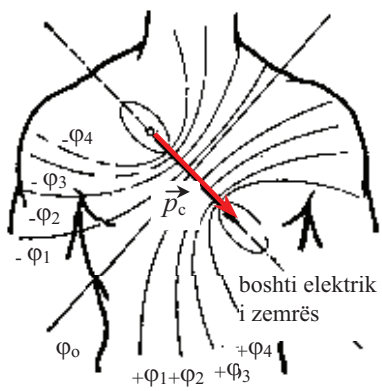


Fig. 2.

Nëse bëhenmatje për potencilain bioelektrik në pikat të ndryshme prej sipërfaqes së trupit të njeriut, pastaj pikat me të njëjtin potencial bioelektrik të lidhen, fitohen lakoret ekupotenciale të paraqitura në figurën 2.

Sipas teorisë së Ajntëhofenit muskuli i zemrës është si *vektor*, me moment dipo të ndryshueshëm periodik i cili në organizëm krijon fushë elektrike të ndryshueshme.

Vektori i momentit dipolen elektrik është $\vec{p}_c = Q\vec{l}$, ku l është gjatësia e dipolit, ka kahen e mbushjes $-Q$ nga mbushja $+Q$. Vektori i momementi të dipolit elektrik kalon nëpër drejtëzën e cila quhet *boshti elektrik i zemrës*.Ai te zemra e shëndosh puthitet me boshtin anatomik.

Vektori i momentit të dipolit elektrik të zemrës gjendetnë qendrën e trekëndsëshit barabrinjës (trekëndëshi i Ajntëhofenit fig. 3). Kur dipoli, që e shkakton fushën elektrike, gjendet në qendrën e trekëndëshit barabrinjës, ndryshimet e potencialit U_I, U_{II}, U_{II} të cilët ekzistojnë te kulmet e trekëndëshit sillen si projeksionet përkatëse të $\vec{p}_c$ mbi brinjëte trekëndëshit, d.m.th.:

$$U_I : U_{II} : U_{III} = p_I : p_{II} : p_{III} \qquad (1)$$

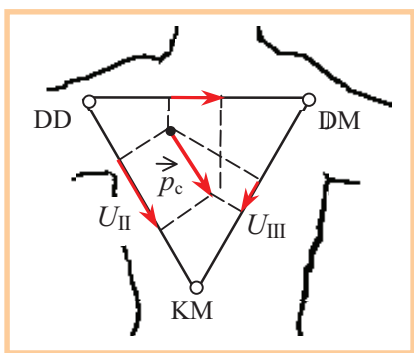


Fig. 3

Pasi momenti i dipolit elektrik të zemrës me kohën ndryshon, te daljet të vendosura në vend të caktuar fitohen ndryshime te potencialet të gjeneruara prej muskulit të zemrës gjatë fazave të ndryshme të punës së saj. Gjatë punës së zemrës vektori $\vec{p}_c$ ndryshon ashtu që, fillimii tij gjithmonë mban pozitë të njëjtë, kurse maja e tij merr pozita të ndryshme. Te fig. 1 është treguar vektori „rezultues“ $\vec{p}_c$ te zemra pjesërisht e depoluar.

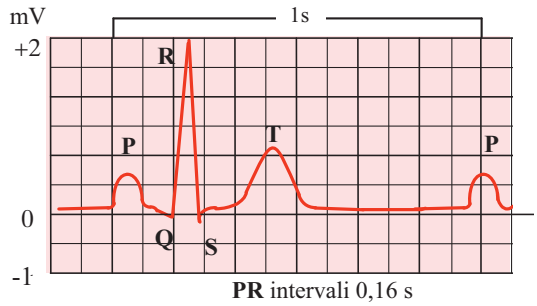


Fig. 4. Elektrodiagrai linear

Shënimi që e tregon ndryshimin e biopotencialeve të sipërfaqes së trupit, që janë rezultat prej valës së depolarizimit dhe repolarizimit, që udhëton prej paraatriumeve nga atriumet e zemrës, njihte si elektrodiagram (ECG). Për këtë qëllim në vende të caktuara prej sipërfaqes së lëkurës vëndohen elektroda të veçanta të lidhura me instrumente për përforcim dhe regjistrim.

Elektrodiagrami linear (fig. 4) paraqet lakore të ndryshueshme periodike që ka 5 maksimume karakteristike dhe minimume, të cilave u përgjigjen shënime përkatëse: P, Q, R, S dhe T.

Çdonjëri prej maksimumeve përgjigjet aktivitet në interval kohor të caktuar të pjesës së caktuar të zemrës gjatë kontraksionit dhe relaksimit të saj. Maksimumi i shënuar me P paraqitet drejtpërdrejt para kontraksionit të paratriumeve, grupi QRS paraprin kontraksionit të atriumeve dhe ajo katre faza kryesore pasi depolarizimi është vijuar me rrugë të ndërlikuar nëpër atriumet e zemrës. Te elektrokardiogrami normal T maksimumi i përgjigjet repolarizimit të atriumeve dhe fillim për ciklin e ardhshëm. Pjesa PT që i përgjigjet kontraksionit të muskulit të zemrës zakonisht është 0,3 s.

Për regjistrimin e biopotencialit të zemrës Ajntëhofeni propozon të shfrytëzohen pikat standarde gjatë vendosjes së elektrodave. Ato janë pika ku ekziston ndryshimi potencial më i madh gjatë punës së zemrës. Ato pika përafërsisht gjenden te kulmet e trekëndëshit barabrinjës të formuar prej:

I dalje-dora e djathtë dhe dora e majtë,
II dalje-dora e djathtë dhe këmba e majtë,
III dalje-dora e majtë dhe këmba e majtë,

Sipas ligjit të Ajntëhofenit në cilindo moment, nse dihen biopotencialet në cilët do dy dalje, mund të caktohet potenciali te dalja e tretë (shih. fig.).

Fig. 5. Elektrokardioagrafi digjital bashkë me elektrodat

Biopotencialet e syrit shfrytëzohen në elektronisgmogradi (ENG), elektrookulografi (EOG) dhe elektretinografi (ERG). Te syri matet potenciali i dipolit tësyrit, që ka koncentrimin e mbushjeve pozitive në afërsi të kornes,kurse negative në afërsi të rrjetës. Me lëvizjen e syrit ky dipol zhvendoset.

Biopotenciali bioelektirk i trurit. Të shënuarit r biopotencialeve aksionale te truri njihet me emrin *elektroencefalografi* (EEG). Gjatë biopotencialeve aksionale, të krijuara te truri, fitohen lakore me frekuencë të ndryshme (0,05-100 Hz) dhe amplitudë (5 μV deri 1 mV). Këto potencial që janë rezultat nga aktiviteti i jetës te truri i njeriut të shëndosh, tregon periodicitet të rregullt me frekuenca prej afërsisht 10 Hz. Po ashtu, mund të vërehen katër forma të valëve karakteristike, që kanë shenjaë α, β, δ dhe θ. Vala α dhe β, është i pranishëmte çdo njeri i shëndosh, ndërsa δ dhe θ, kur janë të pranishme te njerëzit e rritur, kanë karakter patologjik. Ndërsa frekuenca e valës α është ndërmjet 8 dhe 13 Hz, θ–vala ka periodë prej 2-3 sekonda.

Për regjistrimin e këtyre potencialeve shfrytëzohen *encefelografi*. mendihmën e elektrodave të përshtatshme, më së shpeshti 20, të vendosura në kësul të vçantë dhe në vende saktë të caktuara të kokës matet aktiviteti i sinhronizuar i sistemit nervor.

Fig. 6. Elektroencefalografi te njeriu që ka sëmundje epileptike

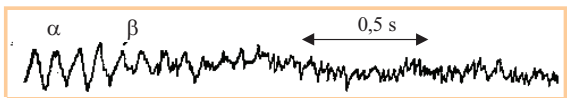


Fig. 7. Elektroencefalogrami te njeriu i shëndosh; vala α është para fillimit të zgjidhjes së detyrave dhe vala β gjatë ko hës së zgjidhjessë detyrave.

Deri te ndryshimet e encefalogrameve vjen gjatë aktiviteteve të veçanta të njeriut, sëmundje në tru ose sëmundje nervore dhe psiqike, prandaj sipas encefalogrameve të fituara mund të gjykohet për gjendenje e sistemit nervor. Te fig. 6 është paraqitur encefalogrami te njeriu që ka sëmundje epilepsike, kurse në fig. 7 te njeriu i shëndosh.

Elektromiografia (EMG) shfrytëzohet për hulumtimin e biopotencialeve gjatë kontraksionit vetë të kontrolluar, elektrostimulimi dhe aktivimi refleksive sistemit nervomuskulor. Madhësia e këtyre signaleve është prej 0,05 deri 2 mV. Frekuenca është ndërmjet 10 kHz dhe 20 kHz. Në EMG shfrytëzohet elektroda gjilpërore të cilat futen direkt te muskuli që hulumtohet. EMG-signalet nuk shfrytëzohen vetëm për qëllime diagnostike por edhe për udhëheqje mekanike të instrumenteve ndihmëse-proteza të cilat i zëvëndësojnë ekstremitetet e lënduara, si për shembull, dora artificiale ose këmba.

Potenciali bioelektrik te stomaku.Edhe stomaku jep rryma bioelektrike, sipas të cilave mund të gjykohet për vijimin e proceseve gjatë tëushqyerit. Eksperimentet me qentë te të cilët në mënyrë operative u futet një elektrodë te stomaku, kurse tjetra është në sipërfaqen e lëkurës (e pastruar prej qimeve), tregon

se edhestomaku është burim i biopotencialeve (gjatë sekrecionit afërsisht 40-50 mV).

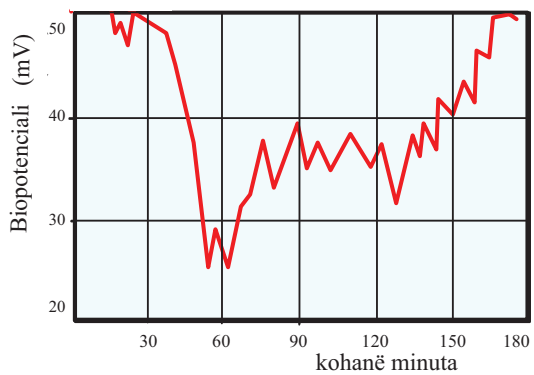


Fig. 8 Aktiviteti elektrik i stomakut te qeni. Gjatë kohës së të ushqyerit potenciali gradualisht zvogëlohet.

Grafiku i biopotencialeve të stomakut quhet *elektrogastrogram*.

Si rezultat prej thjeshtimit ritmik dhe relaksimit të muskulave të lëmuet te lukthi dhe sekrecioni i gjëndrave ndodhinndryshimetë biopotencialit prej rreth 2-5 mV. Kur gjëndrat e stomakut janë aktive vërehet ndryshimi ritmik dhe madhësia e potencialit zvogëlohet deri sa kryhet sekrecioni (fig. 8). Vijimi i ktyre biopotencialeve jep mundësi të përcillet si proces i sekrecionit, kështu edhe disa aktivitete të stomakut.

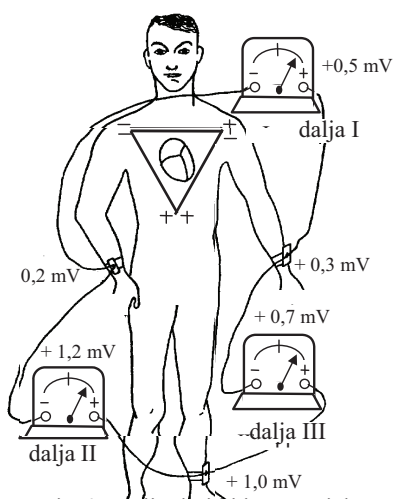


Fig. 9 Regjistrimi i biopotencialeve

PYETJE DHE DETYRA

1. Në momentin sikurse tregon fig.9, biopotenciali për dorën e djathtë, për shembull është - 0,2 mV, për të majtën +0,3 mV, kurse për këmbën e majtë +1 mV. A mund ta tregoni validitetin e ligjit të Ajntëhefenit?

(Përgjigje: Ndryshimi potencial te dalja I dhe III është e barabartë me ndryshimin potencial te dalja II. Kështu galvanometri te dalja II regjistron ndryshim ptencial prej 1,2 mV. Vlen edhe për çfarëdo dalje tjera) .

2. Merrni një RCG të vjetër dhe kontrolloni vlerën e ligjit të Ajntëhefenit.

3. Shihni mirë fotografinë (fig. 10) te e cila është paraqitur eksperimenti i B. Ajntëhefenit dhe përgjigjuni: Pse njëra këmbë dhe të dy dartë janë vendosur në tretje të elektrolitit (NaCl dhe ujë). Vëreni se enët janë të izoluara prej tokës. Pse?

4. Në internet kërkoni më detalisht se si punon galvanometri-kargiografi.

5. Më shumë informata për B. Ajntëhefenin kërkoni në: http://www.nobelprize.org

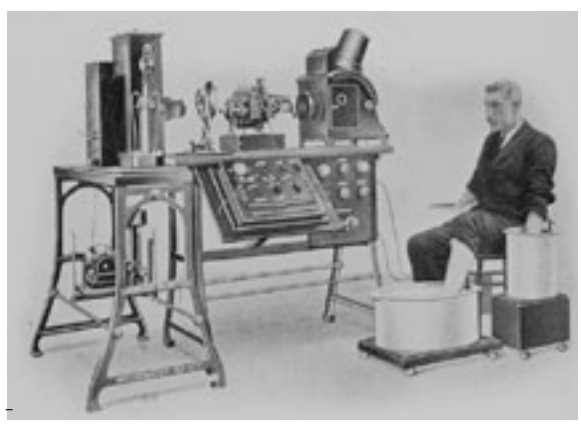


Fig.10. Eksperimenti i Ajntëhefeni

Viliam Ajntëhefeni (Willem Einthoven, 1860-1927) ka qenë profesor i fiziologjisë në Univerzitetin në Lajden. Për regjistrimin e biopotencialeve të zemrës në vitin 1924 e ka fituar çmimin Nobel për fiziologji dhe medicinë. Ai e ka konstruktuar i pari elektrokardiografin me të cilin biopotencialet e regjistruara prej galvanometrit special shënohen në letrën lëvizëse (fig. 10).

5.1.5. ELEKTRODAT PËR MATJEN E POTENCIALEVE BIOELEKTRIKE

Matjet e biopotencialet dhe biorrymat, si edhe depërtimin e rrymës elektrike nëpër organizëm gjatë elektrodiagnostikës dheelektroterapisë, realizohetme instrumente të cilat me sistemin biologjik janë lidhur npërmjet elektrodave. Elektrodat mundësojnë potenciali bioelektrik të shndërrohet në signal të rrymës ose të tensionit që mandej të përforcohet dhe të matet.

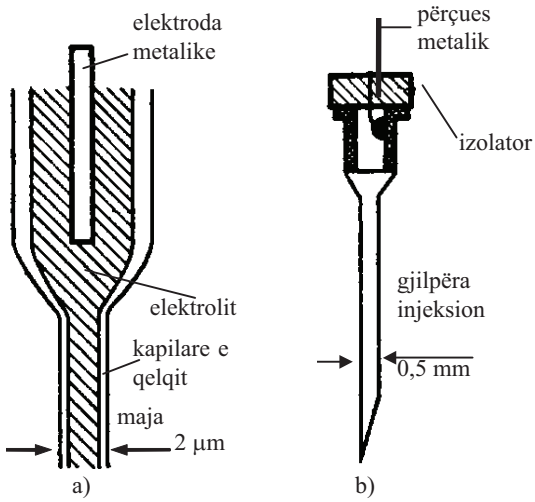


Fig. 1. a) Mikroelektroda, b) elektrodë gjilpëre

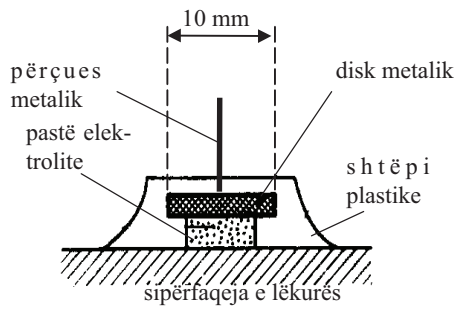


Fig. 2. Elektroda sipërfaqësore

Për matjen e potencialeve në nivel të indit shfrytëzohen mikroelektroda. Elektroda gjilpëre (nënlëkurore) shfrytëzohen për matjen në saktësi zonë e caktuar, dhe elektroda sipërfaqësore pr matjen e potencialeve nëpër sipërfaqe. Shembuj të elektrodave të atilla janë paraqitur në fig. 1 dhe 2. Nga ana tjetër elektrodat ndahen në kontakte, implatuara dhe intracelulare.

Elektrodat kontakte zakonisht janë prej metali dhe me indin kanë prekje sipërfaqësore të madhe. Në elektrokardiografi elektrodat kanë formën e diskut, me diametër përafërsisht 5 cm, janë bërë prej argjendi ose të lyera me argjend, ose prej çeliku të lyer me krom.

Në encefenolagrafishfrytëzohen elektroda me formë rrethore prej argjendi me hapje në mes. Nëpër hapjen vendoset elektrodë hekuri e cila ngjitet për skalpin të të sëmurit.

Gjatë elektromiografisë shfrytëzohen elektroda të cilat te muskuli vendosen me gjilpërë hidrodermale (e cila kur do të vëndohet elektroda nxirret).

Për shqyrtimin e aktivitetit elektrik të trurit shfrytëzohen të ashtuquajtura elektroda në thellësi. Këto elektroda në lidhje menënlëkurën shumë janë të thella (80-120 μm).

Matja e ndryshimit potencial që ekziston ndërmjet anës së brendshme dhe të jashtëme të indit, vështir realizohet. Ajo mnd të matetme milivoltmetër përkatës që është i lidhur me dy elektroda, që në mënyrë skematike është paraqitur në fig. 3.

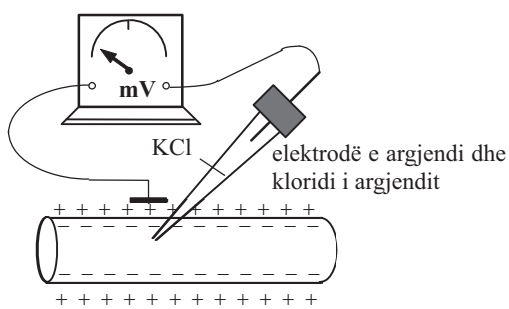


Fig. 3. Matja e biopotenciali i Nevronit

Për matjen e këtyre potencialeve shfrytëzohen mikroelektrodat, me ato depërtohet membrana e qelizës dhe hyhet në brendësi të qelizës. Një elektrodë

në realitet,, është e ngushtë kapilarja. Kapilara është e mbushur me tretje elektroliti (tretje e zakonshme izotonike të KCl). Elektroda tjetër referente, në formë të pllakës, është vendosur në lëng të hapësirës ndërmjet qelizës. Gjatë matjeve të intercelulare me qëllim që të mos dëmtohet qeliza, diametri i mikroelektrodave duhet të jetë tëpaktën dhjetë herë më e vogël se qeliza. Përçuesët elektrik të cilat shfrytëzohen zakonisht janë prej argjendi dhe klorid të argjendit.

Karakteristika e përgjithshme për çdo elektrodë dhe konstanta e sak kohore që duhet të jetë më e vogël se zgjatja e impulsit. Konstanta kohore e elektrodës është prodhim i rezistencës së Omit (R_e) dhe rezistencës të kapacitetit (C_e), d.m.t.h.:

$$\tau = R_e C_e .$$

Elektrodat (edhe kontakti i tyre me indin) do të duhej të jetë i atillë të mos krijon forcë plotësuese elektromotore (polarizuese ose kontaktive) as ndonjë rezistencë plotësues, njëkohësisht nuk guxon të ekzistojnë disa rregulla fizike dhe kimike të cilat kanë ndikim të dëmshëm te substanca e gjallë.

Nëse elektrodat e metalit janë vendosur drejtpërdrejtë në lëkurë gjatë sjelljes së rrymës te vendi prekës elektrodë-ind ndahen thartirat ose bazat që gjatë veprimit të gjatë mund të shkaktojnë koagulacion të indit ose plagët e sëmura. Nga këto shkaqe kontakti elektrodë-ind, nëpër të cilën kalon rryma me kohëzgjatje, bëhet ashtu që ndërmjet elektrodave dhe lëkurës vëndohet gazë hidrofile me tretje fiziologjike (tretje të NaCl). Po ashtu thartirat dhe bazat krijohen në sipërfaqen prekëse të gazës dhe elektrodës.

Që të eleminohet forca elektromotore plotësuese, shfrytëzohen elektroda speciale. Elektrodat të cilat shfrytëzohen për eleminimin e ndryshimit të potencialit kontaktues bëhen prej metalit të njëjtë. Der sa për eleminimin e efektit të polarizimit shfrytëzohen *elektrodat jo polarizuese*. Elektrodat jo polarizuese zakonisht bëhen prej metalit në tretje të ujit të ndonjë krype të atij metali.

Që të fitohet rezistencë sa më të vogël ndërmjet elektrodave dhe lëkurës, shfrytëzohet pastë zhelatine (elektrolit i cili e eleminon ndikimin e dëshëm prej thartirave dhe bazave të krijuara).

Gjatë matjes shfrytëzohen tretje të natrium kloridit me të cilin shkrihet gaza që lshtë zhytur rreth elektrodave. Elektroliti depërton te shtresa e jashtëme e lëkurës, rezistenca e të cilit është i madh, kurse me të e zvogëlon rezistencën e lëkurës. Megjitatë, prania e elektrolitit krijon polarizim, që nuk varet vetëm prej llojit të metalit, por edhe prej koncentracionit të elektrolitit. Me qëllim të zvogëlohet polarizimi, elektrodat e argjenditjanë mbështjellur meargjend klorid AgCl, që dobët tretet në ujë, kurse potenciali elektrokimik i krijuar është i parëndësishëm.

Eleminimi i ndikimit të ndryshimit potencial kontaktues

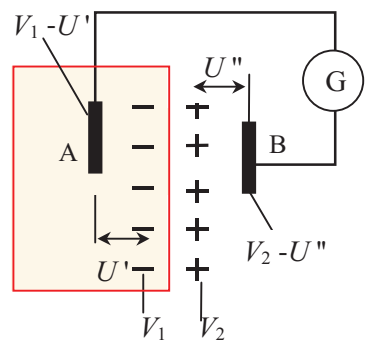


Fig. 4.

Nëse elektrodat e metalit A dhe B (fig. 4) janë vendosurnë afërsi të membranës së nevronit, elektroliti i të cilit është pozitiv, kurse ai që e rrethon eleketrodën negative (fig. 4) elektrodat nuk do të jenë te potencialet të atyre elektrolitëve (V_2 përkatësisht V_1), por të potencialeve të cilat janë më të ulëta prej tyre për vlerën e potencialit kontaktues (U‘ dhe U“). Po ashtu, elektroda e jashtëme është në potencal V2-U“, kurse e brendshmja në potencialin V_1-U‘. Ndryshimi potencial U_0 ndërmjet këtyre elektrodave, që e regjistronë voltetri, do të jetë:

$$U_o = (V_2 - U'') - (V_1 - U')$$

$$U_o = (V_2 - V_1) - (U'' - U') \qquad (1)$$

Pasi potencialet e kontaktit shpesh janë më të mëdhaja se vlerat e ndryshimit të potencialit U_0 që duhet të matet (për shembull,gjatë matjes sëpotencialit të membranës, që është i rendit dhe madhësi 0,1 V, potenciali i konaktit mund të jetë edhe 0,5 V), është e nevojshme këto burime ndryshimin potencial plotësues të eleminohen. Kjo më së shpeshti arrihet nëse të dy elektrodat e aplikuara bëhen prej materialit të njëjtë. Atëherë potencialet kontaktuese do të jenë të barabarta $U''=U'$, përkatësisht **U"-U'**=0, pra vlera U_0 që regjistrohet me voltmetër, prandaj (1), sillet në $U_0=V_2-V_1$, që duheshte të matet.

Elektroda Ag/AgCl ***jo polarizuese*** bëhet prej telit të argjendtit ose pllakë, kurse në sipërfaqen e saj është vënduar shtresë AgCl, që praktikisht është e pa tretur në ujë (fig. 5). Elektroda është zhytur në tretje të ujit prej kloridit të kaliumit (KCl).

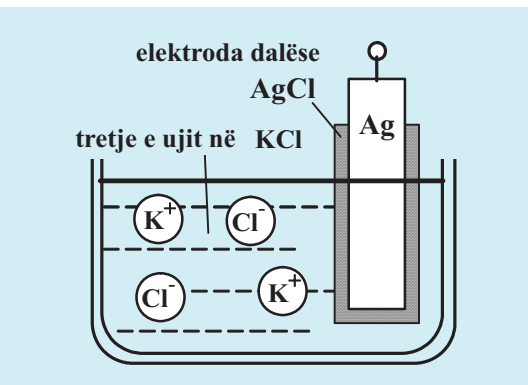


Fig. 5. Eletroda Ag/AgCl jo e polarizuar

Kur elektroda shfrytëzohet, jonet e kaliumit reagojnë me shtresën AgCl, dhe si rezultat i saj kthehet pjesërisht argjendi i metalit. Njëkohësisht me të rritet koncentrimii Cl^- në tretje. Kur, tani, elektroda shfrytëzohet si anodë, jonet e klorit bashkëveprojnë me elektrodën e argje dhe po ashtufitohetsasi e shtuar AgCl.

Prandaj, përbërja kualitative e elektrodës Ag/AgCl mbetet konstant pavarësisht prej polaritetit. Kjo sjell deri te potenciali i përhershëm të elektrodave, të cilat për tretje të ngopur të KCl gjatë 298 K është 0,222 V.

Stabiliteti i elektrodës Ag/AgCl jep mundësi për shfrytëzimin e saj në shumë fusha. Ajo shfrytëzohet te pH metrot si elektroda për krahasim. Elektrodat Ag/AgCl shfrytëzohet për matjen e potencialit të qelizës (fig. 3), pastaj edhe për matjen elektroforente, në fizioterapi etj.

Përveç elektrodave Ag/AgCl në elektrofiziologji shfrytëzohen elektrodat Hg_2Cl_2 të zhyturanë tretje prej KCl dhe Di Boa-Rajmandivi elektrodat jo të polarizuara.Të fundit janë bërë prej zinku (në formë të shkopinjëve) të zhytura në gypa prej qelqi të mbushura me tretje të ngopur të $ZnSO_4$. Në fund të gypit ka sondë prej zhelatini ose koalin të zhytur në tretje prej NaCl.

PETJE DHE DETYRA

1. Çfarë elektroda shfrytëzohen në elektrofiziologji?
2. Pse të dy elektrodat zakonisht janë prej metalit të njëjtë?
3. Përkujtohni çka janë elementet galvanike dhe si fitohen (bënesej).
4. Përkujtohuni kur krijohet ndryshimi potencial kontaktiv?
5. Për çka shrytëzohen mikroelektrodat?
6. Çka janë elektrodat jo polarizuese dhe si bëhen?

REZIME

-Elektrokardiagrafia (ECG) - të shënuarit e biopotencialave të krijuara prej punës së zemrës.
-Elektroencefalografia (EEG) -/truri.
-Elektromiografia (EMG) shqyrtimi i biopotencialeve gjatë kontraksionit vet të kontrolluar, elektristimulim dhe aktivimirefleksiv i sistemit nervor-muskulor.
-Matja e BEP,si edhe depërtimi i rrymës elektrike nëpër organizimin gjatë elektrodiagnostikës dhe elektroterapisë, realizohet me elektroda jo të polarizuara.

6.1. FUSHA MAGNETIKE E MAGNETEVE TË PËRHERSHËM. FUSHA MAGNETIKE E RYMËS

Bashëveprimimagnetik

Magnetizmi për herë të parë ka qenë i zbuluar para shumë se 2500 vjet. Në qytetin Magnezia në Azinë e Vogël (prej këtu edhe emrin) janë gjetur copa prej xehe të hekurit të cilat i trheqin sendet e imta të hekurit. Copat e atilla quhen *magnete natyrore.* Më vonë janë bërë *artificial*, të ashtuquajtur magnet *permanent* (fig. 1).

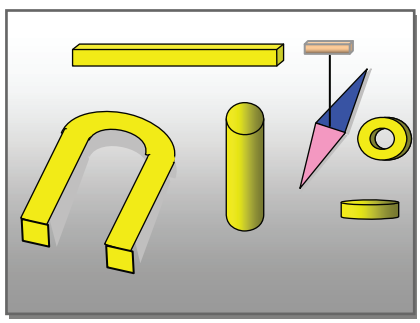


Fig. 1. Format e ndryshme të magnetit permanent

Efektii tërheqjes te magnetet është më e shprehur te ***polet magnetike***.Çdo magnet ka dy pole, verior (**N** - sipas flajës angleze **Nord**) dhe jugor (**S** - sipas fjalës angleze **South**).
Emri i poleve caktohet sipas asaj se a rrotullohen nga veriu ose nga jugu nëse varen lirshëm të rrotullohen në rrafshin horizontal (fig. 2).

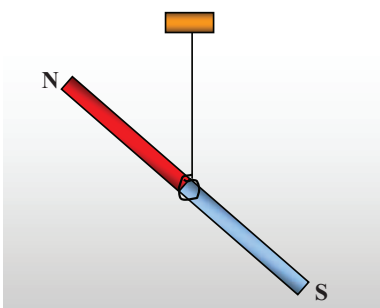


Fig. 2. Magneti në formë të thuprës i varur lirshëm të luhatet në kahen veri-jug

Rrotullimi i magnetëve në kahe veri-jug është pasojë e bashkëveprimit magnetik.
Domethënë tregohet se **dy pole të njëjtë gjithmonë shmangen, kurse dy pole tëndryshme tërhiqen** (eksperimenti nga figura 3).

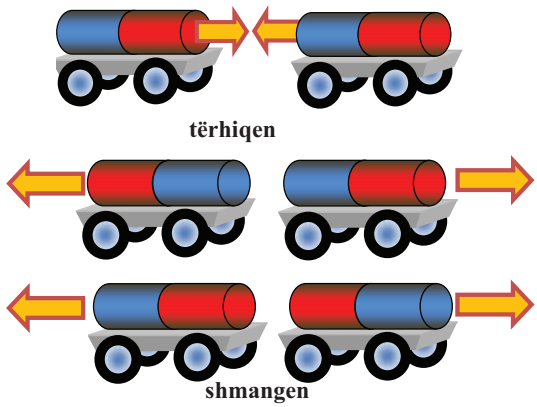


Fig. 3. Tërheqeja dhe shmangëja e poleve magnetike

Është e njohur se planeti Toka paraqet një magnet të madh thupre. Poli i saj jugor magnetik gjendet në ishullin Butia Feliks në kanadën veriore, kursepoli verior megnetik, që gjithashtu sikurse edhe poli jugor, nuk puthitet me polin gjeografik, gjendet në gjysmëtopin jugor, në Australinë jugore.

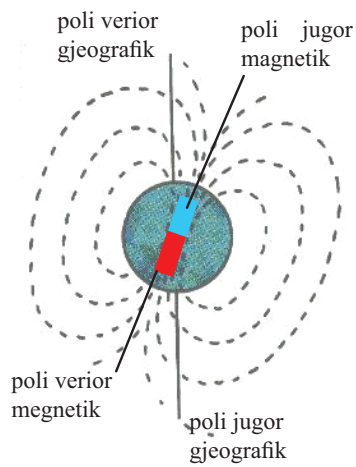


Fig. 4. Largësia ndërmjet polit jugor gjeografik dhe magnetik të gjysmëtopit verior është afërsisht 2100 km. Te gjysmëtopi jugor gjendet poli verior magnetik i Tokës dhe ai nuk puthitet me polin gjeografik

Për shkak të bashkëveprimit të fushës magnetike të Tokës me polin magnetik të magnetit të thuprës nga fig. 2, poli i tij verior magnetik tërhiqet prej polit jugor magnetik të Tokës, kurse poli jugor prej polit verior magnetik të Tokës.

Fig. 5. Kompas

Në të njëjtin princip është ndërtuar edhe kompasi (fig. 5), ku gjilëra magnetike e të cilit gjithmonë vendoset në drejtimin afërsisht deri veri-jug. Këndin që drejtimi i gjilpërës të kompasit e bën meridianin gjeografik është *këndi i deklinacionit*.

Ekzistojnë ngjashmëri por edhe ndryshime ndërmjet dukurive elektrike dhe magnetike. E kemi të njohur se trupat e elektrizuar mund të tërheqin cilindo trup tjetër neutral, kursemagnetët i tërheqin vetëm trupat prej hekuri, kobalti, nikeli dhe disa bashkëdyzime të tyre dhe legura. Ato i quajmë feromagnetik.

Ekziston edhe një ndryshim i madh: deri sa trupat me mbushje elektrike të të njëjtit lloj mund të ekzistojnë tëizoluar, polet magnetike nuk munden. Nuk mund të ekzistojnë vetëm një pol magnetik të izoluar.

Magnetët gjithmonë kanë dy pole të ndryshme. Nësenjë magnet thupre pritet përgjysmë (fig. 6), të dy polet do të kenë edhe dy pole.Nëse edhe gjysmat i prejmë, edhe ato do t'i kenë të dy polet. Edhe sa herë ta përsërisim prerjen, pjesët e prera do të kenë dy pole magnetike. Pra kështu, nëse mendojmë se gjatë përgjysmimin kemi arritur deri atje ku çdonjëri prej pjesëve tëpërmban vetëm nga një atom, edhe ato përsëri do t'i kenë të dy polet.

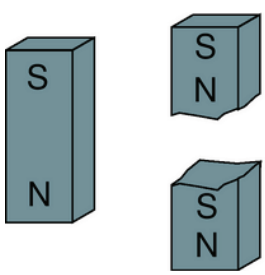


Fig. 6.

Kjo tregon se atomet e trupave magnetik për vete paraqesin magnet të vegjël.

Eksperimenti Erstedit

Vëndohet përçues i drejtë mbi dy mbajtëse dhe kahëzohen te gjilpëra magnetike (veri-jug) që vëndohet nën përçuesin (fig. 7).

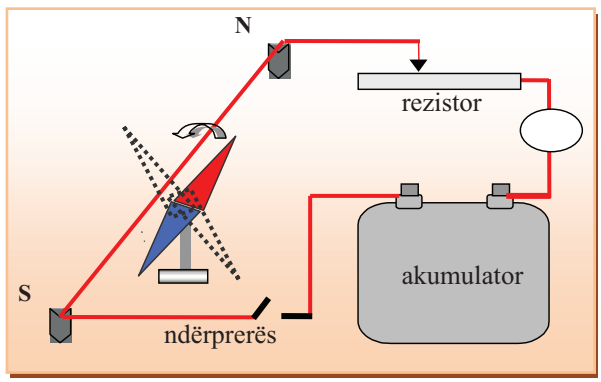


Fig. 7. Eksperimenti i Erstedit

Kur nëpër përçuesin do të lëshohet rrymë e fortë vërehet se gjilpëra magnetike shmanget. Shmangëja e gjilpërës magnetike është aq i madh sa që është rryma më e fortë dhe gjilpëra më afër përçuesit. Për shmangëjen e gjilpërës magnetike vlen ***rregulla e gishtave të drejtuar të dorës së djathtë.***

Nëse dora e djathtë vendoset mbi përçuesin me gishtat në kahe të rrjedhjes së rrymës, dhe ajo ashtu që pëllëmba të jetë e kthyer nga përçuesi, atëherë poli i veriut të gjilpërës magnetike shmanget në kahe të treguesit (fig. 8).

Gjatë shfrytëzimit të rregullës së dorës së djathtë, pëllëmba gjithmonë vëndohet nga ana e përçuesit. Shkaku për këtë shmangie të gilpërës magnetike është ekzistimi ***i fushës magnetike e rrymës***.

Këtë eksperiment i pa e ka realizuar fizikani danez Ersted në vitin 1820.

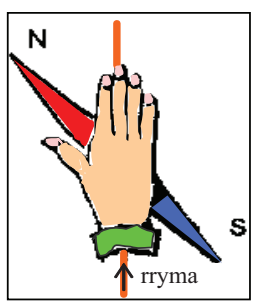


Fig. 8. Shmangëja e polit megnetik të veriut

Fusha magnetike. Vija e forcës

Prej asaj që dei më tani e dimë mund të përfundojmë se ndërmjet dukurive elektrike dhe magnetike ekziston lidhshmëri. Nëse grimcat e elektrizuara të qeta, atë krijojnë fushë elektrike, por nëse lëvizin, krijojnë **fushë magnetike**. Fizikani francez Andre Mari Amper e ka shqyrtuar fushënmagnetike të përçuesëve me forma të ndryshme.

Fusha magnetike e përçuesit të drejtë (fig. 9) nëpër të cilin rrjedh rrymë e fortë mund të tregohet ashtu që ai lidhet nëpër karton të vendosur horizontalisht, normal në përçuesin. Te kartoni vendosen disa gjilpëra magnetike në lartgësi të barabartë prej përçuesit. Kur do të kyçet ndërprerësi K, të gjitha gjilpërat magnetike orientohen ashtu që shtrihen te vija rrethore me rreze të barabartë me largësinë.

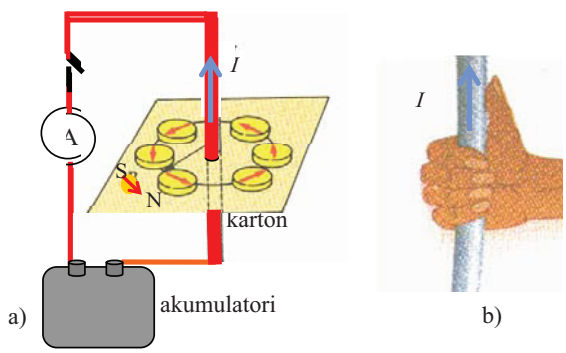


Fig.9. Vujën rrethore që e përshkruajnë gjilpërat magnetike në largësi të barabarta prej përçuesit nëpët të cilin rrjedh rrymë paraqet ***vijën e forcës të fushës magnetike***.

Kahëzimi i gjilpërave magnetike prej polit magnetik të jugut nga poli magnetik i veriut e jep ***kahen e fushës magnetike***. Këtë kahe e përshkruan ***rregulla e Amperit të gishtave të lakuar të dorës së djathtë***.

Nëse përçuesi i rrymës kapet me dorën e djathtë ashtu që treguesi ta tregon kahen e rrymës *I* (fig. 9b), atëherë gishtat e lakuar të dorës së djathtë do ta tregojnë kahen e vijave të forcës së fushës magnetike.

Fusha magnetike gjendet në gjithë hapësirën rreth përçuesit nëpër të cilin rrjedh rrymë.

Nëse në vend të gjilpërave te kartoni nga fig. 9 vendosim grimca hekuri, ato do të sillen si gjilpëra të vogla magnetike dhe do të radhiten në kahe të vijave rrethore, vijat e forcës së fushës magnetike të rrymës (fig. 10).

Në të njëjtën mënyrë fitohen edhe vijat e forcave rreth magneteve të përhershme (fig. 11). Ato janë vija të mbyllura kahja e të cilëve është prej polit magnetik verior nga poli magnetik jugor.

Fig. 10. Vijat e forcës magnetike të përçuesit të drejtë. Rregulla e Amperit

Fig. 11. Vijat e forcës magnetike të magnetit të përhershëm

Prej eksperimentit të Erstedit, si edhe prej provës, mund të përfundohet serreth çdo përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë krijohet fusha magnetike që vepron mbi magnetet në fushën rreth përçuesit.

Fleta magnetike dhe solenoidi

Përçuesi rrethor nëpër të cilin rrjedh rrymë, gjithashtu, krijon fushë magnetike. Ai vepron mbi gjilpërën magnetike sikurse të jetë magnet thupre. Prandaj shpesh përçuesi i këtillë quhet *fletë magnetike* (fig. 12) ose *dipol magnetike*. Kur me ndërprerësin P do të kyçet rryma, gjilpëra magnetike vendoset normal në rrafshin e përçuesit rrethor.

Kahja dhe drejtimi i fushës magnetike te fleta caktohet me rregullën e grushtit të djathtë.

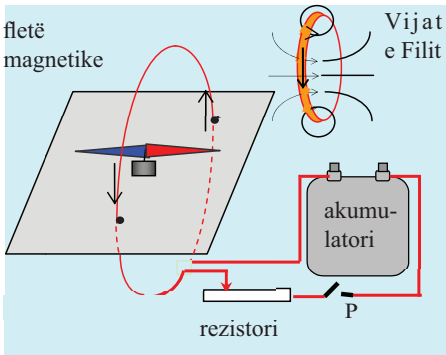


Fig. 12. Fleta magnetke

Nëse rryma rrjedh në kahe të gishtave të lakuar të grushtit të djathtë, atëherë poli magnetik verior është në kahen e tregueit (fig. 13).

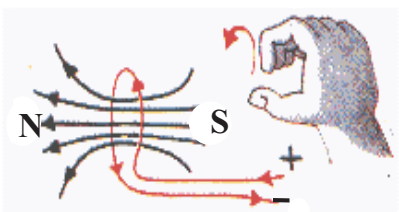


Fig.13

Përçues nëpër të cilin rrjedh rrymë, por që është i lakuar në formë të spirales, ka veti të ngjashme sikurse edhe fleta magnetike dhe quhet *solenoid*.Edhe te solenoidi kahja e vijave të forcës caktohen nëpërmjet rregullës së grushtit të djatthë (fig. 14).

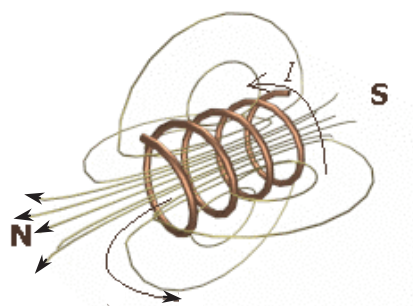


Fig. 14. Kur rryma rrjedh në kahen e gishtave të lakuar, poli i veriut është në kahen e treguesit

*T*e figura 15 janë dhënë vijat e forcës të solenoidit dhe magneti thupër. Shihet ngjashmëria e padiskutueshme.

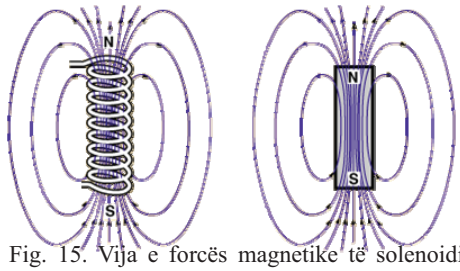


Fig. 15. Vija e forcës magnetike të solenoidit janë të barabarta me ato te magnetët e thuprës

Sikurse shihet, vijat e forcave kanë deendësi të ndryshme. Më të dendura janë te polet ku fusha është më e fortë. Prandaj me dendësinë e vijave të forcave lidhen me madhësinë fizike ***induksioni magnetik*** që është masa për forcën e fushës magnetike.
Fusha magnetike ku vijat e forcave janë të dendura një lloj dhe paralele njëra me tjetrën është homogjene. Fusha e atillë është fusha në brendësinë e solenoidit.

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Nëse pika e izoluar e elektrizojmë me makinë influence dhe pranë saj sjellni kompas, a do të mënjanohet kompasi?
2. Nëse keni burim të rrymës elektrike të përhershme te i cili nuk janë shënuar polet, por keni tel dhe kompas, a do të mund ta caktoni polaritetin e burimit?
3. A do të mënjanohet kompasi i vendosur nën gajtanin e llambës së dhomës tuaj kur e keni kyçur në rrymë? Realizoni eksperimentin. Çka vërejtët? Mendosi dhe sqaroni.
4. Në faqen e internetit YouTube.com gjeni video shënime për Oersted experiment. Janë disa. Ato do tu ndihmojnë edhe ju në shtëpi ta realizoni eksperimentin.

Rezime e shkurtër

Magnetët e përhershëm kanë dy pole. Nuk mund të ekziston pol magnetik të izoluar.
Magnetët e njëjtë shmangen, kurse të ndryshmit tërhiqen.
Rreth çdo përçuesi krijohet fushë magnetike. Për shkak të kësaj gjilpëra magnetike mënjanohet, ku mënjanimi bëhet sipas *rregullës së gishtave të drejtuara të dorës së djathtë.*
Vijat e forcave magnetike të përçuesit të drejtë janë vija rrethore, kurse kahja e tyre caktohet sipas rregullës së grushtit të djathtë. Kjo rregullë vlen edhe për fushën magnetike të fletës magnetike dhe solenoidit.

6.2. FORCA MAGNETIKE (AMPERIT). INDUKSIONI MAGNETIK. FLUKSI MAGNETIK

Forca magnetike (Amperit). Induksioni magnetik *B*

Treguam se te gjilpëra magnetike vepron fusha magnetikee përçuesit me rrymë. Por, nëse përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë gjendet te fusha magnetike, ajo vepron mbi përçuesin me forcë madhësia e së cilës varet prej forcës së fushës, forcës së rrymës që rrjedh nëpër përçuesin, gjatësia e tij dhe drejtimi i përçuesit në lidhje me vijat e forcave të fushës. Kjo tregohet me këtë eksperiment.

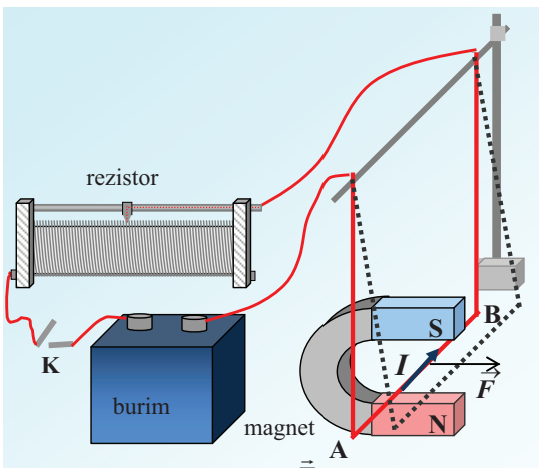


Fig. 1. Nën ndikimin e forcës $\vec{F}$ përçuesi AB mënjanohet në të djathtë. Forca është aq më e madhe sa është rryma më e fortë, dhe magneti më i fuqishëm.

Te figura 1 është dhënë një përçues që është varur si luhatje dhe nëpër të rrjedh rrymë. Ai është vendosur ndërmjet poleve të një magneti patkoni. Nëse rrjedh rrymë (I) te kahja e shënuar, te përçuesi do të vepron forca $\vec{F}$ e cila do ta lëviz.

Nëse e ndryshojmë kahen e rrymës do të ndryshon edhe kahja e mënjanimit. Deri te ndryshimi i kahes do të vjen edhe nëse ndryshohet kahja e fushës magnetike. Forca që vepron mbi përçuesin varet edhe prej pozitës së tij në lidhje me vijat e forcës së fushës magnetike. Kështu, nëse rryma rrjedh në drejtim të vijave të forcës magnetike, atëherë përçuesi AB nuk do të mënjanohet.

Forca është më e madhe në rastin kur përçuesi është vendosur normal në vijat e forcës magnetike (sikurse ishte te fig. 1).

Për kahen e mënjanimit të përçuesit zakonisht shfrytëzohet ***rregulla e Flemingut të gishtave të lakuar të dorës së majtë***.

Nëse gishti i madh, treguesi dhe gishti i mesëm për dorën e majtë i vendosim nën këndin e drejtë dhe po ashtu treguesi puthitet ne kahen e vijave të forcave magnetike, kurse gishti i mesëm me kahen e rrymës, atëherë gishti i madh e tregon kahen e forcës që sjell deri te mënjanimi i përçuesit (fig. 2).

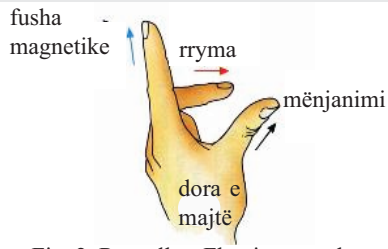


Fig. 2. Rregulla e Flemingut të dorës së majtë.

Madhësia e forcës së Amperit (F), nëse kemi përçues të drejtë me gjatësi L, nëpër të cilin rrjedh rrymë me forcë I, të vendosur nën këndin e drejtë α në lidhje me vijat e forcave të fushës magnetike homogjene, me induksion magnetik B, caktohet sipas relacionit:

$$F = BIL \sin\alpha \qquad (1)$$

Prej këtij relacioni mund të sqarohet çka është ëdomethënëja fizike të madhësisë fizike ***induksioni magnetik*** B. Nës e në këtë barazim e shprehim B, fitohet:

$$B = \frac{F}{IL\sin\alpha}. \qquad (2)$$

Pra, sipas këtij barazimi, *induksioni magnetik te ndonjë pikë prej fushës magnetike numerikisht është e barabartë me forcën me të cilën fusha vepron mbi përçuesin e drejtë me gjatësi prej një metro, nëse nëpër atë rrjedh rrymë prej një amper të vendosur në atëvend. Përçuesi duhet të jetë vendosur normal në vijat e forcave të fushës.*

Njësia për matjen e induksionit magnetik është **tesla** (shenja T). *Te ndonjë pikë magnetike induk-*

sioni është një tesl nëse te përçuesi i drejtë me gjatësi prej një metro nëpër të cilin rrjedh rrymë prej një amperi, të vendosur normal në vijat e forcave të fushës, vepron forcë prej një njutn.

Nëse te barazimiz (2) i zëvëndësojmë njësitë fitohet:

$$1\,\mathrm{T} = \frac{1\,\mathrm{N}}{1\,\mathrm{A}\cdot 1\,\mathrm{m}} \qquad (3)$$

Tesla është njësi shumë e madhe. Kështu shembull fusha magnetike e tokës e ka madhësinë 0,00005 T, ndërsa magneti i fuqishëm nëformë të thuprës e ka madhësinë afërsisht 0,01 T. Me ndihmën e elektromagnetëve të fortë mund të fitohet fushë magnetike me forcë deri 10 T.

Induksioni magnetik $(\vec{B})$ është madhësi vektoriale. Drejtimi i tij puthitet me drejtimin e tamgjentës të vijës së forcës në pikën e dhënë nga hapësira, kurse kahja është caktuar me kahen e polit magnetik verior. (Shihe figurën 3).

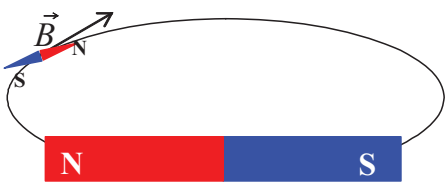


Fig. 3. Vektori $\vec{B}$ është kahëzuar në drejtim të tangjentës të vijës së forcës, nga poli verior i gjilpërës magnetike, të vendosur në pikën e dhënë

Fluksi magnetik

Numri i vijave të forcave magnetike të cilat kalojnë nëpër ndonjë sipërfaqe quhet *fluks magnetik*. Ai shënohet me Φ.

Nëse fusha magnetike është homogjene me induksion magnetik B, atëherë nëpër sipërfaqen S, e vendosur normal në vijat e forcave magbetike, fluksi magnetik Φ është caktuar me prodhimin e induksionit magnetik dhe syprinës së sipërfaqes (fig. 4)

$$\Phi = B \cdot S \qquad (4)$$

Fluksi magnetik matet menjësi **veber** (shenja Wb). Sipas relacionit (4): veber është fluksi magnetik q të cilin e krijon fusha magnetike me induksiion 1 tesël në 1 r metër katror prej sipërfaqes të vendosur normal në vijat e forcave magnetike, ose:

$$1\mathrm{Wb} = 1\ \mathrm{T}\cdot 1\ \mathrm{m}^2 \qquad (5)$$

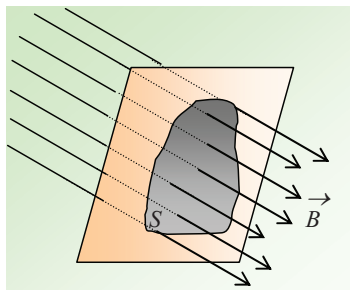


Fig. 4. Fluksi magnetik është numri i vijave të forcave nëpër ndonjë sipërfaqe.

Nëse siplërfaqeja nuk është vendosur normal në vijat e forcave magnetike (fig. 5), atëherë numri i vijave të forcave caktohet me relacionin:

$$\Phi = B \cdot S \cos\alpha, \qquad (6)$$

pasi atëherë në vend të induksionit magnetik B duhet të merret komponenta e induksionit magnetik që është në kahe të normales B^n që është dhënë me:

$$B^n = B\cos\alpha \qquad (7)$$

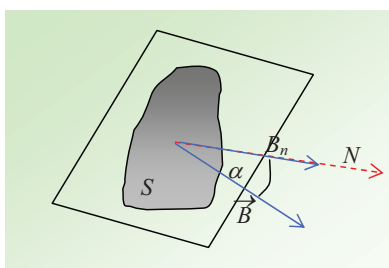


Fig. 5. Kur sipërfaqeja nuk është normale merret parasysh vetëm komponenta normale e induksionit magnetik B_n.

Këndi α ësht këndi që e formon vektori i induksionit magnetik dhe normalja e sipërfaqes nëpër të cilën e njehsojmë fluksin.

Zbatimi teknik i forcës së Amperit. Ndërtimi i ampermetrit dhe voltmetrit.

Forca me të clën fusha magnetike vepron mbi përçuesin nëpër të cilin rrjedh rrymë gjen zbatim te elektromotorët. Përveç kësaj, ajo ka gjetë zba-

tim edhe te shumë instrumente tjera, ndërmjet të cilëve edhe një lloj instrumente matëse elektrike.

Motori elektrik është makinë te i cili vjen deri te shndërrimi i energjisë elektrike në mekanike. Princimi qëndron në rrotullimin e përçuesit në formë të kornizës nëse nëpër atë rrjedh rrymë, por është vënduar në fushën magnetike. Rrotillimi është pasojë e momentit rrotullues që paraqitet për shkak të kahëzimit të kundërtë të forcës së Amperit mbi përçuesit majtas dhe djathtas te korniza (shih fig. 6).

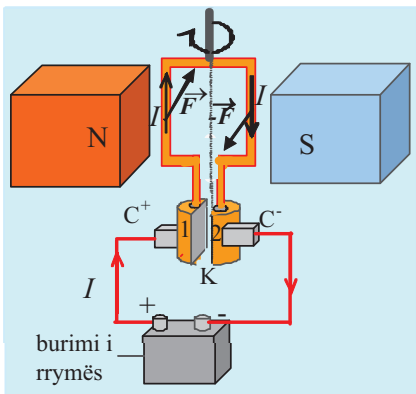


Fig. 6. Mbi kornizën veprojnë dy forca në mënyrë të kundërtë të kahëzuar të cilat shkaktojnë rrotullim.

Në teknikë, në vend të një kornize që rrotullon, merret spirale (mbështjellëse) me shumë mbështjellje që të zmadhihet momenti i rrotullimit. Momenti i rrotullimit te korniza është aq më i madh sa është më imadh forca e rrymës që rrjedh nëpër atë. Gjithashtu, efekti i rrotullimit zmadhohet nësenë vend të kornizës përdoret siprale.

Kjo shfrytëzohet gjatë ndërtimit të instrumenteve matëse elektrike me kornizë lëvizëse. Ai ka spirale të vendosur ndërmjet poleve të magnetit tëpërhershëm (fig. 7).

Te boshti i tij është përforcuar shigjetë, fusha magnetike e magnetit të përhershëm vepron mbi atë ashtu që, ai do të rrotullohet. Me rrotullimin e spirales (kornizës), te shkalla e graduar shigjeta tregon mënjanim që e regjistron rrymën, ose tensionin, varësisht prej asaj për të cilën është dedikuar ai instrument. Boshti i spirales është lidhur me spiralen eleastike, të dhnë te figura djathtas, që e mundëson leximin.

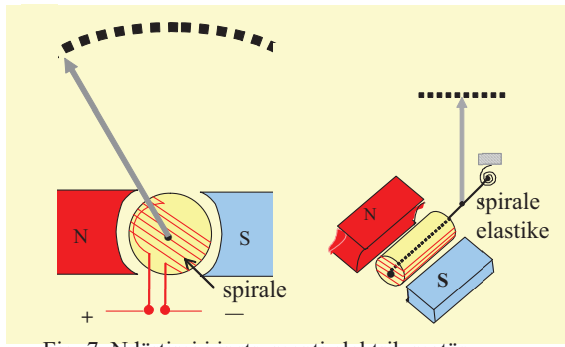


Fig. 7. Ndërtimi i instrumenti elektrik matës

Si është ndryshimi ndërmjet ampermetrit dhe ampermetrit?

Gjatë matjes së forcës së rrymës, rryma duhet të kalon nëpër mbështjellëset e kalemit, që do të jetë lehtë i lëvizshëm - me masë të vogël. Domethënë, teli që mbështillet te kalemi duhet të jetë shumë i hollë. Nëpër telin e këtillë të hollë mund të lëshohet rrymë me forcë të madhe. Prandaj, *paralelisht me kalemin lidhet rezistori shtues-**shunti*** (fig. 8a).

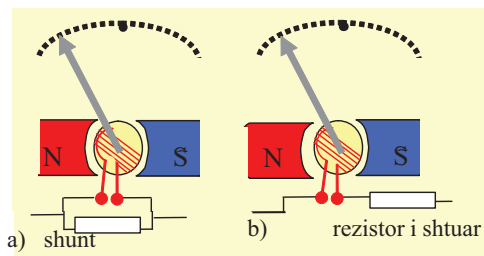


Fig. 8. a) Lidhja e shuntit te ampermetri
b) lidhja e rezistorit të shtuar te voltmetri

Rezistori i shuntit është shumë më ivogël se rezistori i kalemit, ashtu që gjatë degëzimit pjesa më e madhe e rrymës kalon nëpër shuntin. Nëse duhet të matet rrymë më e fortë, shunti duhet të ketë edhe rezistencë edhe më të vogël, që të arrihet nëpër kalemin edhe atëherë të rrjedh rrymë e dobët. Instrumenti i këtillë matës që shërben për matjen e forcësës së rrymës, sikrse tani më e keni të njohur, quhet ***ampermetër.***

Ai lidhet me qarkun elektrik në seri pasi, për shkak

të ekzistimit të shuntit, ai ka shumë rezistencë të brendshme shumë të vogël.

Instrumenti matës me kornizë lëvizëse mund të shërben si ***voltmetër***. Te ai, në seri me kalemin, lidhet rezistor shtues (fig. 8 b).Me këtë pra sigurohet nëpër kalemin të rrjedh rrymë e dobët. Kur duhet të matet tension më i madh ai rezistori shtues duhet të jetë më i madh. Për të rezistorëve shumë domethënës, të gjithë voltmetrët janë instrumente matës me rezistenca të brendshme të mëdhaja.Voltmetri e mat tensionin të skajeve të ndonjë shfrytëzuesi. Në qark ai lidhet paralelisht me shfrytëzuesin, kurse tensioni i brendshëm i tij i madh e ndryshon rrymën që rrjedh nëpër shfrytëzuesin.

Fig. 9. Instrumenti univerzal matës demostrus (A-V-metër) me shumë zona matëse

Sikurse që vërehet, me një instrument të njëjtë, varet prej asaj se kalemi paralel që rrotullohet në fushën magnetike janë lidhur shuntet (paralel), ose rezistorët e shtuar (serik), me madhësi të ndryshme të rezistencës, mund të maten edhe rryma dhe tensione. Instrumentet e këtilla i quajmë ***instrumente matëse univerzale*** (fig. 9).

Përveç instrumenteve me kornizë lëvizëse, kzistojnë edhe lloje tjera të instrumeneteve matëse. Sot, shumë përdoren instrumentet matëse digjitale. Te ato vlera e madhësisë fizike të matur në formë të shifrave drejtë lexohet në ekranin e vogël që gjendet te çdo instrument i këtillë.

Shembull detyrë

Ndërmjet poleve të magnetit të përhershëm me induksion magnetik $B = 10^{-2}$ T është vendosur përçues me gjatësi L=10 cm nën këndin $\alpha=30^0$ në lidhje me drejtimin e induksionit magnetik.

Nëse nëpër përçuesin lëshohet të rrjedh rrymë me forcë 10 A, sa është forca me të cilën fusha do të vepron mbi përçuesin?

Është dhënë: $B = 10^{-2}$ T; L=10 cm; I= 10 A.

Zgjidhje:

Forca sipas (1) është dhënë me:

$$F=I\,B\,L \sin\alpha=10\cdot10^{-2}\cdot0{,}1 \sin 30^0=0{,}05 \text{ N}.$$

Pyetje, detyra, aktivitete

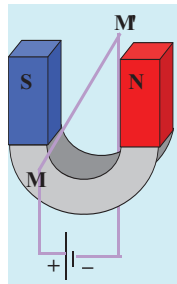


Fig. 10

1. Si do të lëviz përçuesi MM‘, të dhënë në fig. 10?
2. Ndërmjet poleve të nj magneti në formë patkoni është vendosur qarku i rrymës, të dhënë n fig. 11. Përçuesi i bakrit AB mundet lehtë të rrokulliset nëpër thuprat e zhveshura të bakrit, të vendosura në pozitën horizontale.

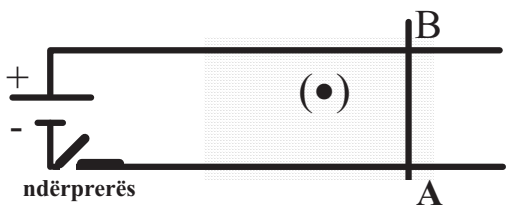


Fig. 11

Nëse është kahja e fushës magnetike nga ne (●), atëherë si do të lëviz përçuesi AB gjatë mbylljes së qarkut?

3. A ekziston ndryshim principiele ndërmjet elektromotorit dhe instrimentit matës me korniz lëvizëse?
4. Keni ampermetër që mat rrymën vetëm deri 1 A. Nëse te instrumenti juaj mund të lexoni rezistencën e brendshme të ampermetrit, çka duhet të bëni që të mund të me atë të matni rryma më të forta, për shembull rryma deri 10 A.
5. Keni voltmetër me rezistencë të brendshme të njohur (zakonisht është shënuar te instrumenti). Nëse me voltmetrin mund të matni tensione deri 10 V si do ta zmadhoni zonën matëse të instrumentit që të mund të matni tension deri 100 V?

Rezime të shkurtër

Te ky mësim u njohtëm me lëvizjen e përçuesëve në fushën magnetike (Forca e Amperit), e futëm kuptimin vektor të induksiionit magnetik, dhe njësin e tij, kuptimin fluks magnetik dhe njësia e tuj, por u njohtëm edhe me zbatimin e forcës së Amperit te instrumentet e matëse.

6.3. FORCA E LORENCIT. MADHËSIA INDUKSIONIT MAGNETIK TE PËRÇUESI I DREJTË, FLETA MAGNETIKE DHE SOLENOIDI

Forca e lorencit

Te përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë, të vendosur në fushënmagnetike, vepron forcë. Pasi rryma paraqet lëvizje të mbushjeve elektrike mund të pritet se edhe te mbushjet të cilat lëvizin në fushën magnetike, jashta përçuesit, fusha magnetike vepronme forcë. Kështu edhe ndodh.

Do ta nxjerrim relacionin për këtë forcë. Nisemi prej tani të nohur për ne forca e Amperit me të cilën fusha magnetike, me induksion magnetik B, vepron mbi përçuesin me gjatësi L nëpër të cilin rrjedh rrynë I, të endosur nën këndin α në lidhje me vijat e forcave magnetike. Madhësia e asaj force është dhënë me relacionin (1) prej relacionit paraprak

$$F = IBL\sin\alpha$$

Pasi rrjedhje e rrymës do të thotë lëvizja e mbushjeve, prodhimi

$$IL = \frac{Q}{t}L = Q\frac{L}{t} = Qv = Nev \qquad (1)$$

Këtu Q është mbushja e përgjithshme që për kohën t rrjedh nëpër përçuesin me gjatësi L, të barabartë me prodhimin e numrit të mbushjeve N sipas mbushjes elektrike elementare e, kurse v është shpejtësia e mbushjes.

Kjo do të thotë (1) mund të shkruhet siË

$$F = NevB\sin\alpha \qquad (2)$$

Forca që vepron mbi një grimcë me mbushje pozitive e është dhënë me relacionin:

$$F = evB\sin\alpha \qquad (3)$$

Nëse bëhet fjalë për cilëndo grimcë me mbushje Q, ky relacion kalon në:

$$F = QvB\sin\alpha \qquad (4)$$

Te fig. 6 është dhënë paraqitja e drejtimit dhe kahes së kësaj force. Induksioni magnetik $\vec{B}$ është kahëzuar nga lexuesi $\odot$..

Nëse grimca lëviz normal në vijat e forcave magnetike $\alpha=90^0$ $\sin\alpha=1$, pra (4) bëhet

$$F = QvB \qquad (5)$$

Grimca e këtillë lëviz sipas vijës rrethore.

Shprehja (4) për herë të parë është fituar prej fizikanit holandez Lorenc (Lorentz, Hendrick Antoon, 1853-1928) pradaj quhet edhe **forca e Lorencit**. Përmendim se këtu shpejtësia $\vec{v}$ është shpejtësi në lidhje me fushën magnetike.

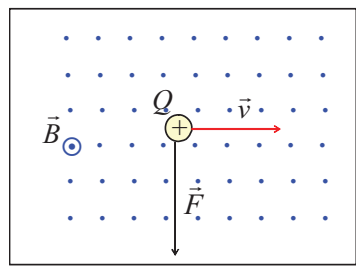


Fig. 6

Forca e Lorencit gjithmonë është normale në lëvizjen e grimcave të elektrizuara, prandaj ajo grimcave u jep vetëm *nxitim normal*,domethënë e ndryshonvetëm kahen dhe drejtimin e shpejtësisë së lëvizjes, por jo madhësinë e saj. Forcat të cilat kështu veprojnë, nuk kryejnë punë. *Forca e Lorencit nuk kryen punë, ajo nuk e ndryshon enegjinë kinetike të grimcës*.Si lëviz grimca që është nën ndikimin e forcës së Lorencit?

Sipas ligjit II të Njutnit forca është $F=ma$, ku m është masa e grimcës, kurse a këtu është nxitimi normal të dhënë me:

$$a = \frac{v^2}{R} \qquad (6)$$

ose me zëvëndësimin te (5) dhe me me rregullim fitohet $ma=QvB$; $m\frac{v^2}{R} = QvB$ prej ku përrre ze të vijës rrethore sipas të cilës lëviz grimca fitohet:

$$R = \frac{mv}{QB} \qquad (7)$$

Shohim se R është proporcionale me masën dhe shpejtësinë e grimcës, kurse në proporcion të zhdrejtë me mbushjen dhe induksionin magnetik të fushës.

Forca e Lorencit zbatohet në shumë instrumente në skencë dhe teknikë: gypa katodike, ciklotron, spektroskop me masë etj.

Forca e Lorencit luan rol të rëndësishëm në kushte natyrore. Kur rrezet kosmike (më së shpeshti të elektrizuara) do të ndërhyn në fushën magnetike të tokës, ato mënjanohen, me të cilën bota e gjallë e Tokës është e mbrojtur.

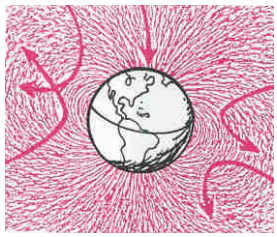


Fig. 7

Madhësia e induksionit magnetik të përçuesit të drejtë

Na te mësimet e kaluara mësuam se rreth përçuesit të drejtë krijohet fusha magnetike me vija të forcave magnetike rrethore, kahja e të cilave caktohet me rregullën e Amperit. Tanipyesim: si është madhësia e induksionit magnetik?

Teoria tregon se nëse përçuesi i drejtë është në vakum, ose ajër, dhe nëpër atë rrjedh rrymë me forcë I, në largësi r prej përçuesit, induksioni magnetik njehsohet me relacionin:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r} \qquad (8)$$

Te ky relacion paraqitet konstanta μ_0 e cila quhet *konstnta magnetike*, ose *permabiliteti magnetik në vakum*. Madhësia e saj është:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\mathrm{T \cdot m}}{\mathrm{A}} \qquad (9)$$

Më shpesh kjo konstante shprehet në njësi henri mbi metër (H/m), a pse është kjo kështu do ta sqarojmë më tute.

Forca e bashkëveprimit te përçuesit paralel me rrymë. Përkufizimi i amperit

Nëse nëpër dy përçues paralel 1 dhe 2 (fig. 8) lëshohet rrymë që rrjedh në kahe të njëjtë, përçuesit tërhiqen. Nëse rryma rrjedh në kahe të kundërt (fig. 9) përçuesit shmangen.

Me forsëne Amperit gjendet fusha magnetike, e krijuar prej përçuesit 2, kahja e të cilit (me zbatimin e rregullës së Amperit të dorës së djathtë) është kan neve. Nëse kështu e kahëzojmë gishtin e madh të dorës së majtë, gishti i mesëm i dorës së majtë në kahjen të rrymës, do të shohim se te përçuesi 1 do të vepron forca e cila tenton ta afron deri te përçuesi 2. Edhe te përçuesi 2 do të vepron forca. Njëkohësisht edhe ai gjendet në fushën magnetike, or në fushë të krijuar prej përçuesit 1, këtu fusha magnetike është kahëzuar prej nesh brneda, prandaj edhe forca është e kundërt. Në rastin e përçuesëve nëpër të cilët rrjedhin rryma me kahe të kundërt, forcat e të dy përçuesëve janë me kahe të kundërta, pra përçusët do të largohen njëri prej tjetrit.

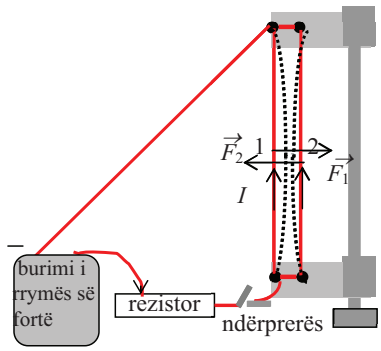


Fig. 8. Përçues paralel nëpër të cilët rrjedh rrymë në kahen të njëjtët tërhiqen

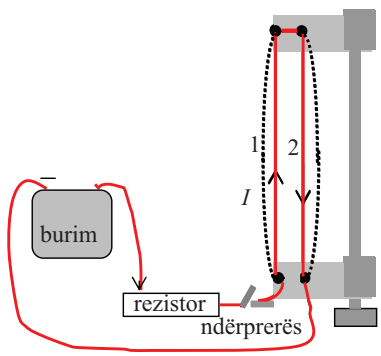


Fig. 9. Përçues paralel nëpër të cilët rrjedh rrymë në kahen e kundërt shmangen

Madhësia e forcës F me të cilën bashkëveprojnë dy përçues paralele është dhënë me relacionin:

$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi R} l \ . \qquad (10)$$

Në këtërelacion I_1 dhe I_2 janë forcat e rrymave që rrjedhin nëpër përçuesët, R është largësia ndërmjet tyre, kurse l gjatësia e përçuesit mbi të cilin vepron

forca, mo është konstanta magnetike e dhënë me relacionin (9). Sipas kësaj force në Sistemin ndërkombëtar të njësive matëse përkufizohet njësia për forcën e rrymës - **amperi**. Qe ai përkufizim:

një amper është njësia e rrymës elektrike me madhësi të pandryshueshme e cila, dukerrjedh nëpr dy përçues drejtvizor shumë të gjatë parelel me prerje tërthore e vogël, të vendosur në vakum, në largësi prej një metro, shkaktonndërmjet atyre përçuesëve forcë të barabartë me $2\cdot10^{-7}$ ***njutnë në çdo metro prej gjatësisë së tyre.***

Forca e rrymës është njëra prej shtatë madhësive fizike themelore në Sistemin ndërkombëtar, kurse amper është njëra prej shtatë njësie themelore.

Madhësia e induksionit magnetik të solenoidit nëpër të cilin rrjedh rrymë

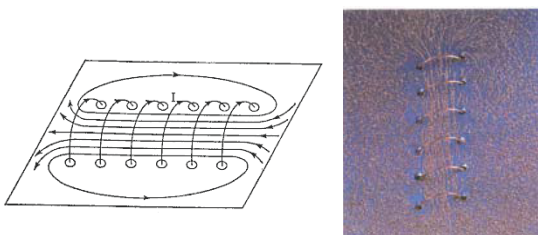


Fig. 10. Vijar e forcës magetike te solenoidi. Fusha magnetike në brendësi është hoogjene

Tani më sqaruam se solenoidi nëpër të cilin rrjedh rrymë është si magnet (fig. 10). Madhësia e induksionit magnetik në brendësi të solenoidit, me N mbështjellësa, dhe gjatësi L, nëse nëpër atë rrjedh rrymë me forcë I është dhënë me:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{L} = \mu_0 nI \qquad (11)$$

Ky relacion vlen pët rastin kur në brendësi të solenoidit gjendet ajër (vakum). Nëse në brendësi të solenoidit vedosim ndonjë material feromagnetik (bërthamë hekuri), fusha magnetike shumë përforcohet. Kjo është shfrytëzuar te instrumentet elektromagnetike kukërkohet përforcimi i fushës magnetike.

Shembull detyrë

1. Elektroni lëviz me shpejtësi $2{,}0\cdot10^7$m/s në fushën magnetike me induksion magnetik B=0,1 T, normal në vijat e forcave magnetike. Caktoni trajektorin e tij.
Zgjidhje: elektroni lëviz nëpër vijëën rrethore me rreze të caktuar me relacionin (7):

$$r = \frac{mv}{eB} = \frac{9{,}1\cdot10^{-31}\cdot2{,}0\cdot10^{7}}{1{,}6\cdot10^{-19}\cdot0{,}1} = 1{,}1\cdot10^{-3}\,\text{m}\cdot$$

2. Nëpër përçuesinvertikal në murin e një ndërtese lartë rrjedh rrymë me forcë I=25 A.Sa është induksioni-magnetik te pika ku gendet10 c në veri të përçuesit.
Zgjidhje: sipas (8):

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi R} = \frac{4\pi\cdot10^{-7}\cdot25}{2\pi\cdot0{,}1} = 5{,}0\cdot10^{-5}\ \text{T}\cdot$$

3. Te gajtani elektrik me gjatësi 2,0 m të dy përçuesltgjenden në largësi 3 mm njëri nga tjetri. Nëse nëpër ato rrjedh rrymë prej 8 A, caktoni madhësinë e forcës ndërmjet përçuesëve:
Zgjidhje: Sipas (10)

$$F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi R} l = \frac{4\pi\cdot10^{-7}\cdot8\cdot8}{2\pi\cdot0{,}003}\cdot2 = 8{,}5\cdot10^{-3}\,\text{N}\,.$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Elektroni i cili lëviz me shejtësi normale në vijat e forcave magnetike a do të vepron fusha magnetike? Si do të jetë kahja e saj?
2. Si do të ndryshoninduksion magnetik e krijuar ete solenoidi nëse gjatësin e të cilit e ndryshojmë ashtu që do mbledhin solenoidin në një gysmë prej gjatësisë?
3. Në faqen e internetit You Tube.com kërkoni video shënimin Force Between Two Conductors në adresën

http://www.youtube.com/watch?v=gcvO9NR1pyI&feature=PlayList&p=C39E044D65CF54AB&index=47

Rezime e shkurtër

Këtu u njohëm me forcën e Lorencit, forcën ndërmjet përçuesëve paralele me rrymë dhe induksion magnetik të përçuesit të drejtë dhe solenoidit.
Nëpërmjet forcës me të cilën bashkëveprojnë dy përçues paralele është dhënë me përkufizimin e amperit.

6.4. VETITË MAGNETIKE TË MATERIALEVE DIA, PARA DHE FEROMAGNETIK

Ne deri më tani e shqyrtuam fushën magnetike në vakum. Mund të thuhet se rezultatet e fituara mund të zbatohen në numër të madh te mjediset materiale ndikimet e të cilave në fushat magnetike është shumë i vogël. Mjediset e atilla janë, për shembull, ajri dhe gazërat, por edhe shumë të ngurtë, lëngje dhe substanca gazërave, përveç feromagnetikëve.

Prej asaj që deri tani e dimë vijon përfundimi se të gjitha fushat magnetike janë krijuar prej rrymës elektrike. Prandaj edhe nuk mund të veçohet një pol magnetik i izoluar i veçantë. Thjeshtë ne nuk mundemi ta „coptojmë“ rrymën që të fitojmë pol magnetik të izoluar.

Si magnetizohet substanca?

Feromagnetikët

Është treguar se vetit magnetike të magnetëve të përhershëm i takojnë lëvizjes së elektroneve në atom. Te shumica e substancave të fushave magnetike të shkaktuara me ato lëvizja janë shum të dobta. Te atomet e hekurit, nikelit dhe kobalitit, nuk vjen deri te zhdukja e fushave magnetike e atyre rrymave miniature. Prandaj çdo atom i hekurit paraqet magnet të vogël të hollë. Kjo i takon të ashtuquajturit **spin** të elektronit, veti e ngjajshme e lëvizjes rrethore të mbushjes, por ne nuk do të hymë në sqarime detale të ksaj vetie. Materialet e këtilla, atomet e të cilave paraqesin magnete miniature quhen **feromagnetik**.

Fushat magnetike të atomeve të hekurit janë të fuqishme dhe veprojnë në atomet fqinjë, dhe i rradhisin në formë të buqetit prej atomeve të radhitur. Buqetet e tilla quhetn **domene** (fig. 1) me dimenzone 0,1 -0,01 mm. Domenet te materialet feromagnetike janë magnete miniature, çdo domen ka polin magnetik të tij verior dhe jugor, por të dukshme janë vetëm nën mikroskop.

Te hekuri jo i magnetizuar domenet janë të *orietuara pa rend.* Te materialet e magnetizuara domenet janë kahëzuar në kahje të polit magnetik që e shkakton magnetizmin.

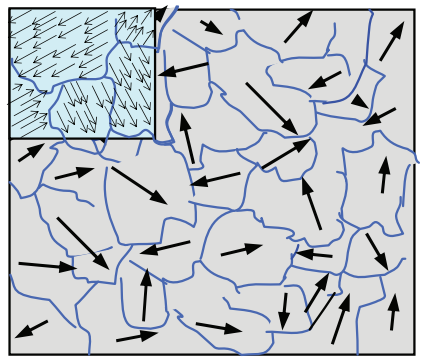


Fig. 1. Në çdo domen (lartë majtas) ka numër të madh të atomeve ideale të radhitur

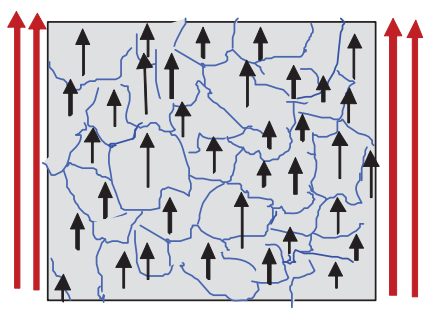


Fig. 2. Gjatë magnetizimit domenet radhiten në kahe të induksionit magnetik $\vec{B}$ të fushës së jashtëme dhe hekuri bëhet magnetizëm.

Magnetizimi i trupit të hekurit (për shembull, gjilpëra), mund të kryhet ose duke iu afruar deri te magnetike i fuqishëm i përhershëm ose me futjen në kalm nëpër të cilën rrjedh rrymë e fortë. Po ashtu, nëse gjilpëra është e çelikut, ajo mbetet gjithë kohën e magnetizuar. Feromagnetikët e atillë quhen *të fortë*, për dallim prej të *butëve* të cilët shumë shpejtë magnetizohen, por sa të nxiren jashtë prej fushës magnetike ndalojnë të jenë magnet, për shkak të lëvizjes së shpejtë të domenëve magnet miniaturë.

Prej feromagnetikëve të fortë bëhen magnetët permanent. Te bërthamat elektromagnetike bartëse bëhen prej feromagnetikëve të butë. Çdo feromagnetik gjatë temperaturës së caktuar, zakonisht të lartë (pika e Kirit) i humb të gjitha substancat elektromagnetike. Te materialet feromagnetike e rëndësishme është „histo-

ria“ e magnetizimit. Domethënë, feromagnetikët e fortë, edhe kur i nxierim jashtë prej fushës magnetike, e mbajnë gjendjen magnetike , nëse paraprakisht kanë qenë të magnetizuar.

Permeabiliteti relativ magnetik

Madhësia fizike e cila tregon ndryshimin e induksionit magnetik në materien e dhënë në lidhje me të në vakum, quhet *permeabiliteti magnetik*. Permeabiliteti magnetik relativ është madhësi padimenzione e përkufizuar si raport ndërmjet induksionit të mjedisit të dhënë material B dhe iduksionit magnetik në vakum B_0. Shënohet μ_r:

$$\mu_r = \frac{B}{B_0} \qquad (1)$$

Pasi meterialet feromagnetike shumë e përforcojnë fushën magnetike, te ato permeabiliteti relativ magnetik është numër shumë i madh (shihe tabelën 1)

Tabela I

Materiali	Permeabiliteti relativ i magn.
hekuri 99,9%	200-5000
legura 96,7% Fe dhe 3,3% Si	600-10000
permaloj-legurë 79% Ni; 5% Mo dhe 16% Fe	100000-800000

Para dhe diamagnetikët

Natyra e rrymave elementare, për shkak të cilëve materialët në mënyrë të ndryshëm qëndrojnë ku do të gjenden në mjadis në fushë magnetike të jashtme, është e ndryshme. Në numër të madh substancat e spin momenteve magneteve kompenzohen ndërjmet vedi për shkak të orientimit të tyre pa rend. Materialet joferomagnetike ndahen në dy klasa themelore: *Paramegnetike*, te të cilën permeabiliteti relativ magnetik është diçka më e madhe se një, dhe *diamagnetik*, te të cilët μ_r, afër por shumë e vogël prej një. Te tabela II janë dhënë disa vlera të permeabilitetit relativ magnetik të disa subsancave paramagnetikëve dhe diamagnetikëve.

Paramengetët janë substanca molekulat ose jonet e të cilave posedojnë veti magnetike (ekzistojnë edhe disa lloje të paramagnetikëve të natyrës tjetër, sikurse metalet, te të cilët kontribut të rëndësishëm japin elektronet e lira). Në mungesë të fushës magnetike të jashtmemolekulat janë orientuar çfardo dhe nuk paraqiten veprime magnetike. Nëse substanca vëndohet në fushën e jashtme magnetike (përshembull, te solenoidi nëpër të cilin rrjedh rrymë), ajo fushë vepron në rrymat elementare të molekulës dhe i orienton në kahe të fushës. Iduksioni magnetik i përgjithsëm d.m.th., shuma e induksionit të fushës magnetike të jashtme dhe magneteve të orientuara pak e tejkalon madhësinë e B_0. Por, për shkak të lëvizjeve të molekulave të nxehta, menjëherë pasi që materiali përsëri të gjendet jashta prej fushës magnetike të jashtme, shkatërrohet radhitshmëria dhe poashtu vetit magnetike humben.

Materialet diamagnetike me $\mu_r < 1$ por shumë afër 1, janë ndërtuar prej molekulave të cilat nuk posedojnë veti magnetike.

Tabela II

substanca	μ_r
aluminium Al	1,0000023
ajri	1,00000038
platina Pt	1,00036
bizmut Bi	0,999824
uji	0,999991
bakri Cu	0,99999

Nën ndikimin e fushës magnetike të jashtme te ato substanca krojohen, indukohen rryma elementare dipolet magnetike e të cilëve orientohen në të kundërt prej kahes së fushës magnetike të jashtme. Prandaj, induksioni magnetik në këto substanca bëhet më e vogël prej induskionit të fushës magnetike të jashtme. Ky *efekt diamagnetik* është për të gjitha substancat, por te substancat paramagnetike dhe feromagnetike ai është maskuar me efektet më të fuqishme paramagnetike ose feromagnetike.

Rezime e shkurtër

Materialet mund të jenë feromagnetike-me veti magnetike të shprehura dhe paramagnetik dhe diamegnetik te të cilët kto veti janë shumë të dopta. Permeabiliteti magnetik relativ është raport ndërmjet induksionit magnetik në mjedisin e dhënë dhe induksionit magnetik në vakum. Ajo ka vjera të mëdhaja te feromagnetikët, a vlerat afër 1 për paramagnetikët ($\mu_r < 1$) dhe diamagnetikët ($\mu_r < 1$).

7.1. INDUKSIONI ELEKTROMAGNETIK

Eksperimentet themelore

Ne deri mësuam fushën magnetike të përçuesve nëpër të cilët rrjedh rryme e përhershme. Përçuesit e këtillë krijojnë edhe fusha kohore konstante. Te rrymat e ndryshueshme kohore, përkatësisht fushat magnetike kohore të ndryshueshme, kemi një varg të dukurive të reja. Njëra prej më të rëndësishmeve, sigurisht, **është dukuria e induksionit magnetik**, e zbuluar në vitin 1831 prej Majkl Faradei.

Zbulimi i kësaj dukurie të rëndësishme ka mundësuar 50-100 vitet në vijim të jenë konstruksione të numrit të madh të instrumenteve teknike: gjeneratorë për rrymë, transformatorë, telegraf, telefon, radio, televizion, edhe shumë e shumë të tjera, pa të cilët ne sot nuk do të mundëshim ta mendojmë botën në të cilën jetojmë.

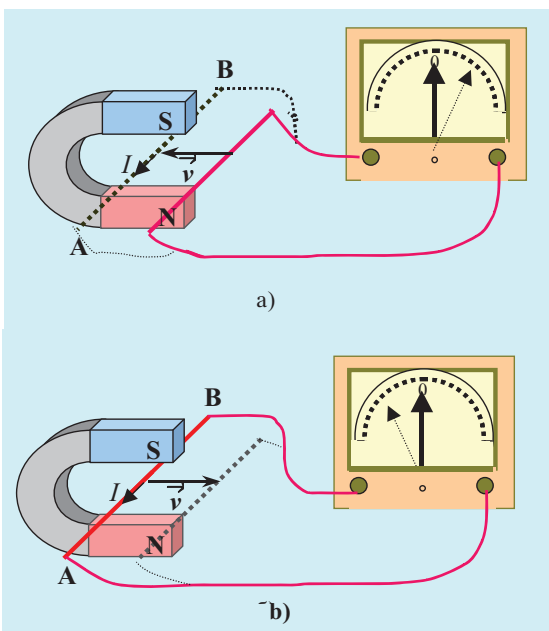


Fig. 1. a) Kur përçuesin e fusim, mënjanimi i galvanometrit është në një anë,b) kur përçuesin e nxjerrim, mënjanimi i galvanometrit është në anën e kundërt.

Që ta kuptojmë dukurinë, do të bëjmë eksperiment të thjeshtë të mundshëm. Përçuesi, i lidhur me një galvanometër, do të lëvizin ndërmjet poleve me magnet të përhershëm patkoni (fig. 1). Deri sa ekziston lëvizje relative ndërmjet magnetit dhe përçuesit ekziston mënjanim të galvanometrit, nëpër qarkun rrjedh rrymë. Themi, në qark është krijuar forca elektromotore e indukuar për shkak së cilës ka rrjedh rryma e indukuar.

Kahja e rrymës varet prej kahes së lëvizjes (të forcës $\vec{F}$) dhe kahes së fushës magnetike (induksioni magnetik $\vec{B}$). Mënjanimi i galvanometrit do të zmadhohet nëse zmadhohet shpejtësia e lëvizjes relative të përçuesit.

Nëse magnetin dhe përçuesin i lëvizim së bashku, ashtu që ndërmjet tyre nuk ekziston lëvitja relative, mënjanim nuk ka për të pasur.

Mënjanim nuk ka për të pasur, gjithashtu, nëse lëvizja bëhet paralel me vijat e forcave magnetike. Themi, që të indukohet rryma përçuesin duhet ti pren vijat e forcave magnetike.

Kahja e rrymës së indukuar zakonisht përshkruhet me rregullën e **Flemingut të dorës ë djatht** (fig. 2):

kur gishti i madh, treguesi dhe gishti i mesit do të vëndohen nën këndit e drejtë, dhe nëse treguesi vendoset në kahen e induksionit magnetik, kurse lëvizjen e bëjmë në kahen e gishtit të madh, kahja e gishtit të mesëm do të na jep kahen e rrymës së indukuar.

Prova paraprake është më efikase nëse në vend që të lëvizet përçuesi në lidhje me magnetin, të lëvizet magneti në lidhje me kalemin me N mbështjellsa (fig. 3). Ju propozojmë ta bëni këtë eksperiment.

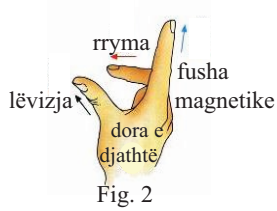


Fig. 2

Provoni, se si do të ndryshon kahja e galvanometrit kur do ta ndryshojmë kahjen e lëvizjes ose kur në vend të polit magnetik verior futni polin magnetik jugor.

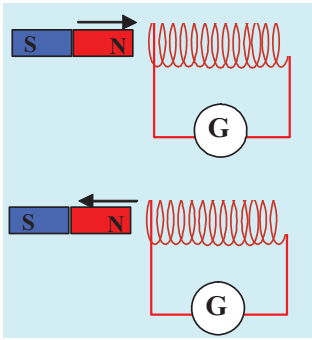


Fig. 3

Përsëritni provën me lëvizje të ngadalshme dhe të shpejtë. Çka përfunduat

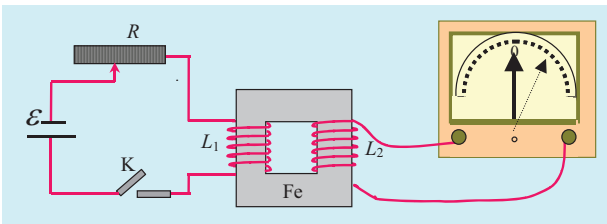


Fig. 4. Te qarku primar janë lidhur rezistori R dhe ndërprerësi K.

Serin e dytë të eskperimenteve do ta bëjmë me dy qarqe: e para, që është e ludhur me burim të forcës elektromotore, ta quajmë qark primar dhe të dytën, te e cila ka vetëm galvanometër, dhe të cilin do ta quajmë qark sekondar (fig. 4). Këto dy qarqe kanë kalema dhe bërthamë të përbashkët të hekurit. Kalemi L_1, kur nëpër atë kalon rrymë, krijon fushë magnetike vijat e forcës magnetike të të cilës e godisin edhe kalemin L_2.

Kur fusha magnetike te kalemi primar do të ndryshon, do të vjen deri te indukimi i forcës elektromotore te sekundari dhe galvanometri do të tregon mënjanim. Ndryshimi i induksionit magnetik $\vec{B}$ do ta bëjmë ose duke e kyçur ose ndërprerë rrymën ose me ndryshimin e rezistencës. Edhe në të dy rastet vjen deri te ndryshimi i forcës së rrymës, por pasi induksioni magnetik te kalemi L_1 është dhënë me:

$$B = \mu_r \mu_0 \frac{NI}{l}, \qquad (1)$$

është e qartë se ndryshon edhe induksioni magnetik. Te relacioni (1) μ_r është permeabiliteti relativ magnetik i bërthamës së hekurit, N është numri i mbështjellësve, kurse l-gjatësia e solenoidit (kalemit).Gjatë kyçjes së rrymës dhe gjatë zmadhimit të forcës së rrymës, mënjanimi i galvanometrit është në njërën anë. Nëserrymën e zvogëlojmë ose e ndalojmë, rryma e indukuar do të rrjedh në anën e kundërt. Edhe këtu vjen në shprehje shpejtësia e ndryshimit të rrymës. Domethënë, nëse rrëshqitësin te rezistori e lëvizim ngadal, rryma e indukuar është e dobët dhe anasjelltas, nëse rezistencën shpejtë e ndryshojmë, rryma është më e fortë. Me çka na bindin të gjitha këto prova?

Shohim këtu se nuk ka asnjë lëvizje të përçuesit në fushën magnetike, por përsëri ndodh indukimi i rrymës.

Indukimi i rrymësndodh ose gjatë prerjes së së vijave të forcave magnetikeose gjatë ndryshimit të madhësisë së vektorit të indksionit magnetik.

Ligji themelor për induksionin magnetik

Cila madhësi fizike ndryshon te të gjithë eksperimentet lartë të përshkruara? Mendoni, te eksperimentet të skicuar te figura 1 ose 3 ndryshonte syprina e sipërfaqes me të cilën është goditur fusha, kurse te eksperimentet te figura 4 ndryshonte induksioni magnetik. Cila madhësi fizike i lidh këto dy madhësi?

Fluksi manetik është madhësi që i lidh këto dy madhësi. Ësht e qartë, prej eksperimenteve mund të përfundohet se gjatë indukimit të rrymës vjen deri te ndryshimi i kohës së fluksit magnetik.

Fluksi magnetik që e godit ndonjë sipërfaqe e rrafshët me syprinë S, sikurse dimë tani, është caktuar me relacionin:

$$\Phi = BS\cos\alpha \qquad (2)$$

ku α është këndi që normalja e sipërfaqes së rrafshit e ndërton me vektorin e induksionit magnetik ($\vec{B}$). Në rastet kur ky këd është zero, domethënë rrafshi i qarkut është normal në vijat e forcave magnetike dhe qarku atëherë formon fluks më të madh.

Ligji themelor për induksionin magnetik shkruhet me relacionin:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (3)$$

Forca elektromotore e indukuar ε_i është e barabartë me shpejtësinë e ndryshimit të fluksit magnetik të marrë me sjenjë të kundërt.

Nëse indukimi i rrymës bëhet me solenoid me N mbështjellje, pasi vijat e forcave magnetike e godisin çdonjërën prej mbështjellësve, forca elektromotore e indukuar do të jetë N herë më e madhe:

$$\mathcal{E}_i = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{ose} \quad \mathcal{E}_i = -N\frac{\Delta(BS\cos\alpha)}{\Delta t} \qquad (4)$$

Që do të thotë shenja negative në këtë relacion, do të sqarojmë te mësimi i ardhshëm. Tani, dëshirojmë vet të mendojmë, te cilët prej eksperimenteve ndryshonte syprina e formuar me konturën, por te cilët induksioni magnetik?

Gjithashtu dëshirojmë t'u kushtojmë vëmendje në atë se është shumë e rëndësishme shpejtësia e ndryshimit të fluksit magnetik.

FEM e rrymës së indukuar dhe forca e Lorencit

Do të kthehemi te eksperimenti, të skicuar te fig. 1. Përçuesin AB e lëvizim në fushën magnetike me ndonjë shpejtësi v, dhe atë ashtu që lëvizja është normale në vijat e forcave magnetike. Te përçuesi ka elektrone të lira, atë me lëvizjen e fitojnë shpejtësinë e njëjtë v. Por, kjo lëvizje bëhet te fusha magnetike, pra te elektronët do të vepron forca e Lorencit. Në pajtimme rregullën e Flemingut, elektronet do të grumbullohen nga pjesa e përçuesit të shënuar me A. Pjesa B do të ketë tepricë të mbushjeve pozitive. Ndërmjetkëtyre dy pikave paraqitet tensioni U. Në kushtet e baraspeshës dinamike forca elektrike Fel do të baraspeshohet me forcën e Lorencit Fl dhe lëvizja e më tutjeshme e elektroneve do të ndalet.

Pasi tensioni ndërmjet dy pikave të qarkut të rrymës së hapur është e barabartë me f.e.m. të rrymës së indukuar, për f.e.m. që paraqitet gjatë lëvizjes të përçuesit fitohet

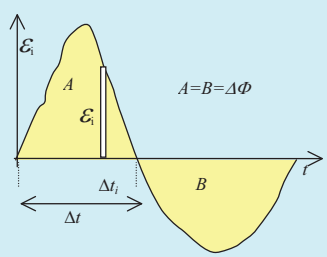
$$\mathcal{E}_i = BvI\sin\alpha \qquad (8)$$

Theksojmë se roli i forcës së jashtme, që është shkaku për krijimin e forcës elektromotore, në këtërast, është forca magnetike e Lorencit, e cila vepron te elektronet e përçuesit.

Aktivitete me kompjuter

Me ndihmën e interfesit COACH 5, aktivitet „**Forca elektromotoree indukuar**"magnet thupër dhe kalem, duke bërë eksperiment analog me atë që shtë dhënë në fig. 3, provoni varësinë e forcës eektromotore prej shpejtësisë së lëvizjes së magnetit.

Bëni provën me shumë shpejtësi të ndryshme. Njehsoni syprinën e lakores së kufizuar $\varepsilon_i = f(t)$, do të fitoni gjihmonë vlerë afërsisht të barabartë. Syprin që është çdo lakore e këtillë e formon me boshtin e abshisës (shihe fig. 5) mund të paraqitet si shumë e drejtkëndëshave, ku një brinjë është forca elektromotore ε_i, kurse tjetra intervali kohor Δt, atëherë syprina e çdo drejtkëndëshi të atillë është e barabartë me ndryshimin e fluksit për intervalin e kohës Δt, kurse gjithë syprina e ndryshimit të fluksit gjatë futjes, ose në kahen e kundërt - gjatë nxjerrjes së magnetit.



Shembull detyra

1. Në qarkun e rrymës së mbyllur fluksi magnetik zvogëlohet prej 100 Wb në 0, për kohën prej 0,2 s. Sa është f.e.m. në atë pikë?

Zgjidhje:

Është dhënë: F_1=100WB, F_2=0 Kërkohet ε_1=?

Δt=0,2 s

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{0-\Phi_2}{\Delta t} = \frac{100}{0{,}2} = 500\,\text{V}$$

2. Përçues me gjatësi prej 10 cm lëviz në fushë magnetike prej 0,2 T, me shpejtësi prej 20 cm/s normal në vijat e forcae megnetike. Sa është f.e.m. që do të induktohet në skajet e tij, por nëse qarku mbyllet dhe e ka hapjen prej 2 Ω, sa është rryma që do të rrjedh nëpët atë?

Zgjidhje:

Është dhënë: l=0,10 m, B=0,2 T Kërkohet ε_1=?

v=0,2 m/2 R=2 Ω

$\varepsilon_i = lvB$=0,1· 0,2·0,20 =4·10^{-3} V ; $I=\varepsilon_i/R$= 2·10^{-3} A

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si është kahja e rrymës së induktuar (shënoni me shigjetë) nëse lëvizjae përçuesit bëhet në kahen të shënuar në fig. 6.

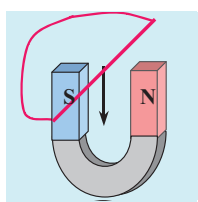


Fig. 6

2. Si është kahja e rrymës së induktuar nëse lëvizja e përçuesit lëviz paralele me magnetin thupër, rreth mesit të tij, sikurse në fig. 7. Shënoni kahen e shigjetës.

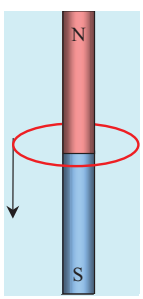


Fig. 7

3. Bëni seri të eksperimenteve në këtë mënyrë: kyëni në qarkun primar qark me burim të tensionit një kalem (1) me prerje të vogël (fig. 8), rezistor me rrëshqitës R dhe ndërprerës. Si burim mundtë përdoret më shumë bateria të lidhura në seri që të sigutension prej 9 deri 12 V. Lidhni qark tjetër te e cila do të kyçet kalemi (2) me prerje shumë më të madhe dhe galvanometër (G).

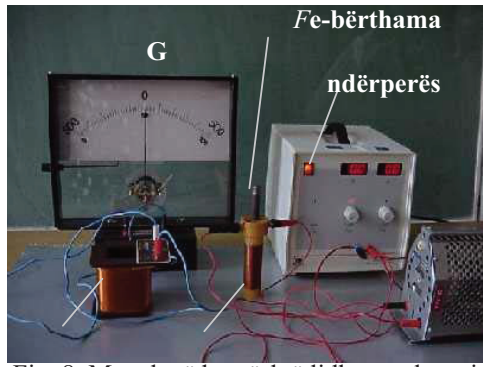


Fig. 8. Me tela të kuq është lidhur qarku primar, kurse me të kaltër qarku sekondar

Bëni këto eksperimente:

a) së pari kyçni rrymën te qarku primar dhe kalemin 1 vendosni te kalemi 2. Çka ndodh? Çka do të ndodh kur kalemi 1 do ta nxirrni?

b) Pastaj vendosni kalemin 1 në brendësinë e kalemit të dytë dhe te ai futni bërthamë hekuri. Kontrolloni se çka do të ndodh nëse e ndryshoni shpejtësinë e futjes ose nxjerrjes së bërthamës.

c) Sistemi me të dy kalemët pastaj lëvizizni para-prapa, por ashtu që të mos ketë lëvizje relative ndërmjet kalemave. A ka mënjanim?

ç) Vëndoni kalemin 1 te kalemi 2. Ndërpreni rrymën prej qarkut primar. Shënoni kahen e galvanometrit. Pastaj kyçni rrymën. Kontrolloni këtë pjesë prej eksperimentit kur në kalemin 1 gjendet bërtama e hekurit.

d) Ndryshoni rezistencën R te qarku primar, së pari le të rritet, kurse pastaj le të zvogëlohet. Dhe tani kontrolloni çka do të ndodh nëse atë e bëni shpejtëi ose ngadal.

Rezime e shkurtër

Forca elektromotore e indukuar ε_i është barabartë me shpejtësinë e ndryshimit të fluksit magnetik të marrë me shenjë të kundrt.

Ajo mund të bëhet me lëvizje relative të magnetit dhe përçuesit, kur vjen deri te prerja e vijave të forcave magnetike, ose me ndryshimin e induksionit magnetik,

7.2. RREGULLA E LENCIT PËR RRYMËN E INDUKUAR RRYMAT SHAKULLORE

Rregulla e Lencit

Rregulla e Flemingut e dorës së djathtë për kahen e rrymës mundet të zbatohet vetëm në rastin kur bëhet fjalë për lëvizjen e përçuesit normal në vijat e forcave magnetike. Sikurse treguam më herët, indukimi i rrymës bëhet edhe në rastet tjera.

Ekziston rregullë unuverzale për kahen e rrymës elektrike të indukuar e cila quhet rregulla e Lencit. E ka formuluar E. H. Lenci në vitin 1834. Para se ta japim këtë rregullë të rëndësishme, të kutohemi në këtë. Sikurse treguam, forca elektromotore e indukuar krijohet te qarku te i cili vjen deri te ndryshimi kohor i fluksit magnetik. Te qarku atëherë rrjedh rrymë e indukuar. Rryma e indukuar krijon fushë magnetike e cila quhet fusha magnetike e indukuar.

Kahja e rrymës së indukuar është e atillë që me fushën magnetike të saj i kundërshton ndryshimit të fluksit magnetik që është shkaku për krijimin e tij.

Nëse shkak për rrymën e indukuar është lëvizja relativee përçuesit në lidhje me fushën magnetike, rryma e indukuar i kundërshton asaj lëvizje.
Nëse shkak për rrymën e indukuar është ndryshimi i madhësisë së induksionit magnetik, fusha magnetike e rrymës së indukuar kundërshton atë ndryshim.
Te fig.1 është dhënë fotografia e „terazisë“ së vogël te krahët e të cilës gjenden dy unaza alumini, ashtu që ato mundet lehtë të lëvizin në rrafshin horizontal. Njëra prej unazave është e plotë, kurse tjetra (më i larguara) ka plasje tërthore. Kur deri te unaza e aluminit do të afrohet magneti thupër, unaza shmanget prej magnetit. Por, nëse në qetësimin e sistemit të thuprës magnetike prej unazës, unaza do të afrohet deri te magneti.

fig. 1.

Te rasti i parë, rryma e indukuare krijuar prej unazës kundërshton rritjen e fluksit, që është kushtimisht me afrimin e magnetit, ndërsa gjatë nxjerrjes së magnetit vjen deri te zvogëlimi i fluksit magnetik, për shkak të cilës indukohet rrymë e atillë fusha magnetike e të cilës kundërshton zvogëlimin e fluksit.
Nëse prova përsëritet ashtu që thupra magnetike futet ose nxirret prej unazës tjetër (i preri), dukuria nuk do të ekziston. Qartë, atje rrymat e indukuara nuk mund të mbyllen në unazë, ato krijojnë shumë fushë të dobët që nuk mundet të kundërshton ndryshimin e fluksit magnetik.
Rregulla e Lencit e sqaron edhe shenjën minus te ligji themelor për fosrcën elektromotore të indukuar:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (1)$$

Nëse $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ është pozitive, domethënë $\Phi_2 > \Phi_1$ fuksi rritet,atëherë forca elektromotore e rrymës së indukuar kundërshton rritjen e fluksit. Anasjelltas, nëse është $\Phi_2 < \Phi_1$, fluksi zvogëlohet, forca elektromotore e indukuar kundërshton atë zvogëlim.
Rregulla e Lencit për kahen e rrymës së indukuar vlen në të gjitha dukuritë e rrymës së indukuar. Veçanërisht rryma të indukuara të forta mund të krijohen te përçuesit të cilët nuk janë masiv, nëse gjenden në hapësirë te e cila ndryshon fluksi magnetik.

Rrymat e shakullimës (Fukit)

Rrymat e indukuara te përçuesit masiv quhen rryma të shakullimë ose rryma të Gukit.

Prej ku titulli „rryma të shakullimës“? Rrymt e shakullimës janë pasojë e të ashtuquajturës së fushëa elektrike shakullore, sipas Maksvelit (1831-1979), krijohet përafërsisht çfarëdo fushë magnetike e ndryshueshme. Domethënë, Maksveli në mënyrë teorike ka treguar se *çdo fushë magnetike e ndryshueshme krijon rreth vetes fushë elektrike të ndryshueshme, ajo në vete krijon fushë magnetike të ndryshueshme*. Por, gjithashtu, fusha magnetike nuk është patjetër të krijohet vetëm me lëvizje të mbushjeve, por *çdo fushë magnetike endryshueshme, ajo rreth vetes krijon fushë magnetike të ndryshueshme*. Kjo lidhje e pathyeshme ndërmjet ndryshimeve te fusha elektrike dhe magnetike tregon për atë se në rastin e ndryshimeve fushave kohore bëhet fjalë, në realitet, për fushë elektromagnetike të vetme.

Gjykimi i parë i teorisë së Maksvelit për ekzistimin e fushës elektrike shakullore e ka pasur të njohur qenë edhe Faradej, por edhe shkencëtar të tjerë. Fusha elektrike shakullore, e indukuar në përçuesmasiv, shkakton rryma të forta shakullore të cilat mbyllen te ai përçues.

Dukuria e rrymave shakullore te përçuesitmasiv vjen në shprehje te lavjerësi i Valtenhofenit (fig. 2)

Lavjerësi fizikë, pllaka masive e bakrit, luhatet si lavjerës ndërmjet poleve të një elektromagneti. Për fillim burimi i rrymës le të jetë i ndërprerë. Për shkak të ballafaqimit të rezistencës së ajrit, trupi gradualisht e zvogëlon energjinë e tij mekanike

Fig. 2. Lavjerësi Valtenëhofen

dhe pas një kohe do të ndalet së luhaturi. Megjithat, nëse e kyçim rrymën te elektromagneti, atlherë luhatja menjëherë ndalohet.

Fig. 3

Nëse eksperimentin e përsërisim me pllakë me të njëjtën formë (fig. 3), por ajo të mos jetë tërësisht masive, por te ajo të jenë bërë prerje,atëherë ngulfatja e lavjerësit është shumë, shumë i ngadalshëm.

Edhe te ky eksperiment vjen në shprehje rregulla e Lencit. Gjatë hyrjes së lavjerësit në hapësirënndërmjet poleve të elektromagnetit vjen deri te rritja e fluksit të magnetit. Po ashtu, indukohen rryma fusha magnetike e të cilave kundërshtojnë hyrjen. Anasjelltas, gjatë daljes së pllakës së bakrit, rrymat e indukuara shakullore krijojnë fushë magnetike që kundërshton zvogëlimin e fluksit, e shkaktuar nga dalja. Kështu, lavjerës këtillë menjëherë ndërpritet. Për shkak të forcave shumë të dobëta të rrymave shakullore, në rastin e pllakës së prerë, efekti i ndërprerjes është shumë më i dobët.

Rrymat shakullore gjejnë zbatim të shumëfishtë. Përçuesit masiv kanë shumë rezistencë të vogël, prandaj dhe ndryshime relativisht të vogla të fluksit magnetik te përçuesit e këtillë krijojnë rryma shakullore me forcë të madhe. Kështu rrymat e forta i nxejnë përçuesit dhe mund të vjen deri te nxemja, deri te temperatura më emadhe se pika e shkrirjes së metait. Pikërisht ky fakt shfrytëzohet te furrat e indukuara. Është interesante të përmendim që fusha magnetike zgjerohet edhe në vakum, ekzistojnë furra të induktuara.

Me shfrytëzimin e rrymave shakullore janë konstruktuar disa instrumenete për matje, sikurse taksimetri, numëruesit elektrik etj.

Por, te disa instrumente rrymat shakullore janë të dëmshme, pasi shkaktojnë nxemje të përçuesëve

dhe humbje të energjisë elektrike. Atje zvogëlimi i rrymave të Fukit bëhet ashtu që përçuesit të mos jenë masiv, por janë bërë prej fletave të hollametalike, të ngjitura me ngjitëse izoluese.

Pyetje,detyra, aktivitete

1. Te kalemi (solenoid) hyn poli verior i magnetit. Nëse kalemi është lidhur me qarkun e rrymës, atëherë si do të jetë kahja e rrymës teqarku (vizatoni ni shigjetën)?

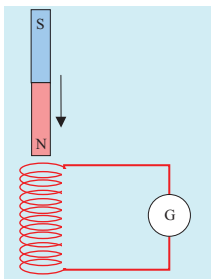


Fig. 4

2. Magneti nga pyetja paraprake bjen teposhtë. A janë të barabarta nxitimet e magnetit kur qarku i kalemit është hapur (i ndërprerë) edhe kur ajo është e mbyllur.

3. A është e mundshme të fitohet mënjanim të galvanmetrit prej figurës 5 pa e lëvizuar magnetin dhe pa e lëvizur kalemin *L*. Në disponim e keni thuprën e heurit MM‘.

4. Nëse ndërmjet poleve të një elektromagneti të fuqishëm lëshohet lirshëm të bjen ndonjë monedhë metalike, nxitimi i saj do të zvogëlohet. Sqaroni efektin.

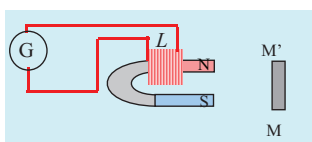


Fig. 5

5. Bëni këtë provë. Provën është e mundshme ta bëni edhe në kushte shtëpiake. Prej folisë së aluminit preni disk rrethor. Vëndoni gjilpër verikalisht, kurse mbi të vëndoni diskun ashtu që të prekë në qendrën e rrethir (më së miri është patkon) dhe varni ashtu që polet të shtrihen mbi diskun. Pastaj, rrotulloni magnetin. Në kahe të njëjtë me magnetin do të rrotullohet edhe disku rrethori aluminit. Sqaroni eksperimentin!

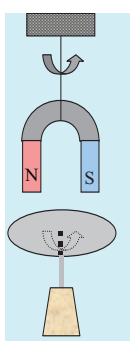
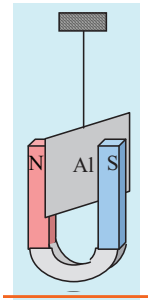


Fig. 6

7. Varni te peri pllakë drejtkëndore të aluminit (bëni prej folisë më të trashë). Vëndoni pllakën ndrmjet poleve magnetike më të fuqishme (fig. 7). Nëse magnetin e lëvizni edhe pllaka do të lëviz në kahe të njëjtë.



Në vitin 1822 **Majkël Faradej** (Michail Faraday, 1791-1867) në notesin e tij ka shkruar: „Të shndërrohet magnetizmi në elektricitet“. Pothuajse gjithë dekada pastaj do të kthehet në këtë idenë të vet edhe në vitin 1831 ka botuar se e ka zbuluar dukurinë e induksionit elektromagnetik për njërën nga zbulimet më të mëdhaja në fizikë.

Faradej është lindur në familje tëvarfër dhe herët e ka lëshuar shkollimine rregullt. Por, shumë herët te ai u zhvillua interesimi për shkencat natyrore dhe shumë, ka lexuar. Prej vitit 1813 ka filluar të punoj si laborant te kimisti i njohur Humphry Davy (1778-1829). Atje i ka përsëritur eksperimentet e Erstedit dhe Amperit, ka konstruktuar elektromotorin e parë, ka punuar në rrjedhjen e gazërave, ka bërë numër të madh të eksperimenteve të lidhura me induksionin elektromagnetik dhe vetinduksionin, e ka dhënë idenë për fushën elektrike dhe magnetike dhe ka futur kuptimin për vijat e forcave. Ai e ka studiuar rrymën nëpër lëngje dhe i ka dhënë ligjet themelore pr elektrolizën që sot e mbajnë emrin e tij. Njësia për kapacitetin elektrik në SI (**farad**) është quajtur sipas mbiemrit të tij.

Rezime e shkurtër

Për rrymës elektrike të indukuar vlen rregulla universale e Lencit që thotë:
kahja e rrymës së indukuar është ashtu që me fushën magnetike të vet kundërshton e ndryshimit e fluksit që është shkak për krijimin e vet.
Rryma e indukuar krijohet edhe te përçusit masiv edhe te përçuesit masiv, të njohur si rryma shakullore.

7.3. VETINDUKSIONI. INDUKTIVITETI

Vetinduktiviteti

E dijmë se kur nëpër ndonjë përçues rrjedh rrymë, rreth tij krijohet fushë magnetike. BNëse rryma që rrjedh nëpër përçuesin është e ndryshueshme, ndryshon edhe madhësia e induksionit magnetik i fushës që ajo rrymë e krijon. Domethënë, kemi përçues që gjendet në hapësirë me fluks magnetik të vet të ndryshueshëm. Sipas Faradeit, edhe te përçuesi i këtillë indukohet forca elektromotre që i kundërshton ndryshimit të fluksit magnetik.

Dukuria e f.e.m. të indukuar te përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë e ndryshueshme nënveprimin e ndryshimeve të fluksit magnetik të tij quhet vetindukim. Forca elektromotore e indukuar që megjithatë paraqitet equajmë forca elektromotore e indukuar ose forca elektromotore e vetindukuar.

Do ta analizojmë dukurinë më detalisht.

Fluksi magnetik i krijuar prej rrymës që rrjedh nëpër qarkun e rrymës është caktuar me relacionin e njohur:

$$\Phi = BS \tag{1}$$

Te relacioni, B është madhësia e vektorit të induksionit magnetik të fushës magnetike të krijuar prej rrymës, kurse S është syprina e sipërfaqes të kufizuar me qarkun e rrymës. Te (1) nuk mbajmë llogaripërkëndin ndërmjet induksionit magnetik dhe sipërfaqe S, pasi vijate e forcave magnetike të krijuara prej përçuesit e prejnë rrafshin e qarkut (kontrurës) nn këndin e drejtë, pra këndi α ndërmjet vijave të forcave magnetike dhe normalja e sipërfaqes është zero, cos α=1.

Nëse supozojmë se rryma te qarku ndryshon, atëherë ndryshon edhe induksioni magnetik, për shkak të kësaj ndryshon edhe fluksi magnetik. Kështu, mund të shkruhet se fluksi magnetik i krijuar te ndonjë kontur nëpër të cilin rrjedh rrymë, është në proporcion të drejtë me forcën e rrymës I:

$$\Phi = LI \tag{2}$$

ku I,është koeficienti i proporcionalitetit i cili quhet koeficienti i vetinduktimit ose induktivitet.

Induktiviteti është veti e rëndësishme e qarkut të rrymës që varet si prej gjeometrisë edhe elementeve të qarkut të rrymës ashtu edhe prej permeabilitetit magnetik të mjedisit në të cilin, më saktë disa pjesë të tij gjenden. Për qarkun e rrymës së dhënë shpesh induktiviteti është konstant. Sipas ligjit të Faradeit për forcën elektromotore të indukuar, forca elektromotore e vetinduksionit ε_s mundtë shkruhet:

$$\mathcal{E}_s = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \tag{3}$$

Prej relacionit (3) shihet se forca elektromotore e vetindukuar është në proporcion të drejtë me shpejtësinë e ndryshimit të forcës së rrymës $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$.

Relacionin (3) ta shkruajmë edhe në këtë formë:

$$\mathcal{E}_s = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -L\frac{I_2 - I_1}{\Delta t} \tag{4}$$

ku I_2 është forca e rrymës në fund, kurse I_1 në fillim të intervalit të kohës Δt për të cilin ka ardhur deri te ndryshimi e rrymës.Nëse rryma rritet, $I_2 > I_1$, $\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0$, forca elektromotore e vet e indukuar dhe rryma vet e indukuar kanë kahen e kundërt me kahen e rrymës primare te qarku. Ajo kundërshton rritjen e rrymës.

Nëse rryma zvogëlohet, $I_2 < I_1$, $\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0$, forca elektromotore vete indukuar e kundërshton zvogëlimin e rrymës, pra rryma vet e indukuar ka kahe të njëjtë sikurse edhe rryma që rrjedh nëpër qarkun.

Dy eksperimentet që vijojnë do të na ilustrojnë dukurinë e vet induksionit që vjen në shprehje te të gjitha rastet kur nëpër qarkun e rrymës së dhënë ndryshon forca e rrymës, por më e shprehur është gjatë kyçjes dhe ndërprerjes së rrymës.

Eksperimenti 1. Me veti induksion mund të arrihet tension shumë i lartëprek tensionit të burimit ekzistues të rrymës.

Lidhni qark elektrik si te fig. 1

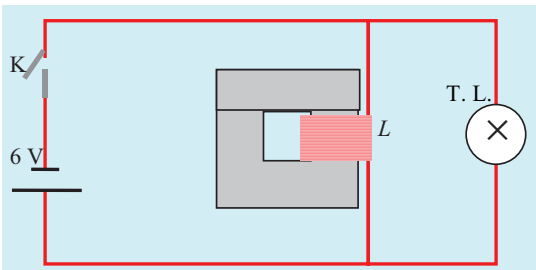


Fig. 1

Teburimi i rymës prej 6 V paralelisht janë lidhur kalemi *L* me numër të madh të mbështjellësve dhe llambë T. L që normal ndriçon në 220 V. Gjatë kyçjes të qarkut, llamba do të ndriçon, pasi është kyçur në burimin prej vetëm 6 V. Por, kyçjes, llamba do të ndriçon.

Cili është sqarimi? Gjatë ndërprerjes së rrymës vjen shpejtë deri te ndryshimi i fluksit magnetik në kalem. Ai ndryshim është shkaku të vet induktohet forca elektromotore e rendit të madhësisë së tensionit të ndezjes së llambës.

Eksperimenti 2. Te burimi me tension të drejtë lidhen paralelisht dy llamba të barabarta (fig. 2). Te dega e llambës së parë S_1 është lidh rezistor me rrëshqitës *R*, kurse te dega me llambën S_2-kalemi me numër të madh të mbështjellëseve dhe bërthamë të hekurit me induktivitet *L*.

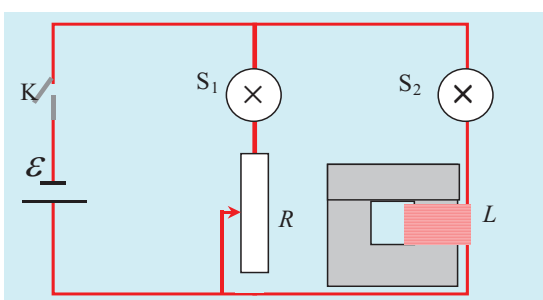


Fig. 2

Me ndryshimin e rezistorit te dega e llambës së parë rregullohen të dy llambat një lloj të ndriçojnë.

Kur me ndihmën e ndërprerësit K kyçet qarku, llamba S_1 menjëherë ndriçon, ndërsa llamba S_2 do të ndriçonme vonesë. Kjo është për shkak të forcës elektromotore vet e indukuar e cila në këtë degë është e madhe. Sa më i madh është koeficienti i vet induksionit aq kohë të arrihet ndriçim normal të kësaj llambe do të jetë më e madhe.

Gjatë çdo kyçje dhe të ndërprerjes së rrymës paraqitet forca elektromotore vet e indukuar. Prandaj, te qarku te i cili ka kalem të kyçur, grafiku i varshmërisë së rrymës te varësia e kohës ka formë të dhënë në fig.3.

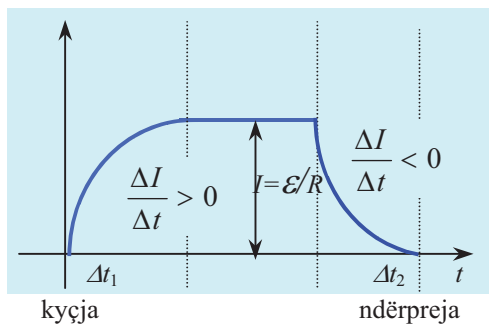


Fig. 3

Gjatë kyçjes së qarkut elektrik, forca e rrymës nuk e arrin menjëherë vlerën që do ta ketë sipas ligjit të Omit $I=\varepsilon/R$, por pas ndonjë kohe Δt_1 që është aq e madhe sa është forca elektromotore vet e indukuar më e madhe.Gjatë ndërprerjes, për periodë kohore Δt_2, rryma gradualisht zvogëlohet deri te vlera zero, pasi atëherë forca elektromotore vet e indukuar është kahëzuar njëjtë si edhe rryma e përhershme.

Induktiviteti

Do ta shfrytëzojmë ligjin për vet induksionin e forcës elektromotore (barazimi 3) që ta sqarojmë madhësinë fizike induktivitetin:

$$\mathcal{E}_s = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Prej formulë shihet se:

Induktiviteti është madhësi fizike e cila është e barabartë me forcën elektromotore të vet induksionit që paraqitet te qarku i rrymës në të cilën rryma e ndryshon shpejtësinë prej një amperi në sekondë.

Induktiviteti është madhësi e mgjashme me kapacitetin elektrik, ai varet prej vetive gjeometrike të përçuesit, prej dimenzioneve dhe formës së tij, por nuk varet prej asaj se nëpër përçuesin a rrjedh rrymë ose jo. Induktiviteti, gjithashtu, varet shumë edhe prej permeabiliotetit magnetik të mjedisit te i cili gjendet përçuesi. Induktiviteti është proporcional me permeabilitetin relativ magnetik të mjedisit të dhënë *k*.

Njësia për induktivitetin në SI është henri, (shenja H). *Ndonjë përçues ka induktivitet prej një henri, nëse kur do të jetë i kyçur në qarkun e rrymës me rrymë të ndryshueshme, gjatë ndryshimit të forcës së rrymës prej një amperi për sekondë, te skajet e përçuesit do të vet indukohet forca elektromotore prej një volti.*

Induktivitet i solenoidit me *N* mbështjellësa, prerje tërthore *S* dhe gjatësi *l*, është dhënë me relacionin:

$$L = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 S}{l} \qquad (5)$$

μ_r është permeabiliteti relativ magnetik i mjedisit të vendosur te solenoidi.

Prej realcionit (5) shihet prej konstantes magnetike μ_0 shprehet me njësin H/m.

Energjia e fushës magnetike

Do të kthehemi te eksperimenti i skicuar në figurën 1. Gjatë realizimit të tij vërejtëmse pas ndërprerjes së qarkut, llamba e lyer, paralele e lidhur me kalemin me induktivitet të madh, ndriçon. Pyetemi: a e ndërprem burimin? Prej ku energjia për ndriçimin e llambës?
Mundet të supozojmë se te kalemi ka ekzistuar energji magnetike ecila ka qenë e akumuluar dhe e cila pas ndërprerjes shpenzohet për ndriçimine llambës.

Treguam, gjithashtu, se gjatë kyçjes rryma është e ndryshueshme, dhe atëherë forca elektromotore e vet induksionit kundërshton rritjen e rrymës. Kjo do të thotë se që të vendoset rryma te kalemi, kurse me të edhe fusha magnetike, duhet të përballohet forca elektromotore e vet induksionit. Nëse madhësia mesatare e forcës elektromotore të vet induktivitetit është ε_s, por nëpër qarkun ka kaluar mbushja *Q*, atëherë puna e cila duhet të kryhet për përballimin e f.e.m. të vet induktivitetit të $Q\ \varepsilon_s$, Ajo punë është shndërruar në energji magnetike në kalem.
Pasi ndryshimet e rrymës gjatë kyçjes dhe ndërprerjes janë paraqitur me varësinë e përbërë (shihe fig. 3) realizimi rigoroz i relacionit të energjisë magnetike nuk është e thjeshtë, pra nekëtu do ta japim atë relacion si të gatshme:

$$W_m = \frac{LI^2}{2} \qquad (6)$$

Energjia e fushës magnetike Wm të qarkut të dhënë është në proporcion të drejtë me induksionin e tij *L* dhe katrorin e rrymës te qarku (I^2).
Gjatë ndërprerjes së qarkut, energjia magnetike shpenzohet për indukimin e f.e.m të vet induksionit që shkakton rrjedhje të rrymës edhe një periodë pas nëdrprejres.

Pasi induktiviteti i kalemëve me bërthama feromagnetike është shumë e madhe, te qarku me elektromagnete, energji të fushës magnetike të atillë është shumë e madhe.
Me dendësi të energjisë magnetike (ngjashëm sikurse në elektrostatikë) nënkuptohet energji të njësi vëllimi prej fushës.

Shembull detyrë

1. Nëse te paraqitja grafikr e forcës së rrymës varësisht prej kohës është e atillë sikurse te fig. 4a, kurse qarku nëpër të cilin rrjedh rrymë është me induktivitet L=1 H, të vizatohet grafiku përkatës i forcës elektromotore të vet induksionit, sikurse dhe të caktohet madhësia e tij.

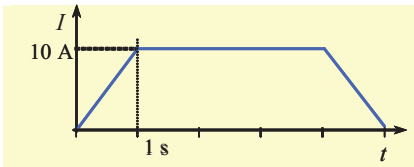


Fig. 4a

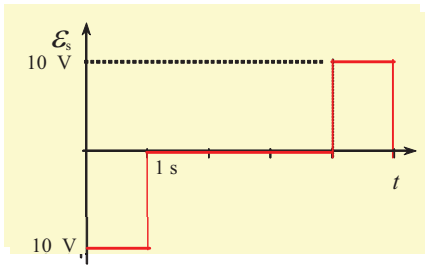


Fig. 4b

Zgjidhje:

$$\mathcal{E}_s = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -L\frac{I_2 - I_1}{\Delta t} = -L\frac{I_2}{\Delta t}$$

Pasi është I_2=10 A, kurse Δt edhe gjatë rritjes dhe zvogëlimit të rrymës është 1 s, për forcën elektromotore të vet indukuar fitohet sipas vlerës absolute madhësia e njëjtë prej 10 V (fig. 4b), por gjatë rritjes ajo është negative, kurse gjatë zvogëlimit rryma-pozitive, njëjtë sikurse rryma. Gjatë kohës kur rrjedh rryma nuk ndryshon forca elektromotre e vet induksionit është zero.

2. Caktoni energjinë e fushës magnetike me N=250 mbështjellësa, nëse gjatësia e tij është 12 m, kurse prerja tërthore është në formë të katrorit me brinjë prej 6 cm, nëse nëpër arë rrjedh rrymë prej 5 A.

Zgjidhje

Kërkohet: Kërkohet: Wm=?

N=250 l=0,12 m

a= 0,06 m I= 5 A

Së pari duhet të vcaktohet induktiviteti i solenoidit.

$$L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

Kur do të futen vlerat numerike, fitohet

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{250^2 \cdot 0{,}06^2}{0{,}12} = 23{,}6 \cdot \mu\text{H}$$

Energjia do të jetë

$$W_m = \frac{LI^2}{2} = \frac{23{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2}{2} = 295 \cdot 10^{-6}\ \text{J}$$

Kur do të futet bërthamë e hekurit, kjo energji do të zmadhohet 100 hwrë, pasi aq herë zmadhohet induktiviteti te kalemi.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si do të sqaroheni, pse gjatë ndërprerjes së shpejtë të ndonjë konsumuesi të rrymës, ndërmjet ndërpresit dhe kyçjes del xixë?
2. Telat te rezistorët mbështjellen në mënyrë bifilare (të dy skajet etelit bashkohet dhe pasteaj së bashku mbështjellen). A e dini pse eleminohet mbështjellja e atillë?

Rezime e vogël

Dukuria e indukimit të f. e.m. te përçuesi nëpër të cilin rrjedh rrymë e ndryshueshme nën ndikimin e ndryshimeve të fluksit magnetik të vet quhet vet *induksion*.

Ligji për f.e.m. vet të indukuar është $\mathcal{E}_s = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$, **ku *L* është induktiviteti i qarkut elektrik ku për shkak të ndryshimeve kohore të forcës së rryma paraqitet fluks i ndryshueshëm magnetik dhe vjen deri te f.e.m. vet e indukuar. Induktiviteti matet me njësi henri (H).*Ndonjë përçues ka induktivitet prej një Henri , nëse do të jetë kyçur rqarku i rryma me rrymë të ndryshueshme, gjatë ndryshimit të forcës së rrymës prej një amper për sekondë, në skajet e përçuesit do të vet indukohet forca elektromotore prej një volti.***

Në histori ndodh deri te zbulimi i njëjtë të vijnë njëkohësisht shumë shkencëtarë.

Përveç Faradeit edhe Henri, të cilët kanë punuar mbi dukuritë e induksionit elektromagnetik dhe vet induksionit, duhet të përmendet se edhe fizikanët tjerë kanë qenë afër aryre zbulimeve të atilla.

Njëri prej më të rëndësishmëve është me siguri **Hajnih Fridrih Emil Lenc** (Heiinrich Friedrich Emil Lenz, 1804-1865) i lindur në Dorpart, Rusi, Estonia e sotshme. Në vitin 1834 Lenci e ka dhënë rregullën e tij për kahen e rrymës së indukuar. Pavarësisht prej Xhul, Lenci e tregoi ekuivalencën ndërmjet punës dhe sasisë së nxehtësisë, por jo rrallë ligji i Xhulit quhet Xhul-Lenc. Edhe rregulla për forcën elektromotore vet të indukuar Lenci e ka dhënë duke u nisur prej ligjit universal për ruajtjen e energjisë.

8.1. RRAMA ALTERNATIVE

Principi i punës së gjeneratorit për rrymën alternatike

Elementet galvanike dhe akumulatorët japin rrymë që rregullisht rrjedh në kahe të njëjtë dhe ka forcë të njëjtë (fig. 1a). Në teknikë, sot, në përdorim të madh është rryma alternaive.Ajo është rrymë kahja e të cilës *dhe madhësia rregullisht ndryshon dhe atë shpesh sipas ligjit të sinusoidës* (fig. 1b).

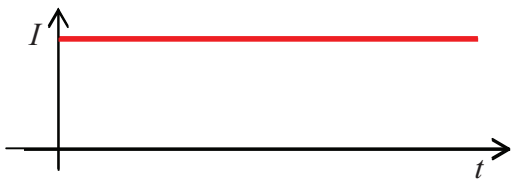


Fig. 1a. Rryma njëkahëshe e përhershme

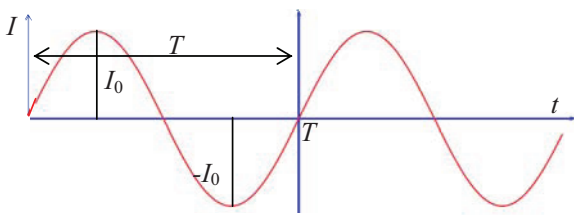


Fig. 1b. Rryma alternative

Induksioni elektromagnetik ka zbatim të madh në shkencë dhe teknikë. Njëra prej më të rëndësishmeve është fitimi i rrymës alternative.

Burimi i FEM i rrymës alternative (shpesh quhet vetëm e ndryshueshme) paraqet gjenerator. Do të japim skemën e principit të gjeneratorit për rrymën alternative. Ai përbëhet prej:

1. Induktor (stator) që paraqet magnet dhe krijon fushë magnetike të përhershme (fig. 2);
2. Kornizë-kalem lëvizës ABCD (rotor) pjesë që rrotullohet me shpejtësi këndore të përhershme në hapësirën ku gjendet fusha magnetike e përhershme; dhe
3. Pjesë kontaktive e furçave nëpërmjet të cilave sillet rryma e indukar.

Në princip kemi kornizë që rrotullohet në fushënmagnetike të përhershme.

Eksperimenti nga fig. 2, tregonse kur me dorë e rrotullojmë kornizën, galvanometri i lidhur nëprmjet furçave tregon oscilim të përhershëm të rrymës.

Kuptohet, te gjeneratori rrotullimi fitohet nëpërmjet turbinave dhe shpejtësia këndore është m e madhe. Por në princip, prova e sqaron në mënyrë skematike gjeneratorin.

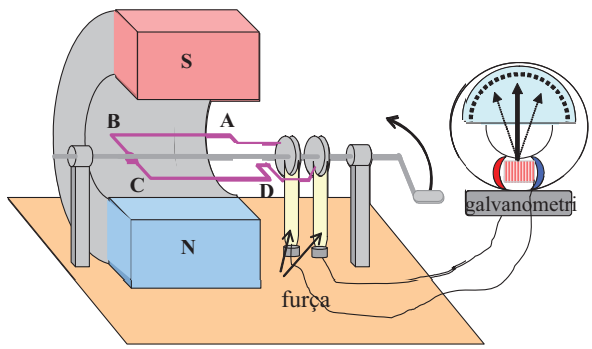


Fig. 2

Nëpër kornizën, e vendosur si te fotografia, ekziston fluks magnetik Φ të dhënë me:

$$\Phi = BS\cos\alpha \qquad (1)$$

ku B është induksioni i fushës magnetik, kurse S është syprinae sipërfaqes të kufizuar me kornizën, kurse α është këndi ndërmjet vjave të forcave të fushës magnetike dhe normales të sipërfaqes ku shtrihet korniza. Pasi vjen deri te rrotullimi i kornizës, ndryshon edhe fluksi magnetik, ku ndryshon këndi ndërmjet normales së kornizës dhe drejtimit dhe kahes së induksionit magnetik, dhe ajo ashtu që, nëse W është shpejtësia këndore e rrotullomit, $\alpha = \omega t$, pra

$$\Phi = BS\cos\omega t \qquad (2)$$

dhe është e qartë se ai është funksion prej kohës t.

Sipas asaj që e dim për induksionin elektromotor, atje ku vjen deri te ndryshimi kohor i fluksit magnetik indukohet forca elektromotore.

Sipas ligjit të Faradeit për induksionin elektromotor indukohet FEM $\mathscr{E}_i$ të dhënë me:

$$\mathscr{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad (3)$$

Kjo do të thotë se duhet ta caktojmë se si është ndryshimi kohor i fluksit magnetik dhe ta zëvendësojmë mekohën për të cilën ajo ka ndodhur. Për këtë qëllim do të shërbehemi me fig. 3. Te figura është dhënë prerja e kornizës të vendosur ndërmjet poleve të magnetit.

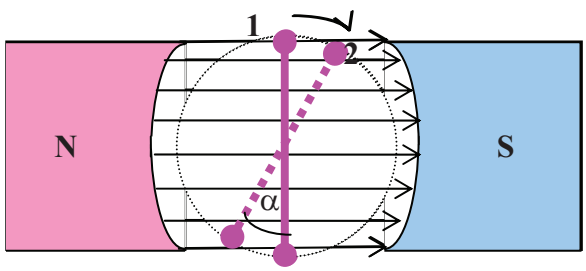


Fig.3. Prerja e kornizës ndërmjet poleve të magnetit

Gajtë rrotullimit lëvizja e përçuesëve AB dhe CD bëhet sipas vijës rrethore me diametër d=AD

(prej fig. 2) dhe me shpejtësi vijore $v = \omega\frac{d}{2}.$

Teoritikisht tregohet se forca elektromotore e indukuar është

$$\mathscr{E}_{i1} = Blv\sin\alpha\ , \qquad (4)$$

ku l është gjatësia e përçuesit AB=CD=l. Këto dy përçues janë aktiv, dhe gjatë rrotullimit të përçuesit vetë te ato indukohet FEM.Pra kështu FEM e përgjithshme eindukuar është dhënë me

$$\mathscr{E}_i = 2\mathscr{E}_{i1} = 2\ \omega\frac{d}{2}lB\sin\alpha = \omega BS\sin\omega t; \qquad (5)$$

pasi edhe $S=dl$.

Madhësia: $\omega B\ S$ është konstante dhe e ka, vlerën e amplitidës maksimale të forcës elektromotore $\mathscr{E}_0$. Faza e FEM është ωt. FEM është funksion oscilatore prej kohës perioda e oscilimi t të të cilit

është $T = \frac{2\pi}{\omega}.$

Nëse në vend të kornizës, rrotori ësht kalem me N mbështjellësa, atëherë

$$\mathscr{E}_0 = NBA\omega \qquad (6)$$

Nse qarku është imbyllur, e dim se FEM e indukuar në realitet është e barabartë me ndryshimin potencial maksimal (tensioni V). (Keni kjdes, te ky kapitull tensioninesh ënojmë me V!)ndërmjet të dy skajeve të burimit, pra do të jetë:

$$V = V_0\sin\omega t \quad ; \quad V_0 = NBA\omega \qquad (7)$$

Shihet se tensioni $V=V(t)$ është funksion sinusoidë prej kohës.

Te gjeneratorët bashkohor të rrymës alternative rryma më fuqi shumë të madhe, induktori është elektromagnet i fuqishëm, dhe ai është rotor. „Korniza“ përbëhet prej numrit të madh të mbështjellsve prej përçuesit të izoluar të vendosur rreth fletëve të ashtu quajtirit çelik. Kështu, kalemi te i cili indukohet rryma është pjesë e palëvizshme e gjeneratorit.

Nëse qarku është i mbyllur dhe në të është lidhur vetëm përçuesi, sikurse në fig. 4, atëherë nëpër qyrkun rrjedh rrymë me të njëjtën varësi sinusoide prej kohës.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_0}{R}\sin\omega t = I_0\sin\omega t\ ; \quad I_0 = \frac{V_0}{R} \qquad (8)$$

Varësia grafike e forcës së rrymës dhe FEM (tensionit) prej kohës janë dhënë në figurën 4. Te figura 5 është dhënë pamja reale e rrymës alternative e fituar prej rrjetit të qytetit.

Sikurse shihet, me rrotullimin e rotorit te fusha magnetike e përhershme fitohet rryma. Domethënë me ndihmën e energjisë mekanike fitohet energjia elektrike. Makinat të cilat e mundësojnë atë quhen ***gjeneratorë ose alternatorë***.

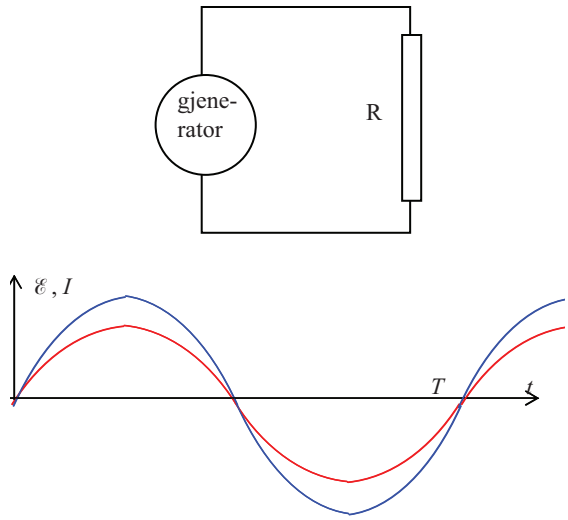


Fig. 4. Nëqark është këkyçur vetëmrezistori i omit. Forca e rrymës dhe tensionit hjnaë në fazë

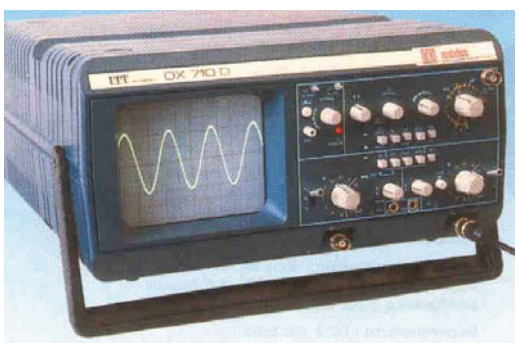


Fig. 5. Fotografia e rrymës sinusoide, e fituar me oscilografit katodik

Gjatë rrotullimit të rotorit te fusha magnetike, te statori fitohet rrymë alternative. Nëse për kohën prej 1 sekonde rotori bën një rrotullim, atëherë forca e rrymës do ta ndryshon madhësinë dhe kahen, kështu që paraqitja grafikr e forcës së saj varësisht prej kohës do të jetë një sinusoidë. Gjeneratori i atillë do të punon me frekuencë prel 1 Hz.Gjeneneratorët e rrymës alternative te rrjeti i jonë i qytetit punon me frekuencë prej 50 Hz (50 rrotullime në sekondë). Në SHBA rryma e qytetit e ka frekuencën 60 Hz.elektrike

Gjeneratorët me makina me të cilët enegjia mekanike shndërrohet në elektrike, kurse te elektromotorët me ndihmën e energjisë elektrike mund të fitohet energjia mekanike. Prej atje pamja e një motori ose gjeneratori është shumë i ngjashëm.

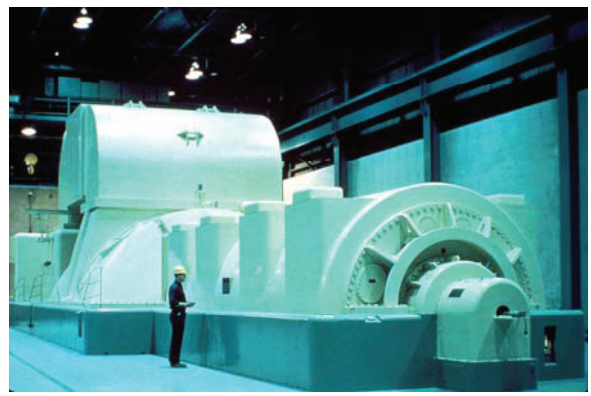


Fig. 6. Fotografia e gjeneratorit për rrymën alternative

Në çdo rest, te të gjitha këto makina vjen deri te shndërrimi i një lloj energjie në tjetër. Te gjeneratorët (fig. 6) duhettë futet energji që të rrotullohet rotori. Ajo bëhet me turbina shumë të ëdhaja të cilat rrotullohen ose me ujë - te hidrocentralet, ose me ndihmën e nxemjes së avullit të ujit nën shtypjen e lartë, por e cila është fituar me djegëjen e lëndëve djegëse (qymyr osenaftë) - te termocentralet. Te centralet atomike, energjia nukleare e përfituar me procese të cilat krijohen me shkatërrimin e bërthamave atomikeshfrytëzohet gjithashtu në nxemjen e sasisë së madhe të avullit të ujit. Avulli i ujit është me shumë i shtypje të lartë, ashtu që energjia etij shndërrohet në mekanike, kurse kjo në elektrike.

Vlerat efektive të rrymës alternativ

Rryma alternative karakterizohet me këto parametra: vlera momentale, efektive dhe maksimale e rrymës ealternativ. Prej kësa që e përmendëm deri më tani është e qartë se çka janë vlerat maksimale (amplituda), si edhe vlera momentale.

Vlera efektve e rrymës alternative nënkuptohet vlera e kësaj rryme të përhershme e cila për të njëjtën kohë nëpër qarkun e njëjtë liron po aq sasi nxehtësi sikurse edhe rryma alternative.

Në kushte kur te qarku i rrymës alternative është kyçur vetëm rezistor i omit, e gjithë energjia e tij e përgjithshme shndërrohet në nxehtësi. Domethënë, atëherë në përgjithësi nuk është e rëndësishme kahja e rrymës. Në këtë kuptim fiqia e nxehtësisë e rrymës alternative mundet të krahasohet me fuqinë e nxehtësisë të rrymës elektrike ekzistuese njëkahëshe e cila për të njëjtin interval të kohës, nëpër qarkun e njëjtë liron po aq sasi të nxehtësisë. Duke pasur llogari për këtë, është tregua se vlera efektive e forcës së rrymës dhe tensionit të rrymës alternative është caktuar me relacionet:

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; \qquad V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}; \qquad (9)$$

ku I_0 dhe V_0 janë vlerat e amplitudës së rrymës dhe tensionit.

Me instrumentet për matje të rrymës alternative zakonisht maten vlerat efektve të rrymës dhe tensionit.

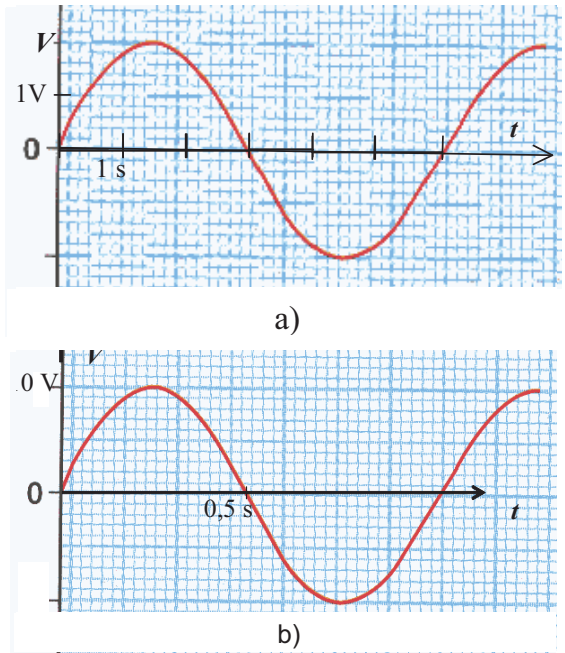


Fig. 8

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Cili prej rotorve më shpejtë rrotullohet, ato në SHBA ose në Evropë?

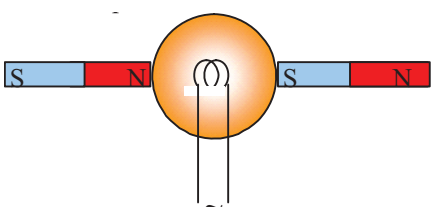


Fig. 7

2. Si do ta sqaroni këtë eksperiment: Kyçim te qarku i rrymës llambë ndriçues të thjeshtë. Për të shikluar më mirë, kyçni te llamba tension më të vogël nga ajo që është shënuar kështu që gjatë të shikuarit në të, drita të mos u pengoi syve. Me kujdes te llamba afrojmë një magnet patkoni të përhershë, ose dy të thuprës (si kurse në figurën 7), ashtu që vijat e forcave magnetike të jenë normal në fijen që ndriçon.

Do të shohim se fija e llambës do të duket si e zgjeruar.

3. Te fig. 8 janë dhënë diagramet për tensionin alternativ të rrymave të fituara me gjanareator të ndryshëm. Caktoni prej grafikonit vlerat e periodave, frekuencave dhe amplitudave të tensioneve.

Rezime e shkurtër

-Dukuria induksioni elektromagnetik zbatim të gjerë ka gjetur gjatë gjenerimit të rrymës alternative sinusoide.

-Rryma sinusoide te e cila FEM, tensioni dhe forca e rrymës janë funksionesinusi prej kohës.

-Gjeneratorët për rrymën alternative janë instrumente te të cilët krijohet shndërrimi i energjisë mekanike në elektrike.

-Vlera efektive e rrymës alternative është e barabartë me madhësinë e kësaj rryme njëkahëshe

8.2. REZISTENCA INDUKTIVE DHE KAPACITETI I OMOT

Rezistenca induktive

Vargu i elementeve prej qarqeve me rrymë alternative, sikurse janë transformatorët, elektromotorëtetj., përveç rezistor aktiv të omit, kanë, gjithashtu, edhe rezstencë aktiv. Domethënë, rryma e ndryshueshme është shkak te qarku të paraqitet FEM e vet induksionit e cila kundërshton ndryshimet e forcës së rrymës, për shkak të cilës paraqitet edhe kjo rezistencë plotësuese. Këtë e konstaton eksperimenti.

Një kalem është lidhur me qarkun e rrymës te i cili mundet të jenë të kyçur burimi i tensionit

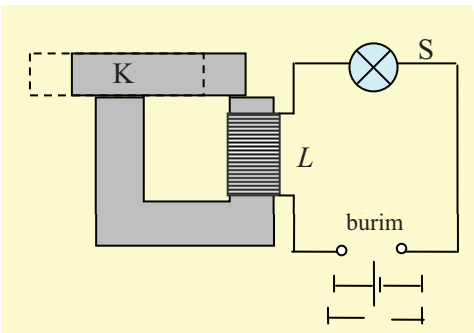


Fig. 1

të drejtë ose alternativ. Kalemi L është vendosur te bërthama prej transformatorit të zbërthyer, me ndimën e të cilt ndryshon induktiviteti i kalemit. Kur te qarku kyçet burimi i rezistencë së drejtë,llamba S një lloj ndriçon, pavarësisht prej asaj se kalemi është tërheq në bërthamë ose jo, ndërsa kur tensioni është alternativ, llamba më pak ndriçon kur zmadhohet induktiviteti i kalemit (gjatë tërheqjes në bërthamë), por mundet edhe krejtësisht tëndalet që të mos ndriçojë kurbërthama do ta mbyllim me spirancën e hekurit K.

Nëse si burim përdoret gjeneratori frekuenca e të cilit mund të ndryshon (RC-gjenerator),tregohet se rezistenca rritet me frekuencën e rrymës alternative.

Çkamund të përfundohet?

Te qarku si rrymë alternative përveç rezistorit të omt, që shpesh quhet edhe aktiv, paraqitet rezistor plotësues R_L, madhësia e të cilit është e barabartë me:

$$R_L = \omega L \qquad (1)$$

dhe quhet *rezistencë induktiv*.Silurse shihet rezistenca induktive nuk është karakteristikë e përçuesit, sikurse ishterasti te rezistenca eomit, por ai varet edhe prej frekuencës së rrymës.

Për shkak të paraqitje së rezstencë së omit te qarku vjen deri te paraqitja e ndryshimit të fazës ndërmjet forcës së rrymës dhe ramjes së tensionit te pjesa ku paraqitet rezistencë induktive. Figura 2 e ilustonatë. Me ngjyrë të kuqe është vizatuar varësiae forcës së rrymës, kurse me të kaltër ramja e tensionit të rezistencës induktive. Me të kaltër të ndërprerë është dhënë varësiae tensionitaktiv-rezistenca e omit.

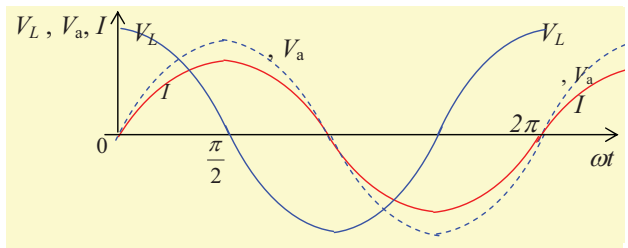


Fig. 2. Dukuria e ndryshimit të fazës ndërmjet forcës së rrymës dhe tensionit te rezistenca e indukuar. Tensioni nxiton për π/2 para rrymës.

Vonesa e rrymës I pas tensionit për π/2 sqarohet me faktin se te kalemi paraqitet FEM eindukuar

$\left(-L\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ madhësia e të cilës është proporcionale

me shpejtësinë e ndryshimit të rrymës. Domethënë në moment kurrryma ka vlerë zero, ndryshimi i tyre

$\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ ka madhësi maksimale, prandaj edhe FEM

e vet induksionit është maksimale, ndëra në rastin kur rryma ka vlerë maksimale FEM e vet induksionit është e barabartë me 90^0 (π/2). Por pasi, sipas rregullës së Lencit FEM e vet induksioit ka shenjë të kundërt me V_L, atëherë në lidhje me këtë tension, forca e rrymës vonohet në fazë për 90^0.

Paraqitja fazore

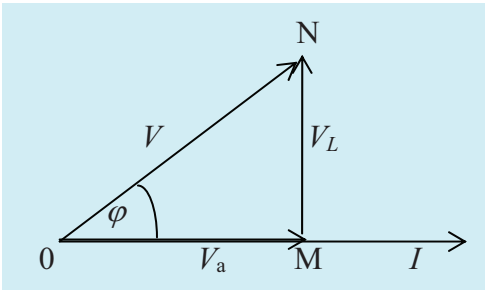


Fig. 3

Te figura3është dhënë digagram vektorial përqarkune këtillë. Mevektor janë paraqitur: forca e rryymës,-vektori themelor bartës, pasi ajo është i barabartë me gjithë qarkun dhe komponenten aktive të ramjes së tensionit, V_a dhe V_L, Nëse komponenta aktive e tensionit $V_a=IR$ puthitet, sipas kahes dhe drejtimit të tij,-me kahen e fazorit të forcës së rrymës *I*. Komponenta induktive V_L nxitonte faza për 90^0 para forcës së rrymës. Shuma vektoriale e atyre dy komponenteve e jep vektorin e tensionit *V,* i cili me forcën e rrymës formon kënd φ që paraqet ndryshim fazor ndërmjet forcës së rrymës dhe tensionit. Gjatë radhitjes së këtyre dy vektorëve fitohet trekëndëshi OMN i cili quhet *trekëndëshi itensionit*. Prej tij vijon kjo lidhje:

$$V_a = V\cos\varphi \;; \quad V_L = V\sin\varphi; \quad \tan\varphi = \frac{V_L}{V_a} \qquad (2)$$

Prej atij trekëndëshi vijon :

$$V^2 = R^2 I^2 + (\omega L)^2 I^2 \quad ;\Rightarrow$$
$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = \frac{V}{z} \qquad (3)$$

Relacioniifundit e jep ligjin e Omit për këtëqark. Në atë z është shënuar rezistenca e përgjithshme për qarkun e dhënë të barabartë me

$$\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}\ .$$

Nëse të gjithëtensionet pjesëtohen me forcën e rrymës,mund të fitohet **trekëndëshi i reziatencës** (fig. 4). Prej tij shihet se:

$$\tan\varphi = \frac{\omega L}{R}. \qquad (4)$$

Ndryshimifazor ndërmjet rrymës dhe tensionit qëndrojnë ndërmjet rezistencës së induktuar dhe rezistencës aktive të omit.

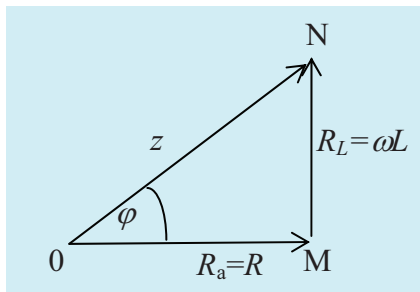


Fig. 4. Trekëndshi i rezstencës

Rezistenca që është shkaku për krijimin e ndryshimit fazor ndërmjet forcës së rrymës dhe tensionit e quajmë *rezistencës reaktiv*. Është e qartë se rezistenca induktive është reaktiv.

Rezistena e kapacitetiti

Nëse formojmë qark të rrymës prej kondenzatorit de ampermetrit *fig. 5) dhe atë e kyçim në burim të tensionit të drejtë, do të bidemi se rryma nuk do të rrjedh. Kondenzatori për rrymën e drejtë të përhershme paraqet rezistor të pafundshëm.

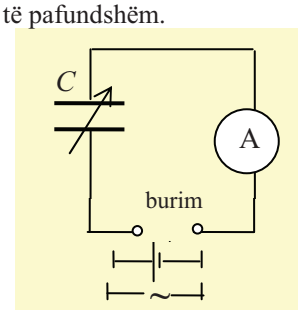


Fig. 5

Megjithatë, nëse kondenzatori kyçet në burimine tensionit alternativ, ampermetri do tëmënjanohet.Me zmadhimin e kapacitetit të kondenzatorit, rryma rritet. Rryma nëpër kondenzatorin, për dallim të rrymës nëpër përçues, që është rezultat i

i përçueshmërisë, nuk është me natyrë të njëjtë. Madhësia e tij varet prej shpejtësisë së ndryshimit të fushës elektrike të krijuar ndërmjet mbështjellësve të kondenzatorëve, por, kjo varet prej shpejtësisë me të cilën vjen deri te ndryshimi i mbushjeve Q të vet mbështjellësve:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad (5)$$

rryma e tillë do të jetë edhe në vakum. Këtë rrymë e quajmë **rrymë lëvizëse**. Me eksperiment të skicuar në fig. 6 mund të tregohet se në cilindo rast kurse ndodh ndryshimi i tensionit te mbësh tjellësit e kondenzatorëve, nëpër qark rrjedh rrymë. Nëse atë ndryshim të tensionit e bëjmë me atë që e lëvizim rrëshqitësine potenciometrit R_p, deri sa vjen te ndryshimi i tensionit do të ketë edhe mënjanim te galvanometrii. Sa është ndryshimi i tensionit i shpejtë, aq është më i madh mënjanimi i galvanometrit.

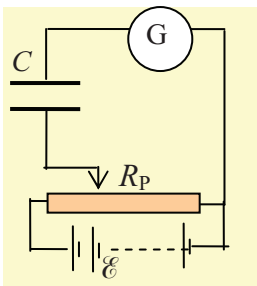


Fig. 6

Do të kthehemi përsëri te relacioni (8.2.5). Nëse te mbështjellësat e kondenzatorëve ndryshon mbushja,atëherë duke pasurparasysh që mbushja është $Q=CV$, kurse kapaciteti i kondenzatorit C nuk ndryshon, ajo qëndryshon është tensioni, domethënë:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad ; \quad I = C\frac{\Delta V}{\Delta t} \qquad (6)$$

Nëse te mbështjellësat është sjellë tension që ndryshon sipas sinusoidës:

$$V_c = V_0 \sin\omega t \qquad (7)$$

atëherë edhe forca e rrymës, të dhënë me (6), gjithashtu do të ndryshon sipas sinusoidës, por ndërmjet tensionit dhe rrymës do të ekziston ndryshimfazor.

Te rryma e ndryshueshme mekondenzator të lidhur krijohet ndryshimi i fazës ndërmjet tensionit dhe forcës së rrymës. Ai ndryshim i fazës njëjtë është 90^0 ($\pi/2$) por, këtu *forca e rrymës nxiton para tensionit*. Tensioni i kapacitetit vonohet pas rrymës për $\pi/2$.

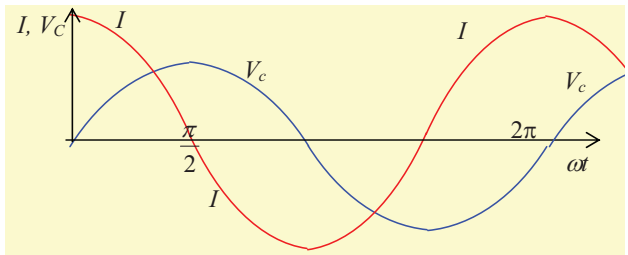


Fig. 7

Grafikonët e forcës së rrymës dhe tensioni për këtë rast janë dhënë te fig. 7, kurse te fig. 8 është dhënë diagrami përkatës vektorial.

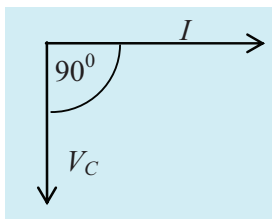


Fig. 8

Ndryshimi i fazës ndërmjet tensionit dhe forcës së rrymës sqarohet në këtë mënyrë: kur tensioni te mbështjellësit e kondenzatorëve e ndryshojnë kahen, d.m.th., kalon nëpër zeron, vjen deri te krijimi i rramës lëvizëse më të madhe.

Tregohet se roli i **rezistencës së kapacitetit** R_c e luan madhësinë

$$R_C = \frac{1}{\omega C} \qquad (8)$$

Sikurse shihet edhe rezistenca e kapacitetit është lloj i *rezistencës reaktive*. Edhe ai shkakton krijimin e ndryshimit të fazës ndërmjet tensionitdhe forcës së rrymës.

Nëse te qarku, përveç rezistencës së kapacitetit, është kaçur edhe rezistor aktiv dhe i omit, për këtë shkak që atëherë do të ekzistojnë dy komponente të tensionit, të cilët janë në zhvendosje fazore, rezistenca e përgjithshme është e barabartë me

$$z = \sqrt{R^2 + R_C^2} \ .$$

8.3. LIDHJA NË SERI E REZISTENCË SË OMIT. INDUKTIV DHE TË KAPACITETIT. LIGJI I OMIT PËR RRYMËN ALTERNATIVE

Lidhja nëseri e të tre lojeve të rezistorëve. Ligji i Omit

Të shqyrtojmë qark të rrymës te e cila janë kyçur të tre llojet e rezistorëve (fig. 1).

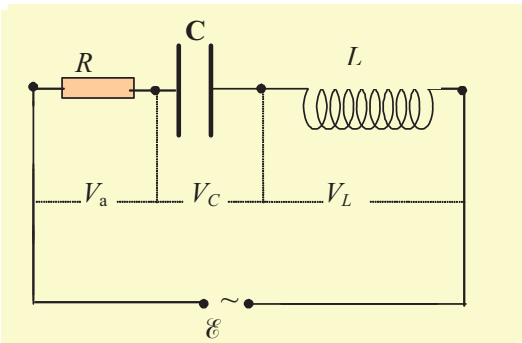


Fig. 1

Këtu forca e rrymës nëpër të tre llojet e rezistorëve është e barabartë dhe është dhënë mr:

$$I = I_0 \sin\omega t \qquad (1)$$

Ranjet e tensioneve në pjesët e veçanta të qarkut janë:

$$V_a = IR; \quad V_C = IR_C = \frac{I}{\omega C} \quad \text{dhe}$$

$$V_L = IR_L = I\omega L. \qquad (2)$$

Tensioni, i sjellur te skajet e të tre elementeve është i barabartë me shumën e ramjeve të tensioneve në formën vektoriale, për shkak të ekzistimit të ndryshimit fazor ndërmjet V_L dhe V_C nëlidhje me V_a, ashtu që mund të shkruhet:

$$\vec{V} = \vec{V}_a + \vec{V}_C + \vec{V}_L \qquad (3)$$

(ke kujdes, tensionet janë skalar, këtu vjenparasysh mbledhja e fazërëve të tyre të cilët paraqesin madhësi vektoriale te diagrami vektorial).

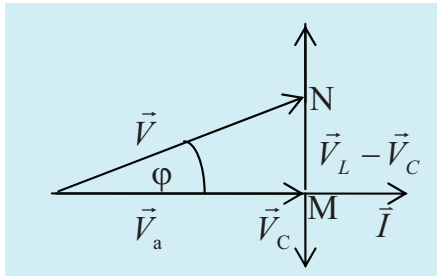


Fig. 2

Te figura 8.3.2. është dhënë diagrami vektorial (*trekëndëshi i rezistencës*) për këtë qark. Te ai si vektor themelor është marrë fazori i forcës së rrymës, pasi ajo është e njëjtë për të gjithë pjesët e qarut V_L është sipas madhësisë më i madh se V_C, që nuk është patjetër gjithmonë rast i këtillë.
Prej trekëndëshit të tensionit OMN fitohet

$$V^2 = V_a^2 + (V_L - V_C)^2 = R^2 I^2 + I^2 \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2$$

ose

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2}} = \frac{V}{z} \qquad (3)$$

Kjo shprehje paraqet ligjin e Omit për rrymën alternative, ku emëruesi z quhet impedanca dhe është e barabartë me:

$$z = \sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2} \qquad (4)$$

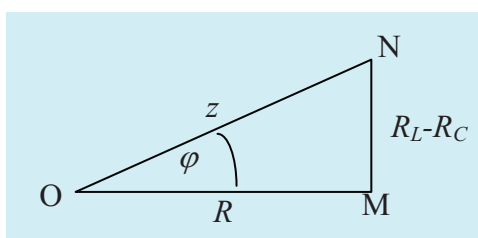


Fig. 3

Te fig. 3 është dhënë *trekëndëshi i tensionit*,prej ku edhe fitohet relacioni për impedancën.
Në rastin kur rezistenca e kapacitetit është më i madh se rezistenca e tensionit, ndryshimi fazor ndërmjet rrymës dhe tensionit φ është negativ.
Prej figurë shihet se për ndryshimi e fazës vlejë relacionet:

$$\cos\varphi = \frac{R}{z} \quad ; \quad \sin\varphi = \frac{R_L - R_C}{z} \quad ;$$

$$\tan\varphi = \frac{R_L - R_C}{R}$$

Rezonanca e tensionit

Nëse ekziston mundësi të ndryshon rezistenca induktive dhe e kapacitetit, dhe nëse mundemi ta rregullojmë, ato të jenë të barabarta, domethën:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \tag{6}$$

domethënë, rezistenca reaktive tëjetë e barabartë me zero, sipas relacionit (3) nëpër qark rrjedh rrymë maksimale. Dukurinë e quajmë **rezonancës e tensionit**.
Kjo dukuri mund të demostrohet kështu, që te qarku sikurse te fig. 8.3.1 janë kyçur kondenzatori kapaciteti i të cilitndryshon, kurse induktiviteti i kalemit e ndryshojmë me futjen osenxjerrjen e kalemit te bërthama e kondenzatorit të zbërthyeshëm. Nëse në vend të rezistorit në qark është kyçur llambë, në kushte kur rezistorët reaktivë do të barazohen, llamba do të ndriçon maksimalisht.
Nëse te qarku me rrymë alternative janë kyçur më shumë rezistor të omit, më shumë rezistor të kapacitetit, dhe më shumë rezistor induktiv, çdo lloj në veçanti duhet të mblidhet pra pastaj të përdoret relacioni për ligjin e Omit për rrymën alternative, përkatësisht të vizatohet diagrami vektorial.

Pyertje, detra, aktivitete

1. Skajet e një kalemi që ka induktivitet të madh, janë kyçur së pari të tensionit njëkahësh të përhershëm, kurse pastaj të tensionit alternativ.

Nëse vlera efketive e tensionit alternativ është i barabartë me tensioninalternativ, a do të jenë të barabartë edhe forcat e rrymave?
2. Si është ndryshimi ndërmjet rezistencës aktive dhe reaktive?
3. Prej çka varet ndryshimi fazor ndërmjet tensionit dhe forcës së rrymës?
4. Nën cilin kusht ndryshimifazor ndërmjet tensionit të skajeve të qarkut dhe rrymës është e barabartë me zero:
5. Nën cilin kusht te rasti i lidhjes në seri ndërmjet rezistorit të omit, rezistenca e kapacitetit dhe indukativ, rryma do të varet vetëm prej madhësisë së rezistencës së omit?
6. Çka është rezonanca e tensionit?

Rezime e shkurtër

Te rrama alternative për veç rezistencës së omit (R), ekziston edhe rezistencë indukative (R_L=ωL) dhe rezistenca e kapacitetit (R_C=1/ωL).
Ekzistimi i rezistencës indukative dhe t kapacitetit shkakton ndryshim fazor (φ) ndërmjet forcës së rrymës dhe tensionit te qarku prandaj ato rezistenca quhen rezistenca reaktive.
Nëse te qarku është kxçur vetëm rezistoru indukativ, ai shkakton shpejtim të tensionit të tensionit π/2 para forcës së rrymës, por nëse është kyçur vetëm rezistori i kapacitetit ai shkakton vonesë të tensionit për π/2 në lidhje me forcën e rrymës.
Impendenca (z) është rezistenca e përgjithshme te lidhja në seri e tre llojeve të rezistorëve, të dhë

në me relacionin $z = \sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2}$.

Për lidhjet në seri të rezistorëve vlen ligji i Omit për rrymën alternative, sipas të cilit forca e rrymës (I) është dhënë me:

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2}} = \frac{V}{z}$$

Kur në seri janë lidhur të tre llojet e rezistorëve,

dhe është rregulluar: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, ***nëpër qarkun rr***

jedh rrymë maksimale. Ka ndodhur rezonanca e tensionit.

8.4. PUNA DHE FUQIA E RRYMËS ALTERNATIVE

Kur nëpër ndonjë qark rrjedh rrymë alternative te përçuesit e qarkut lirohet nxehtësi. Kjo do të thotë se rryma alternative, njëjtë sikurse edhe njëkahëshe e përhershme, kryen pun. Pasi tensioni dhe forca e rrymës alternative vazhdimisht ndryshon gjatë kohës dallojmë: *fuqi momentale, maksimale dhe efektive* të rrymës alternative.

Qarku me rezisencë të omit

Nëse te qarku është kyçur vetëm rezisori aktiv (i omit), përkatësisht induktiviteti i vogl i papërfillshëm, por nuk është kyçur kondenzator, vlera momentale e fuqisë, sipas ligjit të Xhul-Lencit është:

$$P(t) = I \cdot V = I_0 V_0 \sin^2 \omega t = P_0 \sin^2 \omega t \qquad (1)$$

dhe është fituar ashtu që janë shumëzuar vlerat momentale të forcës së rrymës dhe tensionit

$$(V = V_0 \sin \omega t \text{ dhe } I = I_0 \sin \omega t).$$

Fuqia momentale ndryshon prej vlerës 0 pra deri $P_0 = I_0 V_0$-vlera maksimale dhe gjizhmonë është pozitive, pasi:

$$\sin^2 \omega t > 0.$$

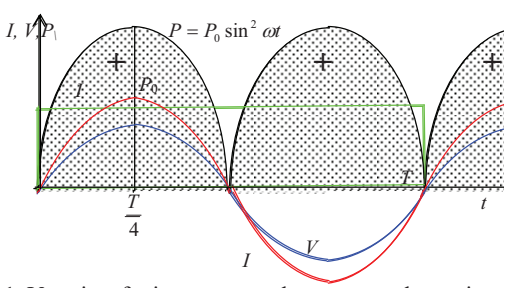


Fig. 1. Varësia e fuqisë momenttale e rrymës alternative prej kohës, kur nuk ekziston ndryshimi i fazës

Varësia grafikr r fuqisë momentalr prej kohës (fig. 1), në këtë rast kur nuk ekziston asnjë rezistencë reaktiv, pra as ndryshimi fazor ndërmjet rrymës dhe tensionit, e ilustrojmë atë fuqi pozitive.

Puna e rrymës elektrike numerikisht është e barabartë me syprinën e sipërfaqes së hijezuar. Nga ana tjetër, mund të tregohet se ajo syprinë për kohën prej një periode T është e barabartë edhe me syprinën e drejtkëndëshit, të shënuar me tehe të gjelbra, por brinjët e të cilit janë perioda T dhe $P_0/2$, domethënë:

$$\frac{P_0}{2} T = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_0}{\sqrt{2}} T = I_{ef} \cdot V_{ef} T \qquad (2)$$

Nëse barazimi thjeshtohet me T, fitohet se në këtë rast fuqia e rrymës alternative është e barabartë me prodhimin e vlerave të efekteve të tensionit dhe rrymës:

$$P = I_{ef} \cdot V_{ef}. \qquad (3)$$

Qarku me rezistencë reaktiv

Shprehja (3) për fuqinë e rrymës alternative nuk vlen për rastin kurte qarku është kyçur rezistori indukativ dhe i kapacitetit. Atëherë ndërmjet tensionit dhe rrymës ekziston ndryshim fazor j dhe janë dhënë me

$$V = V_0 \sin \omega t \quad \text{dhe} \quad I = I_0 \sin(\omega t - \varphi) \qquad (5)$$

Fuqia momentale është atëherë e dhënë me:

$$P(t) = I \cdot V = I_0 V_0 \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi) =$$
$$= \frac{I_0 V_0}{2} [\cos \varphi - \cos(2\omega t + \varphi)]$$

përkatësisht

$$P(t) = I_{ef} V_{ef} \cos \varphi - I_{ef} V_{ef} \cos(2\omega t + \varphi)$$

Sikurse shihet vlera momentalee fuqisë përbëhet prej dy komponenteve. E para është konstante dhe nuk varet prejkohës. Ajo komponentë quhet **fuqia aktive**. Komponenta edytë e fuqisë momentale ndryshon me frekuencë të dyfishtë dhe mund të jetë pozitive ashtu që edhe negative.

Oscilimi i fuqisë te qarku duhet të kuptohet në këtë mënyrë: te qarku që përmban rezistencë induktiv, e katërta e parë e periodës T, kur rryma zmadhohet, fusha magnetike rritet dhe pjesë e energjisë të burimit shndërrohet në energji të fushës magnetike në qark. Në momentin $t=T/4$ enegjia e fushës magnetike Um e ka vlerën e tijmaksimale. Kahja e

vlerës maksimale. Kahja e këtillë e bartjes së energjisë llogaritet për pozitive, kurse fuqia momentale që e karakterizon shpejtësinë e bartjes së energjisë, do të jetë pozitive.

Te gjysma e dytë e e periodës së katërtë, kur rryma zvogëlohet, prej vlerës maksimale në zero, energjia e fushës magnetike prej qarkut kthehet te burimi, që llogaritet për kahe negative të bartjes së enegjisë, pra prej atje edhe fuqia momentale negative. Kjo do të thotë se për një gjysmë prej periodës së rrymës, energjia kryen një cikël të plotë të shndërrimeve, d.m.th., gjithë oscilimin,që i përgjigjet frekuencës së dyfushtë të fuqisë momentale.

Proces krejtësisht analog nëse te qarku është kyçur rezistor i kapacitetit, vetëm që atëherë energjia e burimit për kohën prej (1/4) *T* shpenzohet për krijimin e energjisë maksimale të fushës elektrike.

Prej kësaj që u tha mund të përfundohet se komponenta e dytë e fuqisë varet prej rezistencës reaktive te qarku, dhe prandaj quhet **fuqia reaktive**. Fuqinë reaktive e karakterizon shpejtësia e procesit reverzibil të shkëmbimit të energjisë ndërmjet burimit të FEM dhe ndryshimit të fushës magnetike ose elektrike. Fuqia aktive e përcakton shpejtësinë e krijimit të energjisë elektrike në lloje tjera të energjisë (e brendshme-të nxehtësisë, tëdritës, mekanike ose kimike).

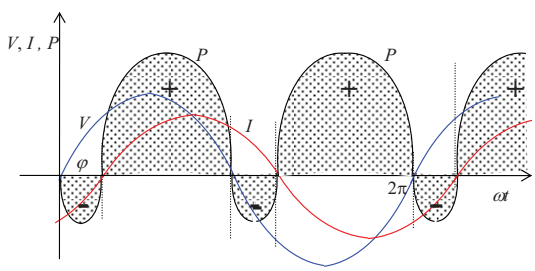


Fig. 2. Varësia e fuqisë e rrymës alternative prej ω*t,* kur nuk në qark ekziston ndryshim i fazës ndërmjet tensiont dhe rrymës

Varësia grafike e fuqisë momentale gjatë ekzistimit të rezistencës reaktive është dhënë në fig. 2.

Prej barazimit (5) si prej figurës 2 është e qartë sa është më i vogël ndryshimi fazor ndërmjet tensionit dhe rrymës, d.m.th., sa më i vogël është tensioni reaktiv, aq më e vogl është fuqia reaktive.

Te rasti jo real i rastit ideal, kur te qarku ekzistonvetëm rezistencë reaktiv për shembull, induktiv, $\varphi=90^0$, barazmi (5) kalon në:

$$P(t) = I_{\text{ef}} V_{\text{ef}} \cos\left(2\omega t + 90^0\right), \qquad (6)$$

pra varësia e fuqisë momentale është dhnë në fig. 1.

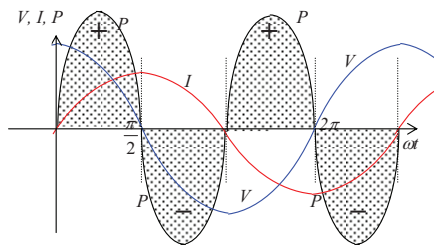


Fig. 3. Fuqia e rrymës alternative gjatë $\varphi=\pi/2$

Te grafikoni shihet se sa ka fuqi pozitive, aq ka edhe negative.

Nuk ka fuqi e cila do të jetë e shfrytëzuar.

Fuqia e mesme, maksimale dhe reaktive e rrymës alternative

Nëpërmjet shprehjes për fuqinë momentale të rrymës alternative (relacioni 8.4.) mund të njehsohet fuqia mesatare, dhe atë për një periodë prej oscilimit të rrymës, pra njehsimet teorike tregojnë se:

$$P_{ef} = I_{ef} V_{ef} \cos\varphi \qquad (7)$$

Vërejmë se fuqia mesatare për një periodë është e barabartë, në realitet, të fuqisë aktive. Fuqia aktive matet me volt, si edhe njësi më të madhaja se vat, megavat, gigavat etj. Është e zakonshme se me fuqi të vlerës alternative ta nënkuptojmë këtë

fuqi aktive. Sikurse që vërehet, kjo fuqi, përveç prej madhësive të tensionit dhe fuqisë së rrymës, varet edhe prej ndryshimit të fazës ndërmjet tensionit dhe forcës së rrymës, më saktë prej (cos φ). Ky faktor shpesh quhet ***koeficienti i fuqisë***.

Në elektroteknikë, sipas analogjisë së rrymës së drejtë, futet edhe kuptimi për *fuqi të përgjithshme* (maksimale) *S* të rrymës alternative, baraz me me prodhimin e efekteve të vlerave të tensionit dhe forcës së rrymës.

$$S = V_{ef} I_{ef} \qquad (8)$$

Po ashtu indekset nuk shkruhen, pra është $S = VI$.

Për dallim prej fuqisë aktive, kjo fuqi matet në njësi volt-amper (VA). Koeficienti i fuqisë tregon cila pjesë e fuqisë së përgjithshme është aktive. Sa është në qark më i madh rezistenca reaktive, aq është cos φ më i vogël, dhe më e vogël është fuqia aktive.

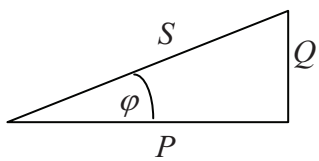


Fig. 4. Diagrami vektoria i fuqisë

Zmadhimi i rezistencës reaktive, domethënë zmadjimi i fuqisë reaktive *Q*. Kjo do të thotë te diagrami vektorial i fuqisë (fig. 4), komponenta e dytë është *fuqia reaktive* të dhënë me

$$Q = V_{ef} I_{ef} \sin \varphi \qquad (9)$$

Prej diagranit është e qartë se $S^2 = P^2 + Q^2$.

Fuqia reaktive matet me njësi var.

Për matjen e fuqisë aktive ekzistojnë instrumente vatmerë. Fuqia maksimale matet si prodhim prej rrymës së matur dhe tensionite rryma alternative. Koeficienti i fuqisë (cos φ) është me rëndësi të madhe praktike, te të gjitha makinat elektrike dhe instrumente (veçanërsisht te elektromotët) tentohetai të ketë vlerë më të madhe, me të cilën zmadjohet koeficienti i veprimit të dobishëm te makinat.

Shembull detyrë

Te qarku me tension 220 V dhe frekuencë 50 Hz është kyçur kalem me induktivitet L=0,127 H dhe rezistor me rezistencë R=30 Ω, Caktoni rezistencën aktive, impedancën, komponentën aktive dhe reaktive të tensionit, si edhe fuqin aktive dhe reaktive.

Është dhënë: V=220 V; f= 50 Hz; L= 0,127 H; R = 30 Ω

Zgjidhje:

$R_L = \omega L = 2\,\pi \cdot 50 \cdot 0{,}127 = 39{,}87\ \Omega$

$z = \sqrt{R^2 + R_L^2} = \sqrt{900 + 1689{,}61} \approx 50\Omega\,;$

$I = \frac{V}{z} = 4{,}4\ \text{A};\ V_a = RI = 132\ \text{V};\ V_L = \omega LI = 175{,}42\ \text{V}$

$S = IV = 968$ V A; $P = IV \cos\varphi = 968 \cdot 0{,}6$ pasi

$\cos\varphi = P/z = 30/50 = 0{,}6;$

$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 774{,}4$ var

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Nën cilin kusht mundet energjia elektrike, e cila te qarku me rrymë alternative shndërrohet në nxehtësi, të jetë e barabartë me zero?
2. Çka mendoni, fuqia aktive a është më e madhe në kushte të rezonancës së tensionit?

Rezime e shkurtër

Te rryma alternative dallojmë fuqi momentale, maksimale dhe mesatare.

Fuqia momentale e rrymës alternative varet prej asaj se çfarë rezistence është kyçur në qark.

Nëse te qarku është kyçur vetëm rezistori i omit, fuqia momentale fitohet si prodhim prej vlerave efektove të tensionit dhe rrymës. Ajo gjithmonë është pozitive dhe ndryshon prej vlerës 0 deri te vlera maksimale, e fituar si prodhim prej vlera të amplitudës së tensionit të rrymës.

Nëse te qarku është kyçur edhe rezistori reaktiv, furia është aktive dhe reaktive.

Fuqia mesatare është e barabartë me aktive dhe është dhënë me:

$$P_{ef} = I_{ef} V_{ef} \cos\varphi.$$

8.5. TRANSFORMATORI

Induksioni elektromagnetik ka gjetur zbatim edhe te instrumentet që shërbejnë për shndërrimin e tensioneve të larta në rrymë alternative në të ulët, ose anasjelltas, prej të zltave dh të larta.
Ato instrumente quhen ***transformatorë*** (fig. 1). Pse është e nevoshme transformacion i këtillë dhe si janë ndërtuar këto instrumente?

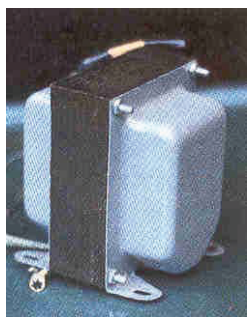


Fig. 1. Transformatori

Energjia elektrike duhet të bartet në largësi të mëdhaja prej centraleve elektrike deri te shtëpitë ose fabriave. Te jo shtë përparësi e saj themelore në lidhje me llojet e energjive tjera. Por, gjatë bartjes së rrymës një pjesë e saj „humbet“ për shkak të nxemjes të përçuesëve.

Humbja e energjisë për nxemjen e përçuesëve, me kohën *t*, është dhënë me relacionin për nxehtësinë e Xhulit *W*:

$$W = I_2Rt$$

Nxemja e përçuesëve është aq më e madhe sa janë më të mëdhaja rezistenca e përçuesit *R* dhe forcës së rrymës *I* që rrjedh nëpër të. Domethënë. që të zvogëlohet nxemja, duhet të zvogëlohen rezistenca ose forca e rrymës. Rezistenca mund të zvogëlohet me zmadhimin e prerjes tërthore të përçuesit. Por,ajo është e shtrenjtë, por është e mundshme vetëm në largësi të vogla: përçuesët e atillë do të jenë me masë të madhe. Kështu kjo rrugë e zvogëlimit të humbjes së energjisë elektrike në largësi të mëdhaja shkohet nga zvogëlimi, i forcës së rrymës elektrike. Por, gjatë bartjes duhet të ruhet fuqia (kujtohuni $P=VI$). Kjo do të thotë se, që të zvogëlohet rryma, duhet të zmadhohet tensioni.dhe tensionit.

Shembull. Një fuqi e njëjtë prej 1000 W mund të fitohet nëse merret tension prej 20 V dhe forcë e rrymës prej 50 A, ose tension prej 2000 V dhe forcë të rrymës prej 0,5 A. Por, duke pasur parasysh relacionin për lirmin e nxehtësisë, për të njëjtin shembull, te rasti i ytë kurrryma është 100 herë më e dobët, humbjet e energjisë për të njëjtën kohë dhe përçues i njëjtë janë 10 000 herë më të vogla.
Në teknikë gjatë bartjes së rrymës shfrytëzohen shumë tensione të larta prej 3300 V pra edhe deri 400 000 V. Sa më të gjata janë aq duhet të jenë tensionet më të larta.

Nga ana tjetër, tensionet e atilla të larta janë të rrezikshme për jetë. Gjithashtu, të gjitha instrumentet e rëndësishme teknike që i shfrytëzojmë punojnë me tensione shumë të vogla. Domethënë, rrymat e e tensionit të lartë duhet të transformohen në tension më të ulët (fig. 2).
Ndonjë herë te i njëjtë instrument është e nevojshme të shfrytëzohen tensione të ndryshme. Tetelevizori, për shembull, për dhënëjen e gypit elektronik është i nevojshëm tension më i ulët prej tensionit të përforcuesit të tij. Prandaj është e nevojshme transformimi i tensionit, kurse me të edhe transformimi i rrymës.

Fig. 2. Transformatorët genden në afërsi të shtëpijave tona. Ato rrymën e dobët me tension të lartë e shndërroj në në rrymë të fortë me tension të ukët.

Transformatori punon nëprincipin e induksionit elektromagnetik. Ai përbëhet prej dy qarqeve-primar- (hyrës) që është e lidhur me konsumatorin. Qarku primardhe sekundar janë mbështjellë në bërthamën e hekurit të përbashkët (shihe figurën 3). Bërthama për

bëhet prej shumë pllakave të hekurit të hollë, të ngjitur ndëmjet veti me izolator. Kështu i largohemi indukimit të rrymave shakullore te hekuri, që vetëm do ta nxen bërthamën e transformatorit me të cilën do të humbet energjia.

Kur qarku primar do të kyçet te burimi i tensionit alternativ, nëpër qarkun rrjedh rrymë me ndryshim sinusoidë të madhësisë. Për shkak të karakterit ndryshues te bërthama krijohet fusha magnetike e ndryshueshme. Kjo fushë magnetike e ndryshueshme është shkaku për indukimin e tensionit alternativ te qarku sekundar (fig. 3).

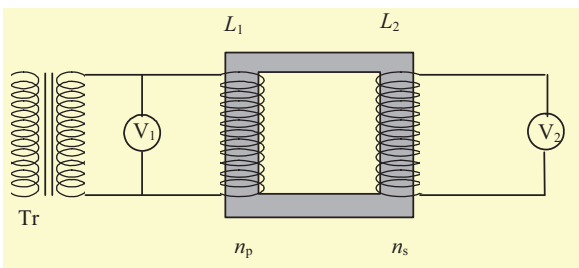


Fig. 3

Raporti ndërmjet tensionit te qarku primar V_p dhe tensionit te qarku sekundar V_s është i barabartë me raportin ndërmjet numrit të mbështjellësve n_1 të kalemit primar dhe numrit të mbështjellëve të kalemit sekundar n_2:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{n_p}{n_s} \qquad (1)$$

Nga ana tjetër, pasi mund tëllogaritet se fuqia e primarit është $P_p = I_p V_p$ është e barabartë me fuqinë e sekundarit $P_s = I_s V_s$ (nëse nuk përfillen humbjet e energjisë), për transformatorët do të vlejnë këto barazime:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{n_p}{n_s}; \qquad I_p V_p = I_s V_s$$

vijon

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}; \qquad \frac{I_p}{I_s} = \frac{n_s}{n_p} \qquad (.2)$$

Kjo do të thotë, nëse numri i mbështjellësve te primari është më i vogël prej numrit të mbështjellësve te sekundari, tensioni te primari transformohet në tensionmë të lartë ($n_p < n_s$ dhe $V_p < V_s$) por atëherë forca e rrymës te primari do të jetë më e fortë se rryma te sekundari $I_p > I_s$. E mudshme është edhe anasjelltas, tensioni me transformatorin të zvogëlohet, kurse forca e rrymës të zmadhohet. Kjo bëhet te transformatori te i cili $n_p > n_s$.

Transformimi i rrymës është shfrytëzuar te disa instrumente, sikurse janë instrumentet për saldim. Na do ta demostrojmë me provën të dhënë te fig. 6

Primari te transformatori i zbërthyeshëm lidhet me burim të rrymës alternative (regler transformator) . Si sekundar i transformatorit është ven- dosur vetëm në një metal i hollë që është vënë

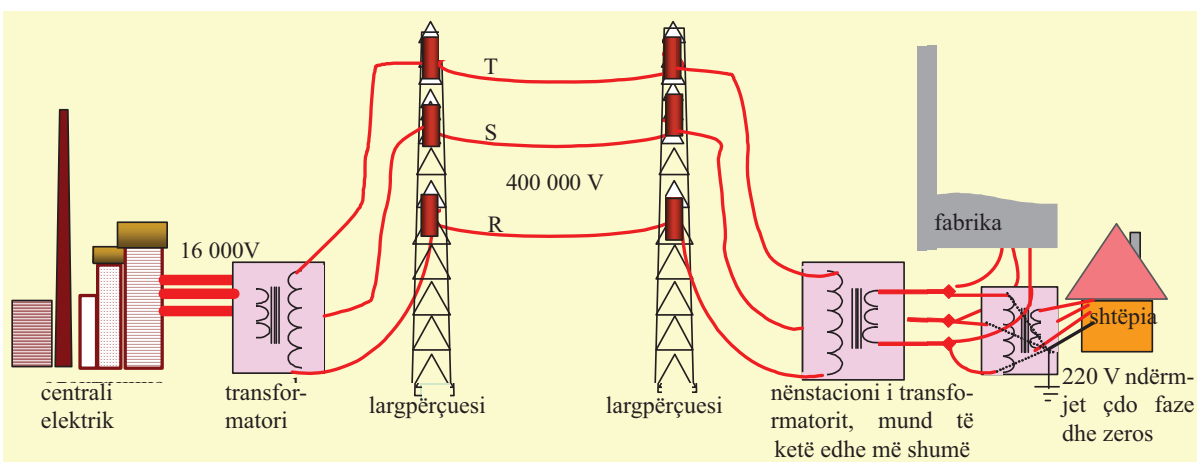


Fig. 5. Paraqitja skematike e bartjes së rrymës prej centraleve deri tekonsumatorët

pak kallaj. Pasi te qarku sekundar indukohet rrymë shumë e fortë (n_s=1, por n_p=500), ajo e nxen përçuesin dhe metali shkrihet.

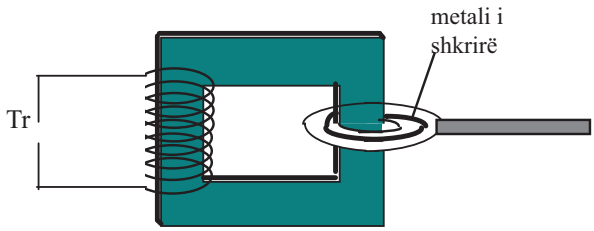


Fig. 6

Madhësi e rëndësishme fizike te transformatori është koeficienti i veprimit të dobishëm (KVP) që përkufizohet si raport ndërmjet fuqisë te qarku sekundar dhe fuqia te qarku primar, zakonisht e shporehur me përqindje:

$$\text{KVP} = \frac{I_s V_s}{I_p V_p} \cdot 100\% \qquad (3)$$

Transformatorët kanë KVP dhe deri 98%.
rryma që fitohet prej centraleve elektrike mundet disa herë të transformohet (figura 5), pastaj të jetë e shfrytëzueshme. Te centralet e e sotshme gjenerohen rryma trefazëshe, ku të gjitha tre fazat transformohen në mënyrë e përshkruar më lart.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sa rrymë rrjedh nëpër llambën re fig. 7. Sa tension gjendet te skajet e saj? Nëse llamba ka fuqi prej 10 W, a do të ndriçon me shkëlqim të plotë?

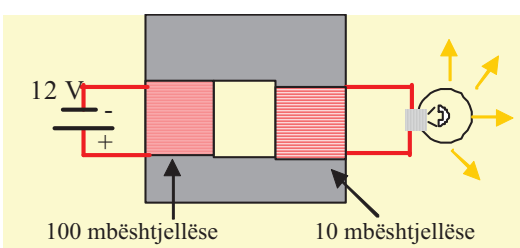


Fig. 7

2.Te automobilat shfrytëzohen instrumentet të quajtura „bobina“. Te ato te qarku primar është kyçur akumulatori (12 V) por edhe ndërprerës special elektromagnet që mndëson ndërpreje të përhershme të rrymës. Sa duhet të jetë numri i mbështjellësve te kalemi sekundar që të mundësohet fitimi i tensionit prej 12000 V, që mundëson xixëllimë dhe ndezja e avullit të benzinitte motori.
3. Është e nevojshme të shfrytëzoni llambë prej 24 V, por keni përçues të rrymës prej 120 V dhe shndërrues laboratorik të tensionit që paraqet lloj të transformatorit. Si është raporti i numrit të mbështjellësve te primari dhe sekunadri te instrumenti i këtillë?
5. Transformator njëfazësh i cili te sekunadari ka 110 mbështjellësa është kyçur në rrjetë me tension 220 V. Sa është numri i mbështjellësave dhe FEM te sekundari, nëse koeficienti i transformatorit është 10. (Mekoeficient të transformatorit nënkuptohet raporti ndërmjet numrittë mbështjellësve te sekundari dhe numrit të mbështjellsve te primari).(përgj.: N_p=1000, FEM_s=V_c=22 V).

Rezime e shkurtër

Transformatorët janë isntrumente te të cilët është shfrytëzuar dukuria e induksionit elektromagnetik.
Transformatori përbëhet prej dy qarqeve: primar qëështë lidhur meburimin e tensionit alternativ dhe sekundar te icili, zakonisht, gjendet konsumatori. Këtë dy qarqe janë induktivisht të lidhura nëpërmjet bërthamës së hekurit të përbashkët. Ndryshimet e rrymës te primari shkaktojnë krijimin e fushës magnetike të ndryshueshme, që bartet nëpërmjet bërthamës së përbashkët dhe te sekundari te i cili indukohet forcë elektromotore sipas ligjit të Faradeit për induksionin elektromagnetik.
Raporti i tensionit te primari përballë tensionit te sekundari është i barabartë me raportin ndërmjet numrit të mbështjellësve te primari dhe numrit të mbështjellësve te sekundari.

8.6. QARKU OSCILATOR ELEKTRIK. OSCILIMET ELEKTROMAGNETIKE

Oscilimet elektromagnetike personale

Ndërmjet dukurive të ndryshme elektrike veçanërisht vend të veçantë kanë oscilimet elektromagnetike, ku madhësitë elektromagnetike (mbushja, forca e fushës elektromotore, induksioni magnetik etj.) ndryshojnë me kohën (sipas ligjit të sinusit).

Për mbështjen e oscilimeve të këtilla është inevojshëm sistem i caktuar të cilin e quajmë **qark oscilues elektrik**.Kjo është qark izakonshëm te i cili në seri ja në lidhut reistor induktiv, i kapacitetit dhe i omit (pjesët më tërëndësishme janë kalemi induktiv dhe kondenzatori).

Përmendim se edhe gjeneratorët r rrymës alternative janë gjithashtu burime të oscilimeve harmonike të madhësive fizike, megjithatë frekuencat e këtyre madhësive që janëkrijuar janë shumë të ulëta prej oscilimeve që fitohen te qarqet ideale oscilatore, te të cilët supozohet se nuk ekzistonrezistencë e omit $R \to 0$.

Kuptohet, ky supozim nuk është ral, por shpesh në rastin kur rezistenca e kapacitetit dhe indukues janë shumë më të mëdha se i omit, dhe qarku oscilator ideal i dhënë mund të llogaritet për ideal.

Pas kyçjes së ndërprerësit, nëpër qark fillon të rrjedh rrymë. Paraqitet edhe fusha magnetike, por pasi rryma rritet paraqitet edhe FEM e vet induksionit, që kundërshton rritjen e rrymës, përkatësisht të rritjes së fluksit magnetik të fushës magnetike të paraqitur. Në momentin $t=T/4$, rryma e arrin vlerën e saj maksimale, dhe gjithë energjia shndërrohet në energji e krijimit të fushës magne-tike. Kjo gjendje përgjigjet së spirales kur ajo gjendet në baraspeshë dhe ka energji kinetike maksimale.

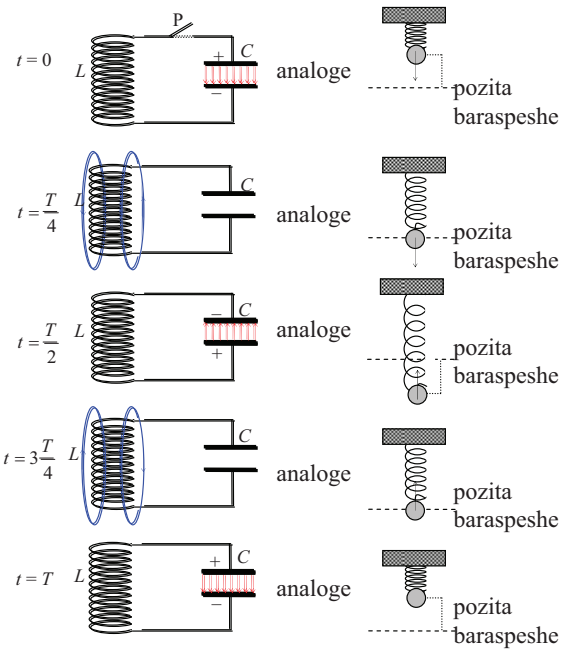


Fig. 1

Pas maksimumit të arritur rryma fillon të bie, kurse FEM e vet induktimit ka tension të atillë që tenton ta zvogëlon ramjen e rrymës, pra domethënë kahja është gjithashtu sikurse kahja e rrymës paraprake. Kështu, pas kalimit të kohës prej gjysmë periode ($t=T/2$), kondenzatori përsëri është elektrizuar, ndërmjet mbështjellësve të tij përsëri është vendosur fushë elektrike, por me shenjë të kundt. Gjendja është analoge si e spirales kur ajo është maksimalisht e tërhequr dhe përsëri ka energjipotenciale maksimale.

Procesi përsëri rrjedh, por tani në kahen e kundërt. Përsëri fillon të rrjedh rrymë, që krijon fushë magnetike rritëse të cilës i kundërshton FEM e vet induksionit, pra te magneti $t=3T/4$, rryma e arrin maksimumin, gjithë energjia është shndërruar në energji të fushës magnetike.Pastaj, për shkak të ramjes së rrymës, paraqitet FEM e vet induksionit e cila i kthen mbushjet te mbështjellësit e kondenzatorëve, dhe pas mbarimit të gjithë periodës vendoset gjendja sikurse në fillim. Edhe

procesi përsëritet më tej.
Në mënyrë analoge oscilimit të spirales, ku, nëse nuk kemi llogari të humbjeve tl fërkimit, vjen deri te shndërrimi i përhershëm i energjisë potenciale mekanike në kinetike dhe, anasjelltas, te qarku oscilator elektrik ideal vjen deri te shndërrim i përhershëm i energjisë së fushë elektrike në energji të fushës magnetike dhe anasjelltas.

Relacioni i Tomsonit

Sikurse tregon teoria, perioda e oscilimit te qarku oscilator ideal ($R\to 0$) përcaktohet me kushtin e barazisë së rezistorëve reaktiv të solenoidit dhe kondenzatorit:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \;;\Rightarrow \qquad \omega^2 = \frac{1}{LC} \tag{1}$$

Frekuencën ω zakonisht e shënojmë me ω_0 dhe e quajmë frekuenca rrethore personale e qarkut oscilator, sipsa lidhjes së njohur me periodën dhe frekuencës së dhënë me:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 2\pi f_0 \tag{2}$$

për *priodën e vet* T_0 *përkatësisht frekueca e vet* f_0,

nëpërmjet $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$; fitohet:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad ; \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \tag{3}$$

Formula (3) njihet në fizikë si **relacioni i Tomsonit për frekuencën e vet (periodën) e qarkut oscilator**. Prej këti barazimi shihet qartë se, për vlera mjaftë të vogla të induktivitetit dhe kapaciteti te qarku oscilator i dhënë, mund të fitohen oscilime me frekuenca të larta prej miliona herca dhe më të mëdhaja.

Eksperiment

Që të mund të eksperimentohet oscilimet elektrike të lira është e nevojshme të formohet wark osclator elektrik me frekuencë të vet të vogël dhe sipas mundësisë sa më pak ngulfatje.

Skema e dhënë te figura 2 mund t'a mundëson këtë.

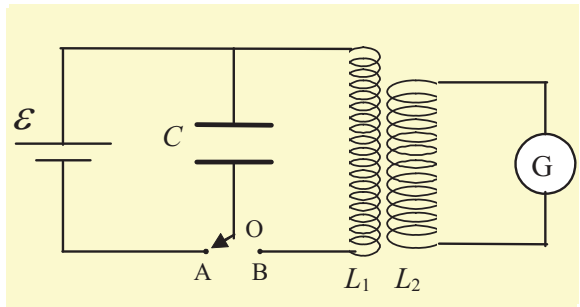


Fig. 2. Fitimi i oscilimeve elektrike

Te skema qarku oscilator përbëhet prej kondenzatorit, i cili është fituar kur 3 kondenzator prej nga 58 μF të cilët janë lidhur paralele, dhe kalem me amdhësi të indukrivitetit *L* (2400 mbshtjellësa). Kështu ky qark oscilator mundëson fitimin e oscilimeve me madhësi të periodës *T*, d.m.th., me frekuencë të vogë.
Oscilimi fitohet në atë mënyrë që kondenzatori *C* lidhet me burimin e tensionit të drejtë prej 40 V deri 50 V. Kalemi L_1 është lidhur induktivisht me kalemin e dytë me numër të vogël të mbështjellësve L_2, ashtu që oscilimet te qarku primar shndërrohen në oscilime të rrymës te qarku sekundar me periodë të njëjtë si edhe perioda e qarkut primar. Ajo periodë është relativisht e madhe, e krahasueshme me periodën e oscilimeve të veta të shigjetës së galvanometrit G.
Në kushtet kur këto perioda do të jenë të barabarta do të ndodh rezonanca, ashtu që shigjeta e instrumentit maksimalisht do merr oscilimete e qarkut oscilator. Që të arrihet rezonancë e atillë, duhet të bëhen më shumë kombinime të rezistencës së kapacitetit dhe të induktivitetit te pranuesi. Kur do të rregullohen oscilimet elektrike të primarit të jenë me frekuencë afër deri te oscilimet mekanike të galvanometrit,tregohet se gjatë hudhjes së kaluesit në pozitën B, shigjeta e galvanometrit oscilon. Oscilimi bëhet meamplituda aq të vogla, domethënë ai është eksperiment real dhe vjen deri te ngulfatja.

Oscilimet e ngulfatura

Oscilimet ga eksperimenti paraprak janë të ngulfatur, nuk është e mundshme krejtësisht të eleminohet rezistenca e omit. Amplituda e oscilimit të galvanometrit janë më të vogla.

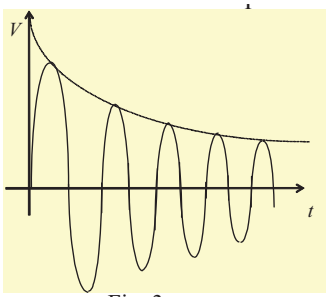


Fig. 3

Nëse dëshirojmë ta fitojmë oscilogramin karakteristikpër oscilimet e ngulfatura (fig. 3), atëherë bëhet skemë eksperimentale tëdhën në fig. 4.

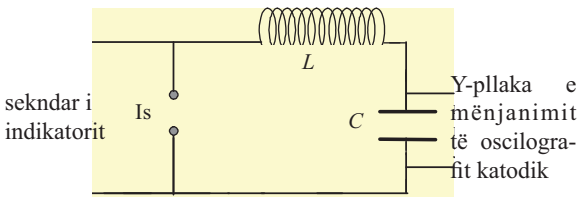
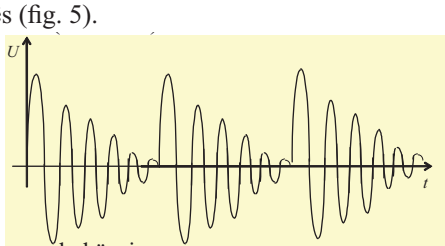


fig. 4

Me këtë skemë, mbushja e kondenzatorit kryhet me ndihmën e sekundarin e indukatorit të dhënë. Te skema është lidhur edhe instrumenti Is, dhe mbështjellësi induktiv *L*.

Raja e tensionit të kondenzatorit bartet te Y-pllakat e mënjanimit të oscilografit katodik. Çdo xixë paraqet mbyllje të qarkut elektrik, ku fitohen oscilime me frekuencë të lartë.

Fotografia që fitohet në ekran paraqetvarg prej shumë iscilorameve të ngulfatura gjatë kohëzgjetjes sl xixës (fig. 5).



kohëzgja
tja e shkëndijës

Fig. 5

Është e qartë se si është më i madh rezistenca e omit te qarku oscilator i dhënë, ngulfatja ndo
dhën më lehtë.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Prej cilëve elemente përbëhet qarku oscilator elektrik më i thjeshtë?
2. Prej çka varet frekueca personale e qarkut oscilator elektrik? Ajo si do të bëhet më e lartë?
3. Kondenzatori me kapacitet 1200 pF është elektrizuar me bateri deri te tensioni prej 500 V. Në momentin t=0 ndërpritet kontakti me baterinë, kurse kondenzatori lidhet me kalem të induktivitetit 75 mH. Të caktohet: a) mbushja fillestare e kondenzatorit; b) frekuenca dhe perioda e oscilimit te qarku. *Ndihmë*: a) Mbushjen e caktoni nëpërmjet lidhjes ndërmjet kapacitetit, tensionit dhe mbushjes - përgj. $6\cdot10^{-7}$ C. b)Përdorni relacionin e Tomsonit. Përgj. F=17 kHz.

Rezime e shkurtër

Oscilimet elektromagnetike krijohen te qarku te i cili, përveç rezistorit të omit, janë kyçur edhe kondenzator dhe kalem.

Qarku oscilator elektrik ideal është qark me rezistencë të omit të papëfillshëm.

Te qarku oscilator ideal rregullisht vjen derite shndërrimi i energjisë prej elektrikes ndërmjet mbështjellësve të kodenzatorit te magnetik që krijohet te kalemi.

Qarqet oscilatore elektrike reale krijojnë oscilime elektrike të ngulfatura.

Perioda personale T_0 (përkatësisht frekuenca personale f_0 e qarkut oscilator elektrik) caktohet me induktivitetin L dhe kapacitetit C te qarku dhe njehsohet sipas relacionit të Tomsonit

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{LC}\,.$$

Nëse te një qark me kondenzator të mbushur te të cilët hidhet xixë krijohen oscilime elektrike të ngulfatura.

8.7. PËRFITIMI I OSCILIMEVE ELEKTRIKE TË PANGULFATURA. QARKU OSCILATOR I HAPUR

Gjeneratori me llambë

Përfitimi i oscolimeve elektrike të pangulfatura realizohet me ndihmën e gjeneratorit me llambë. Gjaneratori që shfrytëzohet paraqet gjenerator me llambë dy trediodësh. Principi i skemës është dhën te fig. 1.
Qarku oscilator *L - C* është kyçur te qarku i anodës së treodës, kurse te grila e qarkut është

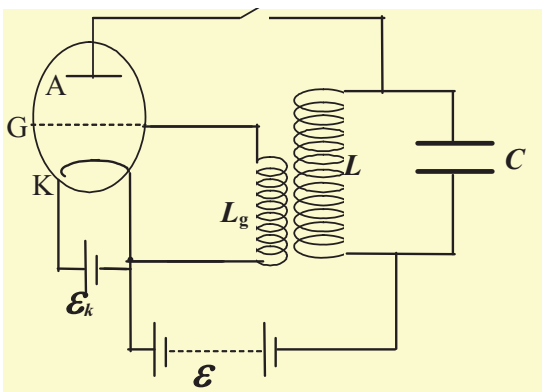


Fig. 1

kyçur kalemi i qarkut *L-C*. (Vërejtje: lidhja induktie do të thot se kanë fushë magnetike të përbashkët, ose bërthamë të përbashkët, ose janë futur njëri në tjetrin). Kështu ky kalem *Lg*, në realitet e paraqet të ashtuquajturën *lidhja e anasjelltë* për qarkun oscilator.
Tensioni i ndryshueshëm i grillës shkakton rrymë të ndryshueshme të anodës me frekuencë të njëjtë, sikurse është frekuenca e qarkut *L-C*.Pasi faza e oscilimeve rregullohet të jetë e sinhrinizuar me fazën e qarkut oscilator, energjia e humbur plotësohet në llogari të energjisë së anodës së baterisë.
Gjeneratori i llambës së këtill krijon oscilime elektrike me amplitudë të përhershme-oscilime të pangulfatura, rryma e të cilës ndryshon sipas ligjit

$$I = I_0 \sin\omega t \qquad (1)$$

Oscilimet e këtilla mëtej, nëpërjet rezoinancës me qark oscilator tjetër të hapur paraqet burim të valëve, të njohura si valë elektromagnetike.

Rezonanca te qarqet oscilatore elektrike

Sikurse edhe llojet tjera të oscilatorëve, edhe qarqet oscilatore elektrike e bartin energjinë etyre prej njërës në tjetrën nëpërmjet oscilimeve të detyrueshme, më saktë nëpërmjet dukurisë rezonancë.
Dukuria mundet eksperimentalisht të tregohet me provën e Loxhit. Prova bëhet shumë thjeshtë.

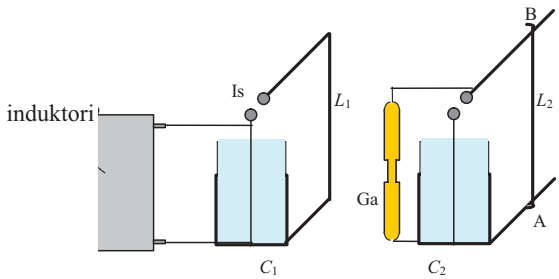


Fig. 2

Duhet të bëhen dy qarqe oscilatore në ndonjë largësi. Qarku i parëoscilator paraqet gotën e lajdenit C_1 të lidhur me një tel me një lloj induktiviteti L_1.
Tembështjellësat e gotës së lajdenit është lidhur me burimin e rrymës (induktor). Këtë qark do ta quajmë oscilator, kurse qarku te i cili nuk ekziston burim i rrymës-rezonator (shihe fig. 2).
Te qarku rezonator, të përbërë prej gotës së lajdenit C_2 dhe tel, nëpërmjet lëvizjes së përçuesit AB mund të ndryshn induktiviteti L_2.
Pasi që oscilatori të fillon të oscilon, me lidhjen e mbështjellësave të gotës së të të lajdenit me sekundarin e induktorit, nëpërmjet xixës Is, vjen deri te zbrazja periodike natyrore dhe mbushja e kondenzatorit. Nëse të dy qarqet oscilatore janë vendsur paralelisht njëri përballë tjetrit, vjnen deri te ngacmimi i rezonatorit në oscilim.
Duke e ndryshuar gjatësinë e telit te qarku i rezonancës, që bëhet me zhvendosjen e përçuesit AB, ndryshon induktiviteti i tij, dhe në kushte kur do të vjen deri te barazimi i frekuencave të veta të të dy qarqeve, rezonatori do të fillon të oscilon me amplituda maksimale. Kjo do të manifestohet kështu ,

që gypi i Gajlerit, i vendosur ndërmjet mbështjellësve të kondenzatorit C2, dotë ndriçon me intenzitet maksimal. Edhe shmangëje të vogla prej kushtit:

$$T_1 = T_2 \quad ; \quad T_1 = 2\pi\sqrt{L_1C_1} \quad ; \\ T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C_2} \quad \Rightarrow \quad L_1C_1 = L_2C_2 \qquad (2)$$

do të kontribuojnë ndriçimi i llambës së Gajslerit të ndërpritet.

Qarku oscilator i hapur. Antena

Është treguar se frekuenca e qarkut oscilator mund të zmadhohetme zvogëlimin e kapacitetit të kondenzatorit dhe zvogëlimin e numrit tëmbështjellësve te kalemi, si edhe te dendësia e tyre të mbështjelljes. Kjo arrihet te **qarqet oscilatore të hapura** (fig. 3).
Me zhvendosjen epllakave të kondenzatorit fusha elektrike ze hapësirë sa ma të madhe. Krijohet qark oscilator elektrik të hapur.
Kështu qarku oscilator i hapur paraqet ***antenë***. Pas vendosjes së qarkut të këtillë të hapur, procesi i krijimit të fushës elektrike dhe magnetike është identike edhe te qarku i mbyllur. Prandaj, fusha e këtillë e krijuar quhet ***fusha elektromagnetike***.Ajo përhapet në hapësirë në formë të ***valës elektromagnetike***.
Pasi rryma e ndryshueshme do të thotë lëvizje e ndryshueshme të mbushjeve, do të thotë çdokundi ku ekziston lëvizje e ndryshueshme vjen deri te krijimi i fushës magnetike të ndryshueshme.
Kjo fushë, sipas Faradeit dhe Mkasvelit, do të thotë indukimi i fushës elektrike të ndryshueshme, më saktë burim i valës elektromagnetike.
Kjo tregon atëse burimi i rezatimit elektromagnetik mund të jetë çfarëdo rrymë, më saktë lëvizje endryshueshme e mbushjeve.

Si burim të valëve elektromagnetike, përveç qarqeve oscilatore elektrike, mund të jenë lëvizjet e mbushjeve të atomit, përkatësisht të bërthamës së atomit. Në këtë kupti rezatimi elektromagnetik përfshinspektër të gjerë të dukurive me të cilët ne çdo ditë ballafaqohemi.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si fitohen oscilimet elektrike të pangulfatura?
2. Cili është kushti themelor ndërmjet dy qarqeve oscilatore elektrike të bëhet rezonanca?

Rezime e shkurtër

Për realizimin e oscilimeve elektrike të pangulfatura është e nevojshme qarkut oscilator elektrik t'i shtohet energji, ajo arrihet me oscilatorin e llambës.
Kushti themelor për rezonancë të qarkut është prodhim prej induktivitetit dhe kapacitetit të oscilatorit të jetë i barabartë me prodhim të atillë të rezonatorit.
Burimi i valës elektromagnetike është antena.

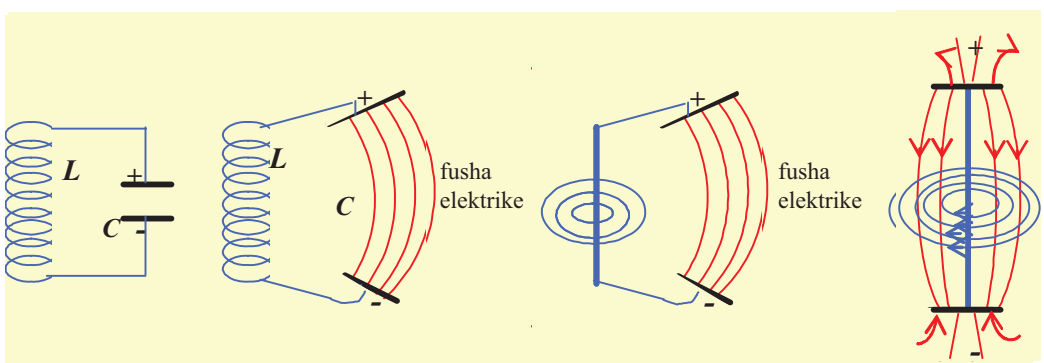
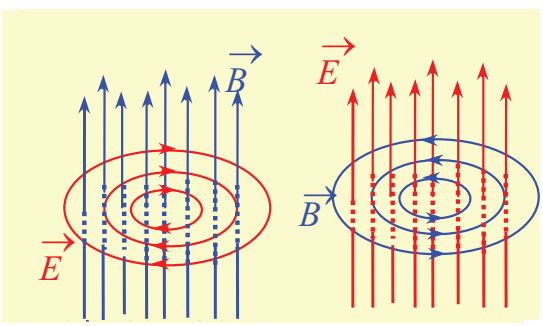


Fig. 3. Paraqitja skematike si prej qarkut të mbyllur oscilator fitohet antena

8.8. VALËT ELEKTROMAGNETIKE

Lidhja ndërmjet fushave të ndryshueshme magnetike dhe fushave të ndryshushme elektrike

Gjatë të studiuarit e dukurisë induksioni elektromagnetik, sektori „rrymat shakullore“ u tregua se *çdo ndryshim i kohës në fushën magnetike sjell deri te indukimi i fushës eletkrike të shakulleres*. Domethënë gjatë ndryshimit të kohës të induksionit magnetik $\vec{B}$ paraqitet fushë elektrike ku vijat e forcave i përfshijnë vijat e induksionit magnetik (shihe fig. 1). Sa më i shpejtë është ndryshimi i induksionit magnetik aq është më i fortë rryma shakullere, që është pasojë e ndryshimit të ***fushës shakullere*** elektrike. Në pajtim me rregullën e Lencit gjatë rritjes të induksionit magnetik rrymat shakullere kundërshtojnë rritjen, kjo do të thotë se fusha shakullere elektrike do të ketëkahen e kundërt të rregullës që flen për fletën magnetike (rregulla e gishtave të lakuar të dorës së djathtë), dhe do të thiret në rregullën e gishtave të lakuar të dorës së majtë në lidhje me $\vec{B}$.
Kuptimet e Majkl Faradeit, në vitet 60-ta të shekullit XIX i zgjeron Xhems Klark Maksvel .



a) b)

Fig. 1. a) Induksioni magnetik *B* rritet b) Forca e fushës elektrike *E* rritet

Domethënë, Maksveli ka supozuar se e*dhe te të gjitha rastet kur fusha elektrike ndryshon gjatë kohës, atëherë rrethvedit krijon fushë magnetike*.Vujat e forcave magnetike të asaj fushe i përfshijnë vijat e forcave e fushës elektrike (fig. 1b). Kahja e vijave të induksinit magnetik, gjatë rritjes së fushës elektrike thiret në në rregullën e vintit të djathtë, në lidhje me vektorin E. Kjo ide, që del prej bindjes për unitetin në natyrë, dhe harmonia e ligjeve natyrore e bën bazën e teorisës ë Maksvelit.

Në pajtimme hipotezën e Maksvelit, nëse kemi fushë elektrike të ndryshueshme ndërmjet pllakave të kondenzatorit të dhënë, atëherë ajo fushë elektrike është një lloj rryme të cilën ai e quan **lëvizëse**. Ajo krijon fushë magnetike një lloj ashtu
sikur bëhet te përçuesi (fig. 2).

Teoria e Maksvelit ka qenë e vërtetuar me përfitimin eksperimental të valëve elektromagnetike. Valët elektromagnetike krijohen për shkak të fushës magnetike të ndryshueshme, që mëtej kri-

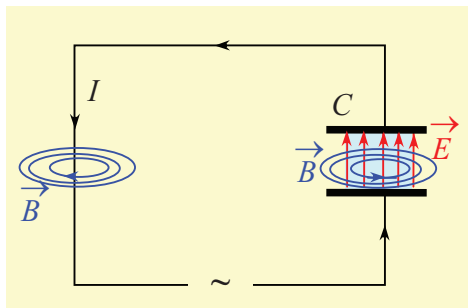


Fig. 2. Fusha elektrike e ndryshueshme sillet njëjtë sikurse ndërmjet mbështjellësve të kondenzatorit të rrjedh rryma me të njëjtën forcë sikurse edhe nëpër përçuesin

jon fushë magnetike të ndryshueshme. Kjo do të thotë ndërmjet fushës së ndryshueshme elektrike dhe magnetike ekziston lidhje të pandërprerë dhe se atonuk mund të ekzistojnë njëra pa tjetrën. Atëfushë të vetme e quajmë ***fushë elektromagnetike***.

Si krijohet dhe shpërdahet vala elektromagnetike

Nësenë afërsi të sistemit autooscilator (sistem te oscilatori i llambës), i mësuar te mësimi paraprak, është sjellur sistem oscilator të hapur (antenë) me frekuencë të vet të njëjtë ose të hapur, sikurse që dim, krijohet dukuria rezonanca dhe te antena ngacmohen rrymat harmonike sinusoide. Ngacmimi i oscilimeve sipas gjatësisë së antenës, në rea-

litet, paraqet krijimin e valës qëndruese te përçuesi. Edhe pse prej të dy anëve antena është e hapur, atëherë gjatësia e valës të valës qëndruese varet prej gjatësisë së saj L dhe ngjashëm me të vala mekanike te teli, për gjatësitë e valëve të mundshme të cilat ngacmohen te antena duhet të jetë i kënaqur kushti:

$$L = m\frac{\lambda}{2} \qquad \text{ku m=1,2,3,...} \qquad (1)$$

Frekuenca e valëve qëndruese f te antena është përcaktuar me relacionin:

$$f = \frac{v}{\lambda} = m\frac{v}{2L} \quad ; \quad (m = 1, 2, 3..) \qquad (2)$$

ku v është shpejtësia e zgjerimit të impulsit të antenës. Vala e qëndresës që i përgjigjet m=1 është oscilimi themelor i vibratorit.

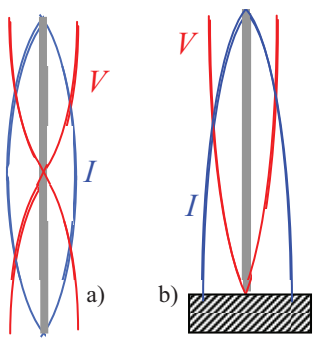


Fig. 3

Shpërdarja e amplitudave te oscilimi i forcës së rrymës dhe tensionit te oscilimi themelor është dhënë me fig. 3a.

Te figura 3b është treguar antena e tokëzuar. Te vendi i tokëzimit atëherë do të paraqitet nyja e tensionit, kurse barku në rrymë. Prej fotografisë është e qartë se gjatë tokëzimit të antenës gjatësia valore e oscilimit themelor është dy herë më e madhe, kurse kjo do të thotë frekuenca zvogëlohet dy herë.

Do të vijojmë se si arrihet deri te zgjerimi i valës në hapësirë (fig. 4). Në vendin e shënuar me 0 le të supozojmë antenë të vendosur, te e cila, për shkak të ndryshimit të tensionit krijohet fusha elektrike E e cila në momentin e dhënë rritet.

Ajo fushë krijon rreth vetes fushë magnetike e $\vec{E}_1$ cila, gjithashtu rritet. Por, sipas Lencit në hapësirë ku fusha rritet krijohet fushë shakullore e indukuar $\vec{B}$ që i kundërshton rritjes së fushës magnetike, prandaj vijat e focave në vendin 0 do të kenë shenjë të

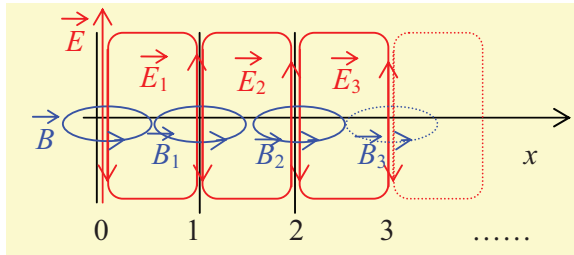


Fig. 4

nuk do të jetë por do të araqitet fushë elektrike e cila rritet nëvendin 1. Tani kjo fushë $\vec{E}_1$ krijon rreth vedit fushë magnetike $\vec{B}_1$ që rritet. Kjo fushë indukon fushë shakullore elektrike $\vec{E}_2$ e cila i kundërshton rritjes, dhe e cila e zhdukoscilimin te pozita 1, por paraqitet te vendi 2. Kështu mëtej në kahe të 0 nga x vjen deri te zgjerimi i valës që është bashkësia e oscilimeve të fushës elektrike dhe magnetike. Kuptohet se vala mund të zgjerohet edhe në kahen e kundërt, më saktë në të gjitha kahet e mundshme. Vendpozita e pikave 0, 1, 2, 3,... janë shumë, shumë afër, ashtuqë nëpër hapësirë prej burimit të oscilimit, antena, bartet vala elektromagnetike, ku „pamja momentale“ është dhënë në fig. 5. Te çdo pikë prej hapësirës, fusha elektrike dhe magnetike ndryshojnë në mëynrë periodike harmonike varësish prej kohës. Sa më larg është pika prej burimit aq më vonë fillon oscilimi i fushës elektrike dhe magnetike. Kjo tregon se te pikatendryshme prej hapësirës oscilimet janë me fazë të ndryshme.

Ne këtu mësuam se burimi i valës elektromagnetike ishte antena te e cila rryma ndryshonperiodikisht. Pasi rrjedhja e rrymës do të thotë

lëvizja e mbushjeve, kjo tregon se te antena vala elektromagnetike krijohet për shkak të ndryshimit të shpejtësisë së mbushjeve.

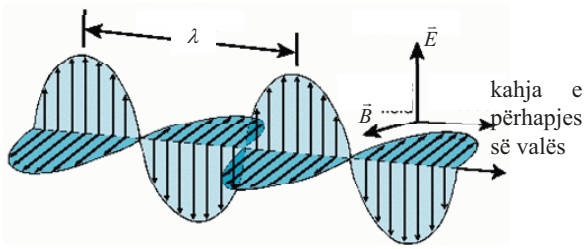


Fig. 5

Kushtikryesor për krijimin e valës elektromagnetike është ekzistimi i nxitimit të mbushjeve.
Sikurse shihet prej figurës 5, vektorët $\vec{E}$ dhe $\vec{B}$ oscilojnë ndërmjet veti në rrafshe normale dhe normale në kahen e zgjerimit të valës. Domethënë, ***valët elektromagnetike janë transverzale***.Nëse shfrytëzohet rregulla e vimtit të djathtë , dhe rrotullimi me drejtëza prej $\vec{E}$ nga $\vec{B}$,shkuarja e vinit puthitet me kahen e zgjerimit të valës-vektorin e shpejtësisë $\vec{v}$.
Shumica e pasojave të teorisë së Maksvelit për valët elektromagnetike janë shumë të rëndësishme dhe për ato do të flasim më gjerësisht. Por, të rëndësisë së veçantë të ësaj teorie është kjo:

-valët elektromanetike shpërdahen edhe në vakum edhe në mjediset materiale. Shpejtësia me të cilën atë shpërdahen është përfundimisht edhe në vakum e barabartë me shpejtësinë e dritës është:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \qquad (3)$$

ku ε_0 është konstante elektrike, kurse μ_0 konstante magnetike po ashtu të njohura edhe si konstante dielektrike dhe permeabiliteti magnetik në vakum.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si në hapësirë mund të paraqitet fusha magnetike?

2. Elektroni që lëviz sipoas vijës rrethore a paraqet burim për valën elektromagnetike?

3. Nëse thuprën e elektrizuar e lëvizim majtas djathtas, a është ai burim i valës elektromagnetike?

4. A është i elektrizuar topi i vendosur mbi izolator burim i valës elektromagnetike?
Kërkoni në internet veb faqen
Propogation of **Electromagnetic** Wave
www.phy.ntnu.edu.tw/~hwang/emWave/emWave.html
-4k e tjera linke të ngjashme, me simulime dhe animacione.

5. Kërkoni videofilm në Youtube.com me shënimin PHYS 101/102#1:Electromagnetic Wavrs te i cili janë filmuar shumë demostrime të lidhura me qarkun oscilator elektrik, rezonanca dhe valët elektromagnetike.

Rezime e shkurtër

Burimi i valës elektromagnetike është antena.
Te antena krijohet valë qëndruese. Barqet e tensionit twe vala qëndruese themelore janë në skajet e një antene të lirë, kurse barqet e rrymës janë në meset e antenës.
Vala elektromagnetike përhapet në hapësirë ashtu që vjen deri te bashkekzistimi edhe i oscilimeve të forcës së fushës elektrike, edhe të induksionit magnetik. Po ashtu ato oscilojnë në dy rrafshe bashkë normale, normal në në drejtimin e zgjerimit të valës. Valët elektromagnetike janë valë transverzale, atëo zgjerohen në vakum edhe në dielektri.
Shpejtësia e përhapjes së valëve elektromagnetike në vakum është i njëjtë me shpejtësinë e përhapjes së dritës dhe e përcaktuar me relacionin:

$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$, ku ε_0 është konstanta elektrike, kurse μ_0 konstanta magnetike.

6.9. VETITË E VALËVE ELEKTROMAGNETIKE. KSPERIMENTETE E HERCIT

Provat e Hercit

Maksveli e ka zhvilluar teorinë e tij dhe ka qenë thellë i bindur në ekzistimin e valëve magnetike. Por ai nu e ka vërtetuar teorinë e tij eksperimentalist. Pas 10 vjetë të vdekje së tij në vitin 1886, Hajnrih Herc eksperimentalisht e ka vërtetuar ekzistimin e valëve elektromagnetike dhe i ka studiuar vetitë e tyre themelore.

Për fitimin e valëve elektromagnetike Herci ka shfrytëzuar konturë të hapur oscilator-antenë.

Ai antenën e ka prerë përgjysmë, ashtu që ndërmjet të dy gjysmave ka qenë ndërmjet hapësirë e vogël ajror (fig. 1). Kur të dy pjesët të përçuesit do të lidhen me burim të tensionit të lartë, gjatë madhësisë së caktuar të tensionit ndërmjet të dy gjysmave do të këcen xixë. Atë herë në realitet qarku oscilator mbyllet edhe në hapësirë rreth vibratorit shpërdahen valët elektromagnetike. Kështu valët elektromagnetike të fituara kanë qnë të ngulfatura dhe atë prej dy shkaqeve:

- së pari për shkak të ekzistimit të rezistencës së omit te oscilatori dhe
- së dyti, për shkak të asaj që oscilatori rrezaton valë elektromagnetike dhe me atë energjia e tij zvogëlohet. Pasi krejtësisht do të zvogëlohet energjia, xixa ndërpritet, por të dy përçuesët përsëri elektrizohen deri në tension të lartë të shpërthimit të xixës, dhe prsëri prej fillimi. Vala elektromagnetike që krijohet ashtu që fusha elektromagnetike oscilon në rrafshin normal në të. Më intenzive është rrezatimi në kahe normale në antenë, ndërsa në kahe të antenës nuk vjen deri në krijimin e valës.

Sot, sikurse treguam, antenat rrezatojnë valë elektromagnetike, ashtu që nëpërmjet rezonacës fitojnë energji prej qarqeve të mbyllura dhe autooscilatore.

Si regjistrues i ekzistimit të valëve elektromagnetike, Herci ka konstruktuar vibrator që ka konstrukssion të njëjtë si edhe emitues. Kur deri në vibrator të këtillë do të vjen vala elektromagnetike, nën ndikimin e fushës elektrike, te përçuesi do të paraqitet rrymë. Nëse rregullohet frekuenca e vet të antenës pranuese të jetë e barabartë me frekuencën e emitueses, oscilimet e ngacmuara do të jenë me amplituda të mëdhaja. Herci atë fakt e ka vërejtur duke fituar xixa në ndërmjet hapësirës të antenës pranuese.

Përveç asaj që i ka pranuar valët elektromagnetike, Herci ka treguar se ato i kanë të njëjtat veti sikurse valët e llojeve tjera. Ai ka treguar se valët elektromagnetike nuk shpërdahen nëpër mjedise të përçuesëve, kurse prej tyre reflektohen dhe atë sipas ligjeve të reflektimit të dritës. Nëpër valët dielektrike të valëve elektromagnetike shpërdahen,, por pas ndërhyrjes nën këndin në lidhje me mjedisin dielektrik kufitar përthyhen sipas ligjeve të optikës gjeometrike.

Edhe dukuritë e interferencës dhe difraksionit të valëve elektromagnetike ka qenë e treguar. Gjatë reflektimit të valës elektromagnetike prej mjedisit metalik, vjen deri te dukuria e valëve elektromagnetike qëndruese, por me matjen e ndërmjet largësisë ndërmjet dy nyjeve, ai mundi ta mase gjatësinë valore të valës.

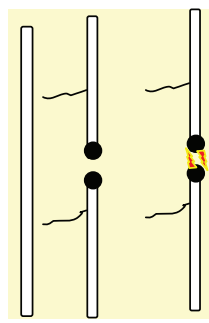


Fig. 1

Gjatësia e valës të valëve të Hercit është disa centimetra. Me njohjen e frekuencës së vet të oscilatorit Herc ka vërtetuar se shpejtësia e shpërdarjes së valëve elektromagnetike është c=300000 km/s, njëjtë sikurse shpejtësia e shpërdarjes së dritës. Shpejtësia e shpërdarjes te çdo mjedis tjetër dielektrik varet prej vetive të tij (konstanta relative dielektrike ε_r dhe permeabiliteti relativ magnetik μ_r) dhe është më e vogël se ai në vakum dhe është:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = \frac{c}{n} \quad \text{ose}$$

$$v \approx \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} \Rightarrow n = \sqrt{\varepsilon_r} \qquad (1)$$

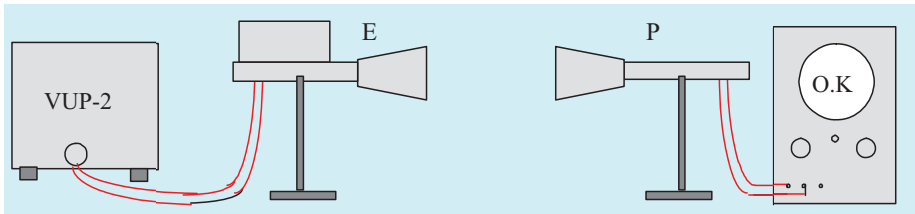


Fig. 2

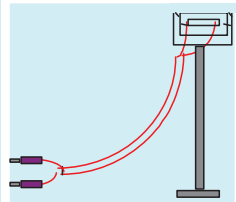


Fig. 2a

ku me *n* e kemi shënuar **indeksin e përthyerjes** për mjedisin dielektrik të dhënë.

Demostrimi i vetive të valët elektromagnetike (VEM) me ndihmën e gjeneratorit në centimetra valë.

Të studiuarit e vetive të valëve elektromagnetike sot bëhet me ndihmën e gjeneratorëve të klistronit në centimetra valë (λ=3 cm). Istrumenti (fig. 2) përbëhet prej dhënësit me antenë emetuese E, pranues me antenë dipole pranuese P, oscilograf katodik, ose përforcues me frekuencë të ulët dhe mikrofon por mundet për disa prova të shërbejnë edhe instrumentet elektrike-voltmetër.

Përveç kësaj, pjesë shoqëruese të instrumentit janë: drejtues special VUP-2, një trup me forma të kuadrit prej dielektriku, prizma dielektrike, thjerrëza dielektrike, ekran alumini, grillë që mund të vëndohet në kahe të vektorit elektrik (kahe e vibratorit emitues) ose normal në atë. Për disa eksperimente mund të shfrytëzohet edhe dioda gjysmëpërçuese (fig. 9a).

Gjeneratori i valëve centimetër është kostruktuar në principin e punës së klistronit (ai është instrument-vakum special që gjeneron oscilime në zonën e frekuencave të larta). Frekuenca e madhe e klistronit në formë të amplitudës modulohet prej multivibratorit të llambës (gjithë është mbyllur në korpusin e emituesit E). Gjeneratori i atillë emiton valë elektromagnetike me frekuencë përafërsisht 500 Hz. Gjeneratori i klistronit dhe multivibratori janë vendosur njëri pranë tjetrit të valëpërçuesit drejtkëndor te skaj tjetër i të cilit është vendosur antenë emituese që rrezaton me kahëzim.

Gjeneratori mbushet me drejtuesit special, me ndihmën e kontaktit special. Keni kujdes gjatë lidhjes së këti kontakti! Duhet të kyçen shenjat përkatëse në kontakt prizën.

Në disa nga eksperimentet është e përshtatshme të shfrytëzohet dioda pranuese e dhënë në fig. 2.a.

VEM nëpër mjedis përçues dhe dielektrike

Veti e parë e valëve elektromagnetike është ajo se ata kalojnë nëpër mjedise përçuese.

Për këtë qëlli, ndërmjet antenës emetuese dhe pranuese, të vendosur njëra përballë tjetrës, vendoset pllakë metali. Sinjali i regjistruar ose me oshilograf katodik ose me altoparlant nëpërmjet përforcuesit, do të mungoj.

Nëse eksperimentin paraprak e përsërisim, por ashtu që në vend të pllakës metalike përdorim dielektrik, do të shihet se valët elektromagnetike kalojnë nëpër të, por bëhet zvogëlimi i intensitetit të tyre. Ata shuhen. Këtë e regjistron oshilografi katodik me amplitudë të zvogëluar, ndërsa nëse si regjistrues e shfrytëzojmë altoparlantin, atëherë intensiteti i zërit zvogëlohet.

Madje demostrohen veti tjera të valëve elektromagnetike.

Reflektimi i VEM

Valët elektromagnetike pasqyrohen sipas ligjve për pasqyrimin e dritës.

Që të mundemi këtë ta demostrojmë, e vendosim antenën emetuese (dhënëse) dhe pranuese (marrëse) nën një kënd (fig. 3).

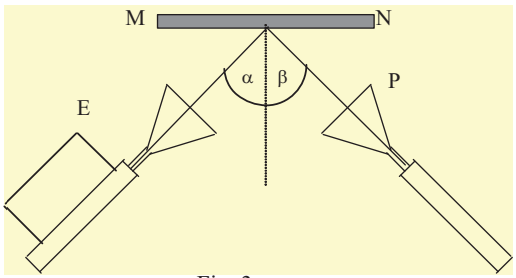


Fig. 3

Në rrugën e rrezeve e vendosim pllakën metalike MN. Meqendëse dretimi i dy antenave nuk është i njëjtë, antena pranuese nuk do të pranoj sinjal. Në kushtet kur e rregullojmë që këndi rrënës α të bëhet i barabartë me këndin e pasqyrimit β, atëherë sinjali do të paraqitet në pranuesin.

Përthyerja e VEM

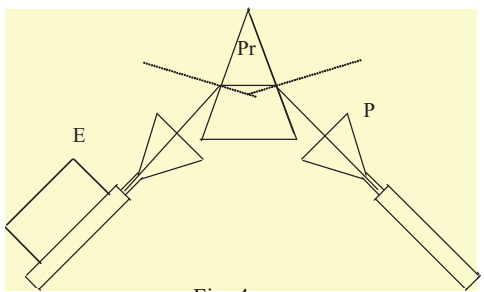


Fig. 4

E vendosim antenën pranuese dhe emetuese nën një kënd njëlra në raport me tjetrën, si edhe në eksperimentin paraprak. Sinjali nuk do të paraqitet. Nëse në rrugën e rrezes së antenës emetuese vendoset prizmi Pr prej dielektriku, atëherë pas përthyerjes nëpër prizmin, sinjali përsëri do të paraqitet (fig. 4).

Mund të tregohet edhe përthyerja e valëve nëpër pllakën dielektrike planparalele. Pllaka dielektrike planparalele vendoset pjertazi ndërmjet antenës emetuese dhe pranuese.

Sinjali fitohet atëherë, kur rrezet kalojnë rrugë që i përgjigjet përthyerjes së rrezeve të dritës nëpër pllakën planparalele.

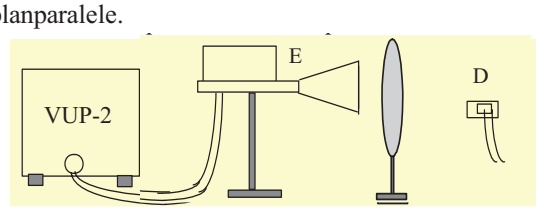


Fig. 5

Thjerrëza e ndërtuar nga dielektriku vendoset para antenës emetuese (fig. 5). Ajo i fokuson valët elektromagnetike në një pikë. Nëse në atë pikë vendoset dioda, të dhënë në fig. 9a, do të fitohet sinjal i përforcuar.

Interferenca e VEM

Nëse në largësi prej 1 deri 1,5 m vendoset pllakë metalike, valët elektromagnetike të emetuara nga antena emetuese pasqyrohen nga ajo dhe interferojnë, duke krijuar valët të qëndrueshme (fig. 6).

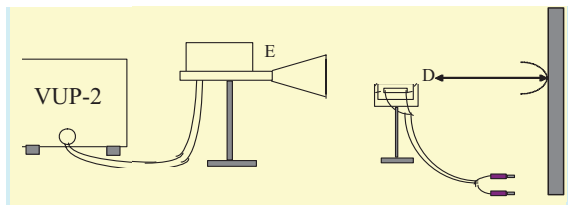


Fig. 6

Nëse diodën D e lëvizim në hapësirë ndërmjet pllakës dhe antenës, mund të tregohet se në vendet të caktuara ekzistojnë barqe (përforcimi i sinjalit) ose nyje (dobësim, deri edhe te humbja e sinjalit).

Me këtë eksperiment demostrohet përfitimi i valëve elektromagnetike të qëndrueshme, që në të vërtetë, paraqet lloj special të interferencës së valëve të cilat lëvizin në kahje të kundërta.

Difraksioni i VEM

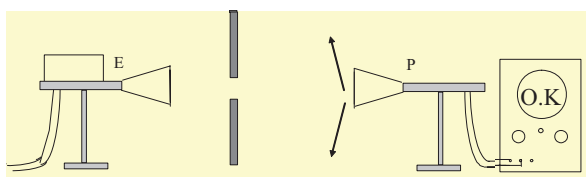


Fig. 7

Edhe dukuria e difraksionit të valëve elektromagnetike mund të demostrohet me këtë aparaturë. Për këtë qëllim ndërmjet antenës emetuese dhe pranuese vendoset pllakë metalike me çarje rreth 2-3 cm (figura 7).

Është dlshmuar se majtas dhe djathtas nga çarja krijohen maksimume të rrezatimit.

Kini kujdes! Boshti i antenës emetueseduhet të vendoset në drejtim të rrezes së vijës rrethore me qendër në mesin e çarjes!

Valët elektromagnetike janë polarizuese

Sikurse thamë më parë, valët elektromagnetike janë pikërisht valë transverzale, të polarizuara ashtu që vektori elektrik lëkundet në rrafshin e boshtit të an

tenës emetuese, ndërsa vektori i induksionit magnetik-në rrafshin që është normal në të. Ky fakt demostrohet me ndihmën e rrjetës R e cila ka më shumë përçues metalik paralel, të vendosur paralel njëri me tjetrin (fig. 8).

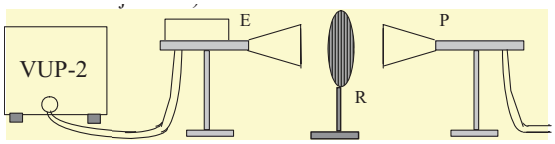


Fig. 8

Kur përçuesit e rrjetës janë vendosur paralele me vektorin e intensitetit të fushës elektrike, atëherë në ata indukohen rryma dhe energjia e valës elektriktromagnetike shndërrohet në energji nxehtësie të përçuesve. Në këtë rast antena pranuese nuk do të punoj të pranoj sinjal.

E kundërta e kësaj, kur përçuesit paralele të rrjetës janë vendosur normal në rrafshin e lëkundjeve të vektorit elektrik, rrymat që indukohen në rrjetë janë shumë të dobëta dhe sinjali do të paraqitet.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Çka paraqet burim fundamental të valëve elektromagnetike?
2. Teli i lidhur me qark elektrik me burim bateri a është burim i valës elektromagnetike? Sqaro.
3. Nëse e elektrizoni krehërinduke u krehur të flokëve tuaja pra pastaj atë e mbani te magnet thupër, fusha elektrike dhe magnetike do të krijojnë fushë elektromagnetike? Sqaro.
4. Përmendi të gjitha ngjashmëritë dhe të gjitha ndryshimet ndërmjet valëve të zërit dhe elektromagnetike.
5. Kur një valë elektromagnetike kalon nëpër një regjion, çka është ajo që lëviz?

Rezime e shkurtër

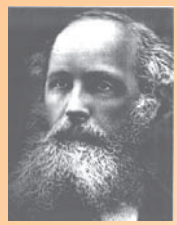
Valët elektromagnetike përhapen në vakum dhe mjedise dielektrike. Gjatë kalimit nëpër mjedisin përçues menjëherë shuhen. Valët elektromagnetike i kanë të gjitha vetitë e valve mekanike.

-reflektohen dhe përthyhen sipas ligjeve të reflektimit të valëve;

-paraqesin dukuri të interferencës dhe të difraksionit njëjtë sikurse edhe llojet tjera të valëve;

-ato janë valë të polarizuara transverzale, vektorët e fushës elektrike dhe magnetike lëkunden në rrafshi në të cilin është vendosur antena prej të cilës emetohet.

Vetitë e valëve lektromagnetike për herë të parë janë zbuluar prej Hajnrih Hercit.



James Clerk Maxwell (1831-1879) është fizikan më i madh teorik i shekullit XIX. Është lindur në Edinburg dhe shumë herët, në moshën 15 vjeçare, i filloi studimet në universitetin e venditlindjes. Ai shumë i ri i ka treguar aftësitë e tija matematikore. Teoria e Mksvelit për dukuritë elektrike dhe magnetike të paraqitura nëpërmjet 4 barazimeve të tij të njohura paraqesin bazë për teorinë e elektridinamikës. Ai me teorinë e tij i paralajmëroi valët elektromagnetike. Përveç në elektrodinamikë , Maksveli ka dhënë kontribut të madh edhe në teorinë molekulare-kinetike, ku e ka dhënë barazimin për shpërndarjen e molekulave sipas shpejtësive të tyre. Maksveli ka vdekur nga kanceri para se t'i mbush 50 vjet.

Hertz Heinrich (1857-1894) është fizikan gjerman i shquar, i cili eksperimentalisht e tregoi ekzistimin e valëve elektromagnetike. Përveç asaj ai pa dyshim tregoi se ky lloj i valëve i ka të gjitha vetitë e valëve sikurse edhe drita. Njësia për frekuencën në SI e ka emrin e tij.

8.10. SPEKTRI I VALËVE ELEKTROMAGNETIKE

Llojet e valëve elektromagnetike

Valët elektromagnetikejanë valët të cilat çdo ditë i hasim. Dritën që e shohim është vetëm një pjesë e vogël nga diapazoni i gjërë i valëve elektromagnetike.

Kur dëgjojmë radio, shohim televizion, e ngrohim ushqimin me furrë mikrovaleore ose flasim në telefon mobil na i shfrytëzojmë valët elektromagnetike. Ndoshta duket e çuditshme, por edhe kur në dimër gjendemi direkt pranë koftorit për t'u ngrohr po ashtu shfrytëzojmë valë elektromagnetike.

Cili është dallimi ndërmjet të gjithë këtyre valëve?

Dallimi ndërmjet llojeve të ndryshme të valëve ka të bëjme gjatësinë valore tëtyre. Gjatësia valore e rrezatimit elektromagnetik ndryshonshumë, nga madhësitë afërsisht të barabarta me lartësitë e maleve, dhe deri në madhësitë të barabarta me dimensionet e bërthamës së atomit sikurse është gjatësia valore e rrezatimit gama. Në figurën 1 është dhënë paraqitja vizuele e diapazonit

të rrezatimit të valëve elektromagnetike dhe gjatësitë valore të tyre përkatëse.

Nëse vala ka gjatësi valore të caktuar asaj i përgjigjet frekuenca *f* e caktuar me:

$$f = \frac{v}{\lambda} \qquad (1)$$

ku *v* është shpejtësia e përhapjes së valëve në një mjedis të caktuar. Për vakumin ky barazim është

$$f = \frac{c}{\lambda} \qquad (2)$$

ku shpejtësia e të cilit do lloj rrezatimi elektromagnetik është e barabart me shpejtësinë e dritës *c*.

Për ta ilustruar detajisht shfrytëzimi e rrezatimit elektromagnetik shkurtimisht do të ndalemi për zona të veçanta të spektrit.

Radiovalët janë valë elektromagnetike me gjatësi valore më të gjata. Gjatësia e tyre valore është ndërmjet 3 km dhe 30 cm.

Objektet në gjithësi, planetet dhe kometet, mjegullirat gjigante prej gazit dhe pluhuri, yjet dhe galaktika emetojnë valë elektromagnetike me gjatësi valore të ndryshme. Disa prej tyre kanë kanë gjatësi valore me kilometra.

Me radioteleskop astronomik hulumtohen këto objekte të gjithësisë. Meqë gjatësia valore e këtyre valëve është shumë e madhe, radioteleskopët paraqesin pasqyra të mëdha metalike me diametër me madhësi disa dhjetra metra, të cilët i pasqyrojnë radiovalët në fokusin e teleskopit të këtillë. Shumë objekte astronomike emetojnë radiovalë, por atë fakt astrofizikanët e kanë zbuluar në vitin 1932, prej të cilës kohë edhe filloj të zhvillohet radioastronomia. Radioastronomia ka përparësi sepse në huëumtimet e saj nuk ndikojnë kushtet kohore.

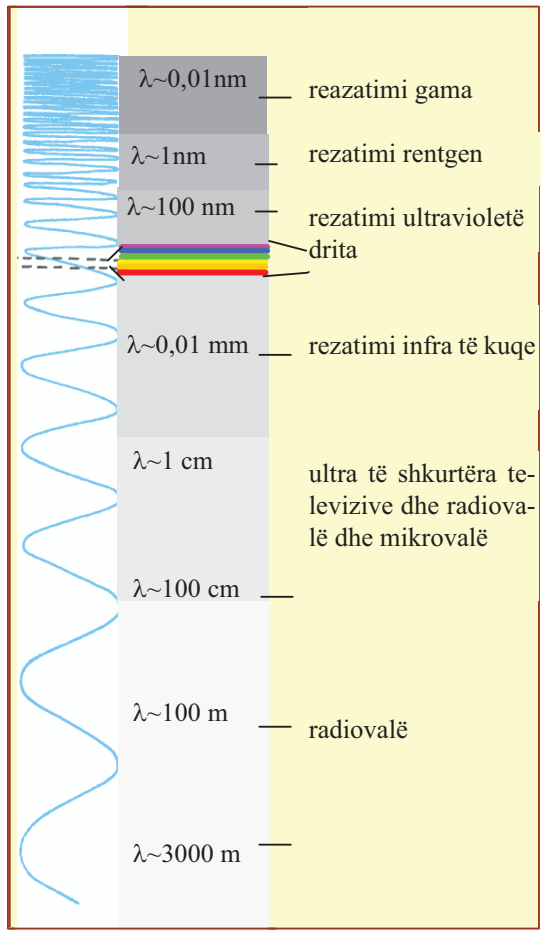


Fig. 1

Mikrovalët kanë gjatësi valore nga rendi i madhësisë disa centimetra .

Këto valë përveç te furra mikrovalore shfrytëzohen edhe te radari (fig. 2).

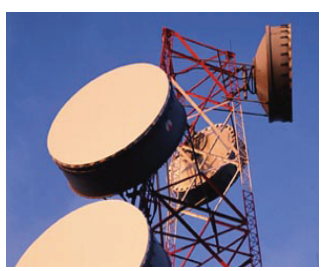


Fig. 2. Antena e radarit

Radari krijon figurë nëpërmjet pasqyrimit të mikrovalës nga një objekt.

Mikrovalët janë të përshtatshëm për bartjen e informatave nga një vend në tjetrin (biseda telefonike, të dhënat kompjuterike et.) meqenëse nuk e humbin energjinë në mjegulë, borë, rretë. Për këtë arsye ato shfrytëzohen për fotografmin e Tokës nga sateliti.
Për astrofizikanët ishte me rëndësi të madhe zbulimi i fonit mikroval kosmik (në vitet e gjashtëdhjeta të shekullit XX) për vërtetuar teorinë e njohur të Big Beng për zanafillëbn e gjithësisë.

Rrezatimi infrakuq shfrytëzohet për fotografi infrakuqe dhe terapi medicinale. E rrezatojnë të gjitha trupat. Kështu, njeriu emeton rrezatim infrakuq me gjatësi valore rreth 10 μm. NË atërrezatim janë të ndjeshëm disa gjallesa, p.sh. gjarpërinjtë.

Rrezatimi elektromagnetik i dukshëm për ne është zonë më e rëndësishme, meqë vetëm në atë pjesë është i ndjeshëm syri ynë.

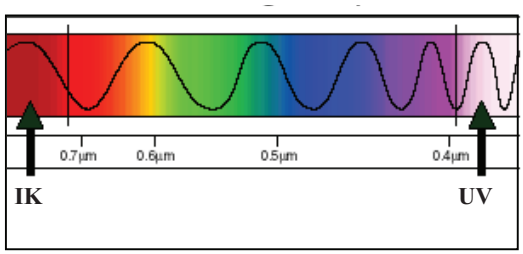


Fig. 3. Diapazoni i gjatësive valore të dritësë së dukshme 370 deri 770 nm

Drita ultravjollcë shfrytëzohet për sterilizimin e instrumenteve dhe për identifikimin e materialeve fluoreshente.

Syri i njeriut nuk e regjistron atë, por ekzistojnë gjallesa të ndjeshme në këtërrezatim. I tillë është p.sh brumbulli.

X-rrezatimi (rëntgen) ka gjetur zbatim të madh në diagnostikën medicinale. Por, po ashtu shfrytëzohet edhepër qëllime terapeutike kundër sëmundjeve të dëmshme (malignus). Për qëllime shkencore shfrytëzohen etodat e difraksionit rëntgen. Gjejnë zbatim edhe në industri.

Shumë trupa qiellor rrezatojnë rreze rëntgen. Të tillë janë vrimat e zeza, yjet neutronike, yjet binare, Dielli, bile edhe disa komete.

Rrezet gama kanë frekuiencë më të madhe. Emetohen nga bërthamat atomike radioaktive edhe në rastet e eksplodimeve bërthamore (nukleare).Rrezatimi gama mund t'i zhduk qelizat e gjalla të organizmave, për ç'arsye është shfrytëzuar në medicinë për shmangien e qelizave kancerogjene.

Rrezet gama arrijnë nga largëitë e mëdha edhe nga gjithësia, por pjesa më e madhe e tyre absosbohet nga atmosfera. Nga gjithësia rrezatimi gama, i cili është rrezatim me energji më të madhe, arrin nga pjesët e saj më të nxehta.

Gama astrofizika bazohet me hulumtimin e pulsarëve, yjet neutronike. Ndër zbulimet më spektakulare të gama astronomisë është zbulimi i ashtuquajtur gama eksplodim. Ai gama eksplodim është akoma misterioze dhe e sigurt është se studimi i tij do të shpie për njohuri të reja për lindjen e unuversit dhe dimensionet e tij.

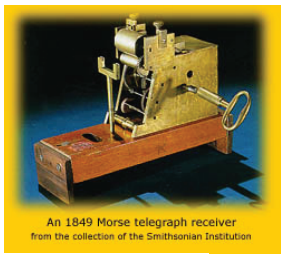
Pyetje, detyra, aktivitete

1.A mund të thuhet se radiovalët janë dritë valore?
2. Meqë kusht themelor që të emetohet valë elektromagnetike është qëduhet të ekziston lëvizje e përshpejtuar në ndonjë grimcë të elektrizuar, mendoni se si dhe pse molekulat dhe atomet rrezatojnë infra të kuqe, të dukshme dhe dritë ultravjolcë (sipas parafytyrimeve që i keni për ndërtimin e këtyre grimcave)?
3. Cilat janë vlerat e radiofizikës në lidhje me astrofizikën optiker?

Rezime e shkurtër

Spektri i rrezatimit elektromagnetik është shumë i gjerë.
Natyra elektromagnetike ka:radiovalët (të gjata, të mesme, të shkurtëra dhe ultra të shkurtëra-mikrovalore), rrezatim infrakuqe, drita e dukshme, drita ultravjolcë, rrezatimi rëntgen dhe rrezatimi gama. Llojet e ndryshme të valëve elektromagnetike dallohen sipas frekuencës së tyre, përkatësisht gjatësisëvalore.

8.11. RADIOTRANSMISIONI



Prej studios televizive shkojnë për së gjalli dhe njëkohësisht mund të shihen shikuesit prej gjithë Tokës. Sot nuk mundet tani më të mendohet pa telekonikimet e nivelit të zhvillimt të sotshëm, radio, televizioni, transmetimi satelitor të informartave,ineneti, telefonat mobil pra edhe SGP (sistemi global pozicionues).

Zhvillimi i telekomunikimit siguron afrimin e njeriut me njeri, zmadhimi i informatave pëe ngjarjet në botë, dispozicioni i literaturës botërore nëpërmjetinternetit në shtëpitë tuaja. Telekomunikimet janë ato që gradualisht e shndërrojnë botën në një „fshat global“.

Telekomunikimet, në përgjithësi, paraqesin përcjelljen e informatave (fotografi ose zërin) në largësi nëpërmjet telit ose nëpërmjet rrugës pa tel (me ndihmën e valëve elejtromagnetike)**.**

Elementet e radioteknikës

Shfrytëzimi i radiovalëve për përcjelljen e informatave nëpërmjet rrgës pa tej ka filluar në fillim të shekullit XX, pasi Flemingu e mendoi diodën e vakumit dhe më vonë, Li DE Forest e mendoi triodën. Zhvillimi i kësaj disipline teknike deri më ditën e sotshme është intenzive dhe është kusht kryesor pre përparimit të fizikës të gjysmëpërçuesëve dhe mikroelektronika.

Radioteknika bazohet në prodhimin, emetimin dhe pranimin e radiovalëve. Është e domosdoshme studimi edhe i kushteve dhe nënyrën e përhapjes së radiovalëve.

Emrta e zbuluesit Popov dhe Markov janë të lidhur me zbatimin e parë të sukseshëm të valëve elektromagnetike për bartjen e informatave. Kontribut të madh e të rëndësishëm ka dhënë edhe shkancëtari Nikolla Tesla.

Për mbajtjen e radiovalëve është e domosdoshme ekzistimi i dhënësit dhe pranuesit. Dhënësi përbëhet prej instrmenteve që prodhojnë oscilime elektromagnetike sinuse (oscilator), modulator, përforcues dhe antenë dhënëse. Antena paraqet përçues metalik që është kyçur për përforcuesin te i cili ngacmohen oscilimet elektrike me fuqi të madhe ku ndodhin oscilime elektromagnetikeqë shpërdahen në hapësirë në formë të valëve elektromagnetike (radio).

Pranuesi i këtyre valëve, gjithashtu, duhet të kenë antenë, përforcues, demulator dhe shndërrues (altoparlant).

Oscilimet elektromagnetike të emetuara te antena pranuese indukojnë oscilime elektrike me frekuencë të lartë me fuqi shumë të vogë.. Kështu, oscilimet e dobëta pastaj me ndihmën e përforcuesit përforcohen, ashtu që fuqia etyre pas demulacionit të kryer është mjaft e madhe të shkakton efekt te shndërruesi (për shembull, të lëviz membranën e altoparlantit).

Te mjedisi homogjen valët elektromagnetike shpërdahen drejtvizorisht. Largësia deri te cila mund të arrijnë për shkak të mëshehtësisë së Tokës është relativisht e vogël (dhjetë kilometra).

Megjitatë, qysh me eksperimentet e para të Markonit, të emetuara në Evropë, janë pranuar edhe në Amerikën Verore.

Sqarimi ka arritur diçka më vonë prej Hevisajd, që e sqaroi pranimin nëpërmjet refleksionit të valëve elektromagnetike nga Toka prej shtresave të sipërme të jonizuara të atmosferës (fig. 1).

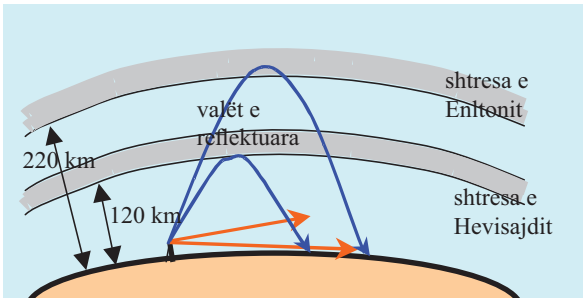


Fig. 1. Reflektimi i radiovalëve nga jonosfera

Më vonë Epëltoni tregoi se ekzistojnë më tepër kësisoj shtresa jonizuese të atmosferës, që ekrijojnë jonosferën në lartësi nga 60 deri 300 kilometra. Jonizimi i këtyr shtresave ajrore krijohet nga rrezatimi kozmik dhe rrezet e Diellit. Duke falenderuar pasqyrimit të radiovalëve nga këto shtresa është mundësuar përhapja dhe pranimi i tyre në lartësi disa mijëra kilometra nga emetuesi.

Radioja. Modullimi dhe demodulimi

Zona frekuenciale e zërit është nga rreth 20 deri rreth 20 000 Hz. Për bartjen e informatave të zërit në largësi të mëdha është i nevojshëm shndërrimi i zërit, i cili paraqet lëkundje mekanike, në lëkundje elektrike dhe madje në valë elektromagnetike. Në mikrofon lëkundjet e zërit shndërrohen në lëkundje elektrike sinkrone të rrymës. Sinjali i zërit shndërrohet në sinjal elektrik. e këtërast fitohen lëkundje elektrike, të cilët do të mundet të përhapen në largësi në formë të valëve elektromagnetike. Por, valët elektromagnetike me këso frekuenca të ulta nuk janë të përshtatshme për mbajtjen e radiolidhjeve.

Ky problem është zgjidhur ashtu që, lëkundjet me frekuencë të lartë (me madhësi 1 000 000 Hz) shfrytëzohen si valë bartëse, ndërsa këto futen lëkundjet me frekuencë të zërit (sinjalit). Ky proces është i njohur si **modulim** dhe ngjanë në pjesën e **radiodhënësit**, i cili quhet modulator.

Me këtë rast përfitohen lëkundje me frekuencë të lartë të modeluara, amplituda e të cilës gjatë kohës ndërrohet në mënyrë sinkrone me ndryshimet e sinjalit të zërit (fig. 8.11.2). Pas përforcimit, sinjali i modeluar me frekuencë të lartë përcillet në **antenën dhënëse**, cila rrezaton valë elektromagnetike të moduluara.

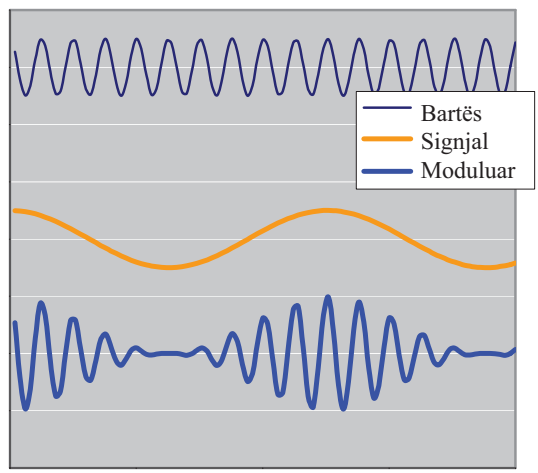


Fig. 2. Modulimi në amplitudë: vala bartëse signjali dhe vala e moduluar. Signjali është një ton i valës së zërit

Në **antenën pranuese** këto radiovalë me ndihmën e qarkut rezonant kapen (pranohen) dhe në këtë rast të rezonacës indukohet forcë elektromotore maksimale. Kështu do të rrjedh rramë e cila ka të njëjtën formë (amplitudë dhe frekuencë) si edhe vala e moduluar (fig. 2). Meqenëse rryma ka frekunecë të lartë, ajo nuk mund të ngacmoj lëkundje në membranën e altoparlantit ose dëgjueseve, prandaj është e nevojshme komponenta e zërit (sinjali) që është futur (moduluar) në valën bartëse të ndahet, dhe vetëm sinjali të lëshohet nëpër altoparlantin për ta lëvizur membranën.

Procesi i shkëputjes së sinjalit të zërit nga vala bartëse është i njohur si **demodulim**, i cili mund të arrihet menjë diodë drejtuese gjysmëpërçuese ose vakum diodë (fig. 4). Në këtë mënyrë nëpër

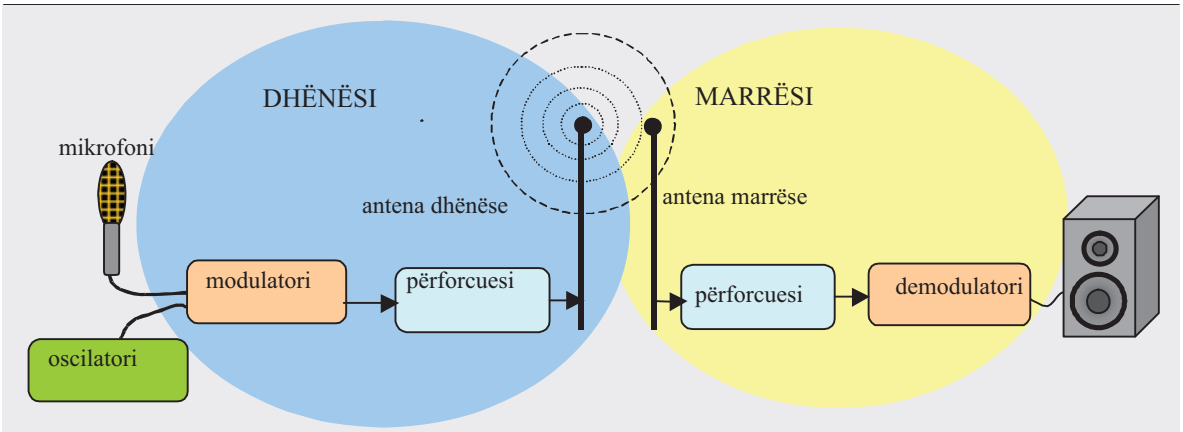


Fig. 3. Bartja e zërit në largësi. Principi i radios

Në këtë mënyrë nëpër dëgjueset vjen vetëm komponenta njëkahëshe (oscilime elektrike vetëm në një kahe).

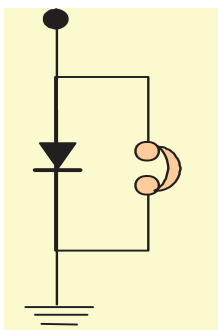


Fig. 4. Demodulator me diodë gjysmëpërçuese

Komponenta me frekuencë të lartë amortizohet me ndihmën e induktivitetit që ekanë dëgjueset (Kujtohu se rezistenca induktive është proporcionale me frekuencën dhe induktivitetin $R_L=\omega L$),prandajpër induktivitet më të madh dhefrekuencë të lartë, vala bartëse amortizohet. Në këtë mënyrë kalon vetëm komponenta e deoduluar me frekuencë të ulët. Membrana e altoparlantit fillon të lëkundet me atë frekuencë dhe prodhon zërin.Zëri kështu i pranuear duket krejtësisht i thjeshtë, por mund të ekziston vetëm kur fuqia e sinjalit të cilën e pranon antena është mjaft e madhe dhe kur kziston vetëm një brim i lëkundjeve elektromagnetike. Nëse njëkohësisht ekzistojnë shumë valë të këtilla në hapësirëme frekuenca të ndryshme bartëse, atëherë si do të ndahet ajo që dëshirojmë ta pranojmë? Shkëputja e këtillë bëhet me **rregullim të marësit** (**pranuesit**), në gjatësi valore të caktuar. Rregullimi arrihet në atënyrë që sinjali nga antena bartet në qarkun lëkundës të marrësit (fig. 5).

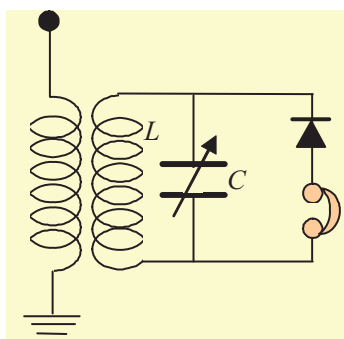


Fig. 5. Selektimi i frekuencës së dëshiruar. Nëse dëshironi ta dëgjoni progamin e parë të radios së Maqedonisë duhet ta rregulloni marrësin në 820 kHz

Qarkulëkundës është i përbërë prej bobinës me induktivitet (L) dhe kondenzator me kapacitet të ndryshueshëm (C).
Kështu frekuenca vetiake e qarkut është:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (1)$$

Duke ndryshuar kapacitetin C (barazimi 1) rregullohet frekuenca vetiake e lëkundësit të barazohet me frekuencën e radiovalëve, që do të thotë arrihet rezonancë, prandaj në këtë rast tensioni i indukuar është maksimal. Për këtë arsye rryma me frekuencë të lartë do të bëhet më e madhe. Njëkohësisht, përtëgjitha frekuencat tjera që arrijnë te antena marrëse tensioni i ndukuar do të jetë ivogël dhe ato nuk do të shkaktojnë lëkundje të membranës dhe nuk do të dëgjohen.

Përforcuesi

Intesiteti irrymës pasi është bërë demodulimi shpesh herë është i dobët dhe nuk mundtë lëviz membranën e altoparlantit, prandaj është e nevosjhme që sinjali të përforcohet. Përforcimi, më parë, është bërëme llamba elektronike, ndërsa sot edhe me tranzistorët. Një **përforcues** i tillë i thjeshtë i fuqisë me MOSFET tranzistor që gjendet në ndërlidhjen e një radiomarrësi është dhënë në skemën e fig. 6.
Vala e selektuar e moduluar sillet në hyrje të një përforcuesi me tranzistor ndërmjet emetuesit

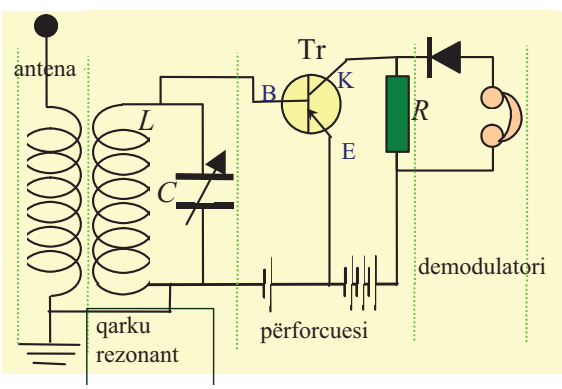


Fig. 6. Përforcues me ndërlidhje të radiomarrësit

dhe bazës. Dalja i këtij përforcuesi merret ndërmjet emetuesit, i cili është i përbashkëtedhe për hyrjen edhe për daljen, dhe kolektorit si rrymë e përforcuar në skajet e një rezistori *R*. Rryma që rrjedh nëpër rezistorin ndërrohet në ritmin e rrymës që sjellet në hyrjen e përforcuesit me tranzistor, por është disa herë e përforcuar. Kështu e përforcuar ajo madje demodulohet (diodën dhe elementin induktiv të dëgjuesve). Lëvizja e membranës së altoparlantit)ose dëgjueseve) shkakton vetëm komponentë të demoduluar e cila ndërrohet në ritmin e frekuencës së zërit.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si do ta shpjegoni dukurinë në vendet ku nuk dëgjohen radiovalët e shkurtëra?
2. Pse nuk dëgjohet, ose pak dëgjohet, radioja në tunel?
3. Si duhet të ndryshohet kapaciteti i kondenzatorit te qarku pranues, nëse dëshirojmë të dëgjojmë radiostacion me gjatësi valore të mëdha?
4. Si e shpjegoni reflektimin e e radiovalëve nga joosfera?
5. Gjeni cila është frekuenca e radiostacionit lokal më të afërt. Kyçeniradioon tuaj.
6. Organizoni një vizitë të ndonjë radiostacioni në afërsi të shkollës tuaj.
7. Në historinë e radiotransmisionit rol të madh ka pasur edhe Nikolla Tesla. Kërkoni në bibliotekë libra, ose në internet veb faqe përkatse dhe lexoni gjerësisht për eksperimentet e tij për radiovalë.

Rezime e shkurtër

Për mbajtjen e radiolidhjeve është e domosdoshme ekzistimi i dhënësit dhe marrësit.
Dhënësi përbëhet prej oscilatorit, modulatorit, përforcuesit dhe antenës dhënëse.
Gjatë bartjes së valës bartëse me frekuncë të lartë modulohet me sinjal që bartet (sinjaliqë rrjedh prej zërit, për shembull).
Marrësi përbëhet prej antenës marrëse, qarkut rezonant që ipranon oscilimet, demodulator dhe altoparlant.
Gjatë radio transmetimit shpesh kryhet përforcimi i sinjalit. Kjo bëhet me tranzistor.

9.1. NATYRA KARPUSKULARE-VALORE E DRITËS

Drita e dukshme sipas natyrës së saj natyrore nuk dallohet prej valëve tjera elektromagnetike, si për shembull, radiovalët, infraskuqe, ultravjolcë dhe γ-rezatimet. Madhësia themelore karakteristike e valëve të dritës ëdhtë frekuenca e tyre *f*.Ajo është e caktuar prej burimit të dritës, nuk ndryshon gjatë përhapjes ose bashkëveprimit te valët. Nga ana tjetër, gjatësia valore λ ndryshon varësisht prej shpejtësisë së shpërndarjes së dritës te mjedisi i dhënë.

Nëse drita në vakum ka gjatësi valore λ_0, te ndonjë mjedis me indeks të zgjerimit n, gjatësia valore është:

$$\lambda = \frac{\lambda_o}{n} \ . \qquad (1)$$

Valët, sikurse mekanike ashtu edhe elektromagnetike, mund të paraqiten me ndihmën e ***sipërfaqes valore***. Ajo është vend gjeometrik i pikave, të cilat gjatë procesit valor oscilojnë me frekuenca të jetë e rrafshët, sferike ose cilindrike.

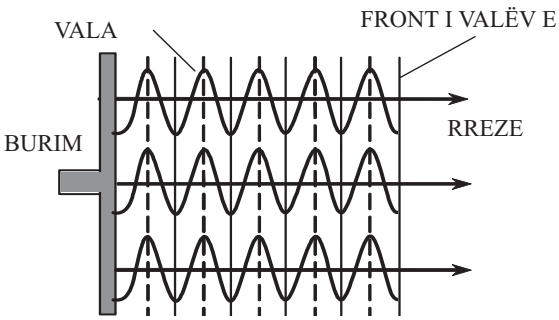


Fig. 1. Vala e rrafshët

Sipas teorisë valore rrezja e dritës puthitet me kahen e zgjerimit të valës dhe gjithmonë është normale në frontin e valës. Rrezet e valëve të rrafshta janë oarale-le (fig. 1), ndërsa rrezet,e valësve sferike zgjerohen në mënyrë radiale.(fig. 2).

Rrezet e dritës me energji të njëjtë, përkatësisht frekuenca janë monokromatike. Drita e bardhë është polikromatike, ajo është përzierje e rrezeve prej dritës monokromatike.

Një pjesë e dukurive të të dritës sikurse janë: interferenca, difraksioni dhe polarizimi, shumë lehtë sqarohet në bazë të parafytyrimit për dritën. Nga

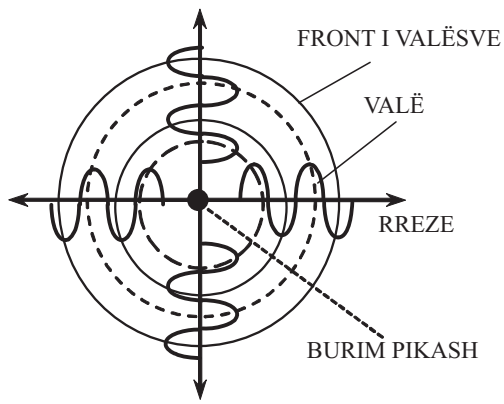


Fig. 2. Vala sferike

ana tjetër, gjithë vargu i dukurive, sikurse janë: rrezatimi, absorbsioni, fotoefekti, efekti i Komptonit dhe të tjera mundet të sqarohen vetëm nëse dritës i përshkruhen veti të *korpuskul-grimcë*.Që të sqarohen këto veti të dritës të zotërohet edhe si valë edhe si korpuskulë janë zhvilluar parafytyrimet për natyrën e kuantit të dritës. Ideja për *parafytyrimin korpuskula*r të dritës rrjedhin qysh prej Njutnit.

M. Plank, në vitin 1901 e parashtroi hipotezën për rrezatimin e diskontinuar të energjisë. Sipas Plankut, *energjia elektromagnetike rrezatohet në mënyrë të diskontinuar në formë të pjesëve të caktuara, të quajtura* ***kuant***. Energjia *E* e çdo kuanti dhe frekuenca e saj *f* janë të lidhura me barazimin:

$$E = h f, \qquad (2)$$

ku h=6,63·10^{-34} Js është konstanta e Plankut. Shpejtësia e shpërdarjes së dritës (ose në cilëndo rrezatim elektromagnetik) është më e madhe në vakum dhe është c=3,0·10^{8}ms^{-1}.

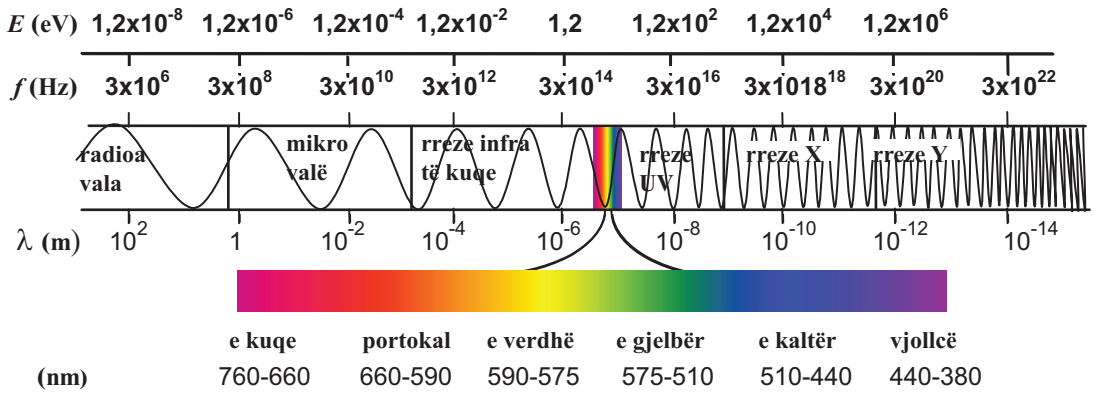


Fig. 3. Spektri elektromagnetik

Për çdo valë elektromagnetike, pra edhe për dritën, lidhja ndërmjet frekuencës *f*, shpejtësia e shpërdarjes së valës është c dhe gjatësia valore e saj λ është:

$$f\lambda = c. \tag{3}$$

Prandaj, barazimi (2) mund të shkruhet:

$$E = \frac{hc}{\lambda}\ . \tag{4}$$

A. Ajnshtajni në vitin 1905 e ka zgjeruar idenë e Plankut me atë që jo vetëm rrezatimi i dritës por edhe shpërdarja e saj dhe absorbimi ndodhin në formë të pronit të kuantit të dritës-***fotone***. Fotonet disponojnë me energjinë e tyre, masën dhe impulsin. Masa e fotonit është dhënë me:

$$m_f = \frac{E}{c^2} = \frac{hf}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}\ . \tag{5}$$

Përkatësisht, masa e fotonit është më e madh se sa frekuenca e saj është më e madhe. Për shembull, masa e fotonit te drita e dukshme me frekuencë $5{,}4\cdot10^{14}$ Hz është $4\cdot10^{-36}$ kg, kurse masa e fotoneve të rëntgenit me frekuencë $8\cdot10^{18}$ Hz është $4\cdot10^{-32}$ kg. Parafytyrim të zakonshëm përfotonin është se ai është pako prej valëve energjia e të cilit është aq e madhe, aq sa është e vogël gjatësia valore. Prandaj erdhëm deri te kuptimi për dualitetin e dritës. Domethënë, *drita posedon edhe karakteristika korpuskulare dhe valore*.

Dualizimi i këtillë i korpuskularitetit valor të dritë sot njihet edhe te elektronet, neutronet dhe mikrogrimca tjera. Këto veti të grimcave dhe dritës nuk mund të sqarohen nëpërmjet fizikës klasike, ato përshkruhen në kuadër të *mekanikës së kuantit*.

Valët e dritës, radiovalët, X-rrezet dhe γ-rrezet janë valë elektromagnetike të cilat dallohen vetëm sipas frekuencave dhe mënyrës së përfitimit.Valët EM janë valë transverzale dhe përshkruhen me vektorin e forcës së fushës elektromagnetike $\vec{E}$ që oscilon sipas ligjit të sinusit gjatë kohës edhe hapësira edhe vektori i induksionit magnetik $\vec{B}$, që oscilon me frekuencën e njëjtë me faza të barabarta. Ndryshimi fushës elektrike $\vec{E}$ vijon ndryshim të induksionit magnetik $\vec{B}$, që sjellë deri te ndryshimi i $\vec{E}$.

Sikurse dihet sot ekzistojnë valë EM me frekuencë prej 10^4 Hz deri 10^{21} Hz. Diapazoni i të gjitha gjatësive valore paraqet *spektër të REM,*përkatësisht te spektri elektromagnetik janë përfshirëvalë elektromagnetik duke filluar prej radiovalëve deri g-rreze ($\lambda\approx10^3$ m) dhe ($\lambda\approx10^{-12}$ m). . Prej këtij diapazoni të gjerë të frekuencave të valëve elektromagnetik, vetëm pjesë e ngushtë kanë aftësi, duke rënë mbi rrjetën e syrit të shkaktojnë ndijim për të shikuar. Ato përgjigjen në gjatësitë valore prej 400 deri 760 nm.

9.2. RREZATIMI INFRAKUQ DHE ULTRAVJOLLCË

Rrezatimi infrakuq

Në spektin elektromagnetik rrezatimiinfrakuq gjendet ndërmjet kufirit të kuq të dritës së dukshme (me gjatësi valore 760 nm) dhe mikrovalëve rreth (350 μm). Rrezet infralkuqe janë të padukshme për syrin e njeriut , sepse nuk kanë mjaftë energji të arrijnë deri te retina e syrit dhe të shkaktojnë përshtypje drite. Rrezatimi infrakuq ka veprim të fortë termik.

Ekzistojnë burime të ndryshme të rrezatimit infrakuq. Rrteh 50% të spektrit elektromagnetik të Diellit gjendet në këtë regjion. Një prej burimeve më të shpeshta që shfrytëzohet është teli inkadashent i volframit. Rrezet infrakuqe përfitohen edhe nga harku elektrik.

Praktikisht të gjitha trupat, a dallim nga natyra e tyre, në temperaturë më të lartë se zeroja absolute tërësisht rrezatojnë në regjionin infrakuq. Është e qartë se, në temperatura më të ulta rrezatimi ka gjatësi valore më të mëdha se sa në temperatura më të larta.

Disa substanca shum e absorbojnë rrezatimin infrakuq, ndërsa disa janë plotësisht të tejdukshme për këtë rrezatim. Për shembull, uji i ciliështë i tejdukshëm për pjesën e dukshme të spektrit si edhe për rrezet ultravjollcë, gati tërësisht e absorbon rrezatimin infrakuq.Kuarci i absorbon këto reze me gjatësi valore mbi 3000 nm, ndërsa kripa i lëshon deri 15000 nm. Plotësisht të tejdukshëm për këtë rrezatim janë germaniumi dhe siliciumi.

Për jetën në Tokë me rëndësi të madhe është aftësia e rrezeve infrakuqe të kalojnë nëpër atmosferë. Duke kaluar nëër atmosferë, për shkak të procesit të shpërdarjes dhe absorbimit, rrezatimi infrakuq dobësohet. Kjo në masë të madhe varet edhe nga papastërtia në atmosferë. Vetëm një pjesë e vogël e rrezatimit infrakuq që e rrezaton Toka e lëshon atmosfera, sepse bëhet absorbimi i tyre nga avulli i ujit. Në këtë mënyrë atmosfera luan rolin e izoluesit termik, e cila nuk lejon që Toka natën shpejt të ftohet.

Rrezet infrakuqe u nënshtrohen ligjeve që vlejnë edhe për rrezet e dritës (përthehen, reflektohen), interferojnë, pësojnë difraksion nga pengesat përkatëse. Kjo do të thotë rrezet infrakuqe mund të fokusohen me pasqyra dhe thjerrëza të përpunuara nga materialet përkatëse. Prandaj, spiralet e ngrohseve elektrike janë vendosur në fokusin e pasqyrave parabolike nga llamarina të polituara.

Eksperimenti klasik, i cili vërteton vetitë e rrezeve infrakuqe, si edhe ajo se mjediset që janë të patejdukshme për rrezet e dukshme mund të jenë të tejdukshme për rrezet infrakuqe, është eksperimenti i Tindalit të paraqitur në fig. 1.

Ena e qelqit është e mbushur me tretje të jodit në disulfid karboni. Kjo tretje është plotësisht e zezë dhe

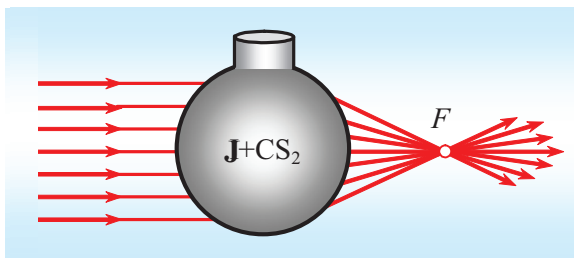


Fig. 1, Eksperimenti i Tindalit

e patejdukshme për dritën e dukshme, por e lëshon rrezatimin infrakuq në intervaë të gjërë. Kur ena është vendosur në rrugën e rrezeve paralele të dritës, të fituar nga llamba harkore, pas enës në vendin F ku fokusohen rrezet infrakuqe një copë letër ezezë shumë lehtë të ndizet. Në këtëeksperiment ena e qelqit vepron si thjerrëz përmbledhëse, në fokusin e të cilës sipas ligjeve të optikës gjeometrike duhet të gjendet letra e zetë për tu ndezur.

Rrezatimi infrakuq shfrytëzohet përhulumtimin e strukturës së atomeve dhe molekulave. Spektrat absorbuese infrakuq shfrytëzohen për identifikimin e substancave, hulumtimin e molekulave si edhe për studimin e bashkëveprimeve tëndryshme të molekulave. Në rend të parë ato janë molekula që kanë natyrë organike.

Rrezet infrakuqe kanë gjetur zbatim të gjerë në teknikënfotografike infrakuqe. Me ata mund të fitohen fotografi me më shumë konstante të objekteve të cilët gjenden në largësi të mëdha. Prandaj atë shfrytëzohen gjatë studimit të planeteve, yjeve, mjegullirave.

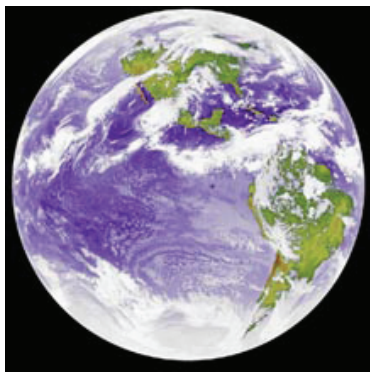


Fig. 2. Fotografia infra e kuqe e atmosferës së Tokës. Rretë më të errëta janë më të ngrohta nga ato më të ndritshme

Këto veti shfrytëzohen edhe në mjekësi, kriminalistikë, astronomi . teknikë, për qëllime ushtarake etj. Fotografitë me një teknikë speciale mund të bëhen në errësirë të plotë (shikim nate).

Laserët infrakuq shfrytëzohen për lidhje komunikative në Tokë dhe në kozmos. Rrezet infrakuqe në teknikë për tharjen e ngjyrave, qeramikës, dhe trupa të tjerë, në industrinë ushqimore për tharjen e prodhimeve bujqësore.

Në mjekësi rrezet infrakuqe shfrytëzohen në diagnostikë dhe terapi.

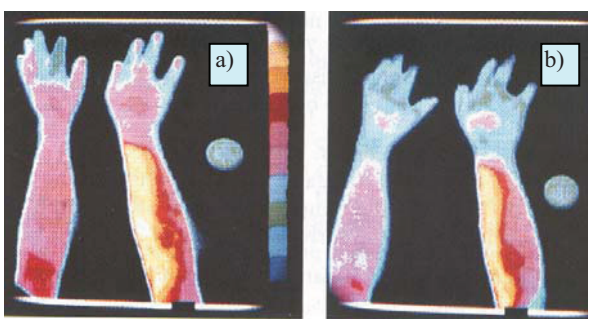


Fig. 3. Termogrami i duarve. a) para pirjes së duhanit, b) pas pirje së duhanit. Pas pirjes së duhanit shihet se duart janë më të ftohta

Si detektor të rrezatimit infrakuq nuk shfrytëzohen filme (ata janë të ndjeshëm për $\lambda < 900$ nm), portermistorët ,gjysmëpërçuesit rezistenca e të cilëve shumë zvogëlohet me zmadhimin e temperaturës, fotodiodat, termoelementet et. Për fotodiodat zakonisht shfrytëzohet InSb ose HgdT është (zhiva-kadiumi-teluri).

Regjistrimi i temperaturës të një objekti të caktuar në bazë të detektimit preciz të rrezatimit infrakuq quhet ***termografi***. Me këtërast fitohet figurë e quajtur *termogram* (fig. 3). Termografia shfrytëzohet në teknikën ushtarake („shikim nate“, inçiziminë mjegullë dhenatën tësendeve dhe rrethinën e saj) mjekësi dhe fusha tjera nga shkenca dhe teknika.

Rrezatimi infrakuq shfrytëzohet në në infrakuqe mitkoskopi dhe gjatëpërpunimit të qarqeve integrale.

Gypi konvertore infrakuqe ose teleskopi infrakuq mundëson shndërrimin e drejtpërdrejt të rrezatimit infrakuq. Me atë mund të shihen sende me temperaturë të lartë (motoro gjatë punës, sende me temeparturë të lartë, gypa të nxehta të armëve).

Rrezatimi ultarvjollcë

Në spektrin elektromagnetik në anën kah gjatësitë valore më të vogla prej 400 nm, deri 10 nm është rrezatimi ultravjollcë.
Syri e absorbon këtë rrezatim, i cili ndonëse ka energji më të madhe nga rrezatimi infra kuq, nuk mund të arrijë deri te retina dhe të shkaktojë përshtypje drite.

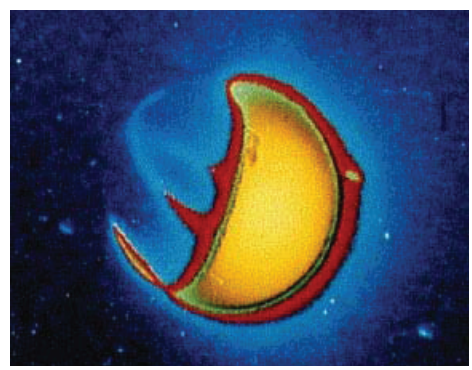


Fig. 4. Fotografia ultravjollcë e sipërfaqes së Tokës

Bile pjesa ultravjollcë e afërt është e padukshme për një numër të madh njerëzish. Ky regjion mund të regjistrohet me ndihmën e ekranit fluoroshent (nga zink sulfidi). Ekrani edhe pas pjesës ngjyrë vjollcë ndriçon me ngjyrë gjelbër-kaltër.

Burimet e rrezatimit vjollcë janë llambat harkore, metalet shumë të nxehura gjatë ndriçimit të bardhë, ndërsa ekziston edhe rrezatim laserik në këtë. regjion. Po ashtu, pjesa më e madhe e spektrit të zhivëss gjendet në këtë regjion, prandaj llambat e zhivës në mjekësi për dezinfeksionet e hapësirave.

Qelqi i thjeshtë e absorbon rrezatimin ultravjollcë me gjatësi valore nën 315 nm, ndërsa qelqi i kuarcit e lëshon deri 180 nm. Nën veprimin e rrezatimit ultravjollcë fluorescini dhe qelqi i uraniumit fluoreshojnë me ngjyrë karakteristike të gjelbër. Tretja e kinin sulfatit dhe petrolej fluoreshojnë me ngjyrë të kaltër. Prandaj, ata shfrytëzohen në mikroskopinë fluoroshente. Rrezatimi ultravjollcë shfrytëzohet në ktiminalogji, për të vërtetuar banknotat e rrejshme, në arkeologji (tekstet që dobët shihen, të lyera me material lumineshent, kur ndriçohenme këtë rrezatim lexohen). Rrezatimi ultravjollcë shfrytëzohet te llambat lumineshtente përcaktohet përbërja e disa substancave.

Gjatëstudimit spektroskopik me rrezatimin ultravjollcë, meqë ajo absorbohet nga ajri dhe qelqi, shfrytëzohen vakum spektrografe me prizma nga fluoriti ose rrjeta difraktive.

Ligjet e absorbimet vlejnë edhe për rrezet ultravjollcë. Nëpërmjet spektrave ultravjollcë të atomeve dhe molekulave fitohen njohuri për ndërtimin e shtresav të jashtëme elektronike të atomeve, si edhe njohuri për lidhjet kimike të molekulave dhe struktura e tyre. Spektroskopia ultravjollcë e absorbimit në mjekësi dhe biologji shfrytëzohen shpeshsepse është e shpejtë dhe precize.

Rrezatimi ultravjollcë ka veprim fotokimik, mund të shkaktojë ndryshime të mëdha në emulzonin e fotografisë. Gjatë absorbimit të këtij rrezatimi te molekulat e DNK bëhet shkëputja e lidhjeve të hidrogjenit dhe coptimii spirales dyfishe. Prndaj, nën veprimin intensiv të rrezatimit ultravjollcë mund të arrihet deri te shkatërrimi i qelizës. Prandaj,rrezet ultravjollcë shfrytëzohen për sterilizim. Por, dozat e vogla të rrezatimit ultravjollcë të afërtë shkaktojnë vetëm pigmentimin e lëkurës dhe janë të shfrytëzueshme. Kështu, mjekimi i sëmundjeve të rakitisit me këtë rrezatim është rezultat i krijimit të vitaminës D. Duhet të dimë se më e përshtatshme kohë përrrezitje është kur atmosfera nukështë e tejnxehur dhe tengopur me avuj uji.

FIZIKA DHE EKOLOGJIA

Për botën e gjallë burim kryesor i rrezatimit ultravjollcë është Dielli. Nga Dielli në sipërfaqen e Tokës arrin rrezatim ultravjollcë me gjatësi valore më të vogla absorbohen nga atmosfera. Prandaj ky rrezatim është më i madh në malet e larta.

Gjatë bashkëveprimit të rrezatimit ultravjollcë me oksigjenin e shtresave të larta të atmosferës (stratosfera) krijohet ozon (O_3). Ozoni shumë e absirbon rrezatimin ultravjollcë të dëmshëm dhe eshndërron në nxehtësi. Vitet e fundit si rezultat i shfrytëzimit të tepër të freonit (gaz që shfrytëzohet në mjetet ftohëse edhe për disa spreje) jo vetë që e zvogëlon trashësinë e shtresës së ozonit, por krijo edhe „vrima ozonike“ (veçanërisht mbi Antartikun).

Pyetje, detyra, aktivitete

1. pse ndërmjte temperaturës së ditës dhe natës së Hënës ekziston ndryshim i madh?

2. Cili është dallimi ndërmjet rrezatimit ultravjollcë dhe infrakuq?

3. A u nënshtrohen rrezet infrakuqe dhe ultravjollcë ligjeve të optikës gjeometrike, të cilët vlejnë edhe për rrezet e dritës? Përmendi disa shembuj.

4.Pse nuk mund të nxeheni nëse rezatoheni pas qelqit të dritares?

5. Pse syri i njeriut nuk mund ta shoh rrezatimin infrakuq dhe ultravjollcë?

6. Përcaktoni frekuencat e rrezatimit infrakuq dhe ultravjollcë sipas shënimeve që janë dhënë në tekst.

A mundet me przmë të qelqit të zbërthehet në spektër rrezatimi infrakuq ose ultravjollcë.A me rrjetë difraktive.

8. Ku është më i madh intensiteti i rrezeve ultravjollcë të rrezatimit të Diellit: në sipërfaqen e detit, në maje të bjeshkëve, në kozmos?

9.3. LIGJET THEMELORE TË GJEOMETRISË OPTIKE

Gjeometria optike është ndërtuar në bazë të këtyre ligjeve dhe principeve themelore për zgjerimin e e dritës në mjedise optike homogjene, ligj për zgjerim të pavarur të rrezeve të dritës, ligji për përthyerje dhe refleksion të dritës dhe principit për anasjelltas prej ose inverzion i rrezeve të dritës.

Ligji për zgjerimin drejtvizor të dritës thotë: drita nëpër mjedisin homogjen dhe të izoluar zgjerohet drejtvizorisht. Ky ligj vlen, vetëmnëse dimenzionet e hapjes ose pemgesave janë më të mëdhaja ose të pakrahasueshme me gjatësinë valore të dritës. Nëse kjo nuk është rast, drita shmanget prej zgjerimit drejtvizor.

Ligji për zgjerim të pavarur të rrezeve të dritë thotë: nëse në pjesë të hapësirës njëkohësisht zgjerohen më shumë rreze, zgjerimi i çdonjërit prej tyre nuk i pengon zgjerimit të rrezes tjetër dhe anasjelltas.

Ligji për refleksion dhe përthyerje - Nëse duaj drite prej dritës paralele dhe monokromatike bie nën këndin α në lidhje me normalen, e ngritur prej pikës së ramjes mbi sipësrfaqen kufitare të dy mjediseve të ndryshme optike, mjedisi 1 dhe mjedisi 2, pjesë e dritës ndërhyrëse reflektohet në mjedisin 1 nën këndin α‘, kurse pjesa duke kaluar në mjedisin 2 përthyhet (refrakton) nën këndin β, (fig. 1).

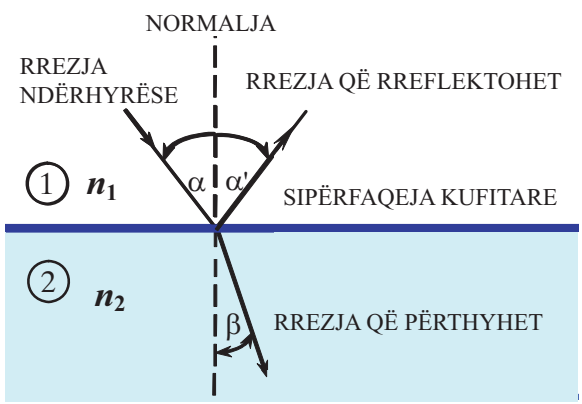


fIG. 1

Këndi α në të cilin rrezja bie është i barabartë me α‘ që rrezja e dritës së reflektuar e ndërton me normalen të ndërtuar prej pikës së ramjes mbi sipërfaqe kufitare:

$$\alpha = \alpha' \qquad (1)$$

Kur drita kalon nëpër dy mjedise me natyrë të ndryshme, në kufirin ndërmjet dy mjediseve ndryshon drejtimi i rrezes së dritës. Thuhet se gjatë kalimit prej një mjedisi të dritës përthyhet (fig. 1).

Ligji për refleksion dhe përthyerje thotë: *rrezje nën të cilën drita bie mbi sipërfaqen e ndarë ndërmjet dy mjediseve të ndryshme të dritë sipas natyrës, rrezje nën të cilën reflektohet, rrezja që kalon nëpër mjeisin e dytë dhe normales të sipërfaqes kufitare të ngritur prej pikës në të cilën bie rrezja, shtrihen në rrafshin e njëjtë.*

Këndi (α) nën të cilin rrezja bie dhe këndi (β) nën të ciolin rrezja përthyhet dhe hyn te mjedisi i dytë, të matura prej normales në pkën e ramjes, janë të lidhura me të ashtuquajturën ligjin Snelius-Dekart:

$$\frac{\sin\ \alpha}{\sin\ \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}\,. \qquad (2)$$

ku me v_1 dhe v_2 janë shënuar shpejtësitë e dritës te mjdisi 1, përkatësisht te mjedisi 2. Herësi prej shpejtësisë së dritës në vakum dhe shpejtësia nëpër çfarëdo mjedis optik quhet ***indeksi absolut i përthyerjes***.Nëse shpejtësia e zgjerimit të dritës në vakum shënohet me *c*, në atë rast për të dy mjediset, që kanë indeks absolut të përzhyerjes n_1 dhe n_2, përkatësisht mund të shkruhet: $n_1=c/v_1$, $n_2=c/v_2$. Duke i pjesëtuar të dy barazimet e fundit, fitohet:

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c/v_2}{c/v_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\ , \qquad (3)$$

ku $n_{2,1}$ është ***indeksi relativ i përthyerjes së mjedisit të dytë në lidhje me të parën***.Për shembull, indeksi absolut i përthyerjes të ujit për gjatësinë valore λ=589 nm (vija e verdhë e natriumit) është 1,33.

Mjedisi me vlera më të larta të indeksit absolut të përthyerjes është optikisht më e dendur. Prandaj,

gjatë përthyerjes të duajës së dritës më e rrallë prej mjedisit optik në mjedisin më të dendur optik ($n_2 > n_1$) vjen deri te afrimi i rrezse nga normalja $\beta < \alpha$ që vijon prej barazimit (3), por kur është $n_2 < n_1$ rrezja largohet prej normales $\alpha > \beta$.

Principi i anasjelltë prej ose inverzes të rrezeve të dritës thotë: nëse ndryshon kahja e shpërdarjes së rrezeve të dritës, atë e përcjellin të njëjtë trajektore.

9.4. REFLEKSIONI TOTAL

Endoskopi

Refleksioni total i dritës ndodh gjatë prhapjes së saj prej mjedisit optik më të dendur në mjedis optik më të rrallë kur këndi ndërhyrës është më i madh prej vlerës së caktuar. Për shembull, për ujë-ajër refleksioni total ndodh kur këndi ndërhyrës do ta tejkalon vlerën prej $48^0 35'$.

Kur mbi sipërfaqen kufitare ndërmjet mjedisit optik më të dendur dhe mjedisit optik më të rrallë bie në mënyrë divergjente duaja e rrezeve, sikurse që është paraqitur te fig. 1, një pjesë e rrezeve për të cilët $\alpha < \alpha_g$, përthyen edhe në mjedisin më të rrallë, po ashtu duke u larguar prej normales.

Nëse këndi i ndërhyrjes α rritet, këndi i përthyerjes β rritet më shpejtë. Në kushtet e atilla vlerë më të madhe të mundshme që mund ta fiton këndi b është 90^0. Këndi ndërhyrës, për të cilin rrezja përthyese rrëshqet nëpër sipërfaqen kufitare (rrezja A), quhet këndi kufitar ose ***këndi i refleksionit total*** α_g (fig. 1).

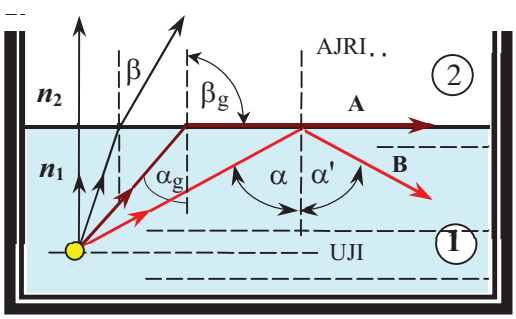


Fig. 1. Refleksioni total ndodh për kënde më të mëdhenj se këndi kufitar $\alpha > \alpha_g$.

Për këndet $\alpha > \alpha_g$ drita ndërhyrëse tërëisht reflektohet (rrezja B, fig. 1). Për këndet e atillë nuk ka kalim të dritës në mjedisetoptike më të rralla. Ajo dukuri quhet ***refleksioni total***.

Vlera e këndit kufitar α_g varet prej indeksit të përthyerjes të të dy mjediseve. Këndi kufitar α_g përcaktohet prej ligjit të Sneleus-Dekartit nëse te ai janë $\beta_g = 90^0$, përkatësisht $\sin \beta_g = 90^0 = 1$:

$$\frac{\sin\alpha_g}{\sin\beta_g} = \frac{\sin\alpha_g}{\sin 90^o} = \frac{n_2}{n_1};\ \sin\ \alpha_g = \frac{n_2}{n_1}. \qquad (1)$$

Për shembull, nëse mjedisi 1 është qelq me indeks të përthyerjes 1,52, mjedisi ajër me indeks të përthyerjes 1,00, atëherë këndi kufitar për kufirin qelq-ajër është $\alpha_g = 41^0$.

Prandaj gjatë këndit ndërhyrës $\alpha > 41^0$ në kufirin qelq-ajër gjithmonë ka refleksion total. Dukuria refleksioni total i dritës është shfrytëzuar te prizmat e ndryshme dedikimi i të cilave është tÇi shmang rrezet për 90^0 (fig. 2), 180^0 ose sasi tjera të këndeve, sikurse janë, për shembull periskopët.

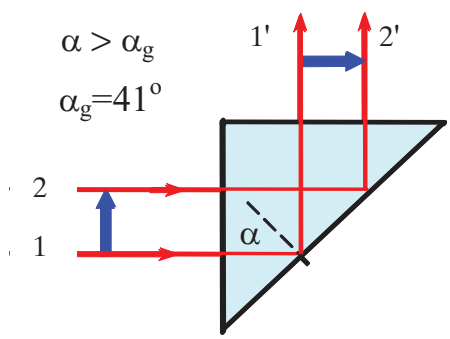


Fig. 2. Prizma drejtkëndore për refleksionin total

Refleksioni total mujnd të vërehet nëse rrezja e dritës ndahet me diafragmë rrethore dhe drejtohet të bie te boshti i hapjes së një ene npër tëcilën rrjedh ujë. Rrezja e vazhdon rrugën e përshpejtuar duke e përcjell lakoren e tij.

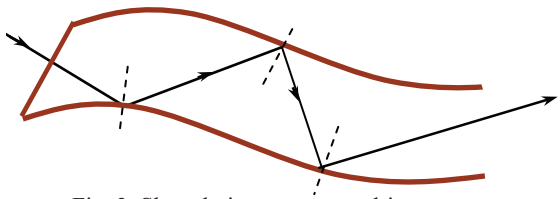


Fig. 3. Shpërdarja e rrezeve të dritës nëpër fijen optike (Fiber)

Refleksioni total i dritës shfrytëzohet te mikroskopët imerzion, gjatë relizimit të konstruksionit të disa instrumenteve optike, si për shembull, te refraktometri i Abeovit me të cili matet indeksi i përthyerjes së lngjeve etj.

Te **fijet optike** (fiber), fig. 3)ndodh refleksion total i dritës. Atoparaqesin fije të holla (diametër përafërsisht5-10·10^{-6} m), të bëra prej materialit optik të tejdukshëm (ndonjë dielektrik, përshembull, polimer etj.) nëpër të cilin të mund të shpërdahet drita. Brendësia e fijes optike, zakonisht, është bërë prej qelqi të kuarcit ose prej ndonjë polimeri, kurse sipërfaqeja është mbuluar me shtresë të hollë prej llojit tjetër të qelqit me indeks më të vogël të përthyerjes.

Fig. 4. Duaj prej fijeve optike

Fijet optike shfrytëzohen veçanërisht në duaj (fig. 4), po ashtu çdo fije e veçantë e bartë fotografinë prejpjesë më të vogël të sendit që vërehet.

Kur drita bie te fija optike nën këndin më të vogël se α_g, përjeton refeleksion të shumëfishtë dhe kështu shpërdahet sipas gjatësisë së tij (fig. 3). Po ashtu me fijet optike mund të shtrembërohet rruga e duajës së dritës.

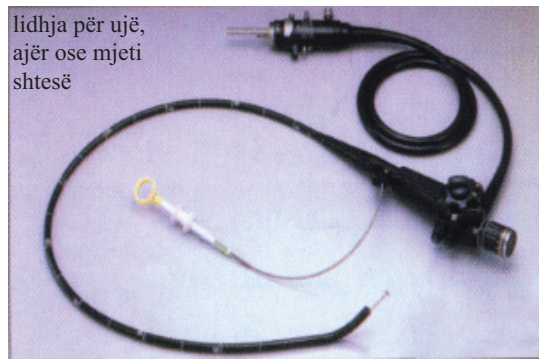


Fig. 5. Endoskop

Në mjekësi fijetoptike shfrytëzohen për konstruksionin e *endoskopit*.

Endoskopi (fig. 5) është instrument special që mundëson qasje vizuele deri te brendësia e organeve (rrugët e frymëmarrjes-bronhoskop, trakti digestiv-gastroskop, laringoskop, pjesë prej gjakrrjedhjes). Ai përbëhet prej burimit të dritës (He-Ne laser) dhe dy duajë prej prej fijeve optike drejtvizorisht të radhitura të vendosura te gypi i përbashkët. Zakonisht njëra duaj shërben për ndriçim të organit të hulumtuar dhe përbëhet prej rreth 6 000 fije, ndërsa duaja tjetër është për bartjen e fotografisë dhe është ndërtuar prej rreth 8 000 fije.

Fijet optike gjejnë zbatim të gjerë te optika integrale për kodimin dhe bartjen e informatave, për lidhje të terminaleve kompjuterike et. Llogaritet se retina e syrit është struktura më e ndërlikuar fije optikës e organizimit të lartë, e përbërë prej 10^0 fije të tejdukshme.

PYETJE DHE DETYRA

1. Kur ndodh refleksioni total?
2. A keni vërejtur refleksion total në natyrë rreth jush?
3. Çka janë fije fiberi dhe ku gjejnë zbatim?

9.5. PASQYRA E RRAFSHËT

Fytyra në pasqyrën e rrafshët

Prej numri më të madh elementesh optike të cilat kanë gjeturzbatimshumëtë gjerë në jetën e përditshme dhe në shkencë, më e thjshtë është pasqyra e rrafshët.

Pasqyra errafshët paraqet sipërfaqe ideale të rrafshë t të disa metaleve , (argjendit, aluminit, kromi ose nikli),e cila pjesën më të madhe të dritë rënëse e pasqyron (deri 96%). Kjo realizohet duke bartur një shtresë të hollë tëmetaleve të sipë përmendur në pllakat e rrafshta të qelqit, gjë që është rast më i shpeshtë gjatë fabrikimit të pasqyrave të rrafsha.

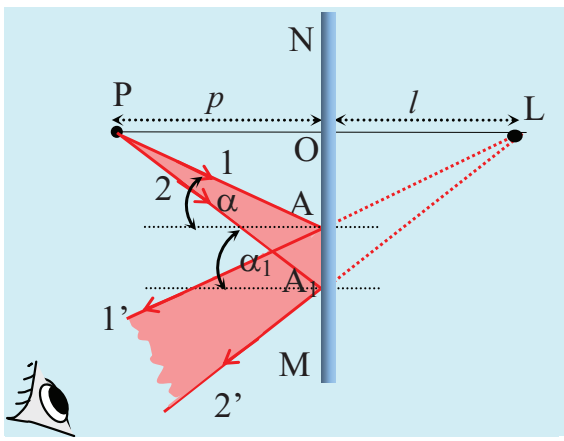


Fig. 1

Të supozojmë se sipërfaqja MN paraqet pasqyrë të rrafshët (fig. 1). Para pasqyrës së rrafshët le të gjendet një burim pikësor i dritës (trupi) i shënuarme P nga i cili bien më shumë rreze në pasqyrë. Ndajmë një tufë radiale drite ku rrezet kufitare të dritës i shënojmë me 1 dhe 2. Çdo rreze e tufës gjatë rënies në sipërfaqen e pasqyrës pasqyrohet sipas ligjit të pasqyrimit. Lehtë mund të vërehet se edhe tufa e pasqyruar, e cila kufizohet me rrezet 1‘ dhe 2‘, po ashtu është radial dhe ajo sikurs ka dal nga pika L, e cila gjendet pas pasqyrës. Kjo pikë në të cilën priten vazhdimet e rrezeve të pasqyruara quhet **shembëllim i trupit P**. Shembëllimi L nuk mund të kapet në ekran, sepse është fituar me vazhdimin e rrezeve të pasqyruara reale. Shembëllimi i fituar kështu është *imagjinar*.

Po theksojmë se në vizatim kemi vizatuar vetëm një pjesë të rrezeve që nisin nga burimi pikësor P. Kuptohet se nga ai nëpasqyrë bijnë pa fund numër rrezesh. Për përfitimin e shembëllimit të trupit pikësorë, mjafton të vizatohet rruga e vetëm dy rrezeve.

Nga figura qartë shihet se largësia e trupit p deri te pasqyra është e barabartë me largësinë e shembëllimit l deri te pasqyra.

Këtë e vërteton edhe analiza vijuese: trekëndëshi POA është i puthitshëm me trtekëndëshin OLA. Nëse është ashtu atëherë është:

që tregon se $\frac{|PO|}{|OA|} = \frac{|OL|}{|OA|}$ или $|PO| = |OL|$,

$$p = l. \qquad (1)$$

Nëse dimë si fitohet shembëllimi i një pike, lehtë mund të ndërtohet edhe shembëllimi i një trupi më tëkomplikuar. Te trupat e rregullt gjeometrik mjafton të përcaktohen shembëllimet e pikave karakteristike të trupit. Për këtë gjë shfrytëzohet fakti se largësia e shembëllimit e cilës do pikë nga pasqyra është e barabartë me largësinë e tij nga pasqyra. Një shembull të shembëllimit kështu të fituar është dhënë n fig. 2.

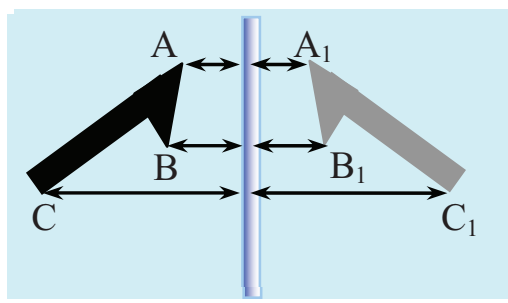


Fig. 2

Sipas këtij, dhe shumë shembujve të tjerë mund të përfundohet se *madhësia e shembëllimit te pasqyra e rrafshët është e barabartë me madhësinë e trupit*. Shembull të pasqyrës së rrafshët paraqe edhe sipërfaqja e ujit (fig. 3).

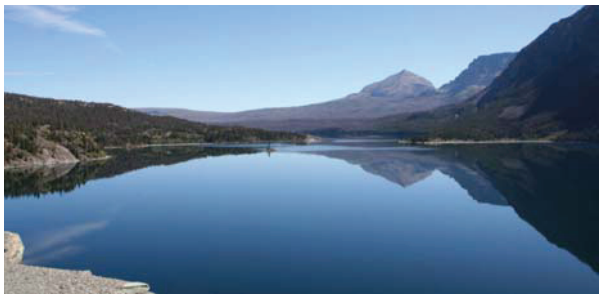


Fig. 3

Shembëllimi në pasqyrën e rrafshëtdallohet nga trupi vetëm nënë veçori. Ana e djathtë e trupit bëhet anë e majtë e shembëllimit. Kjo bukur shihet kur dikush qëndronpara pasqyrës dhe do ta ngrit dorën, (dora e djathtë e trupit është e majtë në pasqyrë). Kjo veti e shembëllimit quhet **simetri pasqyruese**.

Fig. 4

Është interesante se në ndërtimin e disa molekulave biologjike në organizmat e gjalla mund të gjendet simetri pasqyruese.

Këtë fakt shkenca nuk e ka sqaruar.

Zbatimi i pasqyrës së rrafshët

Përveç zbatimit shtëpiak të zakonshëm, pasqyrae rrafshët gjen zbatim të madh te një varg mjetesh optike. Zbatohet çdo kund ku me ndihmën e pasqyrimit duhet të rrotullohet tufa e dritës për një kënd të caktuar. Njëri nga mjetet e tilla është edhe periskopi (fig. 5).

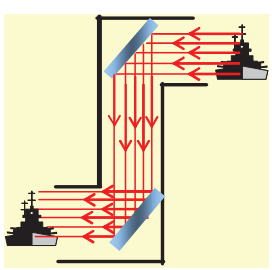


Fig. 5

Pasqyrat e rrafshta shfrytëzohen edhe te mjetet ku duhet të maten kënde të vegjël. Të tillë janë për shembull, galvanometrat me pasqyra ose peshoret e torzionit për matje precize të forcave. Gjatë matjes së këndeve të vegjël shfrytëzohet rreze drite e cila lëshohet të bie në pasqyrë.Rrezja pas pasqyrimit shihet nëlargësi të mëdha. Gjatë rrotullimit të vogël të pasqyrës tufae pasqyruar dhe e krahëzuar në ekran bën zhvendosje të mëdha. Këtu vjen në shprehje edhe fakti se kur pasqyra rrotullohet për një kënd të caktuar φ, këndi i pasqyrimit 2φ, Domethënë *këndi i rrotullimit të rrezes së pasqyruar dy herë është më i madh se këndi i rrotullimit të pasqyrës*.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Ktheje në faqe të ndonjë libri kah pasqyra e rrafshët, a mund ta lexoni tekstin?
2. Shpjegoni pse këndi i rrotullimit të rrezes së pasqyruar është dy herë më i madh nga këndi i rrotullimit të pasqyrës.
3. Ju dëshironi të bëni fotografi deri sa qëndroni para pasqyrës së rrafshët. Në cilën largësi duhet vta rregulloni mprehtësinë e fotoaparatit tuaj për të fituar figur të mirë?
4. Vendosni dy pasqyra të rrafshta në kënd të drejtë, ndërsa ndërmjettyre vendosni një qiri. Sa shembëllime fitoni? Sa shembëllime të qirit do të fitoni nëse të dyja pasqyrat janë paralele, ndërsa qiriu është ndërmjet tyre?
5. Nëse fëmija afrohet te pasqyra me shpejtësi 0,5 m/s, sa është shpejtësia e shembëllimit të tij: a) në raport me pasqyrën; b) në raport me fëmijën?
6. Kërkoni ndonjë libër ose në internet dhe ndërtoni kaleidoskoin. Synoni që vet ta shpjegoni se si me të mund të fiitohen lara të bukura.

Rezime e shkurtër

-Sipërfaqe e rrafshët e lëmuet prej të cilës drita reflektohet paraqet pasqyrë të rrafshët.

-Shembëllimi te pasqyra e rrafshët është imagjinar, të vendosur në largësi të barabartë si edhe trupi dhe është i barabartë me madhësinë e tij.

-Te shembëllimi i pasqyrës dhe trupit vlen simetria e pasqyrës: ana e majtë bëhet ana e djathtë dhe anasjelltas.

-Pasqyra e rrafshët gjen zbatim të gjerë te aparatet optike ose gjatë matjes së këndeve të vegjël të rrotulimit.

9.6. PASQYRAT SFERIKE

Pasqyrat sferike janë pjesë të sipërfaqeve sferike të cilat me përpikëri i pasqyrojnë rrezet e dritës. Sipas formës së sipërfaqes sferike nga e cila pasqyrohen rrezet, pasqyrat mund të jenë të lugëta (***konkave***) dhe të mysta (***konvekse***).

Në çdo pasqyrë sferike (fig. 1) dallohen: ***qendra optike e pasqyrës*** C-ajo është qendër e sferës nga e cila është përfituar pasqyra; ***hapja e pasqyrës***-ajo është korda AB; ***kulmi i pasqyrës*** O-ajo është pika më e lugët, respektivisht më e mystë e sipërfaqes sferike (ajo është mesi i pasqyrës); ***boshti optik kryesor***-ajo është drejtëza që kalon nëpër qendrën optike dhe kulmin e pasqyrës.

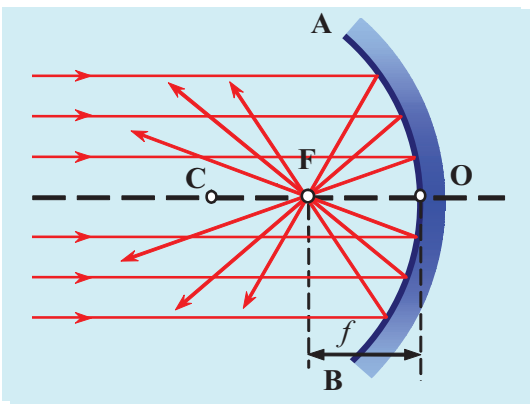


Fig. 1. Pasqyra konkave

Nëse në pasqyrën konkave bie tufë e rrezeve paralele me boshtin optik, ata pasqyrohen ashtu që kalojnë nëpër pikën F. Kjo pikë gjendet në boshtin optik dhe paraqet ***fokus*** (vatër) F të pasqyrës. Largësia $f = \overline{FO}$ është ***largësia fokale*** (ose largësi vatërore) e pasqyrës.

Te pasqyrat *konkave* fokusi është pika në të cilë vazhdimet gjeometrike të rrezeve të pasqyruara. Me fjalë tjera tufa e rrezeve paralele me boshtin optik pas pasqyrimit nga pasqyra konvekse divegjojnë. Vazhdimet e tl gjitha rrezeve të tufës divergjente priten në fokusin cili gjendet pas pasqyrës konvekse (fig. 2).

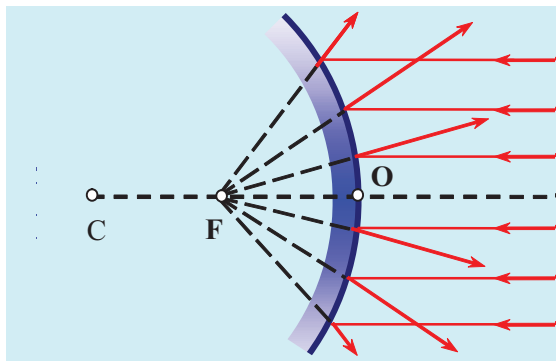


Fig. 2. Pasqyra konvekse

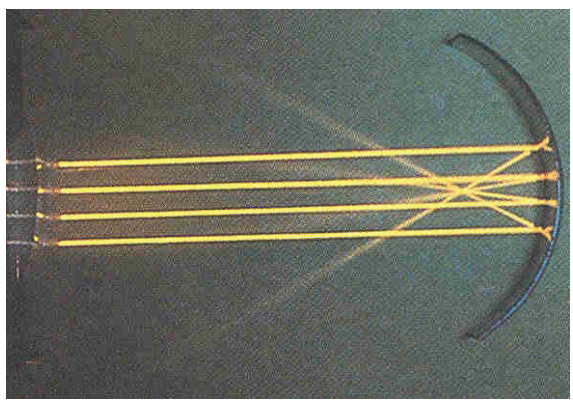


Fig. 3. Fotografia e pasqyrës konvekse

Për pasqyrën sferike, kur rrezet bien afër kulmit O, largësia fokale është

$$f = \frac{R}{2}, \qquad (1)$$

respektivisht fokusi është në mesin ndërmjet kulmit dhe qendrës së lakesës së pasqyrës.

Formimi i shembëllimeve te pasqyra sferike. Barazimi i pasqyrës

Gjatë ndërtimit të shembëllimeve me ndihmën e pasqyrës sferike, më së shpeshti janë të mjaftueshme dy rreze me rrugë të njohur të cilat kalojnë nëpër pikën e njëjtë. Shembëllimi i asaj pike përfitohet në pikëprerjen e atyre dy rrezeve. Nëse

shembëllimi fitohet gjatë prerjes së rrezeve të reflektuara, atëherë ai është real, ndërsa kur fitohet si vazhdim gjeometrike ni rrezeve të reflektuara, shembëllimi është imagjinar.
Gjtithmë është e njohur rruga e rrezeve karakteristike vijuese (shiko fig. 4).

1. rrezja qlë bie kah pasqyra parelel me boshtin optik pas pasqyrimit kalonnëpër fokus.
2. rrezja që bie nën këndin α në kulmin O të pasqyrës pasqyrohet me të njëjtin kënd.
3. rrezja që kalon nëpër fokusin pas pasqyrimit është paralele me boshtin optik.
4. rrezja që kalon nëpër qendrën optike C, meqë është normal në sipërfaqen e sferës, pas pasqyrimit kthehet nëpër të njëjtën rrugë.

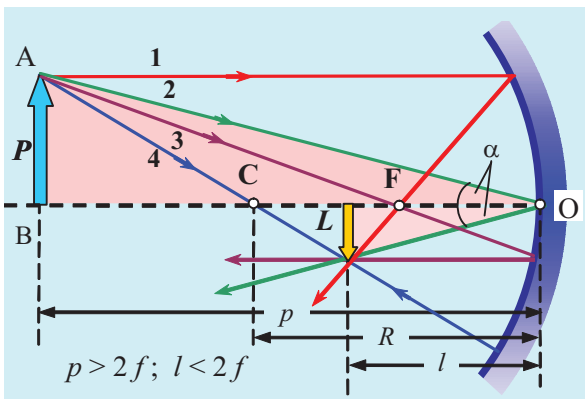


Fig. 4

Zmadhimi linear M i pasqyrës fitohet si herës prej madhësisë së shembëllimit L dhe madhësisë së trupit P. Prej ngjashmërisë së trekëndëshave ΔOAB dhe ΔO-A_1B_1 te ig. 5 vijon se:

$$M = \frac{L}{P} = \left| \frac{l}{p} \right| , \qquad (2)$$

ku l dhe p janë respektivisht largësia e shembëllimit dhe trupit nga kulmi i pasqyrës.
Lidhja ndërmjet largësisë fokale *f*, largësisë së tru pit *p* dhe shembëllimit *l* nga pasqyra është dhënë me barazimin e pasqyrës. Për ta fituar shprehjen analitike të barazimit të pasqyrës, do të shërbehemi me fig. 5.

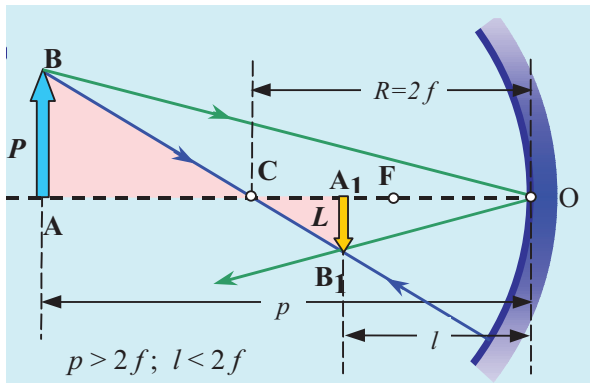


Fig. 5.Përfitimi i shembëllimit real me pasqyrë konkave

Prej ngjashmërisë së trekëndëshave ΔOAB dhe ΔO-A_1B_1 (fig. 5), vijon:

$$\frac{L}{P} = \frac{l}{p} . \qquad (3)$$

kurse prej ngjashmërisë së trekëndëshave ΔCAB dhe ΔA_1B_1C, vijon

$$\frac{L}{P} = \frac{2f - l}{p - 2f} . \qquad (4)$$

Me baratzimin e anëve të djathta të barazimeve (3) dhe (4) dhe pas rregullimit fitohet:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f} ,$$

ose duke pasur parasysh barazimet (1), fitohet:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{2}{R} . \qquad (6)$$

Me formulat (5) dhe (6) është paraqitur ***barazimi i pasqyrës sferike***.
Te pasqyrat sferike me marrëveshje do të marrim:

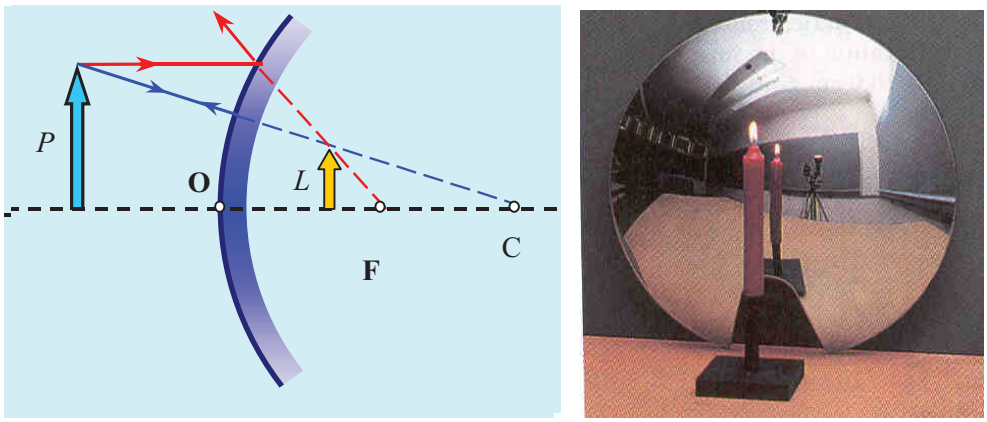


Fig. 7. Skema optike dhe fotografia për fitimin e fytyrës të sendit me me pasqyrë sferike të mystë

- p dhe l-***pozitive*** (+) trupi është para pasqyrës (trup real-figura)
- **l** është ***negativ*** (-) trupi është pas pasqyrës (figurë imagjinare
- f dhe R janë ***pozitive*** (+) qendra e lakesës është para sipërfaqes së sëpasqyrës (pasqyrë konkvae)
- f dhe R janë ***negative*** (-) qendra e lakesës është pas sipërfaqes së pasqyrës (pasqyrë konvekse)

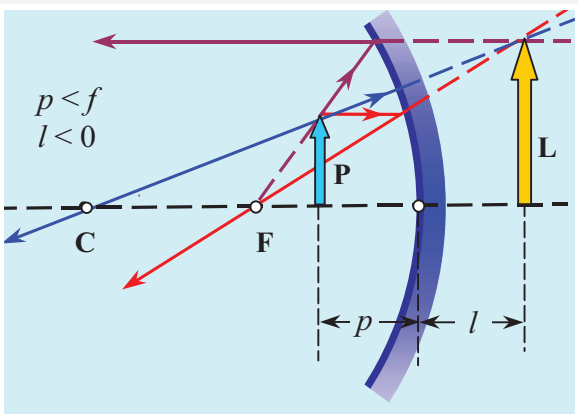


Fig. 6. Përfitimi i shembëllimit të zmadhuar të sendit me pasqyrë të lugët (konkave)

Duke e analizuar largësinë p dhe l, fitohen përfundime vijuese:

1. Trupi është në largësi më të madhe se R, respektivisht $2f$. Nga barazimi (5) del: meqë $p > 2f$, domosdo edhe $l < 2f$. Në këtë rast, paraqitja skematike në fig. 5, shembëllimi është real, i përmbysur dhe i zvogëluar dhe në largësinë më të vogël nga pasqyra në raport me trupin.

2. Trupi është në qendër të pasqyrës ($p=2f$). Nga barazimi (5) del se edhe $l=2f$. Shembëllimi në raport me trupin është real, i përmbysur me madhësi të njëjtë (zmadhimi linear është $M=1$) .

3. Nëse p $2f$ nga barazimi (5), del se $l < 2f$ e me këtë edhe $M > 1$. Në këtë rast shembëllimi është i zmadhuar, real dhe i përmbysur.

4. Trupi është në fokus ($p=f$). Nga barazimet (5) dhe (2) fitohet $l = \infty$ dhe $M = \infty$. Nga këto tëdhëna përfundohet se, kur trupi është në fokusin e pasqyrës, shembëllimi është në pafundësi larg, që do të thotë nuk fitohet shembëllim.

5.Trupi gjendet ndërmjet fokusit dhe kulmit të pasqyrës, $p < f$. Prej barazimit (5) vijon se l është me parashenjë negative, që do të thotë se shembëllimi është në anën e kundërt të pasqyrës në raport me trupin. Nga paraqitja skematike (fig. 6) shihet se në rastin e atillë shembëllimi është zmadhuar, i drejtuar dhe imagjinar.

6. Te pasyrat e mysta (fig. 7) kur trupi gjendet para pasqyrës, pavarësisht prej asaj ku është vendosur, shembëllimi gjithmonë është imagjinar, i zvogëluar dhe gjendet ndërmjet fokusit dhe kulmit të pasqyrës (të atilla janë retrovizorët te automjetet)

Pasqyrat sferike përdoren te mjetet e ndiçimit,si për shembull, te mikroskopi, në mjekësi për të shikuar fytin, hundën, veshin dhe syrin, për ndërtimin e instrumenteve optike; te reflektorët dhe farat për të kahëzuar dritën. Meqë në sipërfaqe të vogël të pasqyrës së mystë mundet njëkohësisht tëshihen shemëllime të zvogëlura të një numri të madh të trupave, ata të vendosen në kthesa të komunikacionit, te automobilat dhe mjeteve tjera transportuese për të arritur siguri më e sigurt në komunikacion.

SHEMBULLI 1. Pasqyra e konkave ka largësi fokale 10 cm. Ku do të gjendet shembëllimi i trupit, i cili nga kulmi i pasqyrës është vendosur: (a) 25 cm, (b) 10 cm, (c) 5 cm.

Zgjidhje. a) Sipas kushtit f=10 cm dhe p=25 cm, nga barazimi i pasqyrës sferike

fitohet: $\frac{1}{p}+\frac{1}{l}=\frac{1}{f}$

Zmadhimi sipas (2) është: $\frac{1}{25,0}+\frac{1}{l}=\frac{1}{10,0}$

$$l=16,7\ \text{cm}$$

Shembëllimi është zvogëluar dhe i kthyer në lidhje me trupin.

$$M=\frac{l}{p}=\frac{16,7}{25,0}=0,668\ .$$

b) Sipas kushtit f=10 cm dhe p=25 cm prej barazimeve të pasqyrës sferike (5), fitohet:

$$\frac{1}{10,0}+\frac{1}{l}=\frac{1}{10,0}$$

$$l=\infty$$

$$\frac{1}{5,0\,\text{cm}}+\frac{1}{l}=\frac{1}{10,0\,\text{cm}}$$

$$l=-10,7\,\text{cm}\,.$$

Shenja minus tregon se shembëllimi është imagjinar dhe gjendet në të njëjtë anë me trupin. Zmadhimi linear është:

$$M=\frac{l}{p}=\left|\frac{-10,0}{5,0}\right|=2$$

M tregon se shembëllimi është dy herë më i madh se trupi.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Si trup merrni një katror dhe vendosni ndërmjet fokusit dhe qendër optike. Çka do të fitoni.

2. Qiriu gjendet 60 cm nga kulmi i pasqyrës sferike të lugët. Kur qiru zhvendoset për 20 cm kah pasqyra, largësia e shembëllimit deri te pasqyra do të zmadhohet për 10 cm. Të caktohet largësia fokale dhe rrezja e lakesësë së pasqyrës R.

(Përgigje: f=20 cm, R=20 cm)

3. Tufa e dritës së Diellit bie në pasqyrën konkave dhe duke u pasqyruar mblidhet në pikën e cila është në largëdi 35 cm nga pasqyra. Sa është rrezja elakesës së pasqyrës?

(Përgjigje: 70 cm)

4. Trupi me lartësi 3 cm është vendosur në largësi 8 cm prej kulmit të pasqyrës konkave. Të caktohet: a) ku do të jetë shembëllimi imagjinar; b) zmadhimi linear dhe madhësia e shembëllimit. Largësia e fokusit të pasqyrës është 20 cm.

($l=-5,71\,\text{cm}$, $M=0,286$, $L=3\cdot M=0,858$ cm)

5. Pllaka e Harletit (tani më e përshkruar te libri i klasës VIII) mund ta shfrytëzoni për fitimin e tufës divergjenet ose konvergjente të rrezeve të dritës me ndihmën e pasqyrave sferike.

---

1. Duke shfrytëtuar udhëzimin PEARLS dhe udhëzimin e punuar nga anëtarët e projektit Tempus-Shkup, 2001 nga Instituti për fizikë në sektorin Optika, studioni ,,Pasqyrat sferike“.

2. Kërkoni përmbajtjet përkatëse dhe programin ,,OPTICS PHENOMENA“

9.7. PËRTHYERJA NËPËR PLLAKËN PLANPARALELE. PRIZMA E HOLLË

Pllaka planparalele

Pllaka e tejdukshme homogjene me dy sipërfaqe kufitare paralele e quajmë pllakë planparalele. MUnd të regohet se drita gjatë kalimit nëpër pllakën planparalel nuk endryshon kahen dhe drejtimin. Prandaj do tështërbehemi me fig. 8.

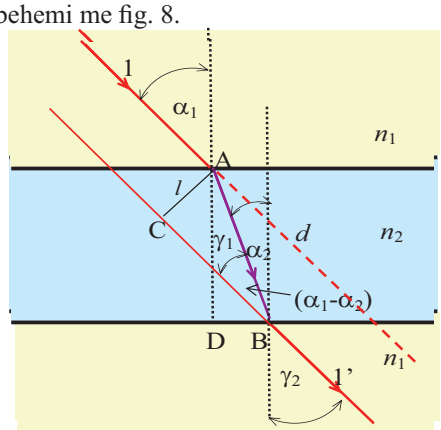


Fig. 8

Pej figurë 8 shihet se $\gamma_1 = \alpha_2$. Sipas ligjit të sinusit për përthyerje:

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad \text{dhe} \quad \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2} = \frac{n_1}{n_2} = n_{12} \,. \quad (1)$$

Prej këtu nëse prej të dy barazimeve e caktojmë raportin e njëjtë $\frac{n_2}{n_1}$ dhe i barazojmë, fitohet

$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{\sin\gamma_2}{\sin\alpha_2}$, pra duke pasur parasysh barazimin e këndve γ_1 dhe α_2, fitohet:

$$\alpha_1 = \gamma_2$$

me të cilën vërtetuam se kahja edhe drejtimi i rrezse nuk ndryshohen. Gjatë kalimit nëpër pllakën planparalele rrezja vetëm zhvendoset. Ajo zhvendosje e rrezes 1‘ në lidhje me rrezen 1 (l=AC) varet prej trashësisë së pllakës d, indeksit relativ të përthyerjes dhe këndit të ndërhyrjes α. Prej trekëndëshit ABC:

$$l = \mathrm{AB}\sin(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (2)$$

Prej trekëndëshit ABD:

$$\cos\gamma_1 = \frac{d}{\mathrm{AB}} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{AB} = \frac{d}{\cos\gamma_1} \quad (3)$$

Me zëvendësimin e (3) te (2) fitohet:

$$l = \frac{d}{\cos\gamma_1}\sin(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (4)$$

Me rregullimin e mëtejshëm të këtij barazimi, te i cili shfrytëzohet relacioni për ndryshimin e sinusit të dy këndve, dhe (1) fitohet:

$$l = d\sin\alpha_1\left[1 - \frac{\sqrt{1-\sin^2\alpha_1}}{\sqrt{n_{21}^2 - \sin^2\alpha_1}}\right] \quad (5)$$

prej ku shihet se ajo varësi është e ndërlikuar.
Ky rezultat teorik mund të tregohet edhe eksperimentaëisht me ndihmën e pllakës së Harletit (fig. 2).
Rrezja e dritës prej treguesit të laserit bie mbi kën planparalele në pikën o, nën këndin a në pllakën planparalele në pikën O, nën këndin α në lidhje me normalen. Pas përthyerjes së dyfishtë të dy sipërfaqeve kufitare rrezja del nën këndin α në lidhje me normalen, vetëm pak e zhvendosur.

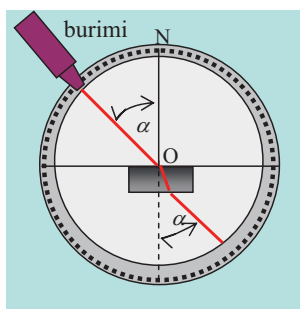


Fig. 2

Përthyerja në prizmën e hollë

Te shumë mjete optike shfrytëzohen prizmat optike. Më së shumti ato janë prizmat trefaqësore të punuara prej qelqit optik homogjen.
Nëse rrezja e dritës prej një burimi të dritës monokromatike P (tregues laseri) ndërhyn në prizmin e qelqit, si në figurëm 3, ai përthyhet dy herë, njëherë në sipërfaqen kufitare AB, kurse pastaj në sipërfaqen kufitare CB.

Këndin që e ndërtojnë të dy sipërfaqet kufitare (γ) quhet *këndi i majës së prizmës*. Pas përthyerje së dyfisht të rrezes së daljes është përthye nga pjesa më e gjerë të prizmës. Rrezja që ndërhyn dhe rrezja e daljes formojnë kënd i cili quhet këndi i devijimit (δ).

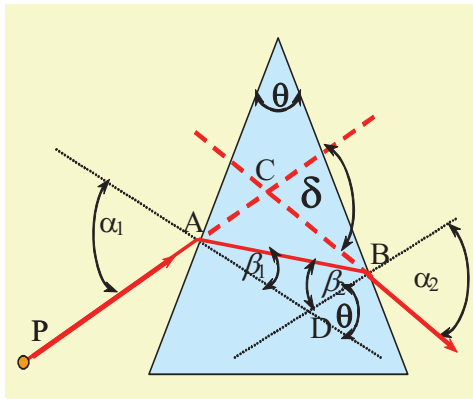


Fig. 3. Rruga e rrezs prej treguesit laserik nëpër prizmën e qelqit

Devijimi për gatësitë valore të ndryshme është ndryshueshme. Te prizma me kënd të vogël në majë θ, këndi i devijimit δ është caktuar me relacionin në

$$\delta=(n_{21}-1)\,\theta \qquad (6)$$

n_{21} është indeksi i përthyerjes të qelqit, në lidhje me mjedisin . Nëse mjedisi është ajri, atëherë barazimi (6) kalon në:

$$\delta=(n-1)\,\theta \qquad (7)$$

ku n është indeksi absolut i përthyerjes së qelqit.

Figura 3 do të na ndihmon ta nxjerrim këtë relacion.

Për trekëndëshin ABC kënd i jashtëm është këndi δ, që është i barabartë me:

$$\delta = \angle A + \angle B = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2) \qquad (8)$$

Nga ana tjetër, për trekëndëshin ABD kënd i jashtëm është këndi θ ,meqë ai është kënd ndërmjet normaleve të brinjëve të prizmës,pra:

$$\theta = \beta_1 + \beta_2 \qquad (9)$$

Nëse këndi pranë majës është q kënd i vogël atëherë të vegjl janë edhe këndet i ndërhyrjes dhe i përthyerjes pra në vend të sinuseve te relacioni për indeksin e përthyerjes, mund të shkruhen vet këndet, domethënë:

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\beta_1} = n_{21} \;;\; \frac{\alpha_1}{\beta_1} = n_{21} \quad \text{prej ku}$$

$$\alpha_1 = n_{21}\,\beta_1 \qquad (10)$$

dhe

$$\frac{\sin\beta_2}{\sin\alpha_2} = \frac{1}{n_{21}} \;;\; \frac{\beta_2}{\alpha_2} = \frac{1}{n_{21}}$$

$$\alpha_2 = n_{21}\beta_2 .$$

Nëse (10) dhe (11) zëvëndësohen te (8) fitohet:

$$\delta = (n_{21}\beta_1 - \beta_1) + (n_{21}\beta_2 - \beta_2) =$$
$$= \beta_1(n_{21}-1) + \beta_2(n_{21}-1) = (n_{21}-1)(\beta_1+\beta_2)$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Zhvendosja e rrezes së dritës pllaka planparalele varet prej indeksit të përthyerjes të qelqit. A është ai më i madh ose më i vogël nëse është indeksi i përzhyerjes më i madh?
2. Sa është këndi i devijimit i prizmës së qelqit me këndin pranë majës 10^0? (Përgj. 5^0).

Rezime e shkurtër

Gjatë përthyerjes nëpër pllakën plaparalele drita vetëm zhvendoset. Zhvendosja varet prej trashësisë së pllakës, indeksittë përthyerjes të qelqit prej të cilit është bërë dhe këndi i ndërhyrjes.

Gjatë përthyerjes gjatë prizmës, rrezja e dritës për dritën monokromatike përthyhet nga pjesa më e gjerë e prizmës për këndin i ciliquhet këndi i devijimit dhe i cili te prizma e hollë varet prej këndit pranë majës së prizmës dhe prej indeksit të përthyerjes së qelqit, prej të cilit është bërë prizma.

9.8. THJERRËZAT OPTIKE

Thjerrëzat optike janë trupa homogjen të tejdukshme me tregues të caktuar të përthyerjes, të kufizuara e dy sipërfaqe sferike ose njëra nga dy sipërfaqet është sferike ose cilindrike, ndërsa e dyta e rrafshët. Sipas vetive optike, thjerrëzat ndahen ***në përmbledhëse dhe shpërndarëse***. Sipas formës së jashtëme thjerrëzat mund të jenë: 1) bikonvekse, 2) konvekse-konkave, 3) pln-konveks, 4) bikonkave,5) plankonkave, 6) konkave-konvekse.

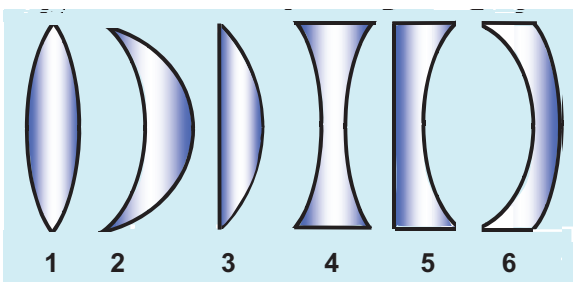


Fig. 1. Llojet e thjerrëzave përmbledhëse dhe shpërdarëse

Nëse trashësia e thjerrëzës është shumë më e vogël në krahasim me rrezet e lakesës të sipërfaqeve që e kufizojnë, ajo paraqet model për *thjerrzën e hollë*. Drejtëza e paramenduar që i lidh qendrat e lakesës së thjerrëzave quhet ***bosht kryesor optik*** (C_1OC_2). Për çdo thjerëz të hollë ekziston ***qendër optike e thjerrzës*** O (fig. 2). Ajo është pika e cila qëndron në boshtin kryesor optik, dhe nëpër të rrezet e dritës kalojnë pa u thyer.

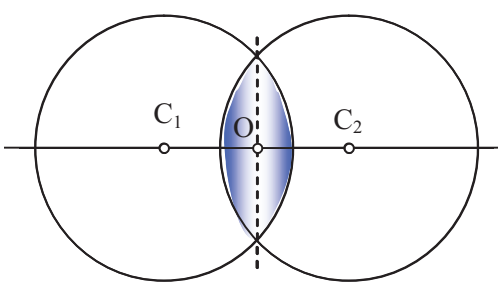


Fig. 2

Me p dhe l respektivishr është shënuar largësia e trupit deri te qendra optike e thjerrzës dhe shembëllimi derite qendra optike; R_1 dhe R_2 janë rrezet e lakesës të sipërfaqes sferike të përparmes dhe pasme të thjerrzës;

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{l}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) . \qquad (1)$$

Nga barazimi mund të përfundohet se largësia fokale varet nga treguesi relativ i përthyerjes së thjerrzës, si edhe nga rrezet e lakesës së sipërfaqeve të tyre sferike. Barazimi (1) ka të bëj për rastet kur thjerrza me tregues të përthyerjes n është e rrethuar me vakum oae ajër.

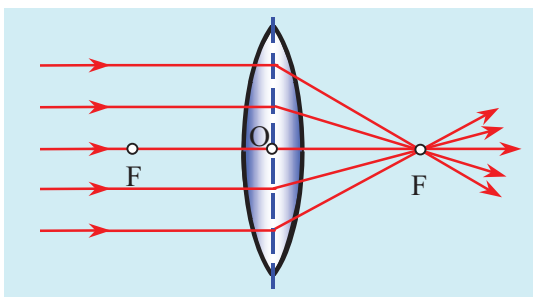


Fig. 3

Nëse merret se burimi është pafundësisht larg, rrezet biren paralelisht në boshtin optik të thjerrzës dhe pas thjerrzës priten në një pikë F ($p=\infty$, $l=f$). Në këtë rast largësia OF=f quhet ***largësi fokale e thjerrzës*** (fig. 3). Pikat të cilat qëndrojnë në të dy anët e thjerrzës, në largësi të barabartë me largësinë fokale, quhen ***fokuse të thjerrzës***. Vlen edhe e kundërta, nëse burimi është te fokusi, pas përthyerjes prej thjerrzës rrezet janë paralele, shembëllimi gjendet në pakufi (p=OF=f dhe $l=\infty$). Duk pasur parasysh, prej barazimit (1) fitohet:

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) . \qquad (2)$$

Pasi anët e djathta të barazimeve (1) dhe (2) janë të barabarta, ***barazimi për prizmën e hollë është***:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{l}=\frac{1}{f} . \qquad (3)$$

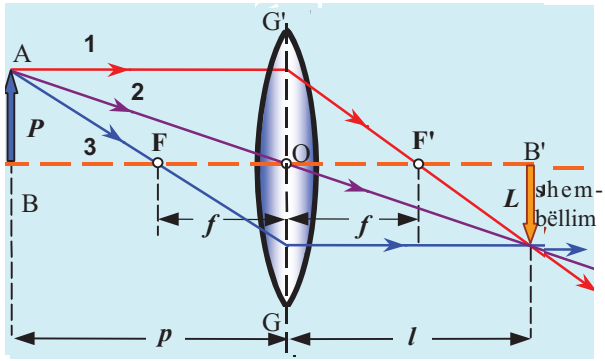


Fig. 4. Formimi i shembëllimeve në thjerrëzën përmbledhëse

Te thjerrëzat si edhe te pasqyrat sferike me marrëveshje do të marrim:

p është pozitive (+) nëse trupi është para thjerrëzës;

l është pozitiv (+), shembëllimi është real dhe është pas ttjerrëzës (nga ana e ndryshme me trupin)

l është negative (-) shembëllimi është prej anës së njëjtë me trupin;

Nga ngjashmëria etrekëndëshave ABO dhe A‘B‘O (fig. 4), vijon:

$$M = \frac{L}{P} = \frac{|l|}{p} .$$

Herësi i dimensioneve vijore të shembllimit *L* dhe dimensionet vijore të trupit *P* quhet ***zmadhimi vijor i thjerrëzës*** *M*.

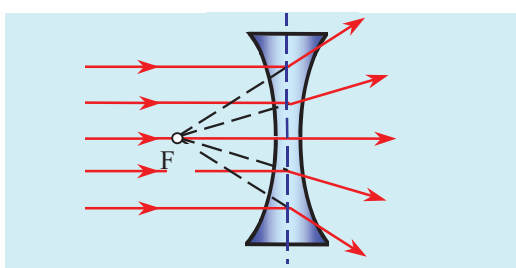


Fig. 5

Tufa e rrezeve paralele që janë paralele me boshtin optik, pasi të kalojnë nëpër thjerrëz shpërdarëse divergjojnë (fig. 5). Në vazhdimet e rrezeve të tufës divergjente fitohet pikëprerja F e cila qëndron në boshtin optik. Kjo pikë e përkufizon fokusin imaginar (joreal) të thjerrëzës shpërdarëse. ***Thjerrëzat shpërdarëse kanë largësi fokale negative***.

SHEMBULLI 1. Sa është largësia fokale e thjerrëzës plankonvekse me n=1,5 e cila gjendet në ajër.

Zgjidhje.Te thjerrëza plankonvekse njëra anë është e rrafshët, ndërsa rrezja e lakesës e asaj ane është $R=\infty$. Për largësinë fokale të thjerrëzës së hollë fitohet:

$$\frac{1}{f} = (1{,}5-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{\infty}\right) = \frac{1}{2R} ,$$

ose $f = 2R$. Kjo do të thotë se ndërmjet f dhe R nuk ka raport të përhershëm që nuk është rast edhe për pasqyrat.

Pa dallim se a janë të barabartë rrezet e lakesës ose jo, të dy largësitë fokale njëlloj janë të larguara prej thjerrëzës. Por, nëse thjerrëza është e rrethuar me dy mjedise të ndryshme, për shembull njëra sipërfaqe sferike kufizohet me ajër, ndërsa tjetra me ujë, atëherë largësitë fokale të thjerrëzës janë të ndryshme. Largësia fokale më e vogël i përgjigjet anës me të cilën thjerrëza kufizohet me ajrin. I tillë është shembulli i thjerrëzës së syrit tonë.

Përveç, largësisë fokale, madhësi karakteristike e çdo thjerrëze është ***intensiteti optik*** i thjerrëzës. Ai është dhënë me barazimin:

$$\frac{1}{f} = J . \qquad (5)$$

Njësia për intensitetin optik të thjerrëzës quhet ***dioptri*** dpt. Intensiteti optik prej një dioptri e ka thjerrëza që ka largësi fokale prej një metër: $1D=m^{-1}$. Thjerrëza që ka intensitet pozitiv ($J > 0$) është përmbledhëse, ndërsa thjerrëza shpërdarëse ka intensitet negativ ($J < 0$).

Te instrumentet optike të ndërlikuara, siç janë: dylbia, mikroskopi, aparati fotografik et. me qëlli që t‘u iket të metave (aberacioneve), kombinohen dy ose më tepër ttjerrëza bashkarisht.

Te sistemet të përbërë prej më shumë thjerrëzave optik përmbledhëse dhe shpërdarëse intensiteti optik shprehet me

$J = J_1 + J_2 + J_3 + \cdots + J_n$;

J_1, J_2 , J_3 ····J_n janë intensitetet e thjerrëzave të veçanta.

Konstrukti i shembëllimeve te thjerrëzat

Rrezja e dritë sqë kalon nëpër thjerrëzën, sipas ligjeve të përthyerjes, bën përthyerje në të dy sipërfaqet kufitare. Por, nëse thjerrëza është e hollë, gjatë konstsuksionit të shembëllimeve është lejueshme thjeshtësimi. Me fjalë të tjera përthyerja në të dy sipërfaqet kufitare është zëvëndësuar me përthyerjen në një rrafsh i cili kalon nëpër qendrën optike të thjerrëz, dhe është normale në boshtin optik kryesor. Ky rrafsh quhet ***rrafsh kryesor i përthyerjes***. (GG‘ në fig. 4). Largësia fokalemë e vogël i përgjigjet anës me të cilën thjerrëza kufizohet me ajrin. I tillë është shembulli i thjerrëzës së syrit tonë.

Me qëllim që të përcaktohet pozita dhe natyra e shembëllimit. më thjeshtë është të shfrytëzohen rrezet vijuese (fig. 4).

1. rrezja që është paralele me boshtin kryesor optik, pas përthyerjes nëpër thjerrëz kalon nëpër fokusin e dytë të thjerrëzës.

2. rrezja që kalon nëpër qendrën optike O, nuk përthehet.

3. errezja që kalon nëpër fokusin e parë, pas përthyerjes nëpër thjerrëz shkon paralel me boshtin kryesor optik.

Duke analizuar largësinë p dhe l, si dhe zmadhimin përkatës, për thjerrëzën përmbledhëse fitohen përfundime vijuese:

1. Nëse trupi gjendet në largësi më të madhe nga $2f$, atëherë shembëllimi gjendet ndërmjet $2f$ dhe f në anën tjetër të thjerrëzës. Sembëllimi është real i përmbysur dhe i zvogëluar.

2. Trupi është në largësi ndërmjet $2f$ dhe f, shembëllimi formohet në largësi më të madhe nga $2f$. Shembëllimi është real, i përmbysur dhe i zmadhuar.

3. Trupi është në largësi $2f$, shembëllimi është në largësi po ashtu $2f$. Shembëllimi është real, i përmbysur dhe me madhësi të njëjtë me trupin.

4. Nëse trupi është në fokus, shembëllimi është në pafundësi. Nuk fitohet shembëllim, rrezet janë paralele.

5. Trupi gjendet ndërmjet fokusit dhe thjerrëzës ($p < f$), shembëllimi formohet në të njëjtën anë të thjerrëzës me trupin. Ai është imagjinar, i drejtë dhe i zmadhuar (shiko lupa). Shembëllimi imagjinar nuk mund të fitohet në ekran, por mund të shihet e sy.

Pavarësisht nga pozita e trupit të gjitha shembëllimet që formohen me thjerrëza shpërdarëse, janë imagjinare, të drejtuara dhe ndodhen në të njëjtën anë në të cilën gjendet edhe trupi dhe ajo ndërmjet fokusitdhe thjerrëzës (fig. 6).

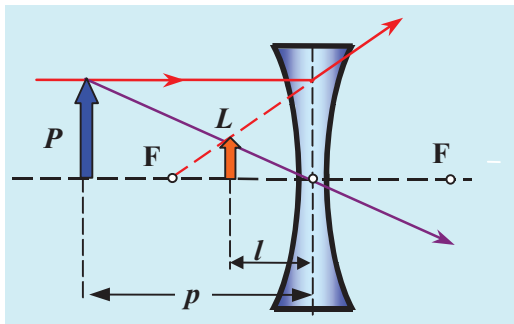


Fig. 6. Formim i shembëllimit te thjerrëzat shpërdarëse

SHEMBULLI 2. trupi është vendosur 10 cm para thjerrëzës përmbledhëse me largësi fokale 15 cm. Përcaktoni ku gjendet shembëllimi dhe sa është zmadhimi i thjerrëzës?

Zgjidhje. Nga barazimi (7), nëse në të është p=10 cm dhe f=15 cm, fitohet:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}; \quad \frac{1}{l} = \frac{1}{15} - \frac{1}{10{,}0} = -\frac{1}{30}; \quad l = -30\,\text{cm}.$$

Shenja negative tregon se shembëllimi është në anën e njëjtë me trupin dhe është imagjinar. Zmadhimi i thjerrëzës është:

$$M = \left|\frac{l}{p}\right| = \left|\frac{-30}{10}\right| = 3{,}0.$$

M tregon se shembëllimi është 3 herë i zmadhuar**.**

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1.Para thjerrëzës përmbledhëse me largësi fokale 10 cm është vendosur trupi me largësi. a) 30,0 cm, b) 10, cm, c) 5,0 cm prej thjerrëzës. Të përcaktohet për secilin shembull në çfarë largësie nga thjerrëza është shembëllimi dhe zmadhimi përkatës.
(Përgj. a) l=15,0 cm; M=0,5; b) shembëllimi është i pafundshëm; c) l=-10,0 cm; M=2,0)

2. Thjerrëza plankonvekse ka tregues të përthyerjes 1,6. Rrezja e sipërfaqes konvekse është 30 cm. Nëse shembëllimiështë në largësi 1 m, sa është largësia fokale dhe zmadhimi i thjerrëzës?
(Përgj.: f=0,2 m; M=4).

9.9. DISPERSIONI I DRITËS. LLOJET E SPEKTREVE

Sipas teorisë së Maksvelit drita shpërdahet në vakum me shpejtësi c të përcaktuar me relacionin:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \qquad (1)$$

(ε_0 është është konstanta elektrike, kurse μ_0 konstanta magnetike) ndërsa në cilëndo mjedis dielektrik shpërdahet me shpejtësi v që varet prej mjedisit të tij, në rendin e parë konstanta e saj relative dielektrike ε_0. Për shkak të kësaj në kufirin ndërmjet dy mjediseve vjen deri te dukuria e përthyerjes së dritës. Si është përthyerja në kufirin varet prej raportit të indekasave absolute të përthyerjes. Të përkujtohemi, indeksi absolut i përthyerjes n për substancën e dhënë është:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{c}{v} \qquad (2)$$

Që më parë Njutni ka konstatuar se indeksi i përthyerjes nuk varet nga këndi nën të cili bie drita në sipërfaqen kufitare, por nga ngjyra e dritës. *Varësia e treguesit të përthyerjes së dritës nga ngjyra e saj (më saktë nga gjatësia valore e saj) quhet* ***dispersioni i dritës***.

Ngjyra e bardhë përbëhet prej spektrit të valëve me ndrshim të gjatësisë valore.

Te qelqi rrezet e dritës me gjatësi valore të ndryshme kanë shpejtësi të ndryshme të zgjerimit,prandaj edhe indekset e ndryshme të përthyerjes. Kjo do t thotë se ato në mënyrë të ndryshme përthyhen (fig. 1). Kështu, drita që ka gjatësi valore më të shkurtër (vjollcë) më së shumti përthyhet, kurse ato me gjatësi valore më të madhe përthyhen më pak. Drita e kuqe ka gjatësi valore më të madhe dhe ajo më së paku përthyhet.

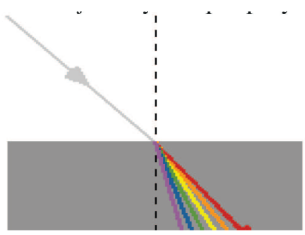


Fig. 1

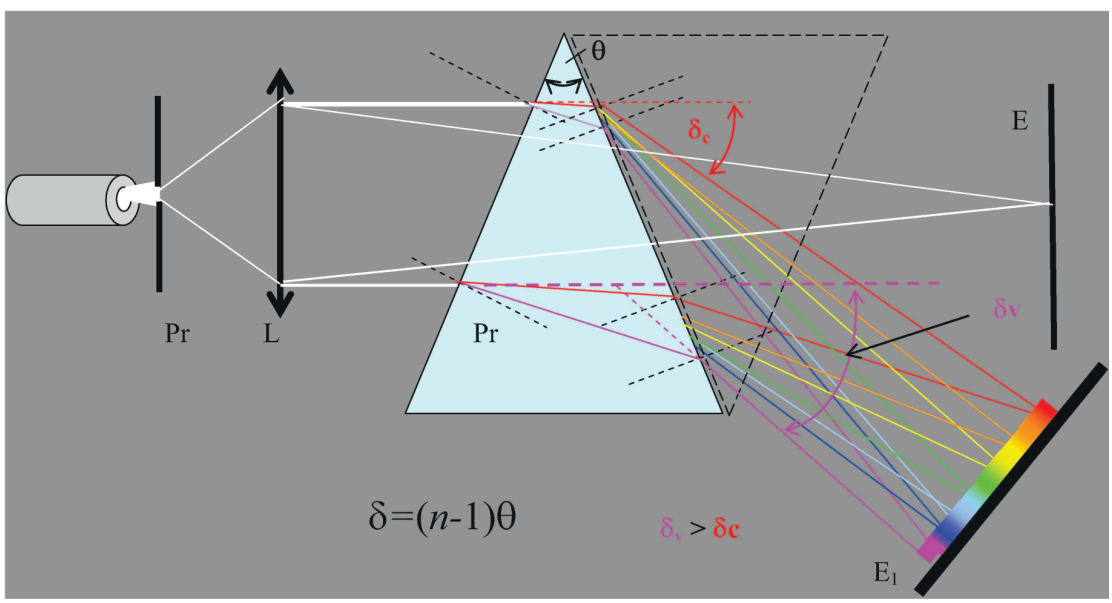


Fig 2. Përthyerja e dritës së bardhë nëpër prizëm

Njutni këtë e ka konstatuar me eksperimentin e njohur të përthyerjes të dritës së bardhë (diellore) nëpër prizmën e qelqit. Njutni tregoi se drita diellore ka karakter të ndërlikuar. Më vonë është tregua se drita e bardhë e fituar prej llojeve të ndryshme të llambave gjithashtu është e ndërlikuar.

Do ta përshkruajmë eksperimentin të ngjashëm me atë të Njutnit. Para një llambe vendoset vertikalisht një çarje Pr dhe thejrrëz L. Në ekranin e dhënë E kërkohet shembëllimi i mpreët i procesit (fig. 3).

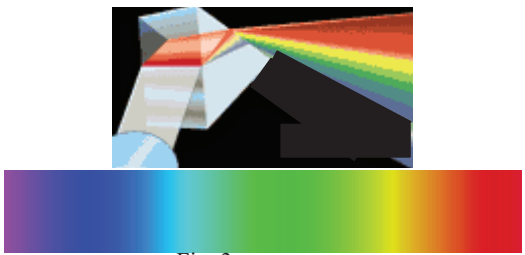


Fig. 3

Pasi ajo të arrihet në rrugën e rrezeve vendoset prizmi. Në prizmin drita dy herë përthehet, prandaj ajo do t'i shmang rrezet kah pjesa më e gjerë e prizmit. Por, në vend që shembëllimi i fituar të jetë përsëri i bardhë, ne në ekrann E_1 fitojmë shembëllim të ngyrosur.

Fitohet ***spektër***,i cili në të vërtetë paraqet *tërësinë e një numri të madh shembëllimesh të çarjes, por me gjatësi valore të ndryshme*. Drita vjollcë ka gjatësi valore më të shkurtër, ajo më së shumti përthehet nëpër prizëm, kjo do të thotë se kjo dritë më shumë endryshon shpejtësinë e saj, Më së paku përthehet drita e kuqe, që do të thotë më pak e ndryshon shpejtësinë.

Drita e bardhë e lambës laboratorike ose e Diellit jep ***spektër kontinual*** (fig. 3). Nuk ekziston kufi i mprehtë ndërmjet ngjyrave.

Me rrotullimin e prizmit rregullohet kushti i devijimit minimal. Ai është momenti kur spektri fillon të kthehet; në atë moment spektri është më i mprehët.

Nëse në rrugën e rrezeve vendoset edhe një prizëm i përmbysur, plotësisht i njëjtë si i pari, në pozitën e dhënë në figurën 3 me vija të zeza të ndërprer, spektri do të zhduket, ndërsa shembëllimi i bardhë i çarjes fitohen në ekran nëtë njëtjin drejtim në të cilin bie tufa e dritës në prizmëm.

Këtu duhet të theksohet se spektrat kontinual (të pandërprerë) të llambave të ndryshme nuk janë të njëjtë. Për shembull, nëse fitohet spektër i qiriut të zakonshëmmky është më i verdhë ose bile më i kuq nga spektri i llambës harkore është i pasur me gjatësi valore të shkurtëra. Poçat e sotëm ndërtohen, ashtu që spektri i tyre shumë më pak dallohen nga spektri i dritës diellore.

Fig. 4

Dukuria e spektrit kontunual natyror është ***ylberi***. Ai paraqitet në kushte kur në një anë të qiellit ndërmjet reve të shkëputura ndriçojnë Dielli, ndërsa në anën e kundërt bie shi. Kështu pikat e imta të shiut janë të ndriçuar nga rrezet e Diellit.

Ngjyrat e bukura të ylberit (fi.4) janë fituar me dispersionin në nijëra pika ujore të imëta sferike që sillen si prizmi.

Spektrat. Llojet. Zbatimi

Emetimi i dritës është i lidhur ngushtë me proceset të cilat ndodhin në atomet dhe molekulat e substancës. Hulumtimet e emisionit të dritës paraqesin një lëmi shumë të rëndësishme të fizikës, nëpërmjet të së cilës mësohet ndërtimi i atomeve, respektivisht molekulave. Në shkencë ekziston një lëmi e tërë e cila quhet **spektroskopi**.

Për të përfituar spektrat në aparatet që quhen **spektrometra** mund mund të shfrytëzohet prizmi si pjesë kryesore, i cili mundëson dispersionin e dritës, ose rrjeta optike e difraksionit. Në të dy rastet si spektër fitohet tërësia e shembëllimeve të burimit nga të gjitha gjatësitë valore që burimi i dhënë i emeton. Këto spektra i quajmë *emetues*. Dielli si buri, ose llamba laboratorike, japin spektër që përbëhet prej shumë, numër shumë të madh të shembëllimeve me numër të madh të gjatësive valore. Ato janë **spektri kontinual**.

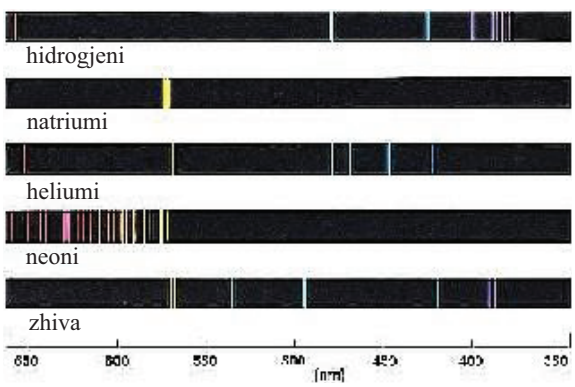


Fig. 5. Spektri atomik: i hidrogjenit, natriumit, heliumit, neonit dhe zhivës në zonën e dukshme

Spektër tjetër fitohet nëse si burim përdoret një gaz i caktuar që ndriçon. Pamja e spektrit atëherë është një seri prej vijave ndërmjet të cilëve ka zona të errëta (fig. 5). Kjo do të thotë se çdo gaz emetondritë me gjatësi valore të caktuar. Në pjesën e dukshme të spektrit, sikurse shihet, ata janë vetëm disa vija për hidrogjenin, heliumin, neonin dhe zhivën, ose vetëmdy vija të afërta ngjyrë e verdhë për natriumin.

Çdo element ka spektrin linear (atomik) të vetin.

Bashkëdyzimet emetojnë **spektra shiritës**. Ato përbëhen prej linjave të ndritshme (shirita) ndërmjet të cilave gjenden zona të errëta. I quajmë **spektre molekulare**. Të gjitha spektrat e këtillë, të fituara me rrezatim të burimit të caktuar janë **spektra emetues**.

Ekzistojnë edhe **spektra absorbues**. Te ata është shfrytëzuar vetia e substancave të absorbojnë atë dritë të cilën gjatë ngacmimit do ta emetonin. Me skemën të dhënë në figurën 1 mund të fitohet edhe spektër absorbues i një substance të dhënë.

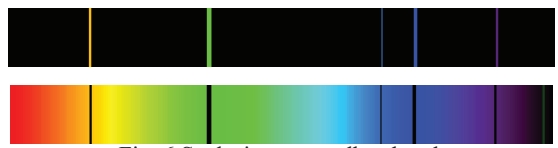


Fig. 6.Spektri emetues dhe absorbues

Eksperimenti bëhet ashtu që direkt pranë çarjes Pr vendoset një enë me avujt e substancës që hulumtojmë (le të jenë ato avujte zhivës). Në ekran, në spektrin kontinual në vende të caktuara paraqiten vija të zeza. Nëse krahasohet ky spektër me ate emetues për të njëjtën substancë do të shihet se vijat e zeza të spektrit absorbues i përgjigjen vijave të ndritshme të spektrit emetues të substancës. (fig 6)

Fraunhiferi që në fillim të shekullit XIX, duke studiuar spektrat e Diellit me ndihmën e rrjetës së difraksionit të konstatuar se në spektrin kontinual të Diellit në më tepër vende ka vija të errëta. Këto quhen **vija të Fraunhiferit**. Sot është e qartë se këto vija kanë të bëjnë me absorbimin që e bëjn substancat të cilët gjenden ndërmjet burimit të spektrit kontinual (sipërfaqja e shkëlqyeshme e Diellit) dhe aparatit spektral. Kështu janë hulumtuar avujt në atmosferën e Diellit. Këto spektra absorbues të Diellit dhe yjeve të tjerë mundësojnë të hulumtohen përbërjet e avujve që gjenden në afërsi të yjeve.

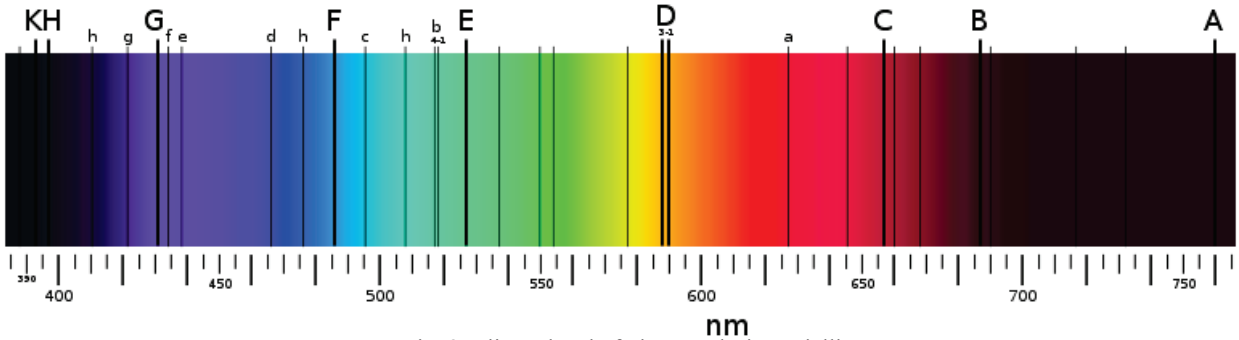


Fig. 8. Vija e Flaunhoferit në spektrin e Diellit

Zbatiumi i spektrave është shumë i madh. Me metodat e **analizës spektrale** është bërë e mundur të gjendet përbërja kimike e një materiali të caktuar. Kështu, me metodat e analizës spektrale është e mundshme që në përbërjen e disa materialeve të përbëra të zbulohet prania e një elementi, bile edhe kur masa e atij elementi është rend i madhësisë 10^{-10} g. Me shfrytëzimin emetodave të analizës spektrale janë zbuluar një numër i madh elementesh: rubidiumi, ceziumi etj. Me këtë metodë shumë të saktë është zbuluar përbërja e Diellit, si edhe yjeve të tjerë të largët. Është treguar se në gjithëse ekzistojnë të gjithë elementet që i ka edhe Toka.

Metoda relativisht e thjeshtë e analizës spektrale gjen edhe zbatime të tjera. Shfrytëzohet në metalurgji, makineri, industri atomike , xehtari dhe në shumë lëmi tjera.

Pyetje, detyra, aktivitete

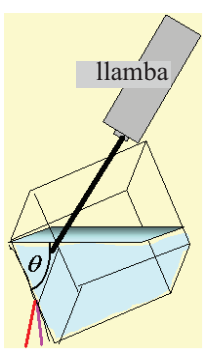


Fig. 7

1. Spektër mund të fitohet edhe në kushte shtëpiake, me të ashtuquajturën „prizmi ujor“. Në një enë me faqe paralele futni ujë dhe madje përkule në një anë (fig. 7).
2. Çfarë është ndryshimi ndërmjet spektrave emituese dhe absorbuese.
3. Te fig. 8 janë dhënë vijat e Frauhoferovit të spektrit të Diellit Çka mendoni, këto vija a ndryshojnë gjatë kalimit të përbërjes së atmosferës sonë?

4. Provoni në internet veb faqet:

-Light Dispersion t
www.vjc.moe.edu.sg/academics/dept/physics/applet/dispprizm/dispprizm.htm - 2κ dhe
www.physics.ubc.ca/~rieger/SpecialtyLecture/sld015.htm - 3k e të tjera të ngjashme, si edhe
-The physics of a rainbow
www.phy.ntnu.edu.tw/java/Rainbow/rainbow.html - 6k

dhe zgjeroni njohuritë tuaja.

Rezime e shkurtër

Drita me gjatësi valore të ndryshme e quajmë të bardhë. Shpejtësia e dritës të valëve me gjatësi valore të ndryshme në një mjedis optik varet prej gjatësisë valore.
Gjatë hyrjes në mjedis tjetër optik ndryshim më të madh në shpejtësi ka te drita vjollcë, kurse më të vogël te e kuqja. Prandaj gjatë përthyerjes nëpër prizmën e hollë vjen deri te ndarja e dritës sipas gjatësisë valore të saj dhe deri te krijimi i spektrit.
Spektret mund të jenë emitues dhe absorbues.
Spektret emetuese atomike janë vija, kurse molekularët janë në formë të shiritit.
Spektri i çdo elementi është karakteristika e tij. Ai fakt është shfrytëzuar në shkencë për analizën e përbërjes së materialeve.

9.10. ZBATIMI I PASQYRAVE SFERIKE. OFTALMOSKOP

Fig. 1. Oftalmoskop

Pasqyrat sferike kanë zbatim të gjerë në: teknikë, komunikacion dhe në jetën e përditshme. Ato shfrytëzohen te instrumentet për ndriçim, si për shembull, mikroskopi, në mjekësi gjatë vëzhgimit të fytit, hundës dhe syrit, për konstruksionin e instrumenteve optike, te reflektorët dhe faret që të fitohet tufë paralele e dritës edhe për qëllime tjera të ndryshme. Meqë në sipërfaqen e vogël prej pasqyrës mystë mundet njëkohësisht të shihen shembëllimet e zvogëluara të shumë trupave, ato vendoseb në skajet, te retrovizorët e automobilave dhe mjeteve tjera transportuese për të arritur siguri më të mirë në komunikacion.

Oftalmoskopi paraqet instrument me ndihmën e të cilit ku vëzhguesi mund të shikon në brendësinë të syrit tjetër dhe qartë ta sheh rrjetën.

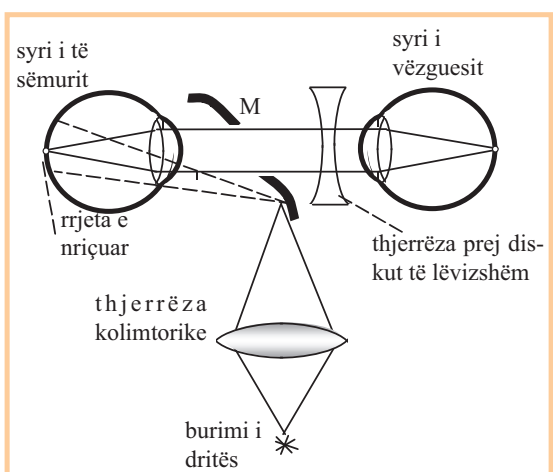


Fig. 2. Skema optike e oftalmoskopit

Sistemi optik i oftalmoskopit të paraqitur në fig. 2, e përbëjnë thjerrëzat kolimatorike nëpër të cilën kalon tufë drite prej burimit të veçantë B dhe pasqyrë M ose pjesë e prizmës për kahëzimin e dritës nga syri. Zakonisht pasqyra është e lugtë me rreze përafërsisht 10 cm. Te kulmi i pasqyrës ka hapje prej 1 cm dhe nëpër atë mjeku e sheh pjesën e brendshme të syrit të pacientit.

Edhe pse shihet se oftalmoskopi është instruiment i ndërlikuar, principi i punës është relativisht i thjeshtë.

Nëse te rrjeta e syrit pa mangësi ka pikë drite, rrezet e dritës prejasaj pike divergjojnë nga thjerrëza e syrit dhe pas kalimit nëpëtr atë atë janë paralele pasi rrjeta gjendet në fokusin e thjerrëzës së syrit. Kur këto rreze paralele do të hyjnë në syrin e shëndosh të vëzhguesit, ato përsëri do të mblidhen në një pikë të rrjetës, që është në rrafshin e thjerrëzës së syrit.

Prandaj, cilado pikë drite të jetë prej rrjetës së syrit që vëzhgohet shkon te pika fokale e syrit të vëzhguesit-mjekut. Kur pika dritë zhvendoset sipas rrjetës së syrit të vëzhguar, në të njëjtën mënyrë zhvendoset edhe pika fokale e rrjetës së syrit që vëzhgohet. Domethënë, nëse mundësohet rrjeta e njërit sy ta reflekton dritën, fotografia e mprehët e asaj rrjete do të krijonmbi rrjetën e vëzhguesit, kuptohet me kusht njëri sy të sheh tjetrin.

Gjatë konstruksionit të oftalmoskopit, duhet të gjendet mënyrë që të ndriçohet rrjeta e syrit që do të vëzhgohet. Drita e reflektuar prej asaj rrjete vëzhguesi mundet ta sheh thjeshtë duke e afruar syrin e vet deri te syri i tij që do ta vëzhgon.

Që të kahëzohet drita e burimit nga rrjeta e syrit ose pjesë e prizmës. Pasqyra është vënduar në fokusin e thjerrëzës kolimatorike ashtu që drita e reflektuar kahëzohet nga syri që vëzhgohet.

Kështu rrjeta është ndriçuar nëpërmjet bebes së syrit, kurse vëzhguesi mund të sheh nëpër bebe n e syrit të sëmurit nëse sheh nëpër hapjen e pasqyrës sferike ose, edhe aq më mirë, nëse shikon nëpër prizmë mirë të zgjedhur.

Për syrin e ri normal, kur vëzhguesidhe pacienti qëndrojnë shumë afër, paraqitet refleks natyror për akomodim që kontribuon intensiteti optik i thjerrëzës së syrit tëçdo syri të zmadhohet për +2 dpt (shih sy-sa është ndryshimi te intensiteti i syrit kur sheh pa u shtërnguar-në pakufi dhe në largësi më të vogël se ajo). Që të eleminohen këto dy dioptri, për çdo sy zgjedhet thjerrëz përkatëse përmbledhëse ose shpërdarëse. Për syrin normal intensitetioptik e kësaj thjerrëze të zgjedhur është-4 dioptri. Megjithatë, nëse cilido sy të jetë (i pacienti ose i mjekut) ka ndonjë mungesë, prej diskut lëvizës të oftalmoskopit mund të zgjedhet ndonjëra prej thjerrëzave përmbledhëse ose shpërdarëse (zakonisht njëzetë).

PYETJE DHE DETYRA

1. Çka është oftalmoskopi?
2. Si përfitohet pasqyrë e qartë me atë?
3. Çfarë thjerrëze duhet të vëndohet te oftalmoskopi për korrigjimin nëse i sëmuri mban thjerrëza shpërdarëse me intensitet -2 dpt?

H. Helmholc (**Hermann von Helmhultz, 1821-1894)** Fizikan gjerman, fiziolog dhe matematikan. Në vitin 1851 e ka konstruktuar oftalmoskopin. Përveç në ptikë ka punuar në termodinamikë dhe elektricitet. I pari ka dhënë sqarime shkencore për ligjin e përgjithshëm për ruajtjen e energjisë.

Më shumë informata për historinë e oftalmoskopit kërkoni në

http:/www.eyecareamerica.org/eyecare/museum/exhibits/online/ophtalmoscope.sfm

9.11. INSTRUMENTET OPTIKE

Aparati fotografik. Aparati proektues. Thjerrëza

Instrumentet optike janë sisteme optike, të përbërë prej thjerrëzave, prizmave, pasqyrave etj., por të gjitha së bashku formojnë një tërësi. Instrumenti më i thjeshtë është thjerrëza. Nëse zmadhimi i një thjerrëze, sikrse është lupa, nuk kënaq, shfrytëzohet mikroskopi.

Ndërmjetmetodave dhe instrumenteve të cilat shfrytëzohen për fitimin e parafytyrimit të tërësishëm për strukturën e materies dhe funksionit të qelizës, vend të veçant kanë instrumentet optike dhe elektronike.

Gjatë diagnostifikimit dhe eleminimit të mungesave të ndryshme te syri më së shpeshti shrytëzohen këto aparate optike: *oftolmaskopi* - aparat për shqyrtmin vizuel të të gjitha pjesëve të syrit, *retinoskop* - për caktimin e intensitetit të syrit, *keratometër* - për caktimin e lakesës së retinës, *anamaloskop* - për vlerësimin e intensitetit të thjerrëzave.

Për kahëzimin e dritës te pjesa e kufizuar e hapësirës shfrytëzohen: projektor, reflektor, fare etj. Te të gjithë rol kryesor kanë pasqyra konvekse që mund tëjetë edhe sferike pse parabolike. Shpesh pasqyrat e atilla janë kombinim edhe me sistem të thjerrëzave. Instrumente speciale të cilët shërbejnë për matjen e madhësive të dritës janë disa instrmente fotometrik, si për shembull, fotometri,refleksometri, spektrometri etj.

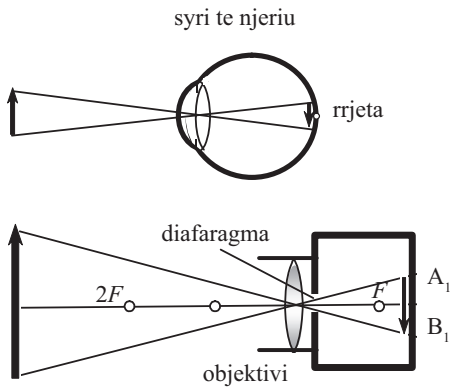
Në teknikë shfrytëzohen instrumente për zgjidhjen e detyave konkrete. Të atilla janë, për shembull, komparatorët, mikroskopët univerzal, goninometrët etj. Ndërmjet instrumenteve optik dhe aparate të mëdhej, si njëri më i thjeshtë dhe me rëndësi historike, do ta shqyrtojmë aparatin fotografik.

1. **Aparati fotografik** është instrument që fitohen shembëllima reale të zvogluara që përherë mbahen në fotomulzion ose çfarëdo detektor tjetër të rrezatimit. Pjesët themelore të çdo aparati janë: dhoma e errët dhe objektivi.

-*Dhoma e errët* paraqet kuti te e cila anë e prapme vëndohet film foto i ndijshëm ose çfarëdo detektor tjetër për shënim të përhershëm të dritës që bie në në kutinë e errët.

-*Objektivi*, në rastin e përgjithshëm, është thjerrëz mbledhëse ose sistem prej më shumë thjerrëzave që të eleminohet aberacionet.Largësia fokale e objektivit është e vogël. Në afërsi të anës së prapme të dhomës objektivi krijon shembëllim real ose të kthyer A_1B_1 të trupit të fotografuar AB (fig. 1).Për të fituar shembëllim të mprehët prej trupit, objektivi mund të afrohet dhe largohet prej filmit.

Objektivi më së shpeshti vëndohet në largësi më të madhe prej largësisë së dyfishtë fokale, për shkak të cilës shembëllimi është zvogëluar dhe i kthyer.



2. Aparati proektues shfrytëzohet për fitimin e shembëllimit të zmadhuar dhe real në ekranin e fotografisë ose të ndonjë trupi. Sipas konstruksionit ai përkujton në aparatin fotografik.

3. Thjerrëza. Si thjerrëzë mund të shfrytëzohet Çdo thjerrëz mbledhëse ose sistemë prej më shumë thjerrëzave me largësi forkale të vogël.

Kur trupi shihez me sy të hapur madhësia e fotografisë që formohet mbi rrjetën e syrit varet prej këndit nën të cilin shihet trupi. Kur trupi afrohet nga syri, këndi nën të cilin shihet trupi rritet dhe mbi rrjetën krijohet fotografi mëe madhe. Këndi arrin vlerë maksimale α_0 kur trupi prej syrit është ***largësi të shikimit të qartë***. Ajo është D=25 cm. Nëse trupi është në largësi më të vogël prej kësaj, syri nuk mund të fokusohet. Megjithatë, kur para syrit do të vendoset do të vëndohet ***thjerrëzë***, trupi mund të afrohet më shumë dhe këndi nën të cilin shihet do të bëhet më i madh se α_0.

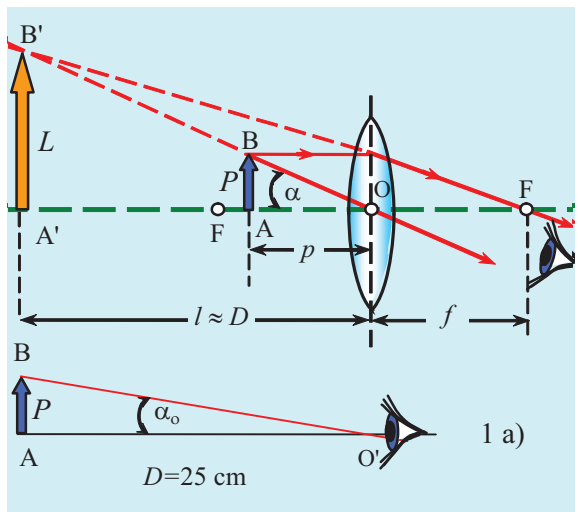


Fig. 2

Nëse trupi është ndërmjet fokusit dhe lupësës, por më afër fokusit F, fitohet i zmadhuar, i drejtë dhe shembëlli imagjinar që është i anës së njëjtë me trupin (fig. 2). Gjatë zhvendosjes së trupit prej fokusit F nga lupaa, shembëllima imagjinare, gjithashtu, afrohet nga thjerrëza. Këndi α është maksimal kur shembëllima imagjinare është në largësi të shikimit të qartë. Trupi dhe shembëllima e tij imagjinare më shumë nuk mund të afrohet pasi syri nuk mundet të fokusohet.

Zmadhimi këndor m i lupës pëtkufizohet si herës i këndit α nën të cilin shihet trupi me lupë dhe këndit të të pamurit α_0 nën të cilintrupi i vendosur në largësinë e të pamurit qartë D shihet me sy.

$$m = \frac{\alpha}{\alpha_o} \qquad (1)$$

$$m = \frac{\alpha}{\alpha_o} = \frac{AB/p}{AB/D} = \frac{D}{p}; \qquad (3)$$

$$m = \frac{D}{p} = \frac{D+f}{f} = 1 + \frac{D}{f}. \qquad (4)$$

Kur shembëllimi imagjinar është në largësi e të pamurit qartë, *zmadhimi është maksimal*.

Syri i shëndoshë mund ta fokusoj shembëllimin kur ai gjendet në largësimë e të pamurit qartë bile deri në pafundësi. Kur trupi është afër fokusit ($p \approx f$), shembëllimi është në pafundësi, prandaj syri nuk shtrëngohet:

$$\alpha_o \approx \frac{AB}{D}; \quad \alpha \approx \frac{AB}{f}; \quad m = \frac{\alpha}{\alpha_o} = \frac{D}{f}. \qquad (5)$$

Meqë shembëllimi mund të shikohet ndërmjet largësisë së tëpamurit, qartë dhe në pafundësi, zmadhimi i lupës lëviz në kufi tëpërcaktuar me barazimet (4) dhe (5).

SHEMBULLI 1. Sa është zmadhimi maksimal i lipës me largësi fokale f=10 cm, ndërsa sa është zmadhimi i kësaj lupe kur syri është i pa shtrënguar?
Zgjidhje. Zmadhimi i lupës kur f=10 cm, është:

$$m = 1 + \frac{25}{f} = 1 + \frac{25}{10} = 3{,}5 .$$

Nëse syri është i pashtrëngar figura është në pafundësi dhe vlen barazimi (5):

$$m = \frac{25}{f} = \frac{25}{10} = 2{,}5 \cdot$$

Zmadhimi i kësaj lupe lëviz në kufijtë ndërmjet 3,5 dhe 2,5 herë.

Pyetje dhe detyra

1.Përmendi disa shembuj të instrumenteve optik.
2. ,ka paraqet aparati fotografik?
3. A ka ndryshim në principin e punës ndërmjet aparatit digjital dhe fotografik me film fotografik?
4. Kërko nëinternet dhe njihu me kamë opskura.
5. Sa zmadhim më të madh mund të fitohet me lupë që ka intensitet prej 20 dpt?

(Përgj; 6 herë)

9.12. MIKROSKOPI OPTIK

Për të fituar zmadhim më të madh se ajo në lupë shfrytëzohet mikroskopi optik. Pjesët optike të mikroskopit janë okulari, objektivi dhe sistem për ta ndriçuar trupin.

Objektivi (thjerrëza afër trupit) ka largësi të vogël f_{ab}, ndërsa okulari (thjerëz afër syrit) ka largësi fokale më të madhe f_{ok}. Të dy thjerrëzat kanë bosht optik të përbashkët dhe janë të vendosura në largësi d.

Parimi i formimit të shembëllimt të zmadhuar te mikroskopi i paraqitur në fig. 3, është si vijon: trupi

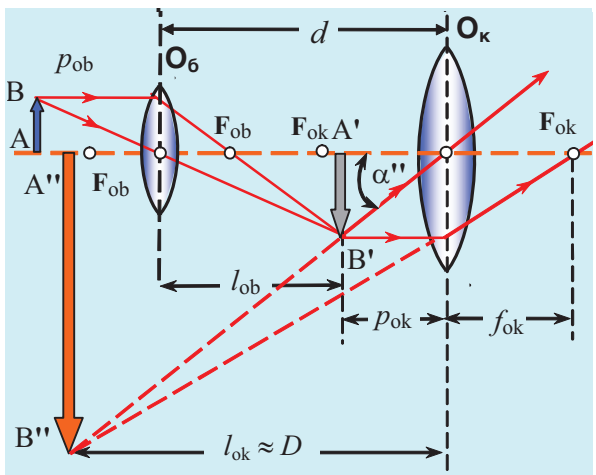


Fig. 3. Përfitimi i fotografisë me mikroskop optik

i vëzhguar AB është vendosur në largësi pak më të madhe nga largësia fokale e objektivit dhe me këtë rast formohet shembëllimi A‘B‘ i zmadhuar real dhe i përmbysur i trupit. Ky shembëllim shërben si trup për okularin, i cili shfrytëzohet si lupë. Shembëllimi A‘B‘ duhet të formohet ndërmjet okularit dhe fokusittë tij dhe ajo më afër fokusit F_{ok}. Me këtë rast formohet shembëllimi A“B“ imagjinar, i zmadhuar dhe i përmbysur në raport me trupin AB.
Mundet të tregohet se **zmadhimi i mikroskopit** është prodhim i zmadhimit të objektivit dhe zmadhimit të okularit. Shembëllimi A‘B‘ që fitohet nga objektivi ka zmadhim vijor.

$$m_{ob} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{l_{ob}}{p_{ob}} . \qquad (1)$$

Sipas figurës 3, mund të merret $p_{ob} \approx f_{ob}$ dhe

$l_{ob} \approx d - f_{ok}$. Për zmadhimi vijor të objektivit kemi:

$$m_{ob} = \frac{d - f_{ok}}{f_{ob}} \ . \qquad (2)$$

Largësia d ndërmjet objektivit dhe okularit mund të merret ashtu që shembëllimi A"B" të gjendet në largësinë e të pamurit të qartë ose në pafundësi (sikurse edhe te lupa). Kur A"B" është në afundësi, okulari punon si lupë me $m_{ok} = \frac{D}{f_{ok}}$ zmadhim këndor të përkufizuar me ku D është largësie e të pamurit të qartë. Prandaj për zmadhimin e përgjithshëm të mikroskopit fitohet:

$$M = m_{ob} m_{ok} = \frac{d - f_{ok}}{f_{ob}} \frac{D}{f_{ok}} \ . \qquad (3)$$

Kur largësitë fokale të mikroskopit janë shumë më të vogla në krahasim me largësinë d ndërmjet objektivit dhe okularit, mund të merret:

$$M \approx \frac{d}{f_{ob}} \frac{D}{f_{ok}} . \qquad (4)$$

Zmadhimi i përgjithshëm i mikroskopit M, kur syri është i pashtrënguar, është prodhim i zmadhimit vijor të objektivit dhe zmadhimit këndor të okularit.

Nga barazimi (4) mund të përfundohet se sa më të vogla janë largësitë fokale të objektivit dhe okularit d është më e madhe, zmadhimi i mikroskopit është më i madh.

Vlera e zmadhimit të okularit dhe objektivit është shënuar nëtë. Zmdhimi lëviz në kufijtë nga 4 deri 100 hwrë për objektivin dhe nga 4 deri 25 herë për okularin. *Por, zmadhimi i madh është i padobishëm nëse fuqia ndarëse e mukroskopit është jo adekuat*.

Kur elementet strukturale të objektit që vëzhgohet dhe aparatura e objektivit (rreze e hapjes së thjerrëzës) janë të krahasueshme me gjatësinë valore tëdritës. Nëse dy ika të ndritshme janë shumë afër njëra tjetrës, figura përkatëse e difraksionit mbimbulohen, prandaj figura është e paqartë (shih difraksionin).

Aftësia e çdo instrumenti optik që t'i tregoj qartë detajet e trupit e tregon ***fuqinë ndarëse***.

Për të zmadhuar fuqinëndarëse të mikroskopit është e nevojshme të shfrytëzohet dritë me gjatësi valore më të vogël, ose të shfrytëzohen miroskopët me imerzione dhe elektronikë.

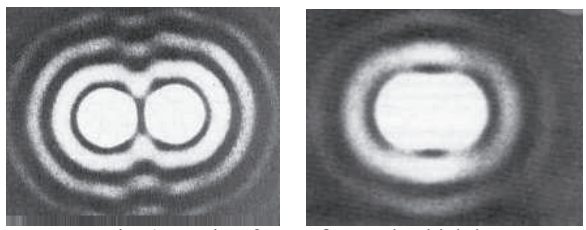


Fig. 4. Pamja e fotografisë në dy objektiva kur shien të ndarë dhe të pandarë

Kur ndërmjet objektit dhe objektivit të mikroskopit kemi mjedis me tregues të përthyerjes n, njehsimet teorike për largësinë ndarëse S_r (largësi nëtë cilëndy pika akoma shihen si dy) e jep shprehja:

$$S_r = 1{,}22 \frac{\lambda}{2A} \ , \qquad (5)$$

Prodhimi $n \sin u = A$ quhet apertura numerike e objektivit të mikroskopit. u këndi nën të cilin hyn drita te objektivi.

Nga barazimi (5) del se fuqia ndarëse e mikroskopit zmadhohet (S_r është më e vogël) me zvogëlimin e gjatësisë valore l të dritës, ose me zmadhimin e aperturës numerike të objektivit.

Gjatë zgjedhjes së zmadhimit që e përcakton aperturënnumerike rol të rëndësishëmka objektivi. Prandaj ***rregullë është objektiv i fortë kurse i dobët okula***-kursesi anasjelltas.

Apertura numerike mundtë zmadhohet ose me zmadhimin e këndit u ose me zmadhimin e treguesit të përthyerjes n. Meqë vlera sin u mund të jetë maksimale 1,0 apertura numerike më lehtë do të zmadhohet nëse ndërmjet objektivit dhe preparatit në vend të ajrit ka ndonjë lëng. Objektivat e këtillë quhen ***objektiva me imerzione***.

9.13. MUNGESA OPTIKE TË THJERRËZAVE DHE SYRIT

Syri i njeriut edhe pse si organ arrin zhvillim më të lartë evolutiv, nuk është plotësisht e përkryer sistemi optik. Sistemi optiki syrit inënshtrohet një vargu të madh të mungesave karakteristike për thjerrëzat. Të atilla janë, për shembull,aberaconi sferik, aberacioni kromatik,astigmatizëm etj.

Syri është sistem optik i centruar që vepron si thjerrëz mbledhëse *boshti optik* i saj është përcaktuar prej qendrave optike të kornes dhe thjerrëzës së syrit. Megjiatë, për konstruksionin më të zakonshëm të shembëllimeve merret vetëm një rrafsh i përthyerjes. Kështu syri i modeluar quhet ***syri i redukuar*** (fig. 1)

Ndonjë trup që të shihet qartë është e nevojshme të krijohet fotografi e mprehët mbi rrjetën. Te syri normal, për shkak të largësisëfokale të tij të ndryshueshme,shembëllimi që formohet gjithmonë bie te rrjeta.

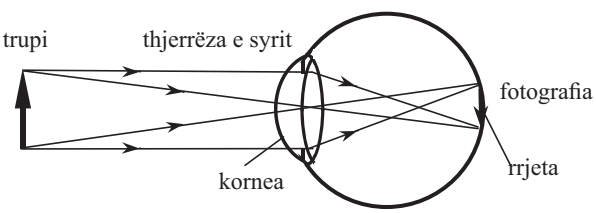


Fig. 1. Paraqitja skematike e syrit të redukuar

ABERACIONI SFERIK është rezultat prej trashësisë së thjerrëzës që, praktikisht, asnjëherë nuk është e hollë ideale.

Kur ekziston aberacio sferik, rrezet paralele me

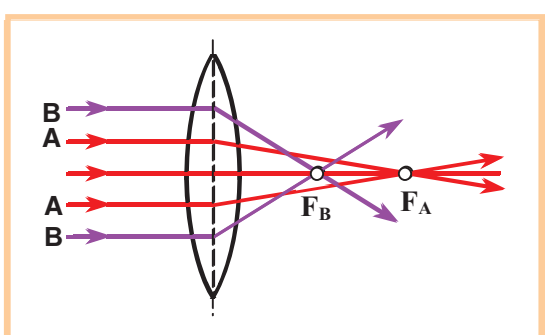


Fig. 2. Aberacioni sferik

me boshtin optik pas kalimit nëpër thjerrëz nuk fokusohen në një pikë.

Rrezet që janë afër deri te boshti optik pas përthyerjes fokusohen te F_A, kurse rrezet periferike, tëcilatjanëmë larg boshti optik, përthyhen më shumë dhe fokusohen në pikën qështrihet më afër deri te thjerrëza optike F_B (fig. 2). Në këtë mënyrë pas thjerrëzës formohet sistem prej fokuseve të kufizuar ndërmjet dy fokuseve të skajshëm F_A dhe F_B.

Nëse te fokusi vëndohet ekran, normal në boshtin optik, shembëllimi i pikës nuk do të jetë në formë të pikës, pro siprfaqe rrethore-shembëllimi i trupit është i paqartë.

Aberacioni sferik zvogëlohet me kombinim të thjerrëzave. Zvogëlimi i aberacionit sferik arrihet edhe me zbatimine diafragmës e cila do t'i përfshin vetëm rrezet që janë afër deri te boshti optik, por po ashtu zvogëlohet edhe intensiteti i dritës.

Te syri aberacioni sferik është i vogël dhe rregullohet me ndryshimin e diametrit të bebes së syrit, tesyri hyn tufë egjerë e dritës, pra syri nuk mund tëshikonqartë.

ABERACIONI KROMATIK është rezultat prej varshmërisë së indeksit të përthyerjes prej gjatësisë valore të dritës ndërhyrëse.

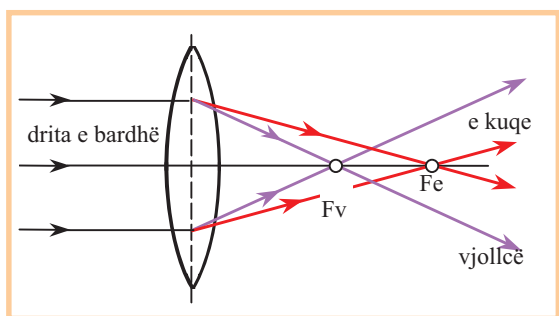


Fig. 3. Aberacioni kromatik

Për shkak të përthyerje së ndryshme, gjatë disperzionit tëdritës vjen deri te fitimi i fokuseve të ndryshme për gjatësi valore të ndryshme tëdritës. Shembëllimi i fituar me thjerrëzë të këtillë optike ka tehe të ngjyrosura (disperzioni i dritës).

Meqë indeksi i përthyerjes të sunstancave varet prej gjatësisë valore të dritë, edhe largësia fokale e thjerrëzës do të varet prejindeksit të përthyerjes.

Kur te thjerrëza do të bie tufë e dritës polikromike,përshkak të përthyerje së ndryshme të gjatësive

valore të ndryshme tëdritës fitohen shumë fokuse. Pasi drita vjollcë më së shumti përthyhet, largësia më e vogël fokale do të jetë për gjatësinë valore të vjollcës, kurse më e madhe-për të kuqen që më së shumti përthyhet (fig. 3).

Aberacioni kromatik eleminohet me kombinimin e dy ose më shumë thjerrëzave prej materialeve meindeks të ndyshë të përthyerjes-***thjerrëza ahromatike***.

Pasi syri është i ndijshëm i ndryshëm në gjatësi të ndryshme valore të ngjyrës së bardhë, aberacioni kromatik është jo përfillëse. Për këtë kontribuon edhe struktura e thjerrëzës së syrit. Syri është më i ndijshëm në ngjyrën e verdhë-gjelbër, te tehetekuqe dhe të vjollcëstë fotografisë,të cilat janlë rezultat prej aberacionit kromatik, nuk i vëren.

Gabimet te syri, që janë rezultat i difraksionit të dritës, më së shumti vijnë në shprehje kur bebja e syrit do të zvogëlohet si pikë.

Nëse syri do të mund të akomodohet në shikimin e objeketeve të afërta dhe të largëta bëhet fjalë për sy normal (*smetropno*). Syri normal të truoave të larguar nëpafundësi krijon fotografi te rrjeta.

Nëse pika më e larguar tëshikimit të qartë nk është nëpakufi,edhe sistemi optik i srit posedon gaibim, themi se syri është ***ametrop***.Dallojmë dy lloje të ametropisë: ***largpamës dhe shkurtpamës***.

Largpamës (***hipermetropi***). Kur syri, më mirë i shikon objektet e largëta thuhet se ajo është hipermetropik

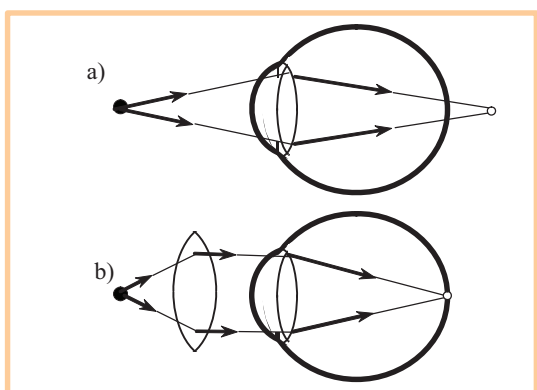


Fig. 4. Syri largëpamës

Pika e tij më e largët të shikimit të qartë, nëvend të pakufisë, shtrihet në largësi të fundshme. Syri është shumë i shkurtër, pra në qetësinë akomodicionale te syri i atillë rrezet fokusohenpas rrjetës (fig. 4a). Te ky sy pikamë e afërt të shikimittë qartë është shumë më larg se sa tesyri normal për të cilën është D=25 cm.

Për korrigjim të shikimit tësyrit të atillë shfrytëzohen thjerrëza pëmbledhëse (fig. 4b).

Shkurtpamës (miopi).-Syri është shumë i gjatë,pra te qetësia akomodacionale rrezet i fokusojnë para rrjetës (fig. 5a). Prandaj syri te qetsia akomodacionale i sheh vetëm trupat e afërtë Pika më e afërt të shikimit të qartë është në largësi më të vogël se sa syri normal ($D <$ 25 cm). Për korrigjim të shikimit te syri i këtillë shfrytëzohen thjrrëzat shpërdarëse (fig. 5b).

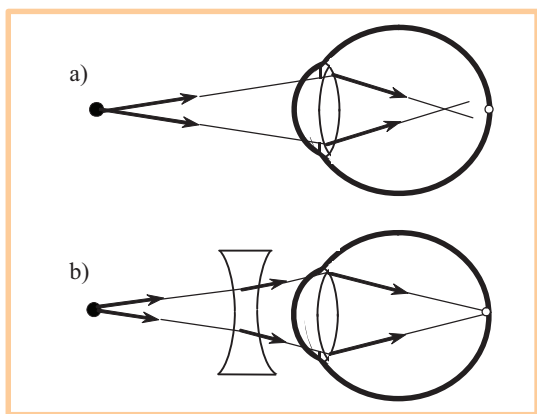


Fig. 5. Syri shkurtpamës

Syzat me thjerrëza përmbledhëse kanë intensitet tëshprehurme dioptri pozitive (J=+0,5 dpt; +2 dpt etj.),-kurse syzat me thjerrëza shpërdarësekanë intensitet me dioptri negative (për shembull:-5 dpt; -3 dptetj.).

Pyetje dhe detyra

1. Cilat mangësi mund t‘i ketë syri?
2. Çka është aberacion kromatik,çka sferik dhe si eleminohet?
3. Cilat thjerrëza kanë dioptri pozitive,kurse cilat begative dhe për çfarë korrigjime bëhen?
4.Si vet mundemi thjeshtë të kontrolloni sa është largësia fokalee thjerrëzs përmbledhëse?

9.14. BURIMET KOHERENTE. INTERFERENCA E DRITËS

Koherenca e burimeve

Nëse me dy shkopinjë njëkohsisht e e prekim sipërfaqen e ujit, çdonjëriprej tyre do të krijon valë rrethore që „kalon“ nëpër tjetrin, sikurse tjetri të mos ekzistojë. Ngjashëm shpërdahen edhe valët e dritës. Të përkujtohemi se nëse dy instrumene muzikore zërojnë, na të dy i dëgjojmë pavarësisht njëri prej tjetrit. Në mënyrë analoge njëri prej tjetrit, zgjerohen radiovalët prej dy ose më shumë stacioneve, ose valët e dritës prej dy ose më shumë burime të dritës. Domethënë *përvoja dhe eksperimentet natregojnë se valët të burimeve të ndryshme zgjerohen në hapësirë në mënyrë të pavarur*.

Pasi valët nuk bashkëveprojnë, atëherë në çdo pjesë të hapësirës vjen deri te **superpozicioni i valëve**.

Duhet të përmendet se ky princip vlen vetëm për valët me intensitet të vogël.

Gjatë superpozicionit të dy valëve me frekuencë të barabartë, që kanë të njëjtën gjatësi valore, mund të ***ndodh interferenca e valëve***. *Ajo është dukuri që është rezultat i radhitjes së dy (ose më shumë valëve) ku në çdo pikë të hapësirës, te ecilavalët shpërdahen, krijohen valë me maplitudë kohore të përhershme.*

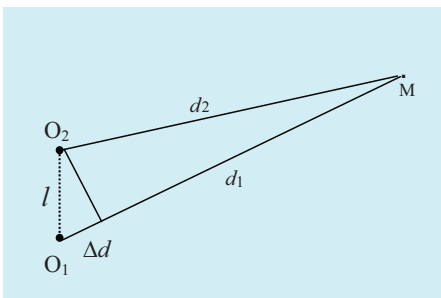


Fig. 1

Të përkujtohemi, në cilat kushte mund të ndodh interferenca e valëve. Për këtë qëllim do të shërbehemi me vizatimin prej fig. 1. Pyetemi: si do të jetë amplituda e oscilimit në pikën M që prej burimeveO_1 dhe O_2 gjendet në largësi përkatëse d_1 dhe d_2?

Rezultati i radhitjes së valëve në pikën M do tëvaret prej ndryshimit te faza që është shkaktuar me ndryshimin te shkuarja e rrezeve Δd. Në *kushte kur largësia ndërmjet burimeve është shumë më e vogël prej largësive deri te pika M,* $\Delta d=d_2-d_1$. Nëse kjo largësi është λ ose 2, 3, 4 herë për λ,

$$\Delta d=k\lambda \qquad k=0,1,2,.... \qquad (1)$$

valët janë në fazë. Në ato vende do të plotësohen kushte për amplitudat maksimale të oscilimit.

Nëse largësia Δd është $\lambda/2$, ose numër tek $\lambda/2$, atëherë ndërmjet elongacioneve y_1 dhe y_2 te të cilët dhe në çfarëdo moment ekziston ndryshimfazër π. Oscilimi te pikat ku ajo është plotësuar janë me elongacion 0, më saktë, atje oscilim nuk ka. Ai është **kushti për minimum:**

$$\Delta d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k = 0,1,2,... \qquad (2)$$

Që të fitohet fotografi stacionare interferente e qetë, kusht i domosdoshëm është burimet të kenë frekuencë të barabartë dhe *faza e oscilimit të tyre të jetë e barabartë, ose të dallohen për ndojë madhësi të pandryshueshme kohore*. Me fjalë të tjera dallimi te fazat e oscilimit të dy burimeve duhet të **mos ndryshon** me kohën. Burimet e valëve e plotësojnë kushtin etyre quhen **burime koherente**, kurse bvalërt që atikrijojnë-**valë koherente**.

Vetëm valët koherente mund të interferojnë.

Nëse ndryshimi te fazat e oscilimit të burimeve është ndryshore kohore, atëherë te çdo pikë, gjithashtu, rregullisht ndryshon dallimi te fazat e oscilimit të fizuara prej burimeve të atill dhe kursesi nuk mund të arrihet fitimi i fotografisë së përhershne kohore.

Duhet të sqarohet edhe çka ndodh me energjinë te dukuria e interferencës. Vallë atje ku oscilimi i mjedisit nuk ekziston (kushti për minimum), energjia shndërrohet në lloj tjetër (në energji të brendshme, për shembull)? Që të përgjigjemi në këtë pyetje duhet të përkujtohemi se energjia e valës është proporcionale me katrorin e amplitudës së saj. Pra, atëherë, në

vendet e maksimumeve të oscilimeve kemi tepricë të energjisë. Prej këtu është e qartë se gjatë paraqitjes së interferencës së dritë energjia e valëve që interferojnë vetëm që radhiten.

Interferenca e dritës. Eksperimenti i Jungut

Në fillim të shekullit XIX akoma nuk ishte i njohur se edhe drita ka natyrë valore.Fizikani anglez Tomas Jung, në viton 1801, tregoi se edhe drita mund të interferoj , kurse kjo do të thotë se ajosillet si valë.

Në çka ishte problemi me dritën?

Të përpiqemi të kërkojmë fotografi interferente prej çfarçdo burimeve të dritës, për shembull prej dy llambave. Te ekrani bie drita e prej të dy burimeve asnjëherë nuk mund të fitohen linja interferente. Shkaku qëndron në faktin që burimet e dritës së zakonshme nuk janë koherente. Sot ekzistojnë burime të dritës koherente. Ato janë laserët. Me ato më vonë gjerësisht do të njihemi.

Jungu pati sukses të fitoj fotografi interferente me ndihmën e burit të dritës së zakonshme me skemën të dhënë në fig. 2.

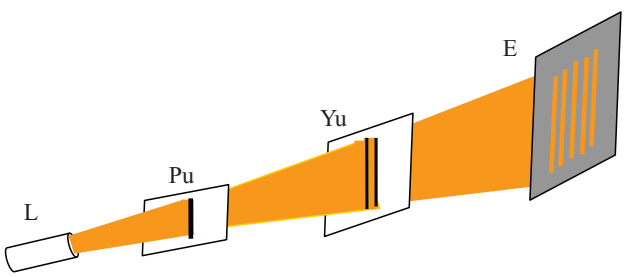


Fig. 2. Skema e eksperimentit të Jungut. Prej llambës së natriumit (burim i dritës kromatike) vala bie mbi një çarje të Pu, por pastaj mbi pengesën me dy hapje drejtvizore paralele YU. Në ekran fitohet fotografia interferente që përbëhet prej vijave të dritës paralele ekuidistance të errëta.

Duhet të përmendet se largësia ndërmjet çarjeve të pllakës së Jungut (Yu) është shumë e vogël në lidhje me largësinë prej asaj deri te ekrani dhe burimi.

Tregohet se largësia Δz ndërmjet linjave të ndritshme për dritën me gjatësi valore λ varet prej largësisë ndërmjet pengesësë së Jungut YU dh ekranit E (L) dhe largësisë ndërmjet dy çarjeve l:

$$\Delta z = \frac{L\lambda}{l} \quad . \qquad (3)$$

Më vonë u tregua se edhe në rastet tjera kur prej të dy burimeve të dritës fitohen dy, të cilët rrjedhin prej atij burimi të vetëm fitohet interferenca e dritës.

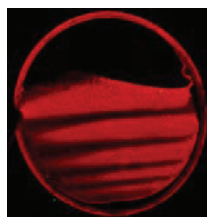


Fig. 3a

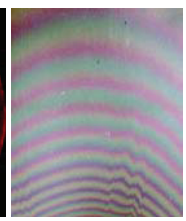


Fig. 3b

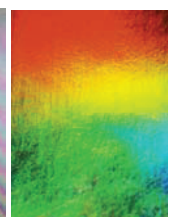


Fig. 3c

Interferenca e dritës fitohet gjatë refleksionit prej filmave të hollë me rend të madhësisë prej 1 μm. Shtresa e hollë e yndryrës mbi ujë, pluska e sapunit (fig. 3a), sipërfaqja e hollë e oksiduar prej trupitmetalik (fig. 3b), ose film metalit të hollë mbi qelqin (fig. 3c) në dritë të bardhë, tregojnë lakore të ngjyrosura që janë rezultat e interferencës së dritës. Në dritëm monokromatike ato shihen dritë e errët (fig. 3a). Linjat e këtilla quhen *lakore të trashësisë së barabartë*.

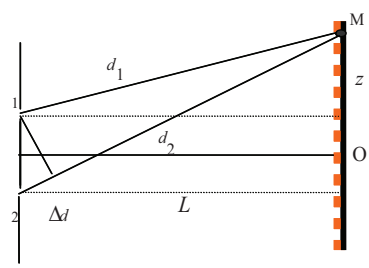


Fig. 4

SHEMBULLI 1. Caktoni largësinë ndërmjet linjave interferente te prova e Jungut të realizuar me dritën me gjatësi valore 555 nm, nëse largësia ndërmjet çarjeve të pllakës së Jungut është l=1 mm, kurse largësia ndërmjet pllakës dhe ekranit L është 2 m.
Zgjidhje. Me ndihmën e figurës 4 mund të caktohet

largësia d_1 dhe d_2 prej burimeve koherente deri te pika M te e cila na intereson rezultati i interferencës. Nëse me z shënohet largësia e kësaj pike prej pikës O që është në mes të fotografisë interferente, shihet se

$$d_1^2 = L^2 + \left(z - \frac{l}{2}\right)^2 \qquad d_2^2 = L^2 + \left(z + \frac{l}{2}\right)^2$$

prej ku

$$d_2^2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2zl$$

Duke pasur parasysh që $L >> d_1$ dhe $L >> d_2$ mundet të llogaritet se: $d_1 + d_2 = 2L$, pra $d_2 - d_1 = \Delta d$

është: $\Delta d = \frac{2zl}{2L} = \frac{zl}{L}$.

Sipas kushtit (1) te pika M do të jetë maksimumi i rendit k kur është

$$\Delta d = k\lambda \quad ; \quad \frac{z_k l}{L} = k\lambda \qquad k = 0,1,2..... \qquad (4)$$

kurse maksimumi prej rendit (k+1) për

$$\Delta d = (k+1)\lambda \quad ; \quad \frac{z_{k+1} l}{L} = (k+1)\lambda \qquad k = 0,1,2..... \qquad (5)$$

Largësia ndërmjet dy maksimumeve do të jetë:

$$\Delta z = z_{k+1} - z_k = \frac{L\lambda}{l}$$

Nëse merren vlerat numerike për gjerësinë e linjave fitohet Δz=1,11 mm.

SHEMBULLI 2. Ekrani është larguar prejpllakës së Jungut me dy çarje në largësi 1,3 m.Largësia ndërmjet çarjeve të pllakës është 0,03 mm. Maksimumi i rendit të dytë gjendet në largësi z=4,5 mcm. Caktono gjatësinë valore tëdritës së përdorur.

Zgjidhje. Do të shërbehemi me relacionin(4).

Është dhënë: k=2; l=0,03 cm=$3\cdot10^{-5}$ m; z=4,5 cm dhe L=1,5 m. Për gjatësinë valore fitohet:

$$\lambda = \frac{zl}{2L} = 560 \text{ nm}$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Para pllakës së Jungut gjatë realizimit të eksperimentit të Jungut vendoset së pari filte ri kuq,, kurse pastaj vjollcë. Cila linja do të jenë më të gjera, të kuqet ose vjollcë dhe pse? Sa do të jetë ai ndryshim, duke pasur parasysh se drita e kuqe ka gjatësi valore 800 nm, kurse vjollca 400 nm?

2. Si duket fiotografia në ekran nëse gjatë realizimit të eksperimentit të Jungut janë përdor drita e bardhë?

3. Burimii dritësemewton dritë me dy gjatësivalore: λ_1=430 nm dhe λ_2=510 nm. Burimi është përdor për eksperimentin e Jungut, ku largësia ndërmjet pllakave të Jungut dhe ekranit është 1,5 m, kurse largësia ndërmjet çarjeve të pllakës së Jungut 0,025 nm. Cakto largësinë ndërmjet maksimumeve të rendit të tretë të gjatësive valore përkatëse.

(Përgj. $z_{3,\lambda1}$=$z_{3,\lambda2}$=1,44 cm)

4. **Kërkoni në internet në veb faqen:**

Young's experiment

www. physicsclassroom.com/class/light/u12l1b

dhe simuloni çka ndodh kur do të ndryshon largësia ndërmjet çarjeve të pllakës së Jungut ose si ndryshon fotografia kur do të ndryshon gjatësia valore.

5. Duke e shfrytëzuar udhëzimin e programit PEARLS dhe udhëzimin të punuar nga anëtarët e projektit Tempus-Shkup, 2001, nga Instituti për fizikë, në sektorin *Valët*, studioni „Përzierja e valëve".

6. Me ndihmën e treguesit të laserit realizoni provën e Jungut, ashtu që tufën do ta kahëzoni direkt te pllaka e Jungut. Në ekran fitohe njolla ekuidistante.

Duke e shfrytëzuar burimin e dritës dhe senzorin e zhvendosjes së Coach interfejsin, caktoni vendet e maksimumeve në ekran dhe matni largësinë ndërmjettyre. Nëse paraprakisht e keni matur largësinë ndërmjet çarjeve të pllakës dhe largësinë ndërmjet pllakës dhe ekranit, duke shfrytëzuar relacionin (3) mund ta caktoni gjatësinë valore të dritës së laserit. Keni kujdes, largësia ndërmjet pllakës dhe ekrait duhet të jetë mjaft e madhe. Gjithashtu keni kujdes senzori i dritës ta lëvizni saktë në kahe të njollës së vendosur.

Rezime e shkurtër

Interferenca e dritës ndodh vetëm me dritën qërrjedh prej burimit koherent. Burime koherente janë burime valët e të cilëve kanë fazë kohore tëpërhershme. Laserët janë burime të dritës koherente.

Burimet e zakonshme mund të jenë koherente nëse rrjedhin prej një burimi të njëjtë.Largësia ndërmjet te linjave të skemën interferente të Jungut është

$$\Delta z = \frac{L\lambda}{l}.$$

9.15 DIFRAKSIONI I DRITËS RRJETA DIFRAKSIONE

Dukuria e lakimit të frontit të valëve gjatë kalimit nëpër hapjet me dimenzione të vogla, të krahasueshme me gjatësinë valore të valës, ose te tehet, quhet ***difraksioni i valës.*** Themi se gjatë difraksionit rrezja nuk zgjerohet drejtvizioriSht, por vjen deri te lakimi i sajë. Dukuria e difraksionit të valëve sqarohet me principin e Hajgens-Freneli. Difraksioni i valëve, gjithashtu sikurse edhe interferenca, janë të veçanta për të gjitha llojet e valëve. Por, kushti themelor që të vërehet ky fenomen është se hapja ose pengesa ku has vala, duhen të jenë me madhësi të krahasueshme ose më e vogël prej gjatësisë valore të valës e cila ndërhynë.

Difraksioni i dritës

Tani më treguam se drita ka natyrë valore. Dukuria difraksioni i dritës vështirë mund të vërehet në natyrë. Të gjithë e kemi të njohur se valët e dritës zgjerohet drejtvizorisht dhe si pasojë e kësaj pas çfarëdo trupi në afërsi të drejtpërdrejtë të burimit të dritës vërehet hija. kjo sqarohet me gjatësinë valore të dritës shumë të vogël. Te pjesa e dukshme e spektrit gjatësia valore e dritës e ka madhësinë ndërmjet 400 dhe 760 mm.

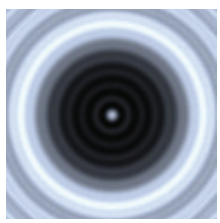


Fig. 3. Prova e Frene-Puason-Amper. Në hijen e topit fitohet njollë drite

Përsëri dukuria e difrakisonit të dritës mund të vërehet edhe me rastet kur dimenzionet e pengesës, përkatësisht hapjes janë shumë të mëdhaja prej gjatësisë valore të dritës. që të mundet kjo të realizohet, duhet rezultati i difraksionit të vërehet në largësi shumë të madhe. Në kushte të atilla, nëse në pengesën e dhën bie dritë monokromatike, në tehet të hijes së saje paraqiten linja të ndritshme dhe të erta të cilat janë rezultat të difraksionit të dritës (fig. 2).

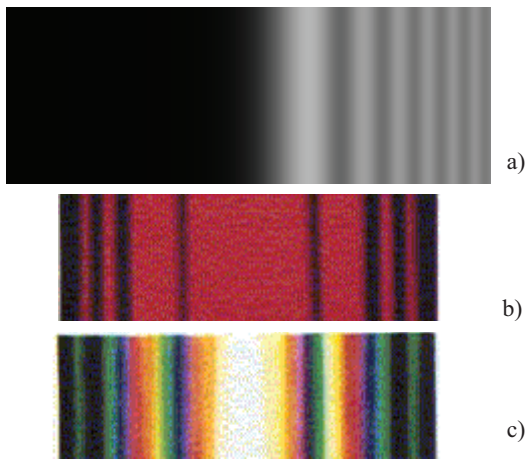


Fig. 2. (a) Difraksioni në teh të ngushtë (b) difraksioni i procesit drejtvizor në dritën monokromatikedhe në të bardhë (c)

Shkencëtari italian Françesko Grimaldi i pari e vërejti dukurinë e difraksionit të dritës, ndërsa sqarimit rigoroz teorik për këtë dikuri e ka dhënë në vitin 1816Ogist Frenel.Prej asaj kohe eksperimenti i njohur të dukurisë së njollës së dritës te hija e pengesës me formë rrethore.

Dukuriua sqarohet nëpërmjet princit të Hajgens-Freneli. Të gjitha pikat prej pjesës së lirë të hapjes ose pengesës paraqesin burime sekundare të dritës të cilat janë koherente. Fotografia që fitohet në ekran të vendosur në ndonjë largësi prej pengesës (hapja) e quajmë **difraktogram**. Kjo fotografi është rezultat i interferencës i burimimeve sekondare prej pjesës së frontit valorë që është i lirë për dritën.

dukuritë e difraksionit janë të zakonshme të ndahen në difraksion të Frenelit dhe Fraunhofer. ***Difraksioni i llojit të Frenelit*** *janë ato raste të dukurisë kur burimi i dritës dhe ekranit në të cilën vërehet rezultati i difraksionit prej pengesës së dhënë janë në largësi të mundshme të sajë.* Në këtë rast, rezet e dritës janë divergjente kurse frontet valore janë dipërfaqe të lakuara.

Nëse largësia e burimit dhe largësia e ekranit deri të pengesa që e shkakton janë madhësi të pafundhme, themi se bëhet fjalë për ***difraksioni i llojit të Fraunhoferit***

Kushti i këtillë arihet me vendosjen e burimit të drit pikash. Në fokusin e thjerrzës përmbledhëse, kështu fitohet valë e dritës së rafshët rrezet e së cilës janë paralele d.m.th., burimi është pa fund larg. Gjithashtu edhe të vërejturit bëhet në rrafshin fokal të thjerrëzës së dytë, të vendosur pas pengesës, me të cilin arrihet ekrani të jetë në pafundësi i larguar. Patjetër duhet të nënvizohet së nuk ka dallim thelbësorë në sqarimin e dukurive prej këtyreve dy llojeve të difraksionit. Ndryshimi eksizton vetëm në peshën e zgjidhjes teorike rigoroz matematikore të fenomenit. Dukuritë e difraksionit të llojit të Fraunhoferit matematikisht janë më thjesht të zgjidhshme prandaj ato kanë gjetur zbatim të madh.

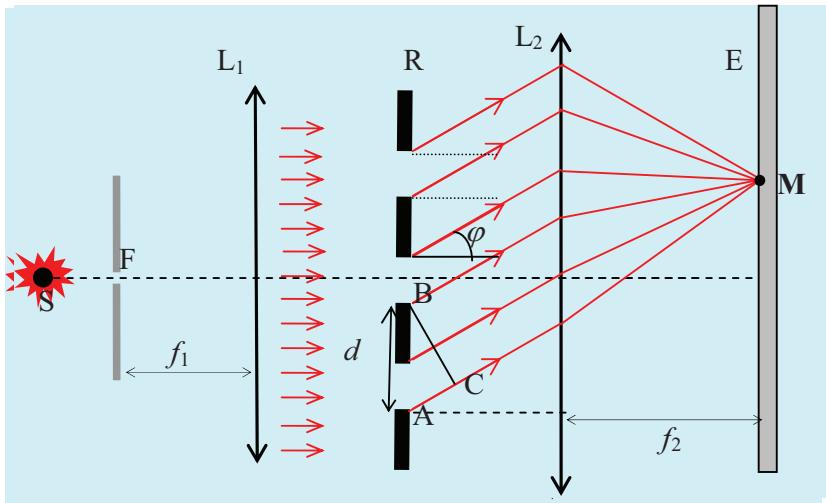


Fig 5

Rrjeta e difraksionit

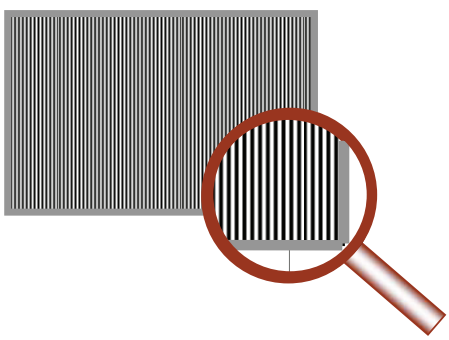


Fig. 4

Rrjeta e difraksionit (optike) është instrument optik që përbehet prej numrit të madh *N*, shumë çarje të ngushta të ndritshme ndërmjet të cilave gjenden pjesë të pandritshme (fig. 4). Rrjetat e mira të difraksionit fitohen me makina speciale të prerjes me të cilat qelqit i shkaktojnë prejre. Atje ku qelqi është i prerë, drita nuk kalon. Sot shumë rrjeta të mira të difraksionit fitohet në mënyrë holografike sikurse interfereogrami i dy valëve të rrafshta. Numri i çarjeve mund të jetë edhe deri në disa mija përqindjeve të nji gjatësie prej 1 mm. Ekzistojnë edhe rrjeta reflektuese të difraksionit (të metalit) te të cilat linjat drejtvizore e reflektojnë dritën, kurse „të pa deportueshme“ e shpërdajnë. Teknika edhe në rrjetat e këtilla të fituara, me zhvillimin e teknologjise laserike, është përparuar shumë. Nëse gjërësia e linjave të tejdukshme (ose reflektueset) *A*, të pjesëve të patejdukshme *b*, me **konstatë të rrjetës** *d* nënkuptohet :

$$d = a+b \qquad (1)$$

Që ti japim bazat elementare të teorisë së difraksionit të rrjetave optike do të supozojmë se në të bie valë e dritës së rrafhsët me gjatësi valore plotësisht të caktuar λ. Tani më sqaruam se që të fitohet valë e rrafshët, duhet burim drite pikash S të vendoset te fokusi F të thjerrëzës së hollë të dhënë përmbledhëse L_1 (fig. 5). Burimet sekondare e pikave të hapjes krijojnë valë drite të cilat do të shpërdahen nën këndet e ndryshme në lidhje me rrezet ndërhyrëse. Valët të cilët ndër mjet vedi janë paralele dhe menjanohen për të njejtin kënd φ me ndihmën e thjerrëzës L_2, janë super ponuara në një pikë M dhe atje si rezultat i interferencës do të paraqitet intezitet i caktuar.

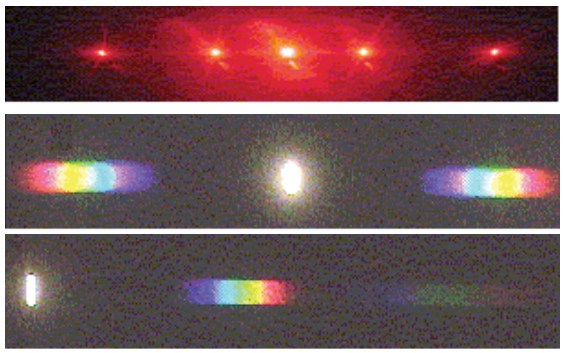


Fig. 6. Difraktogrami i fituar me rrjetën optike: me dritë monokromatike (më lartë); hapja e bardhë rrethor, (në me s dhe posht), ku është dhënë vetëm njëra anë që të shihet edhe spektri të rendit të dytë që është me intenzitet më të vogël, por më i gjerë.

Ta gjejmë kushtin kur valët në pikën M do të japin intezitet maksimal ndryshimi i shkuarjes të rrezeve të skajshme të çdo njerit prej hapjeve, për shembull rrezet të cilat bien në pikat A dhe B, është dhënë me segmentin AC. Nëse kjo largësi i numër plotëher më i madh prej gjatësisë valore të dritës ndërhyrëse, atëherë jo vetëm kto por edhe të gjitha rrezet tjera të hapjes në pikën M do të shkaktojnë oscilim në fazë, pre këtu dritat valore do të përforcohen. Prej trekëndëshit ABC mund të caktohet se:

$$|\mathrm{AC}| = |\mathrm{AB}| \sin\varphi = d\sin\varphi \ . \qquad (2)$$

Maksimumet do të vërehen nën këndin φ, të caktuar me:

$$d\sin\varphi = k\lambda \qquad (k=0,\ 1,\ 2,\ 3,...) \qquad (3)$$

këto maksimume quhen ***maksimume kryesore***.

Duhet të nënvizohet se kur kushti i dhënë me relacionin (3) është plotësuar për pikat A dhe B që gjenden në pjesët prej hapjeve ai atëherë është ipotësuar edhe për të gjitha pikat e hapjes. Çdo pike të hapjes së parë i përgjgjet pikë ërkatëse prej të dytës që gjendet në largësi *d*.

Kushti (3) tregon për atë se pozita e maksimumeve për të gjithë *k*, përveç për qëndrorin, kur është *k*=0, varet prej gjatësisë valore të dritës. Kur është më e madhe gjatësia valore e dritësaq është më i madh këndi i mënjanimit të dritës së atillë.

Kjo tregon në atë se nëse mbi rrjetën e difraksionit bie dritëe bardhë ajo do të krijon shembëllima të ngjyrosura të çarjeve , pasi ngjyrat e ndryshme do të mënjanohen ndryshëm. Kështu fitohet spektër.

Zbatimi themelor i rrjetës optike, e shfrytëzon pikërisht ajo veti e saj. Ajo paraqet instrument për hulumtimin e spektreve tëdritë që ndërhyjnë mbi atë. Po ashtu për çdo vlerë të *k*,përgjigjet rend i veçant i spektrit. Fotografisë të figurës 6 lartë është dhënë fotografia e difraksionit e monokromatike, drita laserike e dritës së bardhë.

Shembull. Rrjeta e difraksionit ka $1{,}26\cdot10^4$ çarje tëradhitura në mënyrë të drejtë mbi sipërfaqen me gjerësi prej 25,4 mm. Ajo është ndriçuar së pari me dritë monokromatikeme gjatësi valore 450 nm (e kaltër), kurse pastaj me gjatësi valore 625 nm (dritë e kuqe). Nën cilët kënde do të paraqitet maksimumi i rendit të dytë për këto gjatësi calore?

Zgjidhje.

Konstaanta për rrjetën d e fitojmë si raport:

$$d = \frac{L}{N} = \frac{23{,}4\cdot10^{-3}}{1{,}26\cdot10^{4}} = 2{,}016\cdot10^{-6}\,\mathrm{m} = 2016\,\mathrm{nm}$$

Maksimumi i rendit të dytë është caktuar me k=2. Domethënë sipas relacionit (3)

$$\sin\varphi_1 = \frac{2\lambda}{d} = \frac{2\cdot450\,\mathrm{nm}}{2016\,\mathrm{nm}} = 0{,}446 \ ;\ \varphi_1 \cong 26^0\,30'$$

kurse

$$\sin\varphi_2 = \frac{2\lambda}{d} = \frac{2\cdot625\,\mathrm{nm}}{2016\,\mathrm{nm}} = 0{,}62 \quad ;\ \varphi_2 \cong 38^0 20'$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Sqaroni pse te spektri prej rendit 0 te rrjetat optike nuk ka ngjyra?
2. Te rrjeta e difraksionit me konstante 10μm bie tufë aralele e ngjyrës së gjelbër. Me ndihmën e aparatit spektral është matur se maksimumi i rendit të parë (shiriti i parë) shihet nën këndin $\varphi_1=3^0 7'$ në lidhje me shiritin e rendit 0. Sa është gjatësia valore? (Përgj. 550 nm)

3. Çdo disk kompakt paraqet një lloj rrjete refkeksive difraksionale (fig. 7).

Me tregues laserik, gjatësinë valore të së cilës e keni caktuar duke eksperimentuar me Coach interfejsin, (shiko kapitullin 1.4), secili prej jush mund ta caktoj largësinë mesatare ndërmjet grithjeve të diskut. Për këtë qëllim bëni skemë eksperimentale si te fig. 8. Te ekrani S gjatë refleksionit të dritës prej kompakt diskut CD, i vendosur si te fotografia, fitohet maksi mumi i parë zero edhe plusin dhe për minusin maksimumii parë i digraktogramit. Me matjen e largësisë ndërmjet CD dhe ekranit (rreth 3 cm) si edhe largësinë ndërmjet maksimumit zero dhe të parë, do ta caktoni klndin α, por duke shfrytëzuar barazimin (3), dhe konstanten *d*.

Fig. 7

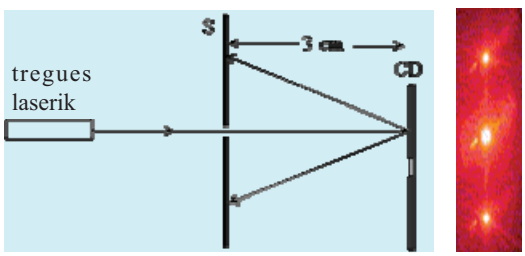


Fig. 8

4. Kërkoni në veb faqen e internetit

Diffraction ; difraction grating

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/c1

dhe simuloni çka ndodh kur do të ndryshon konstanta e rrjetës, ose si ndryshon gjatësia valore.

5. Me kahëzim direkt të treguesit laserik të rrjetës optike me konstantën e njohur, fitoni fotografinë e dritës tëekranit të caktuar. Në ekran fitohen njolla ekudistante.

Me shfrytëzimin e senzorit duke zhvendosur në Coach interfejsin, matni largësinë ndërmjet maksimumit të fotografisë së difraksionit.

Nëse paraprakisht e keni matur largësinë ndërmjet ekranit dhe rrjetës duke shfrytëzuar relacionin (3), mund ta caktoni gjatësinë valore të dritës laserike.

Vërejtje: nëse në shkollë nuk keni rrjetë optike, mundeni ta konstruktoni. Vizatoni me kompjuter vizatim ,e njolla ekuidistante dhe pastaj atë fotokopjoni në foli me disa hetë të zvogëluar.

Rezime e shkurtër

Dukuria e shtrembërimit të frontit valor gjatë kalimit nëpër hapjen me dimenzione të vogla, të krahasueshme me gjatësinë valore të dritës ose te tehet, quhet **difraksioni i dritës**.

Dukuritë e difraksionit mund të jenë të llojit të Frenelit. ***Difraksioni i llojit të Frenelit*** *janë ato raste të dukurisë kur burimi i dritës dhe ekrani në të cilin vërehet rezulati i difraksionit prej pengesës së dhënë janë në largësi të fundshme prej saj*. Në këtë rast rrezet e dritës janë divergjente, kurse frontet valore janë sipërfaqe të shtrembëruara. *Nëse largësia e burimit dhe largësia e ekranit deri te pengesa që e shkakton difraksionin janë pafundësisht tëmëdhaja, themi se bëhet fjalë për* ***difraksionin e llojit të Fraunhoferit***.

Instrumenti më i njohur që shfrytëzohet dukuria e difraksionit është rrjeta optike.

Kushti për maksimumin te rrjetat është:

$$d \sin \varphi = k\lambda \qquad (k = 0, \ , 2, 3, ...).$$

Pasi aikusht varet prej gjatësisëvalore, maksimumi i dritës me gjatësi valore të ndryshme fitohen vende të ndryshme, pra kështu me rrjetën optike fitohen spektra, që edhtë edhe dedikimi i saj themelor.

9.16. POLARIZIMI I DRITËS

Transerzaliteti i valëve të dritës

Gjatë kohë përkrahësit më të mëdhenjë tënatyrës valore të dritës Jung dhe Freneli, kanë llogaritur se drita është valë të ngjashme me valët e zërit, domethënë longitudinale.

Me teorinë e Maksvelit për natyrën elektromagnetike të dritës vërtetohet se valt e dritës janë transverzale. Drita paraqet valë e cila mundëson bartjen e impulseve elektromagnetike në hapësirëashtu. Kjo do tëthotë se vektori i fushës elektrike oscilon vetëm në një rrafsh, në atë në të cilën qëndron antena, ndërsa vektori i fushës elektromagnetike oscilon po ashtu në një rrafsh, i cili është normal në rrafshin e oscilimeve të vektorit elektrik. Kahja e përhapjes së valës është normale në intensitetin e fushës elektrike dhe fushës magnetike.

Por, është vërtetuar se drita e emetuar nga cili burim nuk është polarizuar.

Si ta shpjegojmë atë?

Drita natyrore (e polarizuar)
Drita drejtvizorisht e polarizuar

Burimet e dritës janë vende ku bëhet ngacmimi i një numri të madh të atomeve të burimit. Çdo elektron, i cili emeton valë, gjithësesi paraqet njëfarë „antene“ p ër valën elektromagnetike, e cila ika të gjitha vetitë si edhe vala emetuar nga antena eradiovalve. Por, në burimin numri iatomeve të ngacmuara është shumë i madh, ato oscilojnë plotësisht pavarëssht dhe në rrafshe krejtësisht të rastësishme. Domethënë nëse vërehet njërreze drite në rrafshin π, normal në përhapjen e tij, vektori i intensiteti të vektorit elektrik nërrafsh oscilon nëtë gjitha drejtimet e mundshme (fig. 1).

Kuptohet se edhe vektori i induksionit magnetik gjithashtu oscilon në mëshumë rrafshe, por rrafshe të cilët janë normal nëato që lëkundet fusha elektrike. Drita e atillë është e **polarizuar ose natyrore**.

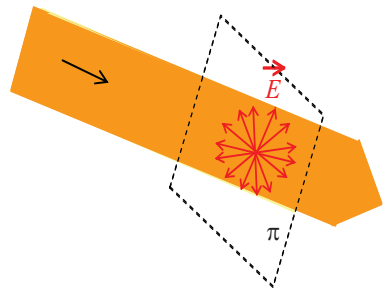


Fig. 1

Nëse në cilën do mënyrë arrijmë që rrezja e ritë të jetë e atillë qëvektorielektrik tëoscilon vetëm në një rrafsh, dritën e atillë e quajmë **dritë linearisht të polarizuar** (fig. 2).

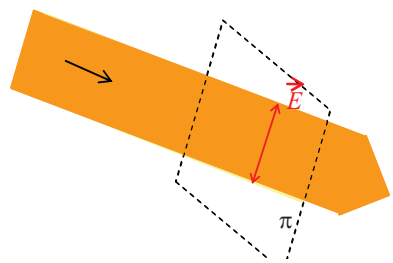


Fig. 2

Disa trupa kristalor, si për shembull, turmalini ka veti që t'i lëshoj oscilimet e intensiteti të fushës elektrike $\vec{E}$ vetëm në një rrafsh. Oscilimet e dritës në rrafshe tjera absorbohen, ose plotësisht se pjesërisht. Prandaj, dallojmë **dritë plotësisht linearisht të polarizuar** ose **pjesërisht të polarizuar**. Turmalini është kristal njëboshtor. Ai ka një boshttësimetrisë. Nëse merret një pllakë drejt

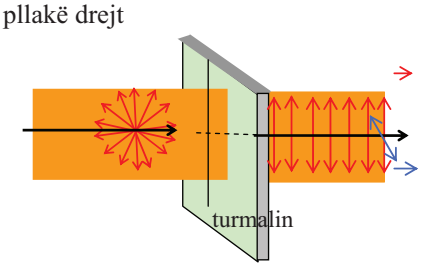


Fig. 3. Vektori $\vec{E}$ oscilon në një rrafsh, kurse normal në atë oscilon vektori $\vec{B}$

këndore nga ai kristal, e cla është gdhendë ashtu

që faqet e saja tëpërputhen me boshtin e kristalit OO‘, dhe nëse drita e një llambe lëshohet të bie normal në këtë pllakë, drita pas pllakës do të jetë e polarizuar. Vektori elektrik $\vec{E}$ do të osclon në rrafshin në të cilin qëndron boshti i kristalit (fig. 3).

Sido të tregojmë se ajoështë ashtu? Nëse në pikën N gjendet syri ynë, drita që kalon nëpër pllakën e turmalinit do të na duket e njëjtë si ajo natyrore. Ajo pak do të jetë e ngjyrosur gjelbër dhe pjesërisht e absorbuar, por nëse pllakën e turmalinit e rrotullojmë, pandërprerënëpët te do të vërejmë të njëjtin intensitet. Do të përfundonim se drita e polarizuar nuk dallohet nga ajo natyrore. Megjithatë, ky përfundim është igabuar.

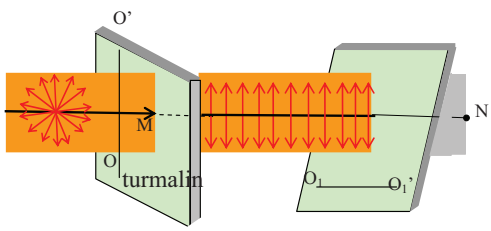


Fig. 4

Nëse në rrugën e dritës që është e polarizuar vendoset tjetër pllakë tuemalini dhe fillojmë ate ta rrotullojmë, intensiteti i drits do të zvogëlohet. Kur boshti optik i pllakës së dytë O1O1‘ do të vendoset normal n OO‘, nëpër pllakën aspak nuk do të vërehet dritë (fig. 4).

Në këtë rast themi se të dy pllakat e turmalinit janë në **pozitë të kryqëzuar.** Këto pllaka të turmalinit i quajmë polarizatorë,nëse përdoren dy pllaka të atilla, zakonisht të dytën e quajmë **analizator**. Drejtimi i oscilimeve të vektorit elektrike (i cili ndonjëherë quhet i dritës zakonisht është i shënuar në polarizatorët).

Mund të tregohet se intensiteti i dritës që ka kaluar nëpër të dy polarizatorët varet nga ajo se sa është këndi ndërmjet boshteve optik të tyre. Nëse boshte optike janë paralele, këndi është 0^0, dritës nuk i zvogëlohet intensiteti,ndërsa nëse ai kënd është 90^0, intensiteti është i barabartë me zero (fig. 4). Në përgjithësi, drita që kalon nëpër të dy polatizatorët, ka dal nga analizatori dhe kaintensitet *I*.

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \qquad (1)$$

ku I_0 është intensiteti që bienë polarizator,ndërsa a është këndi në mes polarizatoritdhe analizatorit. Ky barazim është i njohur si **ligji i Malusit** (Malus).

Përveç turmalinit ekzistojnë edhe substanca tjera nga tëcilët ndërtohen polarizatorët. Veti të tilla ka edhe **polaroidi**. Është zbuluar nga Lend (E. H Land) më vitin 1938. Ai paraqet një shtresë të hollë (0,1 mm) nganjë substancë organike molekulat e të cilave janë të renditura në zinxhir të gjatë. Shtresa e këtillë bartet mbi pllakën e qelqit ose celuloidit. Polarizatorët e këtillë mundtë bëhen me dimensionemjaftë të mëdha.

Mënyrat tjera për përfitimin e dritës së polasrizuar

Drita e polarizuar mund të fitohet edhe gjatë kalimit të dritës nga njëri mjedis optik nëtjetrin.

Dimëse në sipërfaqen kufitare tëkëtyre dy mjediseve drita pjesërisht reflektohet dhe pjesërisht përthyhet. Nëseanalizohet drita e reflektuar dhe

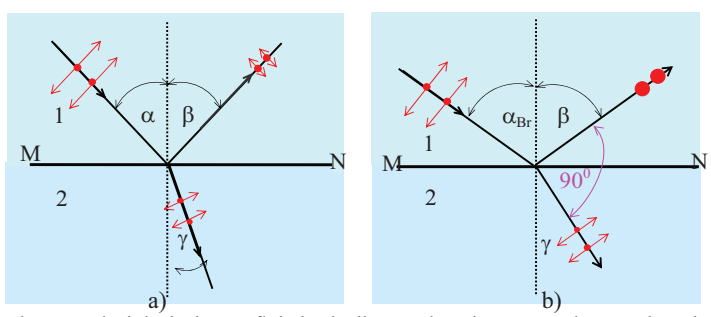


Fig. 5. Polarizimi gjatë refleksionit dhe përthyerjes. Me të kuqe është shënuar kahja e oscilimit të vektorit elektrik. Gjatësia e shigjetës ose madhësia e pikës tregon shkallën e polarizimit, në rrafshin e ndërhyrjes ose në rrafshin normal në atë.

ajo e përthyer mund të konstatohet se drita është e polarizuar.

Në rast të përgjithshëm drita është pjesërisht e polarizuar, ashtu që, te drita e reflektuar dominondrita e cila është e polarizuar normal në rrafshin ndërhyrës.Brusteri ka treguar se është e mundshme përfitimi i dritës plotësisht linearisht të polarizuar. E tillë është drita e reflektuar për të cilën është plotësuar kushti: këndi ndërmjet rrezes së reflektuar dhe rrezes së përthyer të jetë 90^0. Këndindrhyrës atëherë quhet **këndi i Brusterit**, dhe ai varet nga treguesi relativ i përthyerjes. Me fjalët të tjera, nëse këndi ndërmjet rrezes së përthyer është i barabartëme 90^0, atëherë nga ligjet e Sneleusit delse:

$$\beta + \gamma = 90^0 \quad ; \quad \alpha + \gamma = 90^0 \; ; \; \gamma = 90^0 - \alpha \; ;$$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{\sin\alpha}{\sin\left(90^0 - \alpha\right)} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = n_{21}$$

d.m.th.,

$$\text{tg}\,\alpha = n_{21} \qquad (2)$$

Ky është barazimi sipas të cilit caktohet këndi i Brusterit. Për shembull, përqelqin, i cili në raport me ajrin ka indek të përthyerjes 1,54, këndi i Brusterit është 57^0.Kjo do të thotë,*nësedrita bienën këndin të Brusterit, atëherë dritae reflektuar është linearisht e polarizuar dhe ajonë rrafshi që është normal në rrafshin ndërhyrës.* Drita e përthyer gjithmonë është pjesërisht e polarizuar, por për këndin e Brusterit shkalla e polarizimit të saj është më e madhe se ajo në rrafshin e ndërhyrjes.

Drita e pollarizuar përfitohet edhe gjatë shpërdarjes nga grimcat e imëta.

Polarizator më të mirë përfitohen me ndihmën e dukurisë **përthyerja dyfishe e dritës**. Ajo ndodh te disa llloje të veçanta të trupave krstalor (për shembull, kalciti islandez), te i cili gjatë përthyerjes në vend të një rreze je përfitohen dy rreze që anë të polarizuara. Me përpunimtë veçantë të trupave kristalor të tillë mund të përfitohen polarizator jashtëzakonisht të kualitetshëm.

Fig. 6

Polarizimi i dritës ka gjetur zbatim të madh të teknologjinë e sotme të displejve në kalkulatorët ose LCD-ekranet te kompjuterët laptop.

Zbatimi. Rrotullimi i rrafshit të polarizimit

Ekzistojnë substanca të cilat tregojnë veti interesante të cilat kanë të bëjnë me polariziomin e dritës. Kur nëato bie drita e polarizuar, nëpër substancat bëhet rrotullimi i rrafshit të polarizimit të dritës.

Substancat të cilat e rrotullojnë rrafshin e polarizimit të dritës quhen **substanca optikisht aktive**. Të tilla janë, përshembull, pllaka e kuarcit ose tretja e sheqerit.

Demostrimi eksperimental i dukurisë kryhet në mënyrën vijuese:

Vendoset skema si te fig. 7. Dritanga një llambë intensivisht ndriçon një çarje $Ç_k$. Pas çarjes

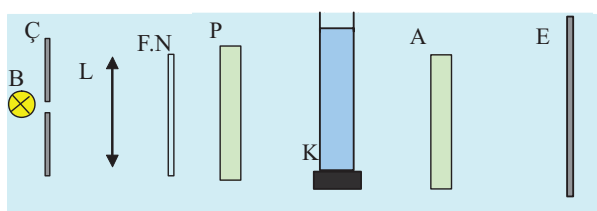


Fig. 7

është vendosur thjerrëza L, filtër ngrohëse F.N (me të cilin mbrohetpolarizatori P edhe analizatori A. Me thjerrëzën L rregullohet që të bie shembëllimi i mprehët i kësaj çarje në ekranin E, ivendosur në një far largësie pasanalizatorit A. Në këtë rast polarizatori dhe analizatori janë vendosur ashtu që rrafshet e oscilimeve të vektorit elektrik të jenë paralele. Pastaj veprojnë kështu: polizatorin dhe analizatorin i vendosim në pozitë të kryqëzuar. Shembllimi në ekran zhduket. Nëse tanindërmjet polarizatorit dhe analizatorit vendosim një enë me tretje të sheqerit K, rrafshi i polarizimit tëdritës që vjen nga polarizatori do të rrotullohet për njëkënd. Prandaj, drita nga polarizatori (edhe ena me tre-)

tje) nukështë në pozitë të kryqëzuar në raport me analizatorin. Në ekran do të paraqitet dritë. Nëse dëshirojmë qëta matim këndin për të cilin është bërë rrotullimi i rrafshit të polarizimit, do të duhet që rrafshin e oscilimeve të analizatorit ta rrotullojmë për një far këndi ashtu që përsëri tëzhduket shembëllimi i çarjes Ç.

Tetretjet optikisht aktive këndi i rrotullimit të rrafshit të polarizimit α varet nga përqëndrimi i tretjes *c*, dhe gjatësiae shtresës së tretjes *l*. Ligji shkruhet në këtëmënyrë:

$$\alpha = [\alpha_0]cl\,, \qquad (3)$$

ku $[\alpha_0]$ është **këndi specifik i rrotullimit të rrafshit të polarizimit**.Ky varet nga natyra e substancëssë tretur optikisht aktive dhe nga gjatësia valore e dritëssë përdorur. Ky kënd është përkufizuar me madhësinë ekëdnit të rrotullimit tlë rrafshit të olarizimit të tretjes me 100% përqëndrim, nëse gjatësia etretjes është 1 dm.

Pikërisht kjo ka gjetur zbatim të madh te tëashtuquajturit **polarimetra**. Instrumenti i tillë më i njohur quhet **saharimetër**, ku nëpërmjetkëndit të rrotullimit të rrafshit të polarizimit përcaktohet përqëndrimi i sheqerit në një tretje të caktuar.

Rrotllimi irrafshit të polarizimit të dritës varet nga gjatësia valore e dritës. Prandaj, për ta bërë eksperimentin më së miri është që të shfrytëzohet drita monokromatike.

Shembull 1. Sa është raporti i intensitetit të dritës që kalon nëpër dy polarizator boshtet e të cilëve janëvendosur nën këndin α, dhe inetnsiteti idritës ndërhyse I_0 nëse a) $\alpha=45^0$, b) $\alpha=60^0$.

Zgjidhje. Sipas ligjit të Malit, barazimi (1)

$I=I_o\cos^2\alpha$ do të thotë në rastin a)

$$I = I_0\cos^2 45^0 = I_0\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{I_0}{2} \quad \Rightarrow \frac{I}{I_0} = \frac{1}{2},$$

kurse në rastin b) në të njëjtënmënyrë dukepasur parasysh atë që $\cos 60^0=1/2$, për I/I_o fitohet 1/2.

Shembulli 2. Nën cilin këndnë lidhje me horizontin duhet të bien rrezet e Diellit që të fitohet dritë totale reflektuese të polarizuar prejujit tëliqenit?

Zgjidhje. Sipas ligjit të Brusterit, barazimi (2), nëse drita bie nën këndin α_{Br} për të cilin vlen relacioni: $tg\alpha_{Br} = n_{21}$ që këtu është $tg\alpha_{Br}=n$, ku *n* është indeksi absolut i përthyerjes së ujit, pasi drita bie prej ajrit, do të jetë:

$$\mathrm{tg}\alpha_{\mathrm{Br}} = n = 1.33 \quad \Rightarrow \alpha_{\mathrm{Br}} \cong 53^0,$$

kurse këndi i kërkuar atëherë është $j=900-\alpha_{Br}=37^0$.

Shembulli 3. Caktoni $[\alpha_0]$ për sheqerin nëse është matur se 10% tretje të sheqerit me gjatësi 5 cm e rrotullon rrafshin e polarizimit të dritës monokromatike për këndin $\alpha=3{,}3^0$.

Zgjidhje. Sipas relacionit (3)

$$\alpha = [\alpha_0]cl \;\; ; \;\; [\alpha_0] = \frac{\alpha}{\frac{c}{100}l} = \frac{100\cdot 3{,}3}{10\cdot 0{,}5} = 66^0\cdot$$

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Disa peshkatar shfrytëzojnë syze polarizuse për diell. Pse?
2. Si duhet të jetë drejtimi i oscilimeve në syzet e peshkatarit që mos t'i pengoj drita reflektuese?
3. Sa është këndi i Brusterit për qelqin me indeks të përthyerjes *n*=1,7? (Përgj. $59^030'$)
4. Sa është këndi i Brusterit për diamantin me *n*=2,42? (Përgj. $67^040'$)
5. Kërkoni në veb faqen e internetit: Polarization of light

http://www.colorado.edu/physics/2000/polarization/

lexoni më shumë për këtë dukuri dhe vërenisimulimin e fenomenit.

Rezime e shkurtër

Drita paraqet valë transverzale, meqë ka natyrë elektromagnetike, megjithatë burimet e zakonshme të dritës emetojnë dritë të papolatizuar.

Drita e polarizuar mundet tëfitohet: duke kaluar nëpërtrupa special kristalor-polarizatorë (për shembuull, turmalini), me reflektim dhe përthyerje bëse bie nën këndi e Brusterit dhe me përthyerje të dyfishtë.

Substanca aktive optike e rrotullon rrafshin e polarizimit për kënd i cili është proporcional e gjatësinë e tij dhe përqëndrimin. Kjo është shfrytëzuar te polarimetrët.

9.17. LIGJET E RREZATIMIT TË NXEHTËSISË. KUANTET

Pas eksperiomenteve të hercit me të cilët u vërtetua teoria e Maksvelit bëhek se të gjitha dukuritë që janë të lidhur me optikën dhe, në përgjithësi, për rrezatimin ishin të shpjeguara. Nga ana tjetër dy probleme „të vegjël“ mbetën të paartë. Teoria megnatikenuk ka mundur ta shpjegoj sjelljen e trupave të cilët rrezatojnë rrezatim nxehtësie. Po ashtu, ka qenë e paqartë se si mundet me anë të ndriçimit të ç'elektrizohet pllaka metalike negativisht e elektrizuar. Kjo dukuri e dytë u quajtë fotoefekt (për të cilin do tëflasim më vonë detaisht. Zgjidhja e këtyre dy problemeve ka sjellur deri te ndryshimet e pikëpamjeve tona për ndërtimin e materies, si edhe për proceset e rrezatimit dhe absorbimit të energjisë në përgjithësi.

Rrezatimi i nxehtësisë

Çdo trup i nxehur rrezaton. Teli i hekurit i nxehur deri në temperaturë rreth 1000 K ndriçon mengjyrë të kuqe. Nëse e ndërpresim nxehjen e telit ai gradualisht do të ftohet. Kjo vërteton se rrezatimi i telit bëhehet bë llogari të energjisë së brendshme të trupit.

Rrezatimi i valëve elektromagnetike që bëhet në llogario të energjisë së brendshme të trupitz quhet ***rrezatim nxehtësie****.* Në këtë rast, nuk duhet të llogaritet se ky lloj rrezatimi është cilësi vetëm e trupave të cilët janë të nxehur në temperatura të larta. Rrezatimi i nxehtësisë paraqitet edhe në temperatura të dhomës edhe më të ulta. Ndryshimi qëndron vetëmnë intensitetin e rrezatimit edhe në përbërjen spektrale të tij. Kjo qartë mund të shihet gjatë nxehjes graduale të telit të hekurit. Nëse telin e këtillë gradualisht e nxehm (për shembull duke e zmadhuar rrymën që rrjedh nëpër të), ai së pari ndriçon me ngjyrë të kuqe, madje më bardhë, ndërsa në temperatura shumë të larfta drita e fiton ngjyrën e shprehur. Domethënë *spektri i energjisë së rrezatimit të nxehtësisë varet nga temperatura e trupit*.

Rrezatimi infrakuq, për ne rrezatim i padukshëm është po ashtu rrezatim nxehtësie. Ate e vërteton kjo provë. Në fokusin e pasqyrës sferike vendoset një spirale e cila mund të nxehet deri në temperatura shumë të larta. Nëse në fokusin e një pasqyre tjetër e njëjtë me të parën. vendoset copë pambuku, ai mund tç] ë ndizet.

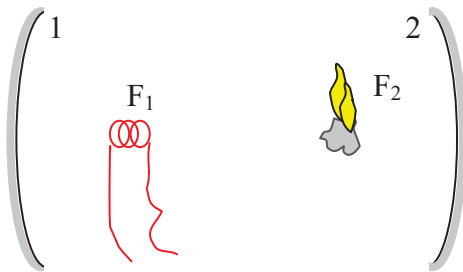


Fig. 1

Çdo trup jo vetëm që emeton rrezatim nxehtësie, por ai edhe absorbon nxehtësi nga trupat përreth.Përndryshe, si do ta shpojegojmë pse pambuku në eksperimentin fig. 1 është ndezue. Nëse një trup ka temperaturë më të lartë nga temperatura e mjedisit, ai më tepër emeton energji se sa që absorbon dhe anasjelltas. Në të vërtetë emisioni i trupit bëhet përderisa ekziston ndryshim i temperaturave ndërmjet tij dhe mjedisit.

*Provat kanë treguar se një trup sa më tepër emeton rreze me gjatësi valore të caaktuar, aq më tepër rrezet e tilla edhe i absorbon.*Spektri absorbues i një elementi të caktuar ka vija të errëta në spektër, dhe ajo në të njëjtin vend në të cilin në spektrin emetues ka vija të ndritshme.

Për shpjegim sasior të rrezatimit të trupave aplikohet madhësia fizike fuqia **spektrale e emisionit të trupit.** Ajo është energjia e rrezatimit me një frekuencë të caktuar *f* (respektivisht gjatësi valore λ) të cilën trupi e rrezaton nga njësia e siprfaqes në njësinë e kohës gjatë një temperature. Do ta shënojmë me $W_{T\lambda}$. Fuqia e përgjithshme emetuese W_T e trupit është tërësi e fuqive emetuese të të gjitha gjatësive valore.

Madhësi karakteristike e aftësisë absorbuese të një trupi është ***fuqia spektrale absorbuese*** e tij, $A_{T\lambda}$, e cila e tregon se cila pjesë e rrezatimit me gjatësi valore të caktuar, nga energjia që bie në trupin, absorbohet nganjësia e sipërfaqes në njësinë e kohës.

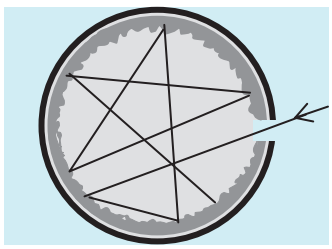


Fig. 2

Trupat e zi shumë shpejtë e absorbojnë rrezatimin.

Trupi i cili në cilëndo temperaturë e absorbon tërë energjinë e rrezatimit elektromagnetik që bie në të (me cilëndo qoftë gjatësi valore quhet ***trup absolutisht i zi****.* Kuptohet se, trupi i atillë nukekziston, por njëhapjee vogël e një trupi të zbrazët me mure të brendshëm të zi e të vrazhdë ka veti të afërta me atë trup (fig. 2).

Pikërisht, nëse një reze bie në hapje ajoshumë herë do të reflektohet në brendinë e tij duke humbur një pjesë të energisë gjatë reflektimit të vet. Kështu, pas reflektimit shumëfish e tërë energjia e rrezes absorbohet.Shembull të trupit absolut të zi është Dielli. (Vini re, një trup është absolutisht i zi jopër shkak të asaj se nuk rrezaton, por, për arsye se tërë energjia që bie në të absorbohet. ***Te trupi absolutisht i zi A_T=1, ndërsa gjithësesi edhe $A_{T,\lambda}$=1***.

Fakti se trupat emetojnë atë rrezatim të cilin edhe e absorbojnë e ka treguar **Kirkofi** në mesin e shekullit XIX, me **Ligji i Kirkofit**:

$$\frac{W_{T,\lambda}}{A_{T,\lambda}} = \text{const} = W_{T,\lambda}^{\text{crno telo}} \qquad (1)$$

Raporti ndërmjet fuqisë spektrale emetuese $W_{T,\lambda}$ dhe fuqisë spektrale absorbuese $A_{T,\lambda}$ e një trupi është konstantë dhe lshtë e barabartë me fuqinë spektarle emetuese e trupit absolutisht të zi

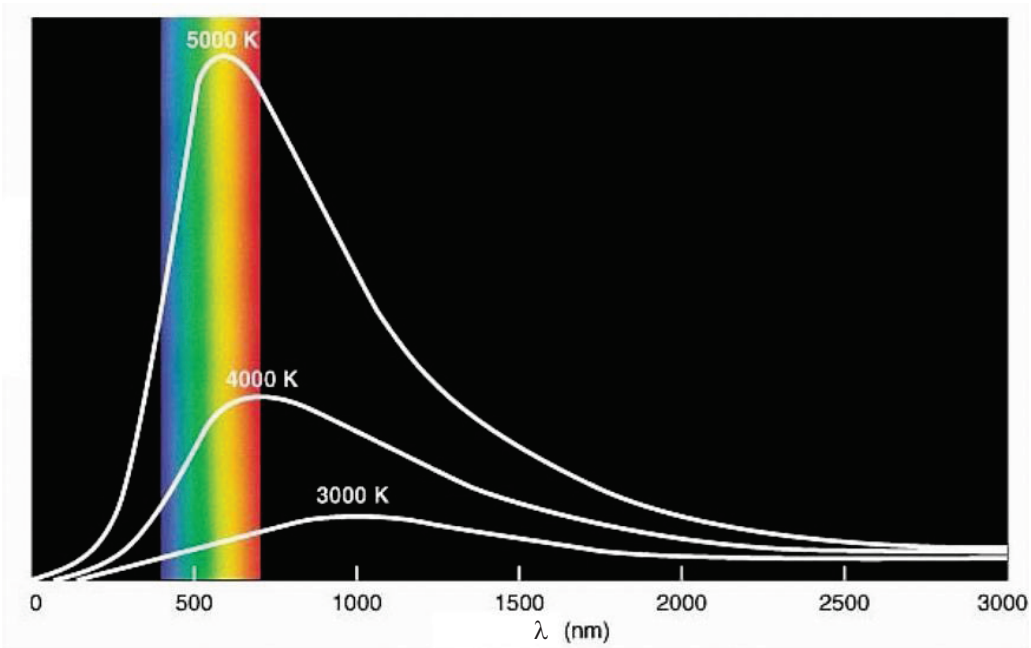


Fig. 3

Këtë ligj eksperimentalisht e ka zbuluar fizikani sllloven Jozhev Stefan, ndërsa shpjegimi teorik të tij e ka dhënë Bollsmani. prandaj është i njohur me emrin si **ligji i Stefan-Bollsmani**. Konstanta σ quhet konstanta Stefan-Bollsmanit. Ajo për trupin është $\sigma = 5{,}672 \cdot 10^{-8}$ W/(m^{2}K^2). Nga ky ligj shihet se rezatimi i trupit absolutisht të zi shumë varen nga teperatura absolute e tij. Prandaj është e qartë pse trupat më të nxehur rezatojnë shumë më tepër rezatim elektromagnetik se trupat më të ftohtë (fig. 3).

Lakorja prej figurës 3 e jep varësinë eksperimentale të fuqisë spektrale emetuese të rezatimit të trupit $W_{T,\lambda}$ nga gjatësia valore gjatë tre temperaturave të ndryshme.

Ligji i Vinit

Nga lakoretnë fig. 3 shihet se me zmadhimin e temparaturës, maksimumii lakoreve zhvendoset kah gjatësitë valore më të shkurta. Fizikani Vilhelm Nin vërtetoi se prodhimini gjatësisë valoree cila i përgjigjet maksimumit të lakores λ_m të spektrit dhe temperaturës absolute T të trupittë zi ka vlerë konstante.

$$\lambda_m T = \text{const} = 2{,}9 \cdot 10^{-3}\ \text{m} \cdot \text{K} \qquad (2)$$

Barazimi e shpreh ligjin e Vinit për zhvendosjen e maksimumit spektral.

Megjithatë, hulumtimet e shprehura me barazimet (1) dhe 92) nuk e japin varësinë funksionale të lakores së dhënë në fig. 3. Një numër i madh shkencëtarësh në periudën ndërmjet viti 1887 dhe 1900 janë përpjekuir ta zgjidhin këtëdetyrë duke u nisur nga pikëpamja e teorisë klasike të Meksvelit, por pa sukses.

9.8.4. Ideja e Plankut për ekzistimin e kuanteve

Pse lakorja e varësisë spektrale të rezatimit të trupit absolutisht të zi ka formën e dhënë si në fig. 3 e shpjegoi në 1900 fizikani gjerman Maks Plank. Ai detyrën e zgjofhi duke shprehur në hipotezë të re revolucionare sipas të cilës rezatimi i atomeve dhe i molekulave nuk është i pandërprerë, por në porcione të caktuara, të cilat ai i quajti **kuante** ***Planku supozoi se energjia e rrezatimit të atomeve mund të ketë vetëm vlera të caktuara të cilat janë dhënë me relacionin:***

$$E = nhf \qquad (3)$$

ku f është frekuenca e oscilimeve të atomit, h është konstantë, ndërsa n është numër i plotë 0, 1, 2, 3.... Kjo do të thotë se energjia e rrezatimit mund të ketë vetëm vlerat hf, $2hf$, $3hf$. Energjia rezatohet diskontinualisht, themi se ajo është ekuantizuar.

Madhësia h e cila quhet **konstanë e Plankut** e ka madhësinë:

$$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{Js}$$

dhe ajo paraqet një kontstantë univerzale në fizik. Për këtë ne tani më treguam në kapitullin 9.1.

Shembulli 1. Një person në kohën e verës gjendet në dhomë me temperaturën e dhomës 27^{0}C. Sa është nxehtësia që emeton trupi i tij përreth për kohën prej 1 orë si rezultat i rezatimit të nxehtësisë? Të supozohet se trupi rezaton me fuqi emituese 0,9 herë në krahasim me fuqin emetuese të trupit absolutisht të zi dhe se e ka sipërfaqen me syprinë prej 1,5 m^2.
Zgjidhje: Trupi emeton energji pasi është në temeraturë të lartë (37 ^{0}C), pra do të jetë:

$$W_T - W_{T_0} = 0{,}9S\sigma(T^2 - T_0^4) = 0{,}9 \cdot 1{,}5 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot$$

$$\cdot \left(310^4 - 300^4\right) = 87\,\frac{\text{J}}{\text{s}} \quad \Rightarrow Q = 3600 \cdot 87 = 313\ \text{kJ}$$

Shembulli 2. Njehsoni teperaturën e diellit nëse dihet se lakorja e rezatimit të Diellit ka maksimum 500nm.

Zgjidhje: Sipas ligjit të Vinit:

$$T = \frac{2{,}9 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-9}} = 5800\ \text{K}$$

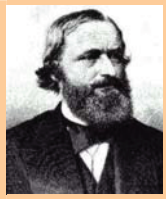
Pyetje, detyra, aktivitete.

1. Dihet se heliumi për të parën herë është zbuluar duke hulumtuar spektrin absorbues të Diellit. Në cilët vende kanë qenë vijat e zeza në spektrin kontinual që kanë të bëjnë me heliumin? (shikoni spektrin linear të heliumit në kapitullin 1).
2. Pse themi se poqat inkadneshent nuk janë ekonomike. A bëhet edhe te ata humbja e energjisë?
3. Nëse vëzhgojmë flakën e qiriut dhe flakën e butan gazit, ato kanë ngjyra të ndryshmë në cilën flakë plazma ka temperaturë më të lartë?
4. Temperatura e trupit të zi është 27^0C. Sa herë do të ritet temperatura e përgjithshme e rezatimit të trupit nëse temperatura do të ritet në 327^0C? (Përgjigje: 16 herë)

Rezime e shkurtur

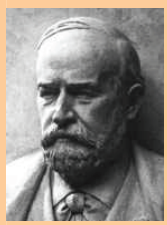
Çdo trup që gjendet në temperaturë të ndryshme prej 0 zeros absolute, rezaton valë të nxehtësisë elektromagnetike. Çdo trup e emiton atë rezatim që edhe e absorbon. Ai është ligji i Kirkofit.
Energjia emituese e përgjithshme në njësi kohe prej njësi syprinë të trupit absolut të zi është proporcionale me shkallen e katërt të temperaturës absolute të tij. (ligji i Stefan-Bollsman)
Prodhimi prej gjatësisë valore që i përgjigjet maksimumit të lakores $W_T = f(\lambda)$, λm dhe temperatura absolute T të trupit të zi është konstant. ky është ligji i vinit.
Energjia e emetimit ose absorbimit është multiplë numër i plotë i energjisë të një kuanti: $E = hf$

Pak histori



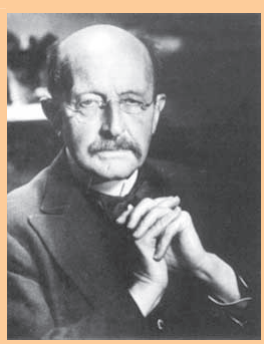
Gustav Robert Kirchoff (1824-1887), është fizikant gjerman i njohur. Është i njohur me ligjet e tija për qarqet e degëzuara të rrymës. Rol të rëndësishëm edhe ligji i tij për rezatimin.

Ludwig Boltzman (1844-1936), është fizikant i njohur gjerman me ndihmën e Jozef Stefanit e dha teorinë e njohur sot si ligji i Stefan-Bollsmanit. Është i rëndësishëm edhe në fushën e termodinamikës dhe teorisë molekulare kinetike



Jozef Stefan (1835-1893), është fizikant i njohur slloven. Ka qenë mentor i Ludwig Boltzmanit. Jozef Stefani duke shfrytëzuar dhumë të dhëna eksperimentale erdhi në përfundim se trupi absolutisht i zi rezaton energji që është proporcionale me shkallën e katërt të temperaturës absolute.

Wilhein Wien (1864-1928), është fizikant i njohur gjerman. Është i njohur sipas ligjit për zhvendosjen e maksimumit spektral gjatë rezatimit të trupit absolutisht të zi .



Max Plank (1858-1947), është një ndër fizikanënt më të njohur të shekullit XX. është lindur në Kil, Gjermani. Ka studiuar fizikën në univerzitetin në Minhen dhe Berlin, ku i kanë qenë profesorë Kirkofi dhe Helmholci. në moshen 21 vjeqare ka doktoruar dhe është bërë profesorë, së pari në Minhen e mandej në Berlin. Më i njohur është sipas ligjit për rezatimin e trupit absolutisht të zi dhe ideja për kuantet, për çka në vitin 1918 ka marë çmimin nobël për fizikë.

9.18. EFEKTI FOTOELEKTRIK

Foto efekti i jashtëm te metalet

Gjatë ndriqimit të disa metaleve me dritë nga sipërfaqja e tyre dalin elektrone kjo dukuri quhet **efekti fotoelektrik**, ose shkurtimisht **fotoefekt**. Fotoefekti për të parën herë është konstatuar nga Hajnrih Herc më vitin 1897, por hulumtime më të hollësishtme eksperimentale kanë bërë edhe shkencëtarë të tjerë ndër ata vend më me rëndësi ka shkencëtari rus A.G. Stoletov.

Do ta përshkruajmë eksperimentin me të cilin shumë qartë demonstrohet ky efekt i rëndësishëm. Në tavolinën optike vendoset llamba harkore (ose burim tjeter drite që emeton rrezatim ultravjollcë) dhe elektroskom të cilin e elektrizojmë negativisht (fig. 1a). në thuprën e elektroskopit është vendosur pllakë zingu mirë e pastruar ndërmjet llambës dhe pllakës së zingut në fillim vendoset pllakë qelqi. Gjatë ndriqimit të pllakës së zingut asgjë nuk ndryshohet. Qelqi, sikurse dimë i absorbon rezet ultravjollcë.

Nëse pllaka e zingut e elektrizuar negativisht ndriqohet me llambë harkore, por në kushte kur llamba e qelqit nuk i pengon rezet ultravjollcë, shmangia e elektroskopit shpejtë bie (fig. 1b). Kjo domethënë se drita e ka eliminuar tepricën e ngarkesave negative. Ne tani dimë se ata janë elektrone kjo nxierje e elektroneve nën veprimin e dritës quhet **fotoefekt i jashtëm**. Eksperimentet tregojnë se dukuria e fotoefektit të jashtëm shumë nvaret nga kushtet nga të cilat ndriqohet pllaka metalike.

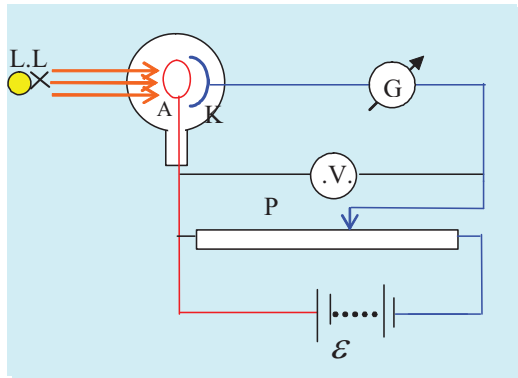


Fig. 2

Prandaj eksperimentet bëhen ashtu që pllaka metalike K e cila ndriqohet vendoset në nji balon kuarci ose qelqi nga i cili është nxjerë ajri (fig. 2). Mjeti i këtillë quhet **vakum fotocelula** (ose **fotoqeliza**). Katoda e këtij gypi është lidhur me polin negativ të burimit me tenxion të lartë, ndërsa anoda A e cila paraqet tel në formë të unazës, është lidhur me polin pozitiv të burimit. Nëse fotokatoda nuk është e ndriquar, galvanometri nuk tregon kurëfar shmangie. Ndërmjet katodës dhe anodës është vakum dhe nuk ka ngarkesa. Por, kur katoda do të ndriqohet për shembull, me llambën harkore galvanometri do të tregojë rrjedhje të rrymës. Këtë rrymë e quajmë **fotorrymë**. Nëse ndryshohet tensioni *U* ndërmjet elektrodave (i cili arihet nëpërmjet Potenciometrit) ndryshohet edhe rryma I. Në fig. 3 është dhënë karakteristika voltamperike e fotorrymës, për dy intensitete të ndryshme të ndriqimit J_1 dhe J_2 nga grafiku shihet se fotorryma ritet nga tensioni i sjellur, por për nji vlerë të caktuar të tensionit, kur të gjitha elektronet e nxjerë do të tërhiqen nga anoda, arihet ngopje. gjatë zmadhimit të mëtutjeshëm të tensionit, rryma mbetet konstante këtë rrymë e quajmë **rrymë të ngopur**. Për instesitete më të mëdha të ndriqimit ($J_1 > J_2$), rryma e ngopur arrinë vlerë më të madhe

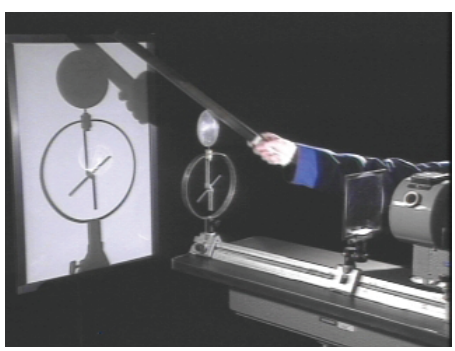


Fig. 1a. Elektrizimi i pllakës së zinkut (ndërmjet llambës dhe pllakës është qelq)

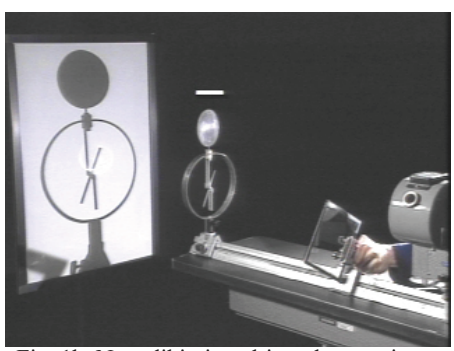


Fig. 1b. Nënndikimin e dritës shmangëja zvogëlohet

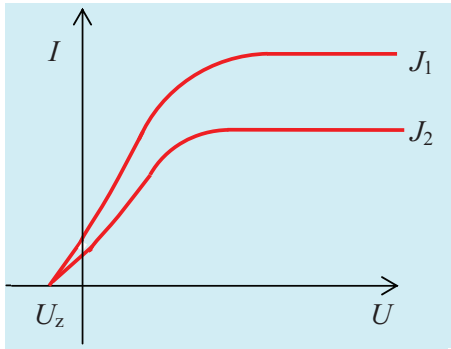


Fig. 3

Nëse sjellet tension me kahje të kundërt, d.m.th., nëse katodën e lidhim me polin pozitiv të burimit, ndërsa anodën për atë negativ, fusha elektrike ndërmjet elektrodave ka kahje të kundërt dhe ajo synon t'i kthej elektronet kah katoda. Kur elektroni do ta kalojë largësinë nga katoda deri në anodë, forca elektrike e fushës kryen punë negative madhësia e së cilës është e barabartë me *eU*, ndërsa energjia kinetike e elektronit zvogëlohet. Fotorryma, po ashtu zvogëlohet sepse vetëm elektronet që kanë energji kinetike më të madhe nga vlera *eU*, arinë në anodë. Të gjitha elektronet tjera nën veprimin e forcave të fushës kthehen kah katoda. Për një tenwsion të caktuar në kahje të kundërt të barabart me U_f fotorryma bëhet e barabartë me 0. Ky tension quhet **tension frenues.** Sipas kësajë, si rrjedhim i ligjit për ruajtjen e energjisë kemi:

$$eU_f = E_{k,\max} \qquad (1)$$

ku $E_{k,\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}$ është vlera maksimale e energjisë kinetike të fotoelektroneve (m është masa e elektronit, v_{max} është shpejtësia maksimale me të cilën elektronet e lëshojnë katodën).

Hulumtimet kanë treguar se për fotoefektin vlejnë ligjshmëritë si vijon.

1. Gjatë ndriçimit të katodës me dritë monokromatike, numri i elektroneve të nxjera nga sipërfaqja e dhënë në njesinë e kohës është në përpjesëtim të drejtë me intensitetin e dritës rrënëse.

2. Për çdo metal eksizton i ashtuquajturi **kufiri i kuq për fotoefektin**. Kjo është gjatësia valore maksimale e dritës λ_{max} (ose, përatësisht, frekuenca e sajë minimale($f_{min} = c/\lambda_{max}$) për të cilën akoma mundësohet shkëputja e fotoelektroneve nëse mbi katodën bie dritë, por edhe me intenzitet shumë të madh, ku gjatësia valore e sajë është $\lambda > \lambda_{max}$ nuk ndodh fotoefekt.

3. Energjia kinetike maksimale e fotoelektroneve nuk varen nga intenziteti i dritës. Energjia kinetike maksimale e elektroneve $E_{k,max}$ ritet linearisht me ritjen e frekuencës të dritës rënëse (fig. 4)

4. Fotoelektronet dalin, praktikisht, njikohësisht kur ndodh ndriçimi (koha kur ndërmjet dy akteve është më e shkurtur se 10^{-9}s). Kjo është kështu edhe në rastin kur intensiteti i dritës rënëse është shumë i vogël.

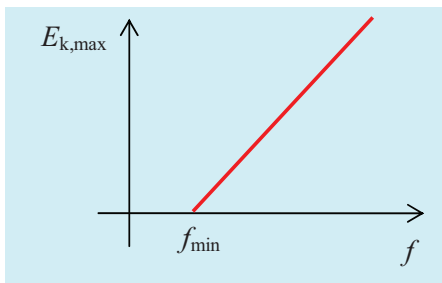


Fig. 4

Teorija elektromagnetike e Maksvelit vetëm pjesërisht mund ta sqaron dukurinë e fotoefektit. Me atë teori nuk mund të sqarohen ligjshmëritë të shënuara me 2, 3 dhe 4.

Fotonet

Sikurse treguam në mësimin paraprak, Maks-Plank pati sukses ta shpjegojë rezatimin e trupit absolutisht të zi duke supozuar se energjia e rezatimin është diskrete. Ajo rezatohet në kuante. Energjia e një kuanti është dhënë me barazimin

$$E = hf \qquad (2)$$

ku *f* është frekuenca e rezatimit, kurse p është konstanta e Plankut.

Albert Ajnshtajni e pranoi idenë e Plankut për kuantet e dritës dhe e zhvilloi atë duke vërtetuar se *drita jo vetëm që emetohet me anë të kuanteve, por ajo ashtu edhe absorboet.* Kuantet e dritës quhet **fotone**. Fotonet kanë vetë të grimcave të cilat gjithmonë lëvizin me shpejtësinë e dritës. Drita monokromatike (ose ndoni lloj tjetër valë elektromagnetike) me frekuencë f mund të trajtohet si një tufë fotonesh. Energjia e fotonit është dhënë me barazimin (2). Domethënë, dritës me gjatësi valore të ndryshme të energjisë.

Fotonet njëkohësisht janë edhe valë edhe grimca. Janë valë sepse karakterizohen me frekuencën dhe gjatësinë valore të dritës: $c=\lambda f$. Por nga ana tjetër, ngjajshëm me grimcat ata lokalizohen në hapësirë me energji saktësisht të caktuar.

Mund të emetohen ose absorbohen vetëm fotonet e plota. Fotonet nuk mund të emetohen, as absorbohen në pjesë.

Barazimi i Ajnshtajnit pët fotoefektin

Kur një foton do të hyjë në brendinë e ndpnjë metali ai tërë energjinë e vet hf i dorëzon një elektron të lirë në brendinë e ndoni metalit. Për ta lishuar sipërfaqen e metalit, elektroni duhet ti përballojë forcat elektrostatike tërheqëse të joneve të metalit, domethënë duhet të kryej ndonjë punë të caktuar A. Kjo punë është karakteristike për çdo metal dhe quhet **puna dalëse e metalit**. Energjia e mbetur e elektronit hargjoet për ti dhënë energji kinetike atijë. Sipas kësaj, duke pasut parasysh ligjin e ruajtjes së energjisë Kemi:

$$hf = A + \frac{mv^2}{2} \qquad (3)$$

Barazimi (3) quhet **barazimi i Ajnshtajnit për fotoefektin.**

Vlerat për punën dalëse të metalit janë të vogla. Prandaj është më mirë që ata, në vend që të shprehen në gjul, do t'i shprehin në njësinë **elektron volt** .

Një elektronvolt është puna që e kryen elektroni gjatë përballimit të ndryshimit potencial prej 1 volt. Sipas kësaj :

$$1\text{eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

Për metalet e ndryshme puna dalëse është e ndryshme, dhe është madhësi prej disa elektronvolt. Përshembull, puna dalëse e ceziumit është 1,8 eV, e natriumit 2,3 eV, e arit 4,5 eV etj. Do të shqarojmë ligjshmërinë sipas radhitjes që e treguam më parë.

1. Numri i fotoneve, që kanë rënë në njësi kohe në njësin e sipërfaqesh së metalit është në proporcion të drejtë me intensitetin e dritës. Sa më tepër fotone bien aq është më i madh numri i elektroneve të nxjerë. Kështu shpjegohet pse numri i fotoelektroneve veç e veç në njësi kohe është në proporcion të drejt me intesitetin e dritës.

2. Nëse hf < a, fotoefekti nuk ekziston, sepse energjia e fotonit nuk është e mjaftueshme që elektroni ta lëshojë sipërfaqen e metalit. Energjia minimale e fotonit për të cilin akom është e mundshme elektroni ta lëshojë sipërfaqen e metalit, është:

$$hf_{\min} = A \qquad f_{\min} = \frac{A}{h} \quad \text{ose}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{ch}{A}. \qquad (4)$$

Barazimi (4) e jep kufirin e kuq të gjatësisë valore.

3. Fakti se energjia kinetike maksimale e elektroneve nuk varet nga intenziteti i dritës, po ashtu e shpjegon barazimin e Ajnshtajnit. Domethënë, prej barazimit (3) vijon:

$$E_{k,max} = hf - A \qquad (5)$$

domethënë, $E_{k,max}$ varet vetëm nga energjia e fotonit dhe puna dalëse e materialit të fotokatodës. Nga barazimi (5) është e qartë edhe varësia lineare midis $E_{k,max}$ dhe *f* (varësia grafike është dhënë në fig. 4).

4. Bashkëveprimi ndërmjet fotonit dhe elektrinit është ingjashëm me goditjen ndërmjet dy gricave. Energjia e fotonit është përqlndruar në një hapësirë shumë të vogël, për dallim nga nga vala elektromagnetike, e cila sipas Maksve-

lit është shpërdarë njëtrajtësisht në tërë hapësirën të përfshirë mevalën. Prandaj, elektroni për një interval kohor shumë të shkurtër e pranon energjinëe fotonit. Fotoelektroni e lëshon sipërfaqen e metalit, praktikisht, njëkohësisht me ndriçimin e pllakës metalike.

Shembulli 1. Sa është energjia e fotonit që i përgjigjet dritës me gjatësi valore 600 nm? Analizo kur është i mundshëm fotoefekti gjatë ndriqimit me atë dritë në katodën e ceziumit ose natriumit.
Zgjidhje: është dhënë: λ =600nm , A_{cs} = 1,8 eV, A_{Na} =2,3 eV E=?

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{600\cdot10^{-9}} = 3{,}32\cdot10^{-9}\,\mathrm{J} = 2{,}08\,\mathrm{eV}$$

Fotoefekti është i mundshëm te katoda e ceziumit, ndërsa nuk është i mundhëm te natriumi.
Shembulli 2. Përcaktoni punën dalëse të argjendit, nëse e dini se kufiri i kuq i gjatësisë valore për të është λ_{max} =261 nm
Zgjidhje: është dhënë: λ_{max} =261nm A=?
Sipas barazimit (4)

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{A} \quad \Rightarrow \quad A = \frac{hc}{\lambda_{max}} = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{261\cdot10^{-9}} = 7{,}62\cdot10^{-19}\ \mathrm{J} = 4{,}01\,\mathrm{eV}.$$

Shembulli 3. Me qfarë shpejtësie maksimale mund ta lëshojë elektronin sipërfaqen e katodës të litiumit, nëse katoda është ndriquar me dritë monokromatike me gjatësi valore 440nm? Puna dalëse e litiumit është 2,48 eV, kurse masa e elektronit m=9,1 · 10^{-31} kg
Zgjidhje: është dhënë: A=2,48 eV , λ = 440 nm, m=9,1·10^{-31} kg v=?
Nga barazimi i Ajnshtajnit (3) për shpejtësinë maksimale fitohet

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2(hf - A)}{m}} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)} = \sqrt{\frac{2}{9{,}1\cdot10^{-31}}\left(\frac{6{,}63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{440\cdot10^{-9}} - 2{,}48\cdot1{,}6\cdot10^{-19}\right)} = 3{,}3\cdot10^{5}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Pyetje, detyra, aktivitete

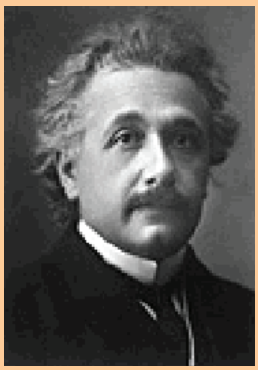
1. Shpjegoni pse tensioni frenues për një fotocelulë varet nga gjatësia valore e dritës rënëse, kurse nuk varet nga intesiteti i dritës.
2. Sa është energjia e fotoneve të dritës nga vlerat kufitare të zonës të dukshme (λ1 =400nm dhe l2= 760 nm)?
(Përgjigje: E_1= 3,1 eV, E_2=1,63eV)
3. Puna dalëse e kaliumit është 2,24eV. Sa është gjatësia valore të kufirit të kuq të fotoefektit?
(Përgjigje: 524 nm)
4. Kërkoni në internet web faqen
http://www.physicscurriculum.com/exploration_of_physical_science.htm dhe simuloni dukurinë.

Rezime e shkurtur

Dukuria gjatë ndriqimit me dritë prej sipërfaqes metalike të largohen elektronet quhet fotoefekt i jashtëm. Po ashtu : 1) numri i elektroneve të larguar varet prej intenzitetit të dritës rënëse; 2) për çdo metal ekziston e ashtuquajturi kufiri i kuq, gjatësia valore maksimale për të cilën akoma ekziston fotoefekt (drita me gjatësi valore më të madhe prej asaj nuk shkakton efekt); 3) energjia kinetike maksimale e fotoelektroneve nuk varet prej intenzitetit të dritës dhe 4) largimi i elektroneve, praktikisht, është njëkohësisht me ndriqimin. Fotoefekti nuk mund të jetë i sqaruar me teorinë elektromagnetike klasike.
Sqarim ka dhënë Ajnshtajni me futjen e fotonit si kuant të dritës dhe me ligjin e tij, sipas të cilit

$hf = A + \frac{mv^2}{2}$, ku shfrytëzohet ligji për ru

ajtjen e energjise dhe thuhet se energjia e fotonit hargjoet për përballimin e forcave me të cilin elektroni është mbajtur në brendësinë e metalit (puna dalëse A) dhe për fitimin e energjisë kinetike.
Me këtë qasje të kuantit Ajnshtajni pat sukses tërësisht ta sqaron dukurinë e fotoefektit.



A. Ajnshtajni (Albert Einstein, 1879-1955) është i lindur në ulm, Gjermani më 14 mars 1879. Sipas legjendës popullore ai ka qenë fëmijë i qetë i cili vonë i ka mësuar të flas. Prindërit janë trembur se ndoshta mentalisht është i prapambetur. Por, që në shkollën fillore ka treguar rezultate të konsiderueshme ne matematik dhe fizik dhe të luaj në violinë.

Pas shpërnguljes të familjes së tij në Itali shkollimin e vazhdoi në Zvicër. Si student është dalluar me individualitet të shprehur. Pas kryerjes së studimeve, një kohë të shkurtër ka punuar si ligjërues ndërsa edhe pa kaluar dy vite, ai ka fituar punë të përhershme në qendrëne patentëve të Zvicrës në Bern ku k punuar 7 vjet. Punën e ka logaritur me interes, sepse e ka stimuluar imagjinata e tij shkencore.

Në moshën 26 vjeçare, më vitin 1905 e ka mbrojtur disertacopnin e doktoratës. Ky vit është i rëndësishëm për zhvillimine shkencës në përgjithësi. Ai është vit ku ai shpalli tre publikime shumë të rëndësishme. E para ka të bëj me teronë kuantike të dritës dhe të shpjegimit të fotoefektit, për të cilin e fitoi çmimin Nobël për fizikë në vitin 1921. Publikimi i dytë ka të bëj me aspektet statistikore të dukurisë lëvizja Braunike,ku dëshmon për lëvizjen Braunike të atomeve. Puna e tretë e tij i ka sjell publicitet më të madh. Ajo ka të bëj me teorinë specilae të relativitetit. Më vitin 1915 Ajnshtajni e ka dhënë teorinë e përgjithshme të relativitetit në të cilën ka treguar se teoria klasike për graviteti e Njutnit është vetëm rast special i teorisë së tij. Teoritë relative të Ajnshtanit në themel e ndryshuan kuptimin tonë për hapësirën dhe kohën, si edhe për universin në përgjithësi. Prandaj, Ajnshtajni e logaritin si fizikan më të madh në shekullin XX.

Përveç gjurmimrvr pët rendin dhe tërësinë në natyrë, Ajnshtajnika luftuar për rendin moral në shoqëri. Ka qenë humanist i madh dhe luftëtar për paqë. Prandaj me të drejtë thuhet: Ajnshtajni nuk ka qenë vetëm shkencëtar gjenial, ai ka qenë shumë, shumë më tepër ka qenë njeri i madh.

9. 19. ZBATIMI I FOTOEFEKTIT. FOTOELEMENTI

Zbatimi i fotoelementit

Fotoefekti ka gjetur zbatimpraktik të shumëllojshëm. Baza e batimit të tij qëndron në mundësinë që sinjali i caktuar i dritës, nëpërmjet dukurisë së fotoefektit,të shndërrohet në sinjal elektrik. Do të përshkruajmë ndonjërën prej zbatimeve.

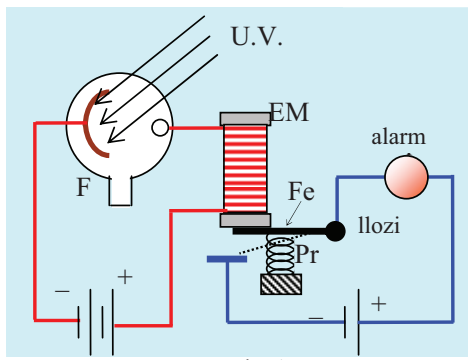


Fig. 1

Figura 1 ikustron zbatimin e **fotocelulën** në pajisjet për alarm. Fotocelula F, ndriçon me dritë ultravjollcë (UV) e cila sikurse dim, është e padukshme për syrin e njeriut. Kështu, nëpërqarkun e celulës (të shënuar me përçues të kuq) do të rrjedh rrymë. Elektromagneti EM e tërheq bërthamën e hekurit Fe të vendosur në një loz të vogël i cili tërhiqet me një sustë eleastike S. Kur ndërmjet burimit të rrezatimit ultravjollcë dhe fotocelulës do të kaloj diçka (person), elektromagneti nuk do të jetë i magnetizuar; bërthama e hekurit (Fe) e tërhequr nga susta elastike e mbyll qarkun e dytë (të shënuar me përçues të kaltër) në të cilin është lidhur alarmi elektrik.

Një qark shumë të ngjashëm, të dhënënë figurën 1, është qarku i pajisjes **fotorolej**. Vetëm se zakonisht shfrytëzohet fotocelula e cila është e ndjeshme edhe në dritën e dukshme. Meqenëse fotorryma e fituar në këtë rast është e vogël, ajo përforcohet me përforcues të posaçëm. Rryma këtu e përforcuar mund ta kyç ose çkyç një qark tjetër pune. Në qarkun e punës mund të lidhen mekanizma të ndryshëm

me të cilën rregullohen procese të ndryshme përdrejtim automatikë, ndezja dhe fikja e dritave të rrugës, pajisje mbrojtëse kundërzjarrfiksëve etj. Me fotocelulë janë të lidhura edhe motorë të cilët gjatë afrimit në një vend të caktuar automatikisht mundësojnë hapjen e dyerëve.

Fotoefekti ka gjetur zbatim edhe gjatë regjistrimit filmik për **regjistrimin e zërit inçizues**. Për të shi

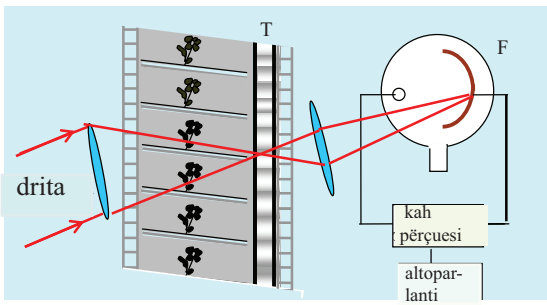


fig. 2

kuar film të lëvizin ashtu që për çdo sekondë të kalojnë 15 figura. Shënimi i zërit duhet të jetë njëkohësisht i regjistruar. Shënimi i zërit zakonisht është i përbërë nga shiriti T (fig. 2) në të cilën me intensitet të ndryshëm të nximjes në formë të vizave është dhënë shënimi i cili përputhet me lëkundjet e zërit. Nëse në atë pjesë të filmit orientohet drita që bie në fotocelulën F, intensiteti i dritës modulohet sinkronisht me lëkundjet e zërit. Prandaj, lëkundjet e zërit shndërrohen në fotorrymë të ndryshueshme, e cila e përforcuar shkakton lëkundje të altoparlantit të lidhur në qarkun e rrymës fotocelulës.

Fotoefekti i brendshëm

Në kushte të zakonshme gjysmëpërçuesit kanë numër shumëtë vogël të bartësve të rrymës-elektrone të lira ose vrima. Gjatë ndriçimit të gjysmëpërçuesit, fotonet që kanë hyrë u dorëzojnë energji elektroneve valen të cilët e lëshojnë atomin dhe bëhen të lirë. Kështu me ndrçimin zmadhohet numri i elektroneve të lira, por edhe vrimave, meqë me daljen e elektronit nga atomi nëtë krijohet vrimë.

Kjo dukuri e krijimit të bartësve të rrymës së gjasmëpërçues gjatëndriçimit tëtyre quhet ***fotoefekt i brendshëm***.

Fotoefekti i brendshëm mundëson dy fenomene të rëndësishme:

- me ndriçim zmadhohet përçueshmëria e gjymëpërçuesëve-e quajtur **fotopërçueshmëri** dhe
- me ndiçimin e kontaktit p-n tënjë çifti të gjysmëpëçesish, ose kontaktit metal-përçues, në kontaktin krijohet forcë elektromotore. Dukuria është e njohur si **efekt fotovoltaik**.

Fotorezistorët

Fotorezistor paraqet pllakë prej izolatori mbi të cilën është sjellë shtresë e hollë e gjysmëpërçuesit me trashësi e rendit të madhësisë sëmikrometrave (fig. 3). Si gjysmëpërçues shftrytëzohen materiale të cilët janë shumë foto të ndjeshëm, për shembull, silici,seleni, talium sulfidi, kadium sulfidi.

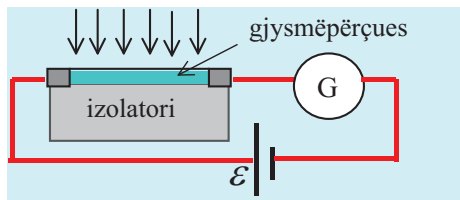


fig.3

Gjatëndriçimit në dhomë filmi i këtillë i hollë ka përçueshmëri shumë të vogël, e cila regjistrohet me galvanometrin si **rrymë e errët**. Gjatë ndriçimit rryma shpejt zmadhohet roporcinalisht me ndriçueshmërinë. Shfrytëzohen në fotografi dhe në elektrotekmik përrregullimin e sinjaleve dalëse ose për ndërprerjen e qarqeve të aktuara.

Fotoelementet

Sikurse përmendëm, me ndihmën e dritës mund të fitohet rryma elektrike pa praninë e burimit të jashtëm të f.e.m. (forcë elektromotore).

Nëse kontakti i dy gjysmëpërçuesëve të trupit p dhe n ndriçohet, ai energjinë e dritës e shndërron në rrymë elektrike, ashtu që pajisjet e tilla paraqesin burime elektrike. Këto quhen **fotoelemente.**

Fotoelementet më të përhapura janë **celulat solare**.Te ata me shfrytëzimin e fotoefektit fotovoltaik mundësohetshndërrimi direkt ienergjisë së Diellit në energji elektrike.

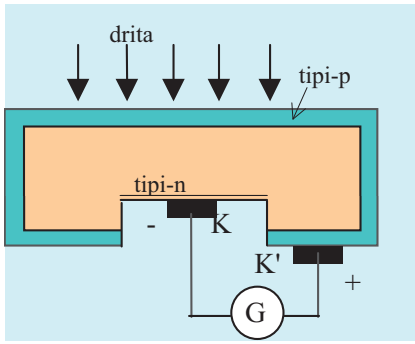


Fig. 4

Në figurën 4 është dhënë paraqitja skematike e një celule të tillë, e ndërtuar prej silicit të tipit p dhe n. Një shtresë e hollë e gjysmëpërçuesit të tipit p e mbështjell pllakën e tipit n. Me kontaktet K dhe K‘ të dy gjysmëpërçuesit janë të lidhur me qarkun e jashtëm në të cilin është lidhur galvanometri G.

Kur drita e Diellit do të bie në shtresën p, bëhet zmadhimi i shpejtë i ngarkesave elektrike.:elektronave dhe vrimave. Nën ndikimin e fushës në kalimin p-n përqëndrimi i elektroneve në gjysmëpërçuesinn zmadhohet, Përkujtohu se në kontaktin p-n krijohet fushë elektrike (fig. 5).Njëkohësisht me zmadhimin e numrit të elektroneve, zmadhohet edhe përqëndrimi i vrimave në gjysmëpërçuesin p

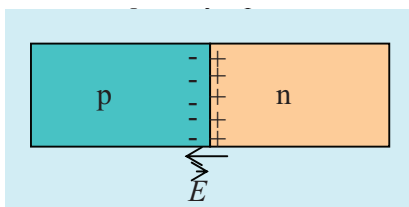


Fig. 5. Për shkak të difuzionit të elektroneve prej n nga p gjysmëpërçues dhe vrimave nga gjysmëpërçuesi p nga n, krijohet fushë elektrike e barierës me in tensitet $\vec{E}$

Kështu, gjatë ndriçimit të fotocelulës ndërmjet dy gjysmëpërçuesëve krijohet forcë elektromotore. Ky mjet paraqet burim të energjisë elektrike të cilën galvanometri mund ta regjistroj. Ky element krijon tension me madhësi 0,5 V. Rryma që me këtë rast rrjedh është e madhësisë prej dhjeta miliamperësh.

Celulat solare të silicit kanë ndjeshmëri më të madhe ndërmjet intervalit 540 dhe 560 nm, e cila i përgjigjet edhe ndjeshmërisë më të madhe të syrit të njeriut.

Fotoelementet bëhen edhe prej materialeve tjerë. Kryesisht ata janë gjysmëpërçues osedisa okside në kombinim me metalet. Zona e ndjeshmërisë maksimale të fotoelementeve është e ndryshme dhe varet prej materialeve prej të cilave janëndërtuar. Për shembull, celulat solare të germaniumit kanë ndjeshmëri maksimale në zonën e afërtë të rrezatimit infrakuq.

Teknologjia e sotme moderne nuk mund të paramendohet pa fotoelementet. Do të përmendim disa mjete ku ata shfrytëzohen. Në meteorologji shfrytëzohet fotometër me të cilin nëpërmjet ndriçimit të qiellit gjykohet për ndryshimet kohore në atmosferën e Tokës. Në vetshërbimet çdo ditë shfrytëzohen lexuesit-**bar-kod të kodeve** (fig. 6) të prodhimeve të ndryshme. Çdo prodhim ka kodin e vet. Për ta lexuar atë kod shfrytëzohet mjeti e ektronik me fotoelemente. Gjatë refleksionit të dritës nga shiritat e ndritshëm dhe të errët të kodit regjistrohet prodhimi përkatës. Lexuesi është lidhur me kompjuterin dhe është e mjaftueshme një kalim kohëshkurtër i dritës për të fituar informatë për çmimin, emrin dhe të dhëna tjera për prodhimin.

Fig. 6

Skenerët modern janë ndërtuar prej mijëra fotoelementeve të vegjël. gjatë së cilës çdo fotoelement është edhe njësi digjitale.

Në shkencë,veçanërisht në astrifizikë në përdorim të gjerë janë të ashtuquajturit kamera SiSiDi (CCD), shkurtesë e fjalës Charge Coupled Devices, të cilët paraqesin zbulim revolucionar. Ato janë sipërfaqe prej dhjetëra ose mijëra fotodetektorësh tëvendosur në vetëm një çip mikroçip. Efikasitetine kanë shumë të madhe edhe deri 50% nga drita rënëse, e cila shndërrohet në impuls elektrik.

Në fizikën nukleare me rëndësitë adhe janë gypat fotomultiplikatorë, ku nëpërmjet fotoefektit përforcohet rrezatimi.

Shfrytëzimi i fotovoltaikëve-rrugë kah mjedisi i pastër jetësor

Fig. 7. Centralë fotovoltaike solare në Virxhini që jep fuqi 15 kW

Teknologjia fotovoltaike është njëra nga prokupimet moderne fizikës së sotme. Mund tëpyetemi pse? Do t'i numërojmë disa nga përparësitë e fotoelementeve.

-celulat solare fotovoltaike mundësojnë përfitimin e energjisë elektrike jashtë atmosferës tokësore,në satelitët dhe llojet tjera të fluturakeve kozmike. Të ushqyerit e instrumenteve matëse atje, kryesisht, bëhet me bateri fotoelementesh;

-celulat fotovoltaike mundësojnë përfitimin e energjisë elektrike në vendbanimet që janë larg nga instalimet kryesore elektrike;

-në këto vende të largëta është mundësuar jo vetëm përfitimi i energjisë elektrike për qëllime të ndryshme, sikurse janë ndriçimi, të furnizimit të motorëve për qëllime të ndryshme, por edhe për transmetimin e informatave deri në ata vende;

-fotovoltaikët janë shumë të përshtatshëm për furnizim me energji të mjeteve me fuqi tl vogël, sikursejanë kalkulatorët, orët ose kamerat.

Por, njëra nga përparësitë më të mëdha gjatë shndërrimit direkt të energjisë diellore në ate elektrie qëndron në përfitimin e „energjisë së pastër" (fig. 7)***. Me celulat solare nuk ekziston kurfar rreziku për ndotjen e mjedisit jetësor***.

Prandaj, në shuë qendra të botës, si edhe te ne, punohet në përfitimin e elementeve fotovaltaike me efikasitet të zmadhuar.

Deri tani në këtë plan më shumë ka pasur sukses me celulat monokristalike të silicit, te të cilët është arritë efikasitet edhe deri 25%. Por, procesi i përfitimit të këtyre fotocelulave është shumë e shtrenjtë dhe i papagueshë. Fotocelulat polikristalore më të mirakanë efikasitet deri 19%, ndërsa fotovelulat solare të fituara nga silici amorf janë meefikasitet deri 13%. Megjitatë është bërë përparim i madh në këtë plan, kur theksohet se fotocelulat e para të ndërtuara n pesëdhjetë vitet e shekullit të kaluar, kanë pasur efikasitet vetëm 4%.

Përfitimi i fotoelementeve me fuqi më të madha arrihet me zmadhimin e sipërfaqevs që i janë nënshtruar dritës diellore, me ndërtimin e mjeteve speciale të cilët sipërfaqen e fotocelulave do ta rrotullojnë ashtu që rrezet e dritës të bien gjthmonë normal në sipërfaqet, por edhe me koncentrator special drite.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Studioni çfarë zbatime tjera ka fotoefekti?
2. Për fotoefektin e jashtëm ekziston „kufiti i kuq për fotoefektin", çkamendoni a ekziston kufi i tillë edhe në rastin e fotoefektit të brendshëm?
3. Kërkoni në veb faqen e internetit

Photovoltaic effect

http://www.greenhouse.gov.au/renewable/technologies/pv/work#work dhe

http://ww.nrel.gov/clean_energy/farmer_pv.html

ku do të mund të shihni animacione dhe efektin. Shfrytëzoni edhe linke tjera të ngjashme.

Rezime e shkurtër

Zbatimi i fotoefektit është e llojllojshme.
Me rëndësi të madhe është edhe zbatimi i fotoefektit të brendshëm që paraqitet me ndriçim zmadhohet numri i elektroneve të lira dhe vrimave.
Fotoelementet janë burime të rrymës elektrike të fituar me energji drite. Edhe ato kanë zbatim të gjerë.

9.20. RREZET RËNTGEN

Rrezet rëntgen paraqesin valët elektromagnetike me gjatësi valore shumë të vogël dhe ate nga 10 deri 10^{-4}nm. So me zbatimin e akcelatorëve bashkëkohor të elektroneve regjioni i rrezeve rëntgen është zgjeruar. Në spektrin errezatimit elektromagnetike,rrezet rëntgenkah ana e gjatësive valoremëtë mëdha kufizohen me rreze ultravjollcë, ndërsa kah ana e gjatësive valore më të vogla në masë të madhe mbulohenme rreze γ.

Duke studiuar dukuritë e shkarkesës elektrike më vitin 1895, V. Rëntgen vërejti ndriçim luminishent, edhe pse gypi për zbrazje (gypi i Kruksit) ka qenë i mbyllur në kuti të pa tejdukshme për dritën e dukshme. Është treguar se ndriçimi ka ekzistuar edhe kur ndërmjet gypave dhe kristalit gjendet letër e zezë, ose pllakë e hollë e drurit.

Menjëherë pas zbulimit të rrezeve rëntgen (rreze-X) V, Rëntgen ka konstatuar se rrezet përveç 1ë shkaktojnë luminishencën,kanë veti shumë të ngjashme me rrezet e dritës. Për shembull, përhapen drejtvizorisht, krijojn hije të mprehta tëtrupave të vendosur në rrugën e tyre,veprojnë në emulzionin fotografik, nxjerrin fotoelektrone nga sipërfaqet e metaleve. Sikurse edhe të gjithë valët elektromagnetike, rrezetrëntgen nuk shmangen në fushën elektrike dhe magnetike. Por, sipas vetive, rrezet rëntgenesencialisht dallohen nga ato të dritës. Kështu, ata janë të padukshme, kanë aftësi të madhe depërtuese, nukmund të fokusohen me thjerrëza optike dhe pasqyra, kanë aftësi jonizuese, tregojnë veprime të forta biologjike në qelizat e gjalla. Por, nëse veprimi është më i gjatë ose bëhet me rreze më intensive. qelizat e ekspozuara mund të zhduken plotësisht.

Më të ndjeshme në rrezatimin rëntgen janë qelizat të cilat shpejtë rriten dhe shumohen.

Më vonë janë bërë eksperimente për difraksionin dhe interferencën e rrezeve rëntgen me të cilën është vërtetuar natyra e tyre valore.

Njëra nga vetitë kryesore të rrezeve rëntgen është aftësia depërtuese e tyre e madhe. Ajo është e ndryshme për subastanca të ndryshme.

Ata lehtë kalojnë nëpër letër, karton, qelq të thjeshtë, pllaka druri, pllaka metalike të holla. Por, qysh V. Rëntgeni ka vërtetua se ata më vështirë kalojnë nëpër materiale që kanë dendësi të madhe. prandaj plumbi shfrytëzohet për ekrane mborjtës, mantila gome, dorëza gome etj.

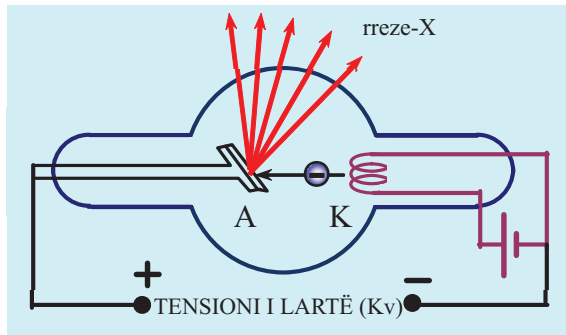


Fig. 1. Gypi Rëntgen

Përfitimi i rrezeve rëntgen.Burim më i thjeshtë për përfitimin errezeve rëntgen janë gypat rëntgen (fig. 1). Ai përbëhet prej njëbaloni qelqi ose metali me vakum të lartë. Nga katoda K, nëpërmjet emisionit termoelektronik, tufa e elektroneve drejtohet kah anoda A . Ajo është e ndërtuar prej metali që ka pikë të lartë të shkrirjes. Për shkak të tensionit të lartë 10 deri 200 kV ndërmjet katodës dhe anodës, elektronet e elemtuara me shpejtësi të madhe e godasin anodën. Shpejtë të frenuara nga anoda, elektronet ia dorëzojnë energjinë e tyre kinetike, me çrast një pjesë e energjisë emetohet si rrezatimrëntgen (fig. 2).

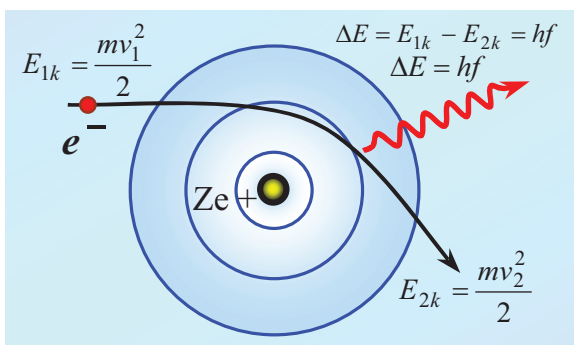


Fig. 2

Për fokusim më të mirë tëelektroneve tëemetus] ara nga katoda, anoda ka formë sferike. Me ndryshimin e intensitetit të rrymës për nxehjen e katodës, ndryshohetedhe numri i elektroneve që lëshojnë katodën. Intensiteti i rrezeve rrëntgen, me këtërast, rritet proporcionalisht me intensitetin e rrymës. Intensiteti i rrezeve rëntgen varet edhe nga numri rendor Z të elementit nga i cili është ndërtuar anoda dhe tensioni ndërmjet anodës dhe katodës U_a:

$$J \sim Z I U_a^2 , \qquad (1)$$

ku I është intensitetii rrymës në qarkun anodik. Meqenëse rreth 90% nga energjia e elektroneve që bien në anodë, e ndërtuar nga metalet që vështir shkrihen, lirohet në nxehtësi, ajo domosdo intensivisht duhet të ftohet.

Spektri rëntgen është i përbërë prej atij kontinual dhe linear. Spektri kontinual i takon të ashtuquajtirit *rrezatim frenues*, ndërsa spektri linear i takon rrezatimit *karakteristik* rëntgen.

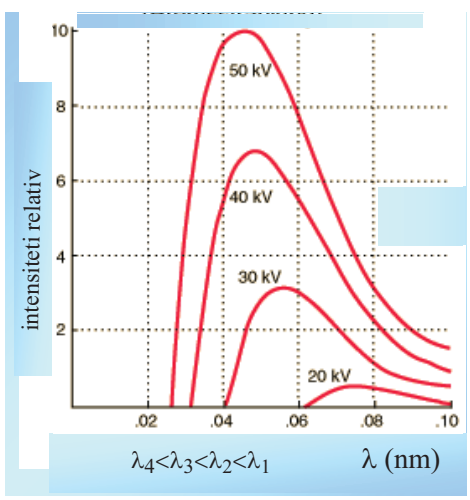


Fig. 3, Varësia e intensitetit të rrezatimit frenues nga gjatësia valore për vlera të ndryshme të tensionit anodik

Rrezatimi frenues rëntgenik

Gjatë frenimit të elektroneve të shpejta ose cilado qoftë grimcë e elektrizuar, emetohet rrezatim elektromagnetik i cili ka spektër kontinual, d.m.th. janë përfshirë rrezet rëntgen me të gjitha gjatësitë valore të mundsme.

Nga diagramet e fig. 3 mund të vërehet se lakoret për shërdarjen e intensitetit nuk kalojnë nëpër fillimin e sistemit koordinativ, ndërsa intensiteti bëhet i barabartë me zero për vlera të caktuara të gjatësive valore të rrezeve rëntgen. Domethënë, ekzistonkfi valëshkurtër λ_{min} të rrezatimit rëntgen frenues.

Energjia kinetike e elen ktroneve të nxituara nga tensioni ndërmjet katodës dhe anodës U_a është:

$$\frac{mv^2}{2} = eU_a , \qquad (2)$$

ku m_e, v dhe e përkatësisht janë masa, shpejtësia dhe ngarkesa e elektronit.

Ekzistimi i kufirit valëshkurtër λ_{min} në spektrin kontinual direkt rrjedh nga natyra kunatike e rrezatimit.

Domethën, nëse rrezatimi rëntgen paraqitet në llogari të energjisë që e humb elektroni gjatë frenimit të tij, atëherë energjia e një kuanti i atij rrezatimi hf nuk mund të jetë më e madhe se energjia e elektronit (eU_a). Kjo do të thotë, këto fotone të fituarai kan të gjitha frekuencat e mundshme, duke filluar nga ata që e kënaqin jobarazimin:

$$hf \le eU_a . \qquad (3)$$

Prej këtu del se energjia maksimale, ndërsa me ate edhe frekuenca maksimale e spektrit emetues kontinual, përfitohet kur gjatë godites elektroni e humb gjithë energjinë. Kjo energji emetohet si foton me energji $hf_{max} = eU_a$ ose:

$$f_{\max} = \frac{eU_a}{h} . \qquad (4)$$

nëse $f_{\max} = c/\lambda_{\min}$; $\lambda_{\min} = \frac{ch}{eU_a}$, (5)

ku c është shpejtësia e dritës. Kjo shprehje është treguar shumë e përshtatshme për përcaktimin e konstantës së Plankut.

Rrezet karakteristike të rëntgenit

Nëse tensioni i sjellur në gypin e rëntgenit gradualisht zmadhohet dhe arrinë vlerë të caktuar

kritike, karakteristike për substancën nga e cila është ndërtuar anoda, bashkë me rrezatimin kontinual të rëntgenit paraqitet edhe rrezatimi karakteristik i rëntgenit. Domethënë, te spektogrami i fituar ka më tepër ose më pak vija intensive të mprehta të cilat gjenden në fonin e spektrit kontinual të rrezatimitfrenuues rëntgenik.

Te fig. 4 është paraqitur spektogrami i rrezeve karakteristike rëntgen për molibdenin. Në të njëjtën figurë për krahasim është paraqitur edhe spektri

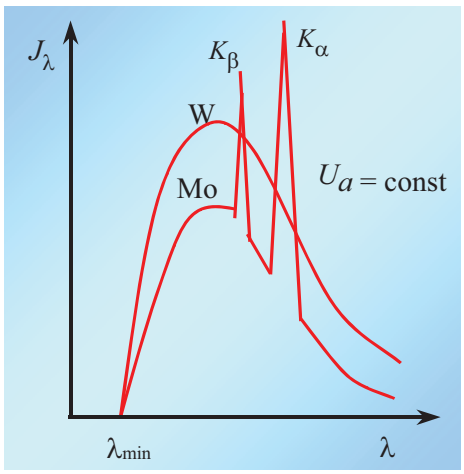


Fig. 4. Spektri linear i rrezatimit rëntgen

kontinual i volframit i cili ka vlerë kritike më të lartë për tensionin e dhënë.

Spektri karakteristik linear i rrezatimit rëntgen fitohet kur elektronet e nxituara në fushën elektrike ndërmjet katodës dhe anodës kanë energji të mjaftueshme të depërtojnë në shtresar e brendshme të atomeve të elementit nga e cila është ndërtuar anoda. Si rezultat i kësaj, në ndonjë nga shtresat e brendshme mund të krijohet „vrimë“ (vend i zbrazët i elektronit). Kjo vrimë ekrijuar pas 10^{-8}s, mund të plotësohet me elektron nga shtresat më të larta, dhe me këtë rast emetohet kuant rëntgenik me energjitë barabartë mendryshimin e energjive të të dy shtresave.

Meqë çdo element kimik ka spektër të vet karakteristik, këto spektre mund të shfrytëzohen për analizë ***rëntgenospektrale***.

Spektratkarakteristikë të rëntgenit për një element tëcaktuar dallohen nga spektrat linear optik të tyre. Dallimi është rrezultat i asaj se te spektrat linear optik marrin pjesë elektronet nga shtresa e fundit e pa plotësuar, ndërsa gjatë përfitimit të spektrave karakteristik të rëntgenit marrin pjesë elektronet nga shtresa e brendshme të atomit për të cilët duhet energji më e madhe për të ngacmuar.

Pyetje dhe detyra

1. A mundet rrezet e rëntgeit të shkaktojnë fotoefekt nëse hasin në pemgesë metalike?
2. Caktoni energjinë e kuantit rëntgenitk me gjatësi valore λ=0,01 nm. (Përgj. $1{,}24\cdot10^{5}$ eV)
3. Caktoni gjatësinë valore minimale dhe frekuencën maksimale të spektrit kontinual të rrezatimit rëntgennëse energjiae elektroneve që godasin anodën është 200 keV.

(Përgj. $\lambda_{min}=0{,}62\cdot10^{-2}$ nm; $f_{max}=4{,}8\cdot10^{19}$ Hz)

4. Të caktohet λ_{min} e rrezatimit karakteristik frenuse, nëse tensioni ndërmjet anodës dhe katodës në gypin rëntgen është 100 kV?

(Përgj.: λ=0,0123 nm)

V.Rëntgen (*Wilhem Conrad Rönen* -1845-1923) është fizikan gjerman.

Rëntgeni për këtë lloj rrezatimi ka mbajtur ligjëratë në oborrin e Wilhelm II, ndërsa më vitin 1896 në mbledhjen ne shoqatës fizikano meicinale në Vizburg, e ka „fotografuar“ dorëne një histologu të njohur. Për zbuilimin e rrezeve X më vitin 1901 e ka fituar çmimin Nobel përfizikë.

9.21. ZBATIMI I RREZEVE RËNTGEN

Vetitë e rrezeve rëntgen siç janë: gjatësi valore të vogël, depërtueshmëri të madhe, aftësi jonizues etj, kanë gjetur zbatim të gjrë. Në mediscinë rrezet rëntgen shfrytëzohen gjatë rëntgen-diagnostikës dhe terapi, në teknikë dhe indistri shfrytëzohen si metodë e sigurtë për kontrollë dhe testim të materialeve. Kjo metodë është e njohur si ***defektoskopi rëntgenik***. Mekëtë metodë mund të zbulohen vrima, çarje, defekte të lidhjeve salduese dhe defekte tjera të pjesëve të ndryshme të makinave dhe elementeve ndërtimore.

Difraksiioni, i rrezeve rëntgen shfrytëzohet për hulumtimin e strukturës së materies.

Këtu do të njihemi me disaveti themelore të rrezeve rëntgen nëpërmjet së cilës është realizuar zbatimi i tyre.

Absorbimi i rrezatimit rëntgenitk

Zbatimi i gjerë i rrezatimit rëntgenik në teknikë dhe medicinë bazohet në ligjet e absorbimit, d.m.th., në depërtueshmërinëe ndryshme të rrezeve rëntgen nëpër materiale të ndryshme.

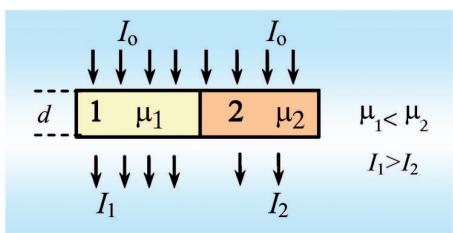


Fig. 1

Absorbimi i ndryshëm i tufës rentgenike gjatë kalimit të tyre nëpër mjedise johomogjene, mundëson përfitimin e figurës së atij trupi (fig. 1). Domethënë, mnd të shihen mangësitë e disa materialeve, për shembull, homogjeniteti ose çarjet.

Nëse një tufë paralele e rrezatimit monokromatik rëntgenik kalon nëpër një absorbent me dendësi d, provat tregojnë se intensiteti I i rrezeve rëntgen eksponencialisht bie zmadhimi me zmadhi min e trashësisë:

$$I = I_0 e^{-\mu d}. \qquad (1)$$

ku I_0 është intensiteti i rrezeve që bien në materilin: „e“ është bazë e logaritmeve natyrore e barabartë me e=2,72, μ është koeficienti linear i absorbimit të rrezeve rëntgen. Koefienti linear i absorbimit shprehet me m^{-1}. Ai varet nga natyra e materialit, respektivisht nga dendësia e tij ρ, gjatësi valore λ e rrezatimit rëntgenik dhe numrin rendor të elementit Z. Për vlera konstante të dendësisë dhe gjatësisë valore, koeficienti liear i absorbimit është:

$$\mu = \sim Z^4 . \qquad (2)$$

Varësia grafike e zvogëlimit të intensitetit të rrezatimit rëntgenik nga trashësia e absorbentit është treguar në fig. 2. Intensiteti zvogëlohet më shpejt, sa më i madh është koeficienti linear i absorbimit μ. Ligji për absorbimin (1) vlen për të gjitha llojet e rrezatimit elektromagnetik. Kur ka të bëj për dritë, ai është i njohur si ligji i Lambert-Berit.

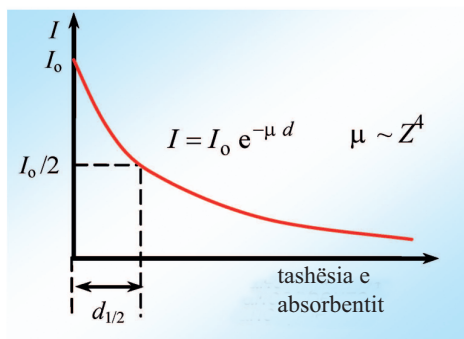


Fig. 2

SHEMBULLI 1.Duke pasur parasysh barazimin (2), të bhet krahasimi i koeficientëve të absorbimit në eshtra të cilët, kryesisht, përmbajnë kalcium fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) dhe indeve të buta në përbërjen e të cilit, kryesisht, hynë uji.

Zgjidhje. duke marrë parasysh se numrat rendor Ca, P, O dhe H, përkatësisht janë 20, 15,8, 1 dhe

duke shfrytëzuar barazimin (2),fitohet:

$$\frac{\mu_{m\ \text{koska}}}{\mu_{m\ H_2O}} = \frac{3\cdot 20^4 + 2\cdot 15^4 + 8\cdot 8^4}{2\cdot 1^4 + 8^4} \approx 150$$

Domethënë,absorbimi i rrezeve rëntgen në kalcium fosfatin është 150 herë më i madh nga absorbimi n ujë.

Fig. 3

Në bazën për fitimin e fotografisë rëntgenike (n medicinë ose teknikë)0 gjendet ligji për absorbimi e rrezatimit rëntgen. Varësia e koeficientit të absorbi mit prej numrit rendor të materialit, barazimi (2), tre gon se rrezet e rëntgenit nuk absorbojnë një lloj prej t gjithë materialeve. Intensitet më të madh të tufës da lëse do të ketë atje, ku absorbcioni është më i vogë dhe anasjelltas.

Ndryshimi i madh te absorbimi i rrezatimit rënt gen te mjediset e ndryshme mundëson të zhvillohe ***defektoskopia rëntgen*** dhe shumë metoda diagnosti ke rëntgene në medicinë.

Gjatë ***rëntgenografisë*** fytyra fiksohet në filmi special. Në fig. 3 është paraqitur një inçizim rëntgeni

Trashësia për të cilën intensiteti i rrezatimit rënt gen përgjysmohet, quhet ***gjysmëtrashësi*** dhe shënc het me $d_{1/2}$.

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0{,}693}{\mu} \quad . \qquad (3$$

Nga barazimi i fundit del se gjysmëtrashësia është a më e vogël, sa më i madh ëdhtë koeficienti linear i ab sorbimit të materialit. Ky barazim shfrytëzohet për t caktuar trashësinë e absorbimit, i cili shfrytëzohet pë mbrojtjen nga rezatimi.

Njollat e errëta janë bendet ku rrezet rëntgen të difraktuara në interferencë maksimalisht përforcohen. Ato drejtime varen nga gjatësia valore e rrezeve rëntgen, shpërdarja e atomeve, respektivisht joneve të rrjetës kristalore dhe këndi i rënies së rrezeve.

Kristalet e ndryshme japin figurë difraktive të ndryshme, të ashtuqajtur ***diagrame të Laues*** (fig. 5). *Nëpërmjet figurave difraktive të realizuara, jo vetëm që u dëshmua natyra valore e rrezeve rëntgen por, është matur edhe gjatësia valore e tyre*.

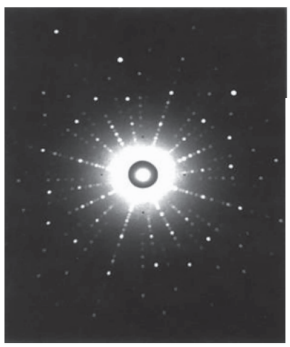


Fig. 5. Diagrami i Laues

Nga ana tjetër, nëse lëshohen rrezet rëntgen me gjatësi valore të njohur nëpër një kristal, nga figura e fituar e difraksionit mund të gjykohet për strukturën kristalore.

Nëvitin 1913 fizikanët anglez B. H. Breg dhe B. L. Breg, babë dhe bir, e vërtetuan eksperimentin e Laues dhe teorisë së tij i dhanë një relacion teorik shumë të thjeshtë për difraksionin e rrezeve rëntgen, so të njohur si barazimi ***Breg-Valfit***. Ata në shumicëne shembujve kanë treguar se zbulimi i Laues mund të shfrytëzohetsi metodë për të studiuar strukturën e materies. Kështu u zbulua një metodë ere për studimin e strukturës së materies-***analiza rëntgenostrukturale***.

Një tufëmonokromatike e rrezatimit rëntgen le të bie në kristalin nën këndin θ në lidhje me rrafshet paralele që kalojnë nëpër nyjet (atomet) e rrjetës kristalore dydimesionale (fig.6). Rrezet rënëse që reflektohen nga rrafshet e ndryshme janë koherene dhe mund të interferojnë.Me interferencë rrezet e reflektuara do të përforcohen, nëse ndryshimi i rrugëve të të dy rrezeve , të reflektuara nga dy rrafshe fqinje të kristalit, është numër i plotë i gjatësisë valore.

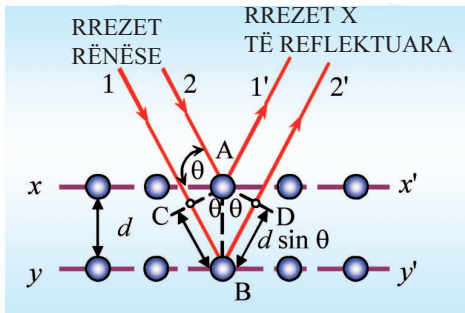


Fig.. 6. Difraksioni i rrezeve rëntgen nga rrjeta kristalore dydimensionale

Kjo metodë shfrytëzohet gjatë hulumtimeve biologjike. Në këtë mënyrë është treguar struktura e DNK, vitamine të ndryshme, hemoglobinin, viruse etj.

Pyetje dhe detyra

1.Në përmendoren e Rëntgenit në muzeun e Mynhenit shkruan: „Sipas tij të ashtuquajtura rreze, mjekut ia tregojnë brendësinë e organizmit të gjallë, inxhinierit brendësinë e ndërtimeve të tij, ndërsa hulumtuesit i japin informata për ndërtimin e atomit“. Cilat janë metodat me të cilat mund të kryhen hulumtimet e përmendura.

2. Kur ndodh difraksioni i rrezatimit rëntgen dhe për çka shfrytëzohet.

Mac Theodor fon Laue (1879-1960) fizikan gjerman, themelues i analizës rëntgenostrkturës. Në vitin 1912 si rrjetë difraktive për rrezet rëntgen ka shfrytëzuar kristale. Për zbulimin epohal difraksioni pë rrezatiminrëntgen në vitin 1914 ka marrë çmimin Nobël për fizikë.

10. 1. NDIJSHMËRIA E SPEKTRIT TË SYRIT

Rrezatimit elektromagnetik që rrjedh prej çfarëdo burimi karakterizohet me energji të caktuar të rrezatimit. Matja e asaj energjie për çfarëdo interval valore, si edhe të madhësive tjera të lidhura mebartjen e energjisë në hapësirën e përfaërtë,realizohet me metoda radiometrike të cilat mësohen në *radiometri*. Pjesë eveçant e radiometrisë e njohur si *fotometri* e studion rrezatimin elektromagnetik prej pjesës së dukshme të spektrit, ku për karakteristikat energjetiketë rezatimit gjkohet sipas ndjeshmërisë së syrit të njeriut.

Kur bëhet fjalë për ndjeshmërinë, rol të veçantë të ansorberit ka syri, që energjinë e dritës së pranuar nëpëtmjet rrugës psikofiziologjike,dhe në bazë të atij intensiteti matet,respektivisht vlerësohet.

Ai rrezatim elektromagnetik i cili tesyri i njeriut mund të realizob përshtypje të dritës quhet *drita e të pamurit*. Për syrin mesatar ajo gjendet prej 400 nm deri 760 nm. Ndjeshmëria e syrit nuk është e njëllojtë për të gjitha gjatësitë valore që mund të shihen prej fig. 1. Syri është më i ndjeshëm në dritën magjatësi valore 555 nm. Koeficienti i të pamurit v_λ (ndjeshmëria relative e syrit) është madhësi me të cilën caktohet ndjeshmëria për çfarëdo gjatësi valore. Është përkufizuar si raport ndërmjet energjisë së dritës mokromatike λ_{max}=555 nm (pjesa e gjelbër e spektrit)(E_{555}) dhe energjisëtë dritës monokromatikeme gjatësinë valore të dhënë λ, (E_λ) e cila tesyri shkakton ndjenjë për dritë si edhe për dritën e gjalbër:

$$v_\lambda = \frac{E_{555}}{E_\lambda} \qquad (1)$$

Forma e lakores të spektrit të shpërdarjes së gjatësive valore të ndryshme varet prej kushteve nën të cilat kryher vëzhgimi. Lakorja A përgjigjet luminiscencës të rrethinës më të madhe se 3 cd/m^2 (pamja gjatë ditës), ose të *pamurit fotopik*), kurse lakorja B i përgjigjet syrit të adaptuar të luminisencës prej 0,025 cd/m^2 (që i përgjigjet të pamurit natën ose të *pamurit sko-topik*).

Përshtypja e dritës e mundësojnë të ashtuquajtura shkopinjë të vegjël dhe thupta.

Shpërdarja e shkopinjëve në rrjetën është johomogjene. Përqëdrimi i shkopinjëve është më e madhe rreth pikës së bebes së syrit, por rreth tyre janë radhitur thupra. Madhësia mesatare e shkopinjëve është 2-3·10^{-6} m, që paraqet 1/4 e madhësisë së fytyrës të pikës së ndritshme. Thuprat janë diçka më të vogla,

Shkopinjët janë më të ndjeshme në intensitetin e dritës dhe nuk mund të reagojnë në gjatësitë valore të ndryshme.

Thuprat janë të ndijshme në ngjyrën. Duke u falenderuar atyreve te ato njeriu i dallon ngjyrat dhe ndryshimet në ngjyrosjen e objektit.

Prej fig. 1 ku shtë paraqitur ndjeshmëria spektralee rrjetës së gjatësisë valore të dritë së të pamurit kur rrethina është normalisht e ndriçuar (*të pamurit fotopike*) edhe për ndriçmëri të pamjaftueshme (*të pamurit skotopik*) shihet se gjatë ndriçimit të pamjaftueshëm shprdrja spektrale zhvendoset nga pjesa vjollcë prej spektrit që është me energji më të madhe.

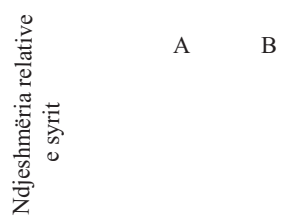


Fig. 1. Ndjeshmëria spektrale e syrit varësisht prej gjatësisë valore

Ndërsa në dritën e ditës syri është më i ndjeshëm për dritën e verdhë-gjelbër (λ ≈555mm) para territ më e madhe është ndjeshmëria nga gjatësitë valore më të vogla afërsisht 500 nm. Në kushtet e ndritshmërisë së dobët ndërpritet funksioni i thuprave she ndjeshmëria e syrit përshkruhet vetëm me shkopinjtë, pra trupat shikohen në të gjkitha nyansat të ngjyrës së përhimtë („natën të gjitha macat janë të zeza“). Të pamurit gjatë intensitetit të dritës mesatare quhet të pamurit mezopik ose të pamurit me muzg.

Zhvendosja e lakores të shpërdarjes spektrale të ndjeshmërisë së syrit te njeriu gjatë zvogëlimit të intensitetit të dritës në fushën e të pamurit nga pjesa vjollcë të spektrit të dritës së të pamurit, njihet si *efekti i Purkinsit*. Ky është shkaku që ngjyrat e kuqe para territ vështir vërehen (shihen në nuanca të përhimtës).

10.2. MADHËSITË RADIOMETRIKE DHE FOTOMETRIKE DHE NJËSITË E TYRE

Pjesa e optikës që i studion metodat e matjes të intensitetit të dritës dhe burimeve të saja edhe karakteristikat mund të kenë dy qasje nga madhësitë:

1.*Energjetike (radiometrike)*-që ikarakterizojnë parametrat energjetike të rrezatimit optik. Ato janë matje objektive të madhësive energjetike, për shembull, me fotocelula, termoelemente. pllaka fotografike etj.

2. *Vizuele (fotometrike)*-që i karakterizojnë veprimet fiziologjike të dritës dhe vlerësohen sipas ndikimeve subjektive mbi syrin.

Te matjet optike shfrytëzohen pranme të ndryshme të rrezatimit (për shembull, syri, fotoelementi, fotomultiplikatori, pllaka fotografike etj.), të cilat nuk posedojnë ndjeshmëri të njëjtë të energjisë për gjatësi valore të ndryshme, përkatësisht ato janë selektive. Për shembull, sikurse përmendëm, për syrin të adaptuar në dritë, ndjeshmëria spektrale është maksimale për λ=555 nm, kurse përsyrin e adaptuar në terr është λ=500nm.

Në fotometri përkufizimi i njësive të caktuara janë për burime pikash të dritësm të cilat në kushte ideale rrezatojnë energji në të gjitha kahet një lloj. Burimet e atilla të dritës quhen ***burime izotrope***.Burim pikash është burim drite dimensionet e të cilës në krahasim me largësitë deri tevendi i vëzhgimit mund të mos përfillen. Si burim piksh të dritës mund të merren Dielli, që edhe pse ka dimensione të mëdhaja është në largësi të madhe prej Tokës.

Çdo pranues i rrezatimit karakterizohet me lakoren e tij të shpërdarjes spektrale, për dritën me gjatësi valore të ndryshme.Prandaj matjet e dritës ndërmjet veti janë subjektive, të cilat dallohen nga objektivat energjetike, dhe për ato janë futur njësitë *fotometrike* të cilat shfrytëzohen vetëm për dritën e dukshme.

Këtu së pari do ta përkufizojmë njërën nga madhësitë fotometrike themelore, kurseajo është:

1. FLUKSI I DRITËS Φ. Nëse burim pikash i dritës për intervalin kohor rrezatonenergji të dritës ΔW, atëherë fluksi i dritës ΔF, me atë energjiqë bie në sipërfaqe elementare ΔS (fig. 2), e paraqet shpejtësinë e bartjes së energjisë të valës, d.m.th. fuqia e rrezatimit te kahja e dhënë

$$\Delta \Phi = \frac{\Delta W}{\Delta t}. \qquad (1)$$

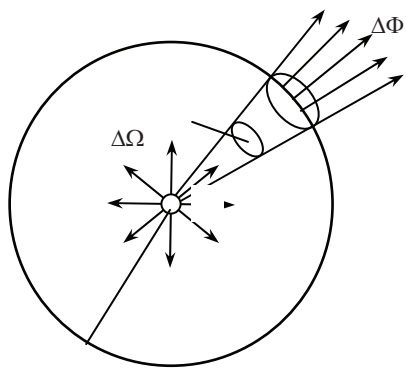


Fig. 2. Ndritshmëria e sipërfaqeve elementare gjatë ramjes normale të fluksit të dritës

Njësia energjetike (radiometrike) për fluksin e dritës është 1W (vat) 1W=J/s, kurse njësia fotometrike në SI është 1 lm(lumen),

$$1\ \text{lm} = 1\ \text{cd} \cdot 1\text{sr}$$

Lumen përkufizohet si intenzitet i dritë të njëkandele (cd) që rrezatohet prej burim pikash në këndin hapësinor prej një (sr) steradian (gjatë fushës drehtvizore të rrezatimit në këndin hapësinor). Meqë ndjeshmëriae syritvaret prej gjatësisë valore, kurse ajo është është maksimale prej dritës së gjelbër λ=555 nm, në këtë rast fluksi i matjes radiometrike të energjesë së rrezatimit prej $F_{\lambda r} = 1\ W$ shkak-

kton ndjenjë të fluksit të dritës fotometrike prej 683 lm, d.m.th.,

1W=683 lm ose 1 lm=1/683W=0,0015 W.

Raporti ndërmjet fluksit të dritës (fotometrik) për rrezatimin $F\lambda$ dhe fluksi radiometrik të rrezatimit $F_{\lambda r}$ për dritën me shpejtësivalore 555 nm quhet ekuivalenti fotometrik i energjisë së rrezatimit (k_{555}) është i barabartë me k_{555}=683 lm/W, ndërsa për dritën me gjatësi tjetër valore ai raport ($k\lambda$) duhet të shumëzohet me koeficientin e të pamurit v_k:

$$k\lambda = v\lambda k_{555}.$$

Prandaj raporti lumen - vat varet prej gjatësisë valore, respektivisht prej përbërjes së spektrit të dritës, pra në fotometri shfrytëzohet relacioni

$$\Phi_\lambda = k(\lambda)\Phi_{\lambda r}, \qquad (2)$$

që e jep lidhjen fluks të rrezatimit të dritës Φ_λ për cilëndo gjatëvalore të matur vizuelisht në lumen dhe matur radiometrikisht (enegjitik në vat) $\Phi_{\lambda r}$. Te barazimi 92) koeficienti i proporcionalitetit $k(\lambda)$ është funkson prej koeficientit të të pamurit (ndjeshmëria spektrale e syrit) v_λ, shprehet në njësi lm/W dhe ka vlera të veta të caktuara.

2.INTENZITETI I DRITËS. Me madhësi radiometrike intensiteti i dritës nënkuptohet ajo energji e rrezatuar prej burimit pikash për njësi kohe nëpër këndin hapësinor, d.m.th. fluksi i dritës $\Delta\Phi$ nëpër këndin hapësinor $\Delta\Omega$.

$$\Delta I = \frac{\Delta \Phi}{\Delta \Omega}, \qquad (3)$$

Fluksi i dritës për burim izotop është i barabartë në të gjitha kahet për gjithë këndin hapësinor Ω, pra intenziteti i dritës është:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}, \qquad (4)$$

Njësia themelore për intenzitetin e dritës në SI është 1 cd (kandelë). Një cd është e barabartë me intensitetin e dritës në drejtimin e dhënë prej burimit, që emeton dritë monokromatike me frekuencë $540\cdot10^{12}$ Hz, intensiteti i energjetik në atë drejtim është 1/683 W/sr

1 lm/sr = 1/683 W/sr.

Prandaj vijon se 1 lm fluks të dritës te i cili kënd hapësinor prej 1 sr e përcjell burimin e dritës intensiteti i të cilës në të gjitha kahet të hapësirës është e barabartë me 1 cd. Respektivisht 1 lm = 1 cd 1 sr.

3. NDRITSHMËRIA. Ndritshmëria është masë për intenzitetin e dritës që në njësi kohe bie në njësi syprinë

$$E = R = \frac{\Delta \Phi}{\Delta S}, \qquad (5)$$

respektivisht $$E = I\frac{\Delta \Omega}{\Delta S}. \qquad (6)$$

Nëse brimi i dritës është izotrop, fluksi i përgjithshëm nëpër gjithë këndin hapësinor $\Omega=4\pi$ ndriço sipërfaqe të sferës $S=4\pi r^2$, pra në këtë rast ndritshmëria e asaj sipërfaqe (rasti kur burimi i dritës është në mesin e sferës) është:

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{I}{r^2} \qquad (7)$$

Nëse flksi i rrezatimit nuk bie normal në sipërfaqen që e ndriçon, por formon dnonjë kënd α

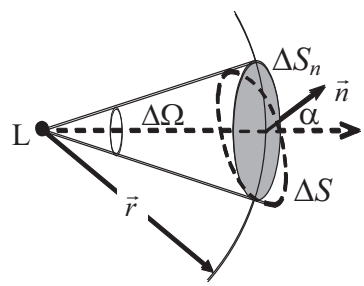


Fig. 3

me normalen e asaj sipërfaqe (3), në këtë rast ndritshmëria është:

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S} = \frac{I\Delta S\cos\alpha / r^2}{\Delta S} = \frac{I\cos\alpha}{r^2} \qquad (8)$$

ku sipas figurës 3

$$\Delta\Omega = \frac{\Delta S_n}{r^2} = \frac{\Delta S \cos\alpha}{r^2},$$

ku $\Delta S_n = \Delta S \cos\alpha$ është element i sipërfaqes në kahen e shpërdarjes së fluksit të rënies.
Barazimi (8) është ligji themelor në fotometri të njohur si Lamber-Berov që e jep intensitetin e ndritshmërisë të sipërfaqes së pjerrët , α është këndi ndërmjet dy rreze vektorëve prej $\vec{r}$ prej
burimit të dritës deri te sipërfaqja elementare e shqyrtuar dhe normalja e sipërfaqes së shqyrtuar. Kuptohet se ndritshmëria e sipërfaqes është më e madhe nëse $\alpha=0$. Largësia prej sipërfaqes së nriçuar është shumë e madhe në krahasim me dimensionet e sipërfaqes së ndriçuar. Njësia fotometrike në SI është luks (fig. 3).

$$1\ \text{lx} = 1\ \text{lm/m}^2$$

Luks është ndritshmëria e sipërfaqes prej 1 m^2 te e cila biefluks drite drejtvizorisht e shpërdar prej 1 lm.
Njësia energjetike, radiometrike për ndritshmërinë është W/m^2. Lidhja ndërmjet njësisë fotometrike dhe energjetike është:

$$1\ \text{lx} = 1\ \text{lm/m}^2 = 1/683\ \text{W/m}^2.$$

Ligji Lambert-Berov (8) mund të shfrytëzohet për caktimin e intensitetit të dritës të ndonjë burimi.
Nëse te ndonjë sipërfaqe prej dy burimeve bie dritë dhe shkakton ndritshmëri të barabartë, atëherë prej barazimit paraprak fitohet se

$$E_1 = E_2 \qquad (9)$$

respektivisht

$$\frac{I_1^2}{I_2^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \qquad (10)$$

d.m.th., intensitetet e dy burimeve të dritës të cilët një lloj ndriçojnë ndonjë sipërfaqe qëndrojnë si katrorët e largësive të tyre prej asaj sipërfaqe. Në bazë të barazimit (10) funksionon fotometri i Bunzenovit.
Burim pikash është aproksimin matemtikor. Nurimet reale të dritës janë trupa të ndritshëm me dimensione të fundshme. Te burimet e këtilla kuptimi intensitet i burimit të dritës është i pamjaftueshëm meqë pika të ndryshme prej sipërfaqes së burit të dritës japin flukse të ndryshme.Për burime të këtilla është futur LUMINANCË-*L* ose SHKËLQIM i sipërfaqes së dritës, në ndonjë kahe α.

LUMINANCA-*L* është madhësi e barabartë me herësin e intensitetit *I* të asaj kahe dhe syprinës *S* të sipërfaqes së dritës të rradshit normal në drejtimin e dhënë.

$$L_\varphi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S \cos\alpha\ \Delta\Omega}$$

ose

$$L_\varphi = \frac{I}{S\cos\alpha} \quad . \qquad (9)$$

Siças barazimit të fundit, $L\varphi$ të burimit të dritës së dhënë varet prej fluksit të dritës që ndriçon njësi syprinë prej burimit të dritës në njësi të këndit hapësinor. Njësiaenergjetike është 1 $W/(m^2\ sr)$, kurse njsia vizuele në SI është 1 nt (nit),

$$1\ \text{nt} = 1\ \text{cd/m}^2 = 1\ \text{lm/(m}^2\ \text{sr)} = 1\ \text{lx/sr}.$$

Shkëlqimi minimal që eregjistron syri është 10^{-6} nt, kurse shkëlqimi prej $1{,}6\cdot10^5$ nt tesyri shkakton ndjeshmëri të dhembjes.

10. 3. MATJA E MADHËSIVE FOTOMETRIKE. FOTOMETRIA

Për caktimin e madhësive fotometrike duhe të dihet intensiteti i dritës së burimin e dhënë të dritës. Që të caktohet intensiteti i dritës në burimin e dhënë të dritës bëhet duke krahasuar ndritshmërinë që e krijon ai burim dhe ndriçimin që e krijon burim tjetër me intensitet të njohur të dritës. Krahasimi i ndritshmërisë mund të kryhet në dy mënyra: me ndihmën e syrit (metoda vizuel ose subjektive) ose me ndihmën e fotoelemnteve ose termoelementeve (metoda objektive).

Instrumentet me të cilët kryhet karahasimi intensitetit të dritës janë **fotometrët**.Të atillë ka shumë lloje, por më së shpeshti e përbashkët është shfrytëzimi i barazimit (7). Të atillë janë fotometri me hije (Rumford, 1794), fotometri i Bunzenit me njollë yndyre, fotometri i Riçit etj.

Metodat vizuele bazohen në vetinë e syrit të mund saktë t'i njoh sipërfaqet e ndryshme të ndritshme. Prandaj te metodat vizuele roli i syrit sillet në atë të thuhet kur ndodh barazimi i ndritshmërisë të dy sipërfaqeve të ndryshme të cilat janë ndriçuar prej burimeve të dritave të krahasueshme.

Fotometri i Bunzenit përbëhet prej letrës së bardhë që në medis ka njollë yndyre. Fotometri dhe burimet l_1 dhe l_2 që krahasoheb janë vendosur në lartësi të barabarta të kundërta të njollës së yndyrës. Ato mund të zhvendosen sipas gjatësisë së binarit optik. Drita prej burimit l_1 e ndriçon letrën, ashtu që njolla e shikuar nga ana e atij burimi do të jetë më e errët në krahasim me rrethin e tij, pasi njollamë shumë e lëshon dritën. Nga i njëjti shkak, njolla do ë jetë më e ndriçuar, nga ana e burimit l_2. E njëjta kjondodh edhe gjatë ndriçimit të njollës me e burimit l_2. Duke i ndryshuar largësitë r_1 dhe r_2 të burimeve të dritës deri te fotometri, mund të arrihet njolla të zhduket gjatë ndriçimit të letrës prej të dy anëve do të jetë e barabartë.

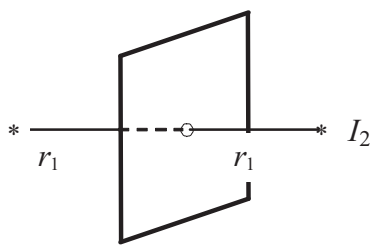


Fig. 1

Te të dy burimete dritës me intensitet I_1 dhe I_2 , që gjenden në largësi r_1 dhe r_2 prej të njëjtëssipërfaqe, ku rënia normale e rrezeve të dritës, ndritshmëria që do ta shkaktojnë do të jetë:

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{и} \quad E_1 = \frac{I_1}{r^2} \tag{1}$$

Gjatë zgjdhjes së përshtatshme të largësive r_1 dhe r_2 mund të arrihet ndritshmëria e sipërfaqeve që e japin të d burimet të jetë e njëjtë. Po ashtu duhet pasur kujdes burimet të jenë nën kën-

din e njëjtë në lidhje me fushën që ndriçohet.

$$E_1 = E_2 \tag{2}$$

prej ku vijon $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$; ose $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$ (3)

d.m.th., intensitetet e dy burimeve t dritës që janë të barabartë ndriçojnë dnonjë sipërfaqe qëndrojnë sikurse katrorët e largësive të tyre deri te fotometri.

Prej barazimit (3) është e qartë se kur shfrytëzohet etaloni- burimim drite mund të caktohet intensiteti i burit të dritës së panjohur gjatë matje së largësive r_1 dhe r_2 .Në realitet kjo është edhe baza e fotometrisë

Fotometrat e shfrytëzojnë barazimin (3). Te çdo fotometër vërehet ndonjë fushëku një pjesë është e ndriçuar vetëm prej njërës, kurse pjesa tjetër prej tjetrit burim të dritës. Po ashtu, duhet pasur kujdesburimet të jenë nën të njëjtin kënd në lidhjeme fushën që ndriçohet.

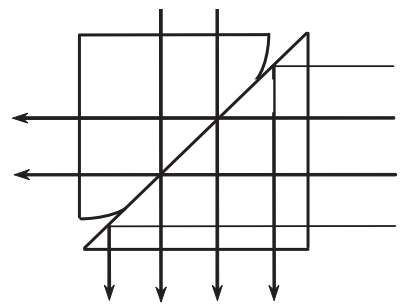


Fig. 2

Njëri nga fotometrët vizuel më të përsosur është Lumer-Brodin. Te ai pjesa më e rëndësishme është kubi i Lumerit që hyn në pjesën përbërëse dheteshumë fotometra tjerë. Kubi përbëhet prej dy prizmave drejtkëndore (fig. 2). Brinja e njërës prej tyre është grihë në skajet. Prizmat janë poluar mirë dhe në vendin e prekjes janë si trup i rrezatuar. Skema dhe forma e fotometrit të Lumer-Brodinit janë dhënë në fig. 3. L_1 dhe L_2 janë burime të dritës që duhet të krahasohe. S është ekrani i bardhë që në mënyrë difuzike e shpërdan dritën. Kjo dritë e shpërdarë reflektohet prej pasqyrave të barabarta M_1 dhe M_2 të kubbit të Lumerit. Te prizmës A bie dritë prej burimit L_1 (te fusha e dukshme është rreth i ndritshëm), kurse te prizma B prej burimit L_2(në fushën e

dukshme ajo është hapësirë përreth rrethit të ndritshëm). Drita e A mund të vjen te largpamësi vetë nëpërmjet sipërfaqes prekëse orej hipotenuzës, kurse prej prizmës B vetëm prek reflektimit të skajeve të hiptenuzës.

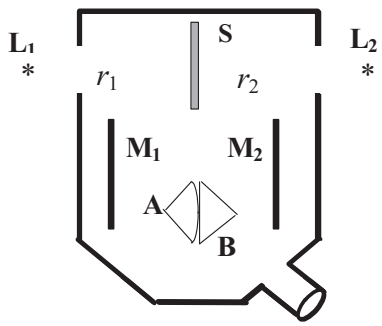


Fig. 3

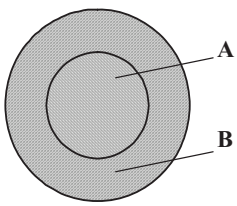


Fig. 4

Vëzhguesi shikon te fushat të cilat janë ndrysçuar në mënyra të ndryshme (fig. 4). Duk e lëvizur njërin burim, arrihet të zhduket kufiri ndërmjet të dy fushave dhe tërë hapësirës të jenë një lloj të ndriçuara. Kjo do të ndodh për $E_1 = E_2$. Prej barazimit (3) gjendet intensiteti i panjohur i burimit të dritës, paraprakisht duke matur largësitë r_1 dhe r_2.

Fotometrët vizuel japinrezultate të mira vetëm kur të dy burimet të dritës ndriçojnë me gjatësi valore të njëjtë. Kur kjo nuk është plotësuar, rezultate e fituara nuk janë korekte për shkak të ndijshmërisë jo të njëjtë të syrit nga gjatësitë valore të ndryshme. Prandaj shfrytëzohen fotometrat objektiv të cilët, gjithashtu mundësojnë matjen e intensitetit të një burimi të dritës nëse dihet intensiteti i burimit tjetër i dritës. Ato japin rezlatet më t sakta dhe për këtë qëllim shfrytëzohen ***luksmetra***.Te ato ndritshmëria e matur direkt lexohet.

Fotometrat e këtillë përbëhen prej fotocelulës që është e lidhur me qark të rrymës te galvanometri. Drita që bie te fotoelementi direkt shndërrohet në energji elektrike. Nën ndikimin e dritës, fotoelementi jep rrymë elektrike intensiteti i së cilës është aq më e madhe sa është më e madhe ndritshmëria esipërfaqes së vet. Domethënë, rryma nëpër galvanometrin është proporcionaleme ndritshmërinë. Shkalla e galvanometrit në vend në ampera është shkallëzuar në luks. Gjatë matjes fotocelula është vendosur në sipërfaen ndritshmëria e së cilës matet dhe lexohet ndrithsmëriapërkatëse në shkallën e galvanometrit.

Luksmetra të atillë, të njohur si eksponometra, janë ndërtuarnë aparatet më të mirë fotografikë dhe me ndihmën e tyre caktohet ekspozicioni gjatë fotografimit të objekteve varësisht prej ndritshmërisë së tyre.

DETYRA.Me ndihmën e fotometrit të Bunzenit të caktohet intensiteti i burimit të dritës, nëse dihet intensiteti i një burimi standard. Për çdo burim të dritës bëhen më shumë matje gjatë largësive të ndryshme. Rezultatet rregullohen në tabelë dhe tregohen nëpërmjet gabimeve gjatë matjes.

SHEMBULLI 1.Llamba cilindrike luminiscente me diametër 3 cm dhe gjatësi 30 cm (neonkë), në largësi prej 6 m në kahe normale të boshtit të llamabës, krijon ndriçim prej 1 lx. Të caktohet: a) intensiteti i burimit të dritës në kahen e normales së boshtit të llambës. b) luminacionn (shkëlqimin).

Zgjidhje.Pasi gjatësia e llambës është 20 herë më e vogël se largësia 6 m ku matet ndritshmëria,llamba mund të shqyrtohet si burim pikash, pra e shfrytëzojmë barazimin (3), prej ku për intensitetin e burimit të dritës fitohet:

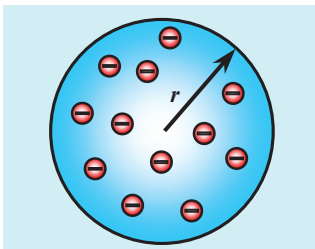
$$I = E r^2;\ I = 1\text{lx}\cdot 6^2;\quad I = 36\ \text{cd}$$

Luminacioni I_φ aktohet prej barazimit (9): $L_\varphi = \frac{I}{S}$; ku S është sipërfaqja e llambës e shikuar prej vendit të ndriçimit. Për shkak të formës së saj cilindrike sipërfaqja e pashme e ka formën e drejtkëndëshit me gjatësi të barabartë me gjatësinë e llambës dhe gjerësia e barabartë me diametrin e llambës. Prandaj $S=ld$, ku l=0,3 m, kurse d=0,03 m. Me zëvëndësim fitohet:

$$L_\varphi = \frac{I}{ld} = \frac{36\,\text{cd}}{0{,}3\cdot 0{,}03} = 4\cdot 10^3\ \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}\ .$$

11. 1. MODELET E ATOMIT

Deri në fillim të shekullit XX, në bazë të eksperimenteve të shumta është mbledhur një numër i madh i njohurive se atomi nuk është grimcë e vogël e pandashme e materies dhe se ai është i përbërë prej grimcave të elektrizuara negativisht. Në këtë dëshmojnë zbulimet, sikurse janë: rrezet katodike dhe rrezet e kanalit si tufë e grimcave negative dhe pozitive, jonizimi, radioaktiviteti natyror, rrezet rëntgen,emisioni termoelektronik, efekti fotoeletrik. Prandaj, domosdo shtrohet pyetja. *Si është ndërtimi i vet aotmit*?



Modeli i atomit sipas Tomsonit

Me qëllim që të përcaktohn karakteristikat fizike të atomit (madhësia, struktura, ngarkesa, energjia) dhe ndërtimi i tij, pamja e atomit tregohet me ndihmën e modeleve.

Njëri prej modelve të para është modeli i *Tomsonit për atomin* (fig. 1),i propozuar më vitin 1903 nga J. Tomson. Në pajtimme këtë model, atomi është sferë e grimcave elektrike pozitive në të cilën janë shpërdarë elektronet negative, ngjashëm sikurse rrushi i thatë në puding.

Sipas këtij modeli, elektronet lëkunden rreth pozitave të tyre baraspeshuese (ekuilibruese). Me qëllim të që të shpjegohet shkarkesa elektrike nëpër gaz, elektroliza etj.

Por, dëshmi të forta në sqarimin e strukturës së atomit janë dhënë me eksperimentet e E Radhrford.

Modeli planetar i atomit.Në bazë të rezultateve eksperimentale të fituara gjatë shpërdarjes së grimcave α (atome të heliumit dyfish të jonizuara) nga fletët e holla të arit, të mbështetur në logaritjet teorike, Radhërfordi më vitin 1911 we propozoi modelin e parë eksperimental të atomit. Në literaturë ky model i atomit haset me emrin: *model planetar, model bërthamor (nuklear) i atomit* (meqë atëherë për të parën herë përmendet bërthama e atomit).

E. Radhërfordi dhe bashkëpunëtorët e tij H. Gajger dhe E. Marsden, me qëllim që të provojnë shpërndarjen e ngarkesave pozitive në atomin, i kanë nmëruar grimcat α të shpërndara nga fletët e holla të arit, respektivisht shintilimet (xixëllimet) që ikrijojnë grimcat α në një ekran luminishent. Nga eksperimenti i dhënë përfundimet vijuese:

- numri më i madh i grimcave α kalojnë nëpër fletën e arit të pashmangie. Kjo do të thotë se në atomet ka zbrazëti të mëdha;

-shumë ivogël është numri i grimcave α të cilat gjatë kalimit nëpër fletën e hollë shmangen nën kënd prej 90^0 ose kënde më të mëdha. Kjo sjellje është lidhur me renditjen hapësinore të ngarkesave elektrie të atomit.

Nuk ka dyshim se ndryshimi i drejtimit të lëvizjes së grimcave α është rezultat i bashkëveprimit të tyre me ngarkesat elektrike pozitive të atomit.

Në bazë të rezultateve eksperimentale E. Radhërfordi erdhi në njohuri se çdo atom është përbërë prej bërthamës pozitiveisht të elektrizuar me ngarkesë *Ze* (*Z*-numri rendor i elementit në sistemin periodik të Mendelevit, *e* ngarkesa elektrike elementare), ndërsa nëpër orbita të mbyllura lëvizin elektronet.

Nëse elektronet hyjnë në përbërjen e atomeve, ndërsa elektroni është elektroneutral, rrjedh përfundimi se *ngarkesat elektrike pozitive në atomin duhen të jenë të barabarta me ngarkesat negative të elektroneve,* d.m.th., rreth bërthamës lëvizin *Z* elektronet në vijë rrethore.

Sipas logaritjeve, rrezja e bërthamës së atomit është $\sim 10^{-15}$ m (atomi e ka rrezen $\sim 10^{-10}$ m). Meqe -nëse ka pak gjasa që grimcat α në rrugën e tyre ta godasin bërthamën e vogël të atomit (ngjashëm sikurse të godasim saçme plumbi në një mullar të madh bari), pjesa më e madhe e tyre kalojnë nëpër fletën e hollë. Masa e elektroneve paraqet pjesë

krejtësisht të vogl nga masa e bërthamës së atomit. *Kjo do të thotë, mund të merret se e tërë masa e atomit është e përqëndrueshme në bërthamën e tij*.

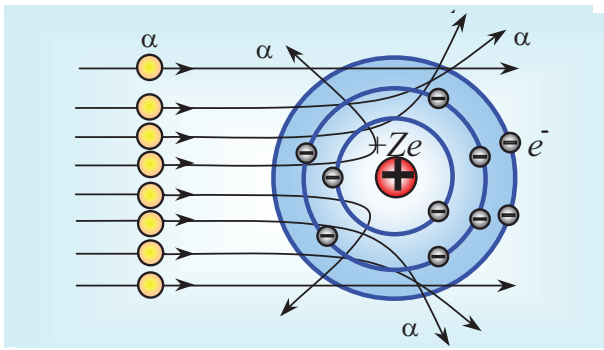


Fig. 2. Rrugët e grimvave α të shpërdara gjatë kalimit pranë njërit nga atomet e fletës së hollë metalike prej ari

Sipas ligjeve të fizikës klasike modeli i Radhërfordit për atomin mund të jetë stabil vetëm atëherë kur elektroni me masë m_e dhe ngarkesë e lëvizrreth bërthamës nëpër orbita rrethore me rreze r. Nxitimi cetripetal që e ka elektroni është drejtuar kah qendra e rrethit. Bërthama dhe elektroni bashkëveprojnë me forcën e Kulonit, ashtu që sipas ligjit të dytë të Njutnit mund të shkruhet:

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Ze^2}{r^2} \ . \qquad (1)$$

ku v është shpejtësia llineare e elektronit; ε_0 është konstanta dielektrike e vakumit; Ze është ngarkesa elektrike e bërthamës. Në barazimet e fundit dy të panjohurat, rrezja r dhe shpejtësia lineare v, mund të kenë pafund shumë vlera, respektivisht r dhe v ndryshohen kontinualisht, ashtu që gjatë kalimit të elektronit nganjëra orbitë në tjetrën mund të rrezatohet energji e çfarëdoshme, do të thotë spektrat e atomeve do të duhej të ishin kontinual. Por, në realitet, eksperimentet tregojnë se atomet kanë spektra linear që janë karakteristikë për çdo element.

Sipas ligjeve të elektrodinamikës klasike, elektroni duke lëvizur me nxitim domosdo duhet të emetojë valë elektromagnetike, ndërsa me ate zvogëlohet energjia etij. Për shkak të humbjes së shpejtë sistematike të energjisë, elektroni nuk do të mund të lëviz nëpër orbtame rreze konstante, ashtu që rrezja e tij gradual lisht do të zvogëlohet dhe elektroni do të duhej të bjerë në bërthamën e atomit, gjëqë është në kundërshtim me eksperimentete (fig. 3).

Kur elektroni do t'i afrohej bërthamës së atomit, do t zmadhohet numri i rrotullimeve që i bën elektroni në

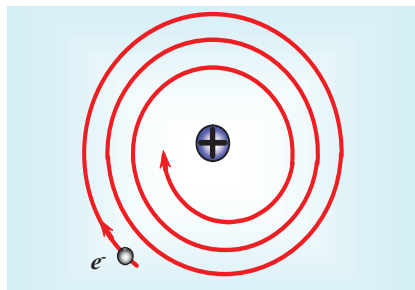


Fig. 3

njësi kohe. Në pajtim me ligjet klasike, duhet pandërprerë të zmadhohet edhe frekuenca e rrezatimit elektromagnetik të emetuar.

Pavarësisht nga ajo se modeli i Radhërfordit është njëhap përpara në lidhje me idenë e ndërtimit të atomit, megjithatë, modeli kështu i menduar ka më tepër mangësi. Ai nuk ka mundur të përfshihet në suazat e fzikës klasike. Supozimin për lëvizjen e elektroneve nëpër orbitat rrethore Radhërfordit e ka dhënë për shkak se vetëm nën kushte të këtilla ata mund të gjenden në largësi të caktuara nga bërthama e atomit. Sikur elektronet të ishin në prehje, do të ishin të tërhequr nga bërthama, e me këtë atomi do të pushonte së ekzsituari si i tillë.

Ndonëse sipas modelit të Radhërfordit për atomin mund të realizohet njëfar stabiliteti i atomit, kanë mbetur shumë pyetje tëcilave ky model nuk mund t'u jep përgjigje: me atë nuk ka mundur të shpjegohet përfitimi i spektrave linear, si edhe të gjitha dukuritë tjera në lidhje me emisionin dhe absorbimin e rrezatimit elektromagnetik.

Këto kundërthënie qartë tregojnë se igjet për mikrobotën nuk janë të njëjtë me ata që vlejnë për mikrobotën.

11.2. MODELI I BORIT PËR ATOMIN

N. Bor e mbajti idenë themelore për modeli planetar të atomit, por në të zbatuar kuantizimin. Gjatë formulimit të modelit, Bori është udhëhequr nga kuptimet kuantike për emeisionin dhe absorbimin e rrezatimit të propozuar nga Planku dhe Ajnshtajni, por ai ka fituar supozime të caktuara të cilët nuk kanë bazë me fizikënklasike.

N. Bor më vitin 1913 e propozoi teorinë e cila zbatohet jo vetëm te atomi më i thjeshtë-atomi i hidrogjenit por edhe për *atomet të ngjashëm me hidrogjenin* të cilët janë të përbërë prej bërthamës së atomit me ngarkesë elektrike *Ze* dhe një elektron rreth bërthamës. Sistemet e këtilla janë jonet He^{+}, Li^{2+}, Be^{3+} etj.Bori pa kurfar vërtetime i propozoi këto postulate kuntikesi vijon:

Postulati i parë i Borit (postulat për gjendjet stacionare): nga numri i pafundshëm i orbitave të elektroneve, të cilët janë të mundshëm sipas fizikës klasike, ekzistojnë vetëm orbita rigorozisht të caktuara me energji të caktuara. Këtoorbita të mundshme u quajtën ***orbita stacionare***.

*Elektroni kur lëviz nëpër orbita stacionare nuk emeton rrezatim elektromagnetik,pa dallim se lëviz me nxitim. Atomi, elektronet e të cilit gjenden në orbita stacionare është stabi*l. Këto gjendje të atomit janë të pavarur nga koha dhe quhen gjendje stacionare.

P***ostulati i dytë i Borit*** (rregulla për kuantizimin e orbitave) ekzsitojnë vetëm ata orbita stacionare të elektronit për të cilat momenti i impulsit të elektronit i cili është i barabartë me prodhimin e impulsit të tij $p=mv$ dhe rrezes r, është madhësi ekuantizuar, do të thotë fiton vetëm vlera të caktuara diskrete:

$$m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi} \quad , \qquad n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots . \quad (1)$$

ku me është masa e elektronit, vn shpejtësia në orbitën n me rreze rn, h është konstanta e Plankut, n është numrë i plotë pozitiv, më vonë u quajtë **nmri kryesor kuantik**.

P**ostulati i tretë i Borit** (rregulla për frekuencat):-gjatë kalimit të atomit nga në gjendje stacionare me energji E_n në njëgjendje të dytë stacionare me energji E_m, ai emeton ose absorbon një kuant me energji *hf*, ashtu që ai kuant është i barabartë me ndryshimin e energjive të këtyre dy gjendjeve.

Për $E_n > E_m$ atomi emeton foton me energji

$$hf_{\text{nm}} = E_n - E_m \quad (3)$$

Në këtë formulë E_{nm} është frekuenca e fotonit të emetuar ose, sikurse akoma quhet *frekuenca e kalimit* nga gjendja *n* gjendjen *m.* Këto kalime quhen ***kalime kuantike***.

Për të kaluaratomi prej gjendjes me energji më të vogël E_m në gjendjenme energjimë të madhe E_n është e nevojshme ai të absorboj foton me energji $hf_{\text{nm}} = E_n - E_m$

Postulat nga fjala latine postulatum-nevojë. Postulatet shfrytëzohen pa argumente si bazë pët të krijuar teori shkencore.

Teoria e Borit lehtë dhe në mënyrë të kapshme e përshkruan lëvizjen e elektroneve rreth bërthamës së atomit dhe emisionin edhe absorbimin e energjisë te atomet.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Cilat janë mangësitë e modelit të Tomsonit për atomin?

2.Cilat janë mangësitë e modelit të Radhërfordit për atomin?

3. Si shprehen postulatete Borit?

N. Bor (Niels Henrik Bohr, 1885-1962). Pas kryerjes së studimeve një kohë ka punuar me Xh. Xh. Tomson, e maje edhe me mësuesin e tij E Radhërfordi. Është autor edhe i teorisë për bërtthamën e përbërë. Më vitin 1922 për rezultatet nga fusha e teorisë përstrkturëne e atomit eka marrë çmimin Nobl.

11.3. SHPJEGIMI I SPEKTRAVE TË ATOMIT TË HIDROGJENIT DHE MODELI I BORIT

E domosdoshme ishte pyetja:a është e mundur duke i shfrytëzuar postulatet e Borit, t'i përcaktojmë rrezet e orbitave stacionare, shpejtësinë lineare të elektroneve dhe energjinë e atomit të hidrogjenit?

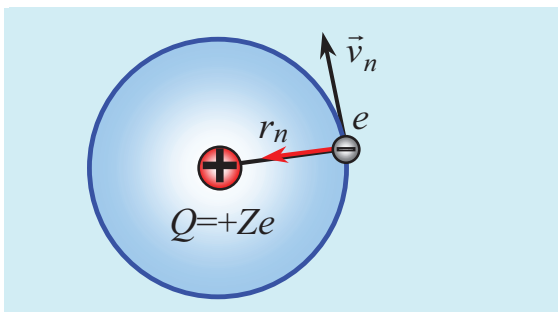


Fig. 5

Të përkujtohemi se sipas këtij modeli elektroni rreth bërthamës atomike të hodrogjenit dhe joneve të ngjashme me atë, lëviz nëpër orbita stacionare të caktuara ne dy kushte: njëri klasik dhe tjetri kuantik. Le të supozojmë se ekziston atom i përbërë nga bërthama me ngarkesë *Ze* dhe dhe një elektron (fig. 1). Gjatë lëvizjes së njëtrtajtshme të elektronit nëpër orbitënstacionare *n*- me rreze r_n, është plotësuar kushti klasik:

$$\frac{m_e v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Ze^2}{r_n^2}, \qquad (1)$$

ku m_e është masa e elektronit, v_n është shpejtësia e tij lineare, e_0 është konstanta dielektrike e vakumit.

Orbitat rrethore të lejuara të elektronit janë përcaktuar me kushtin kuantik,të dhënë me postulatine dytë të Borit:

$$m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi} \ . \qquad (2)$$

Meqenëse prej barazimit (1) dhe (2) ekzistojnë vetëm dy madhësi të panjohura, është e mundshme nga ata të caktohet shpejtësia v_n dhe rrezja r_n. Nga Barazimi (2) fitohet:

$$v_n = \frac{n\,h}{2\pi\ m_e r_n}; \qquad n = 1, 2,... \qquad (3)$$

Nëse barazimi (3) ngritet në katror dhe zëvëndësohet te (1), për rrezen e orbitës stacionare *n*-fitohet:

$$r_n = n^2\,\frac{\varepsilon_o h^2}{Ze^2 m_e \pi} \ . \qquad (4)$$

Për atomin e hidrogjenit (Z=1) orbita e parë stacionare (n=1) ka rreze më të vogël. Ajo është:

$$a_o = r_1 = \frac{\varepsilon_o h^2}{e^2 m_e \pi} \ . \qquad (5)$$

Madhësia a0 është quajtur ***rreze e Borit***. Sipas modelit të Borit, elektroni te atomi i hidrogjenit mund të lëviz nëpër orbita rrethore vetëm me rreze të caktuara. Rrezet r_1, r_2, r_3,...,r_n paraqesin rrezet e orbitës së par, dytë, tretë, ... ,n të Borit. Rrezet e orbitave rrethore stacionare të elektronit te atomi i hidrogjenit ndërvedi sillen si katrorët e numrave të plotë natyror.

$$r_1 : r_2 : r_3 : \ldots r_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 : \ldots n^2$$

SHEMBULLI 1. Sa është madhsia e rrezes së parë dhe të dytë të Borit të elektronit në atomin e hidrogjenit?

Zgjidhje.Duke shfrytëzuar barazimin (4), do ta përcaktojmë rezene orbitës më të afërt të atomit të hidrogjenit, d.m.th., rrezen a_0 të Borit:

$$a_o = r_1 = \frac{\varepsilon_o h^2}{e^2 m_e \pi}$$

$$a_o = \frac{8{,}854\cdot 10^{-12}\ \mathrm{C^2 m^{-2} N^{-1}}\,(6{,}626\cdot 10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s})^2}{\pi\cdot(1{,}60218\cdot 10^{-19}\ \mathrm{C})^2\cdot 9{,}10938\cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}}$$

$$a_o \approx 0{,}53\cdot 10^{-10}\ \mathrm{m}\,.$$

Kjo madhësi është në pajtim me atë që dimë për madhësinë e rrezes së atomit.

Rrezja edytë e Borit është:

$$r_2 = 2^2 a_o = 4 a_o .$$

Rrezja e orbitave stacionare të elektronit është madhësi e cila vështir mund të matet. Megjithatë, energjinë që e absorbon ose e emeton atomi, eksperiomentalisht mund të caktohet. Sipas postulatit të parë të Borit, elektroni lëviz në orbita stacionare të cilëve u përgjigjet energji saktë të caktuar. Energjia E_n e elektronit në atomin e hidrogjenit përcaktohet me:

$$E_n = -\frac{1}{n^2}\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_o^2 h^2} \qquad n = 1, 2,.. \qquad (6)$$

Barazimi (6) tregon se energia *e elektronit (bashkë me atë edhe e atomit) është e kuantizuar, d.m.th., janë të lejuara disa vlera të energjisë*. Vlera negative e nergjisë tregon de ekziston sistem i lidhur: bërthama dhe elektroni formojnë atom.

Atomi mund të gjendet në gjendej energjetike të ndryshme të cilat përcaktohen me numra të plotë (kuantik) *n*. *Përderisa ekziston gjendje e lidhur ndërmjet elektronit dhe bërthaës së atomit, energjia ka vlera negativ*e. ***Energjia e elektronit të lirë nuk është e kuantizuar***.

Energjia më e vogël e mundshme e atomit i përgjigjet gjendjes themelore, ku n=1. Gjendejet me $n > 1$ kanë energji më të mëdha, dhe ata janë gjendje të ekscituara (ngacmuara) të atomit.

Te barazimi (6) nëse zëvëndësohen vlerat për masën dhe ngarkesën e elektronit, konstantën dielektrike ε_0 dhe konstanten e Plankut, do të fitohet energjia e orbitës *n*- të Borit, ajo ëdhtë:

$$E_n = -2{,}18 \cdot 10^{-18}\,\frac{1}{n^2}\ \mathrm{J} = -13{,}598\frac{1}{n^2}\ \mathrm{eV}$$

$E_1 = -13{,}6\ \mathrm{eV}$, n=1, është orbita e parë e Borit

$E_2 = -\frac{1}{4}13{,}6\ \mathrm{eV}$, n=2, është orbita e dytë etj.

Domethënë energjia rritet me $1/n^2$ (pasi është negative) dhe për $n \to \infty$ tenton nga zero: atëherë elektroni shkëputet nga atomi, d.m.th., atomi jonizohet.

Do të theksojmë se energjinë e përgjithshme që e ka elektroni në njërën nga orbitat stacionare i përgjiogjet një ***niveli energjetik*** (gjendja kuantike e atomit). Sipas kësaj, për çdo orbitë stacionare të elektronit, stomi kas nivel energjitik saktë të caktuar.

Gjatë zamdhimit të n, nivelet energjetike afrohen kah një kufi, i cili i përgjigjet vlerës në pakufi $n \to \infty$.

Sipas postulatit të tretë të Borit gjatë kalimit nga një nivel energjetik me energji E_n në nivelin energjetik më të ulët E_m *(n > m)*, emetohet kunat me energji:

$$E_f = hf = E_n - E_m = \frac{m_e e^4}{8\ \varepsilon_o^2\ h^2}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (7)$$

Po ashtu, shprehja

$$R = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_o^2 h^3 c} \qquad (8)$$

është e njohur si konstantë e Ridbergut R.
Sipas kësaj, barazimi (7) merr formën:

$$f = cR\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad m < n . \qquad (9)$$

Frekuencat e njehsuara, (respektivisht gjatësitë valore), për vijat spektrale të atomit të hodrogjenit sipas barazimit (9), plotësisht pajtohen me rezultatet eksperimentale. Kjo ishte një dëshmi e sigurtë që e vërteton *saktë dhe zbatueshëmërin[e teorissë së Borit gjatë shpjegimit të spektrit të hidrogjenit*.

Barazimet e përmendura të Borit mundësojnë që grafikisht thjesht të paraqitet krijimi i vijave spektrale dhe ligjshmëritë e serive spektrale te atomii hidrogjenit.

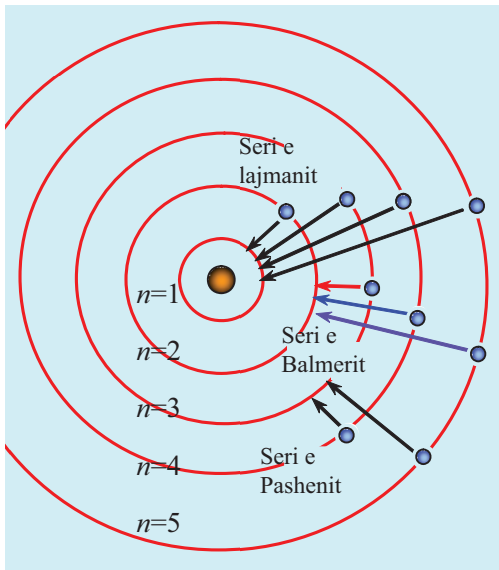


Fig. 2

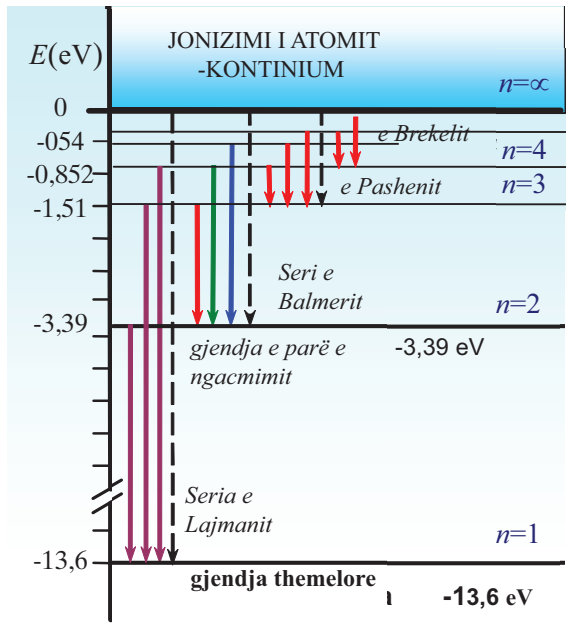


Fig. 3.Radhitja e niveleve energjetike te atomi i hidrogjenit dhe kalimet e mundshme kuantike

Në figurë 2 janë paraqitur skematikisht orbitat rrethore të undshme të elektronit te atomi i hodrogjenit. Shigjetat tregojnë nga cila orbitë në cilën orbitë elektroni kërcen. Njëkohësisht çdo shigjetë simbolizon edhe një vijë spektrale. Këtu qartë shihet se një seri spektrale e krijojnë të gjitha vijat që fitohen nga kërcimet e elektronit nga cilado orbitë më e largët në orbitën e caktuar.

Përfitimi skematik i vijave spektrale dhe seritë në spektrin e hodrogjenit shëmë më qartë paraqiten ndërmjet niveleve energjetike të atomit.

Në fig. 3 me vija horizontale janë paraqitur nivelet energjetike të atomit të hidrogjenit, d.m.th., gjendjet e mundshme energjetike (gjendejt kuantike të atomit të hidrogjenit). Vija horizontale e shënuarme n=1, e paraqet gjendjen energjetike më të ulët të atomit, respektivisht gjendjen themelore enegjetike kur atomi nuk është i ngacmuar. Vija e mësipërme, e shënuar me n=∞, e paraqet kufitin e spektrit energjetik diskret të atomit, respektivisht nga atje elektroni e lëshon atomin dhe emetohet spektër kontinual.

Çdo segment vertikal me shigjetë simbolizon nganjë kalim kuantik të atomit, ndërsa njëkohësisht edhe nga një vijë spektrale që paraqitet gjatë atij kalimi.

Kur elektroni kalon nga cilado orbitë më e largët (n=2, 3, 4, ...) në të parën (m=1) fitohet seri e Lajmanit. Kjo seri gjendet në pjesën ultravjollcë të spektrit. Frekuenca e vijave spektrale njehsohet me barazimin:

$$f = Rc\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad , \quad n=2, 3, 4 \ldots . \qquad (9)$$

Seria e Balmerit fitohet kur elektroni kërcen nga cilado orbitë më e largët (n=3, 4, 5,...) në të dytën (m=2). Kjo seri gjendet në pjesën e dukshme të spektrit:

$$f = Rc\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad , \quad n= 3, 4, 5 \ldots . \qquad (10)$$

Mund të përfundohet se me modelin e Borit për atomin në mënyrë të thjeshtë mund të shpjegohet spektri ihidrogjenit, por jo edhe i atomeve më të përbërë.

SHEMBULLI 2. Sa energji minimale duhet të absorbojë atomi i hidrogjenit për t'u jonizuar?

Zgjidhje. Ajo energji është e barabartë me energjinë për „shkëputjen" e elektronit nga atomi i H:

$E = E_\infty - E_1$; каде што $E_1 = -\dfrac{m_e e^4}{8\varepsilon_o^2 h^2}$; n=1

$$E_1 = -\frac{9{,}11\cdot 10^{-34}\cdot 1{,}6^4\cdot 10^{-76}}{8\cdot(8{,}85\cdot 10^{-12})^2\cdot(6{,}62\cdot 10^{-34})^2}$$

$$E_1 = -2{,}18\cdot 10^{-18}\ \text{J} = -13{,}598\ \text{eV}$$

$E = 0 - (-13{,}6\ \text{eV}) = 13{,}6\ \text{eV}.$

Të njëjtën energji prej 13,6 *e*V atomi i hidrogjenit e emeton në formë të rrezatimit elektromagnetik kur kalon nga gjendja e jonizuar në gjendjen neutrale, d.m.th., kur joni H^+-pranon një elektron të lirë. Kjo energji quhet ***energji e lidhjes*** së elektronit në atom.

Teoria e Borit me zbatimin direkt të rregullave për kuantizim eshqrtonlëvizjen e elektroneve rreth bërthamës së atomit si lëvizje të thjeshtë mekanike të një trupi në hapësir,edhe pse ajo është më e ndërlikuar. Mungesa më e madhe e teorisësë Borit gjendet te kundërthënia e saj e brendshme: as është kuant në vazhdimësi as është teori klasike në vazhdimësi nga njëra anë zbatohen rregullat për kuantim, por nga ana tjetër mendosn se lëvizja e elektronit bindet në ligjet klasike.

Për këtë shka, probleme me radhë nuk mund të sqarohen e teorinë e Borit. Kështu, përshmebull, nuk mund të sqarohet struktur e orbitave stabile te atomi i heliumit që ka dy elektrone; nuk mund të sqarohet intensitetiti i vijave spektrale të veçanta; pastaj dukuria shkëputje e vijave spektrale; të vargut të vijave të afërta, që kërkon për një vlerë të njëjtë të numrit të kuantit kryesor n të përgjigjen më shumë gjendje të afërta energjetike.

PYETJE DHE DETYRA

1. Çka është vija spektrale? Cilët eri spektrale i ka hidrogjeni? Si paraqiten skemtikisht dhe si fitohen?
2.Cakto shpejtësinë e elektronit në orbitën e parë të Borit dhe krahasoe ate me shpejtësinë e dritës.
(Përgjigje. $2{,}19\cdot 10^6$ m/s)
3. Të njehsohet vlera për konstanten e Ridbergut?
4. Gjatë absorbimit të një fotoni, elektroni në atomin e hidrogjenit kaln nga orbita e dytë stacionare në të tretë. Të caktohet energjia dhe frekuenca e fotonit.
(Përgjigje. 1,88 *e*V; $1{,}78\cdot 10^{14}$ Hz)
5. Cilat kushte shfrytëzohen për caktimin e rrezes, shpejtësisë dhe energjisë së atomit?
6.Çka nuk mundeshte të sqarohet me teorinë e Borit dhe pse?

Kërkoni në veb faqen e internetit

http://www.n-t.org/ri/br/sf05.htm

11.4. LUMINISHENCA

Lminishenca është dukuri e emisionit të dritës që nuk është shoqëruar me emisionin e nxehtësisë. Luminishenca nuk u nënshtrohet ligjeve për rrezatimin e nxehtësisë, pra mund të paraqitet intenzivisht edhe në temperatura të ulëta.

Fjala luminishencë rrjedh prej fjalës latine lumenis që në përkthim do të thotë dritë. Përveç në pjesën e dukshme nge spektri, rrezatimi luminishent mund të jetë nga fusha e ultravjollcë, pra deri te rrezatimi i kuq.

Gjatë absorbimit të çfarëdo lloj energjie, përveçenergjisë së nxehtësisë, grimcat e substancave luminishente (molekula, ato,e dhe jone) kalojnë në gjendje të ngacmimit dhe varësisht prej llojit të substancës në atë gjendje mund të mbesin 10^{-9} s deri në disa orë, ditë, por edhe muaj. Gjatë kthimit të dytë te gjendja energjetike themelore ato emetojnë dritë luminishente.

Energjia që në disa materie shkakton luminishencë mund të jetë e llojeve të ndryshme. Varësisht prej mënyrës së ngacmimit, d.m.th., cili lloj i energjisë shndërrohet në energji të rrezatimit elektromagnetik, ekzsitojnë më shumë lloje të ndryshme të luminishencës, dhe atë:

katodolumishenca bëhet si rezultat i energjisë që e dorëzojnë elektronet (rrezet katodike) gjatë godatjes me pengesën e dhënë materiale. Në bazë të zbatimit të kësaj dukurie punojnë gypa të ndryshme katodike, xehtarët, mikroskopi elektronik;

elektroluminishenca krijohet gjatë shndërrimit direkt të energjisë elektrike në energji të rrezatimit elektromagnetik, dhe atë zakonisht gjatë zbrazjes nëpër gazërat e holluar. Ajo shfrytëzohet për punimin e gypave për reklama osenevoja tjera. Ngjyra e luminishencës varet prej natyrës së gazit. Në këtë princip punojnë edhe ndriçueset fluoroshente;

hemoluminishenca krijohet si rezultat i shëndërrimit të energjisë kimike gjatë reaksioneve kimike të caktuara te rrezatimi elektromagnetik. Për shembull, si pasojë e oksidimit të fosforit, ai ndriçon;

bioluminishenca (hemoluminishenca e organizmave të gjalla) paraqitet gjatë rrjeshje së reaksioneve kimike në organizma të gjallë;

triboluminishenca krijohet gjatë deformimit ose dërmimit të disa kristaleve, ashtu energjia mekanike shndërrohet në rrezatim elektromagnetik;

sonoluminishenca është e ngacmuar nga ultrazëri;

radioluminishenca krijohet nën ndikimin e grimcave me energji të lartë, rrezet radioaktive (ky lloj luminishence është i rëndësishëm gjatë detektimit të rrezatimit jonizues);

rëndgenoluminishenca është luminishenca e shkaktuar me rreze rëntgenit;

foroluminishenca është rezultat i absorbimit të rrezatimit të dritës. Gjatë fotoluminishencës zakonisht për shqetësim shfrytëzohet drita luminishente,por paraqitet rrezatimi luminishent te pjesa e dukshme prej spektrit. Me fjalë tjera,*kur situatae dhënë ndriçohet me dritë me gjatësi valore të caktuar, ajo emeton dritë me gjatësi valore më të madhe.*

Luminishenca mund të dallohet jo vetëm meshkatuesin e tij por edhe sipas ***kohës të jetës në gjendje shqetësuese***, që manifestohet me kohën në zgjatje të emesionit luminishent pas ndërprerjes së ngacmimit.

Trupat që luminishojnë vetëm gjatë kohës ndërsa zgjat absorbimi i energjisë së jashtëme janë trupa fluoroshent, kurse dukuria quhet ***fluoroshencë***.Nëse trupi vazhdon të ndriçoj edhe pas mbarimit të aenergjis së jashtëme të absorbimit, ajo dukuri është ***fosforoshencë***. Fosforshenca mund të zgjas prej dhjetë pjesë të sekondës deri në disa orë, ditë,pra edhe muaj. Ndarjae këtillë mundtëthuhet se është kushtore pasi kufiri kohor i zgjatjes të dritës vështir caktohet.

Trupi a do të fluoroshon ose do të fosforoshon, varet prej mekanizmit sipas të cilit atomi i shqetësuar kalon prej një niveli energjetik më të madhe nga niveli energjetik me energji më të vogël. Fluoroshenca është e duhur për trupat prej të tre gjendjeve agregate, ndërsa fluoroshenca është e duhur vetëm për trupat e ngurtë.

Për rrezatimin luminishent vlen rregulla e Stoksit, sipas të cilës drita ***fotoluminishente karakterizohet me gjatësi valore më të madhe se sa drita që e shkakton fotoluminishenca***.

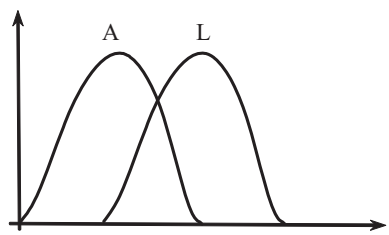


Fig. 1

Si ilustrim i rregullës së Stoksit është dhënë grafiku në fig. 1 ku është paraqitur intensiteti *I* i absorbimit të shiritit të spektrit (A) dhe e emetuara (L) varësisht prej gjatësisë valore λ.

Prej fig. 1 shihet se maksimumi i dritës luminishente L është zhvendosur në lidhje me maksimumin A të dritës së absorbuar nga gjatësitë valore

më të mëdhaja.

Rregulla e Stoksit drejtpërdrejt rrjedh prej natyrës së dritës së kuantit: kur subastanca e dhënë do të ndriçohet me dritë monokromatike me frekuencë f_0, atëherë molekuli (atom, jon) i substancës absorbon foton me energji hf_0 dhe kalon në gjendje shqetësuese. Një pjesë e energjisë së absorbuar molekuli (atomi, joni) mund të humb, duke ua dorëzuar të tjerëve molekulat (atome, jone) në procese jo optike të ndryshme. Energji që ka mbetur gjatë kthimit në gjendjen e shqetësuar molekuli e emeton në formë të fotonit të dritës me energji *hf*. Nësepjesa e humbur me energji janë shënuar me *A*, atëherë vlen:

$$h f = h f \text{o} - A \ . \qquad (1)$$

Pasi $A \geq 0$ dhe $f \leq f$ o, frekuenca e dritës së emetuar është e barabartë ose më e vogël se frekuenca e dritës ekcite.

Gjatësia valore, pra të dritës fotoluminishente është e barabartë ose më e madhe sedrita ekcite

$\lambda \geq \lambda$o. Prandaj, *luminoforët, të ndriçuara me dritë UV, ndriçojnë te pjesa e dukshme e spektrit.*

Fosforoshenca është luminishenca e vazhduar. Pas ndërprerjes së shkakut shqetësues, luminofori ndriçon shumë gjatë, më shumë orë dhe dit. Fosforshenca vërehet te substancat kristalore të cilat quhen ***kristalofosfore***.

Eksperimentet tregojnë se kristalete pastra praktikisht nuk luminishojnë. Që të paraqitet luiminishenca, është e nevojshme të shkatërrohet struktura kristalore. Ajo arrihet duke sjellur atome të metaleve të rënda, të quajtur ***aktivatorë***. Aktivatori sjell deri te dukuria e niveleve plotësuese të gjendjeve energjetike të atomit- ***gjendje metastabile*** E_m.Te ato atomimmund të mbese shumë më gjatë prej 10^{-8} s.

Sasia e aktivatorit mund të jetë e pa përfillshme. Përbërjet e këtilla, te të cilët fosforoshenca është e kushtëzuar prej pranisë së aktivatorit, quhet ***luminoforë***.

trupia dë të fluoroshon ose do të fosforoshon, varet prej mekanizmit sipas të cilit atomi i shqetësuar prej më lartë E_n kalon në nivelin energjetik themelor *E0*. Ky mekanizëm skematikisht është paraqitur në fig. 2.

Nëse atomi pas shqetësimit nuk kthehet direkt prapa te gjendja energjetike themelore E_0, por së pari te ndonjë më e lartë E_m, kurse pastaj në gjendjen themelore, emetohet foton që ka më pak energji prej fotoneve të absorbuara, d.m.th. emetohet foton që ka frekuencë më të vogël prej të absorbuarit.

$$f_{aps} = \frac{E_n - E_{\text{o}}}{h} > f_{em} = \frac{E_m - E_{\text{o}}}{h} \ . \qquad (2)$$

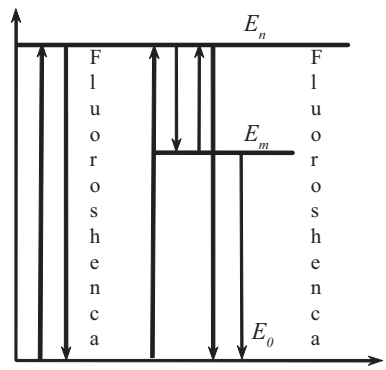


Fig. 2

Luminishenca gjen zbatim të madh te aparatet e ndryshme rëntgen edhe gjatë inçizimeve fluoroshente.

Spektri i luminishencës varet vetëm prej strukturës së substancës. Ajo është shfrytëzuar gjatë ***analizave luminishente spektrale*** për caktimin e përbërjes dhe pastërtisë së substancave.

luminishenca e disa kristalve organike (naftalin, antracen, natriu jodid me prmesa të taliumit) sot shfrytëzohen për detektimin e grimcave të elektrizuara dhe rrezeve γ. Veti të ngjashme tregojnë edhe disa tretje. Gazërat inerte nënndikimin e rrezatimit ose grimcat e elektrizuara,gjithashtu, ëuminishojnëdheprandaj shfrytëzohen për detektimin te scintilacionet numerike.

Fluoroshenca ka zbatimtë gjerë në medicinë. Me analizë të spektrave fluoroshente studiohen makromolekulat. Materialet fluoroshente shftyëzohen për ngjyrosjen fluoroshente të preparateve. Ajo gjen zbatim nëkrimteknikë, areologji dhe në shumë degë tjera të teknikës.

11.5. EMISIONI SPONTAN DHE I STIMULUAR I RREZATIMIT

Në një sistem kuanto-mekanik (ai mund tëjetë atom, molekulë ose jon) energjia e elektroneve mundtë jetëvetëm madhësi e caktuar. Themi se atomi si sistem kuanto-mekanikmund të gjendet vetëm në gjendje energjetike saktësisht të caktuar, respektivishtgjendje kuantike.

Kut të gjithë elektronet e një atomi gjenden në gjendje energjetike më të ulët (themelore), themi se atomi është në ***gjendje ethemelore kuantike***. Atomet në proceset e emisionit dhe të absorbimit të dritës (rrezatimi elektromagnetik) mund të kalojnënga një gjendje kuantike në tjetrën. Kalimet e tilla, më thjeshtë mund tëparaqiten në shembulline sistemit kuantik me dy nivele energjetike m dhe n. Energjitë e këtyre niveleve përkatësisht le të jenë E_m dhe E_n, me këtë rast $E_n > E_m$.

Në një sistem kuantiko-mekanik kalimet energjetike të mundshme realizohen me:

$$hf = E_n - E_m \ , \qquad (1)$$

ku h është konstanta e Plenkut. Me fjalë të tjera fotoni (kuanti me energji) nuk emetohet ose absorbohet në pjesë arbitrarisht, por në porcione rreptësisht të caktuara hf.

Gjatë kalimeve spontane fotonet dallohen ndërmjet vedi në fazë, drejtme të prhapjes, në rrafshe të lëkundjeve dhe në frekuencë. Themi se drita është *jokohrente dhe papolarizuar.*

Nën veprmin e rrezatimit elektromagnetik të jashtëm, përveç absorbimit, është i mundshëm të realizohet edhe ***emisioni i stimuluar***.

Albert Ajnshtajni, që më vitin 1917, në punët e tij teorike ka vërtetuar në mundësinë për një lloj tjetër emisioni, emision i cili është i stimuluar nga jashtëdhe në t cilin mund të qrrihet deri te rrezatimi i përforcuar.

Kalimi i stimuluar nga gjendja me energji më të madhe në gjendjen me energji më të vogël ($n \to m$) dallohet nga kalimi spontan ($n \to m$) (fig. 2).

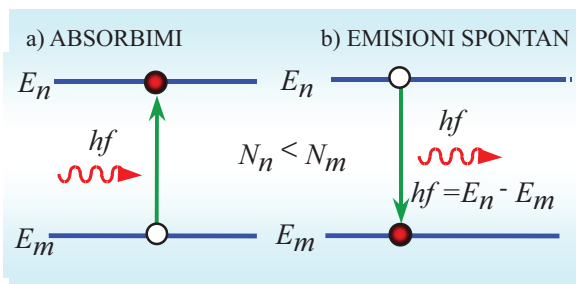


Fig. 1. Paraqitja skematike e absorbimit të rrezatimit dhe emisionit spontan

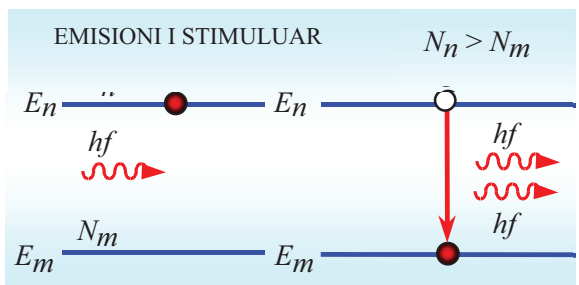


Fig. 2. Emisioni i stimuluar i rrezatimit

absorbim të energjisë, emisionspantan (stihik) dhe emisioni i detyrushëm ose stimulativ.

Absorbimi i energjisë (fig. 1a) bëhetlur atomi, i cili është në gjendje kuantike themelore, fiton energji ga jashtë, domethënë, atomi absorbon energji hf.

Emisoni spontan mund të realizohet kur elektroni kalon nga niveli energjetik më iartë E_n në nivelinenergjetik më i ulët E_m (fig. 1b), në këtë rast sikurse dim emetohet fotonqë është i barabartë me ndryshimin e energjive ndërmjet dy gjendjeve.

Mbi atomin e dhënë **tashmë të ngacmuaar** le të bie kund ti energjisë me madhësi të barabartaë me ndryshimin e nergjive ndërmjet niveleve E_n dhe E_m ($hf=E_n-E_m$). Meqenëse atomi ndodhet në gjendje energjetike, më të lartë, bëhet bashëveprimi ndërmjet fotonit rënës dhe atomit. Fotoni rënës e stimulon atomin që ai të kthehet në nivelin më të ulët dhe në vend të absorbimit, atomi emeton foton me energji $hf=E_n-E_m$ të barabartë me fotonin rënës.

Meqenëse emisionin e stimuluar mund ta shkaktojë vetëm fotoni me energji të barabartë me $hf=E_n-E_m$,tash fitohen dy fotone të cilët kanë gjytësi valorw të barabartë fazë dhe drejtim të përhapjes, ***ata janë koherent***. Ata mund të bashkëveprojnë me dy atome të tjerë të ngacmuar dhe të shkaktojnë dy kalime të reja të stimuluara. Kështu fitohen katër fotone të cilët mund të shkaktojnë katër kalime të reja të stimuluara etj. Kështuqë, në këtë proces numri i foroneve zmadhohet si ortek.

Kur mjedisi material gjendet në kushte natyrore, numri më i madh i atyre atomeve ndodhet në gjendjen energjetike më të ulët, dhe te të gjithë atomet ekzistojnë gjasa të barabarta për kalim kuantik nga gjendja energjetike më e ulët në gjendje energjetike më të lartë (tl ngacmuar) dhe anasjelltas.

Për të ërfituar rrezatim koherent dh të përforcuar, domosdo duhet që mjedisi material i dhënë të sillet në ate gjendje energjetike ku numri i atomeve të ngacmuar (N_n) në njësi kohe dhe njësinë e vëllimit të jetë më i madh nga numri i atomeve në gjendje themelore (*Nm*) d.m.th.,

$$N_n > N_m. \qquad (2)$$

Këto gjendje u quajtën gjendje me ***populllzim invers të atomeve sipas niveleve të energjisë***,ose me popullim invers dhe mjediset e tilla quhen ***aktive***.

Populllzimi invers arrihet duke sjellë energji nga jashtë (rrezatime elektromagnetike, nxehtësie, kimike, elektrojonizuese etj.). Ky proces quhet ***pompim i niveleve energjetike***. Në këtëmënyrë mund të arrihet që emisioni i stimuluar të jetë dominant ndaj atij spontan. Kjo jep mundësi për zmadhim të shpejt të intensitetit të rrezatimit koherent.

Te *mjediset aktive, koha mesatare e jetës në gjendje të ngacmuar është më e gjatë se sa te mjediset me populllzim normal. Koha e jetës së atomit në gjendje të ngacmuar zakonisht është e rendit* 10^{-8} s, ndërsa në mjediset aktive për disa nivele është 10^{-4}-10^{-3} s (ze disa molekula mund të jetë edhe me vite). Nivelet e këtillë të energjisë quhen nivele metastabile të energjisë. Kjo jep mundësi të realizohet popullzimiinvers ($N_n > N_m$). Me fjalë të tjera, te mjediset aktive në ligjin e ***Lambert-Berit*** për absorbimin e dritës: koeficienti i absorbcionit α fiton vlerë negative ($\alpha < 0$). Mjedisi aktiv me trashësi të caktuar në vend ta absorbon, ndodh përforcimi i rrezatimit-***absorbimi negativ***.Emisioni stimulativ i atillë i rrezatimit koherent realizohet te ***gjeneratorët kuantik (laserët)***.

Pyetje, detyra, aktivitete

1.Me çka dallohen emisionet spontane prej emisioneve stimulative?
2. Çka është popullarizimi invers sipas viveleve energjetike?
3. Çka janë mjediseaktive dhe aktivatorë?
4. Niveli themelor i mjedisit aktiv i përgjigjet energjisë 0,04 J, ndërsa i ngacmuar 0,07J. Sa do të jetë gjatësia valore e fotonit të emetuar?
(Përgjigje: l=623 nm)
5. Pse nuk mund të fitohet përforcim i dritës gjatë kalimit nëpër mjedisin me popullarizim normal?

Basov Nikollaj Genadieviç

Prohorov Aleksandar Mihajloviç

Charles H. Townes

Për kontributin e dhënë në eloktronikën kuantike mëvitin 1964 çmimin Noböl për fizikë e ndan Xh. Tauns, N. Basov dhe A. Prohorov.

Më vitin 1952 N. Basov dhe A. Prohorov, dhe pavarësisht na ata Xh. Tauns e kanë ndërtuar gjeneratorin e parë kuantik molekular, si paraardhës të laseri, i cili punon në regjionin e mikroivalëve dhe quhet MÂCEP ***M****ikrowave* ***A****mplification by* ***S****timulated* ***E****mission of* ***R****adiation* (përforcimi i mikrovalëve me emision të stimuluar të rrezatimit).

11.6. LASETËT DHE ZBATIMI

Laserët janë gjenerator kuantik optik të valëve të dritës monokromatike rreptësisht koherente, të fituar me ndihmë e emisionit të stimuluar. Me fjalë të tjera LASERI është shkurtesë e shkronjave të para: *Light Amplification by Stimalated Emission of Radiation*-përforcimi i dritës me emision të stimuluar të rrezatimit.

Laseri i parë, i cila ka punuar në regjionin optik, është laseri i rubinit i ndërtuar më vitin 1960 nga fizikani amerikan T. Mejman.

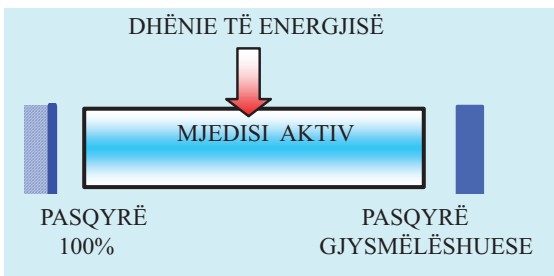


Fig. 1. Skema optike e Laserit

Pjesët themelore të çdo laseri janë: 1. *mjedisi punues* (mjedis aktiv) ku ekzistojnë kushte për popullzimin invers të niveleve energjetike, me këtë edhe krijimin e emisionit të stimuluar; 2. *sistemin për ngacmim „pompim“* të atomeve (sistem për krijimin e popullzimit invers në mjedisin aktiv); 3. *rrezonator*, i cili shfrytëzohet për ndarjen e tufës së fotoneve në një kahje të caktuar dhe formimin e tufës koherente të dritës me gjatësi valore të caktuar; 4. *sistemi për ftohje*.

Llojet e laserëve. Në praktikë shfrytëzohen lloje të ndryshme të laserëve. N varësi nga mjedisi aktiv, laserët mund të ndahen në: *laser me mjedis të ngurt, të gaztë dhe të lëngët*. Në një grupo të veçantë të laserëve numërohen laserët me gjysmëpërçues.

Sipas metodës së ngacmimit të atomeve, laserët me mjedis aktiv mund të jenë: *optik, termik, kimik, elektrojonizues, ngacmimi me tufa elektronike me energji të lartë etj*.

Në lidhje me përbërjen e brendshme të mjedisit aktiv, laserët mund të ndahen në: ***atomik, molekular dhe jonik***, ndërsa sipas regjimit të punës në ***kontinual*** (laseri-He-Ne), ***impulsiv*** (i rubinit) dhe ***periodiko-impulsiv***.

Spas regjionit spektral tëgjenerimit laserët mund të punojnë në regjionin infrakuq (i afërt dhe i largët), të dukshëm, ultravjollcë dhe regjioni rëntgen.

Për ta shpjeguar ***parimin e punës së laserëve***, më së pari duhet të shqyrtohet bashkëveprimi i fotoneve me atomet e mjedisit aktiv. Nëse atomet janë të ngacmuar me fotone, frekuenca e të cilëve është e barabartë me frekuencën e kalimeve të mundshme nga gjendja më elartë kuantike në atë më të ulët, emetohen dy fotone të cilët janë koherent me fotonin rënës dhe lëvizin në të njëjtën kahje. Këta dy fotone në rrugën e tyre hyjnë në bashkëvepri me dy atome të ngacmuar vijues, kështu fitohen katër fotone me të njëjtëm kahje dhe frekuencë (fig. 2a). Në këtë mënyrë, me procesin e emisionit të stimuluar numri i fotoneve të krijuar multiplikohet (rritet si ortek).

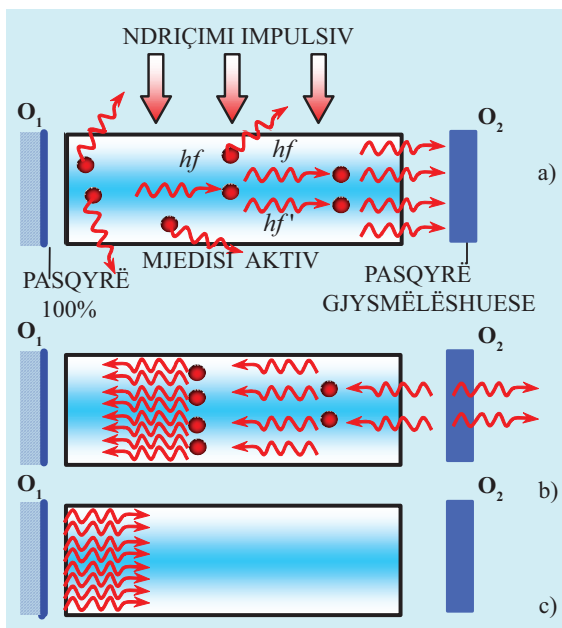


Fig. 2.Paraqitja skematike e përfitimit të dritës laserike

Për ta zmadhuar gjasën për interaksionin e fotoneve rnës me atomete ngacmuara, d.m.th., të zmadhohet intensiteti i rrezatimit laserik, domosdo duhet që interaksioni të zhvillohet në hapësirëne e **rezonatorit optik**. Rezonatori optik në për

gjithësi paraqet dy pasqyra O_1 dhe O_2 nga të cilat njëra është gjysmëlëshuese, ndërsa tjetra pasqyron 100% (fig. 1). Pasqyrat kanë bosht optik të përbashkët me mjedisin aktiv të laserit. Nëse largësia ndërmjet dy sipërfaqeve të pasqyrave është numër i plotë i gjatësisë valore të fotoneve, krijohet valë e qëndrueshme e cila pas pasqyrimit shumëfish nga pasqyrat ka drejtimin e boshtit të mjedisit aktiv.

Një pjesë e ortekut të fotoneve del nga pasqyra gjysmëlëshuese (fig. 2b), ndërsa një pjesë reflektohet dhekthehet në mjedisin aktiv. Kur ortekui fotoneve do të arrijë deri te pasqyra O_1, kthehet si tufë paralele kah pasqyra O_2, gjatë së cilës intensiteti i tufës dalëse zmadhohet (fig,]. 2c). Ky proces i multiplikiit të fotonece zhvillohet në të njëjtën mënyrë dhe më tutje përderis nuk fitohet fuqi maksimale e rrezatimit.

Laseri i rubinit (fig. 3). Mjedisi aktiv te laseri me rubin është kristali artificial i rubiit (Al_2O_3), i cili përmban përzierje Cr_2O_3, me 0,5%.Me fjalë të tjera, në rrjetën kristalore disa atome të Al janë zëvëndësuar me jone trevalente të kromit.

Kristali i rubinit përpunohet në formë të cilindrit me baza rreptësisht paralele dhe të argjentuara, normal

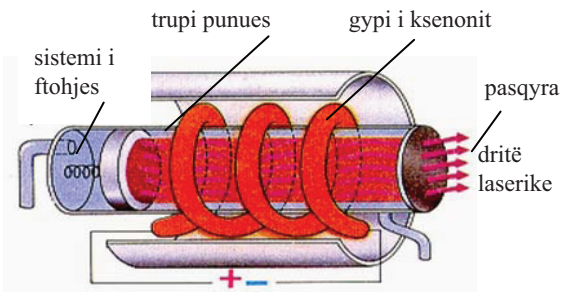


Fig. 3. Laseri i rubinit

në boshtin, ashtu që largësitë e tyre përcaktojnë gjatësinë e rezonatorit optik.

Popullzimi invers te laseri i rubinit arrihet me llambë ksenoni (fllesh llambë) (fig. 3), e cila është e mbështjellur rreth kristalit. Energjia e fotoneve të ksenonit i përgjigjet energjisë gjatë kalimit të joneve të kromit nga gjendja themelore në atë të ngacmuar.

Gjatë ndriçimit intensiv me impuls prej afërsisht 0,1 ms, më tepër jone të kromit kalojnë nga niveli më i ulët energjetik E_1 në nivelin më të lartë E_3 (fig.4). Në nivelin energjetik E_3 ata mbesin rreth 10^{-8} s. Madje ose me emison spantan të fotonit kthehen në gjendje themelore E_1, ose kalim mme gjasa më të mëdha nga pa emision $E_3 \rightarrow E_2$, të dritës në E_2. Me këtë rast teprica e energjisë e cila është energji nxehtësie i dorëzohet rrjetës kristalore të rubinit.

Në këtë mënyrë numri më i madh i joneve të ngacmuara të kromit do të ndodhen në gjendjen metastabile (përzgriptë) E_2. Koha mesatare e jetës së atomeve të kromit në këtë gjendje është 10^{-3}, ecila është për 105 herë më e madhe nga koha e jetës E_3. Për këtë interval kohor në mjedisin aktiv realizohet popullzimi invers i atomeve.

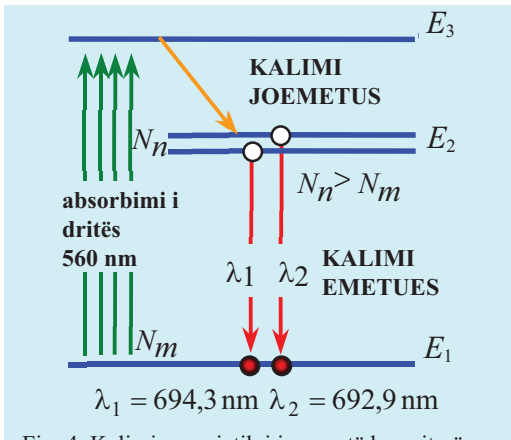


Fig. 4. Kalimi energjetik i joneve të kromit në kristalin e rubinit

Çdo foton me energji $hf = E_2 - E_1$ i krjuar gjatë kalimit spontan nga gjendja metastabile E_2 në gjendjen themelore E_1, në rrugën e tyre mund të shkaktoj kalim të stimuluar nga gjendja E_2 në gjendjen themelore E_1 me emision të një fotoni të ri me të njëjtën energji hf. Ngy këto dy fotone secili mund të shkaktoj kalim të stimuluar të tillë të të njëjtë. Për të siguruar krijimin e ortekut të fotoneve mjafton vetëm një foton të ketë drejtimin për së gjati boshtit të rezonatorit. Fotonet që kanë drejtim tjetër absorbues ose dalin nga mjesisi aktiv. Gjatë kalimit të stimuluar, meqë E_2 ka strukturë të përbërë, emetohet dritë me dy gjatësi valore tëafërta.

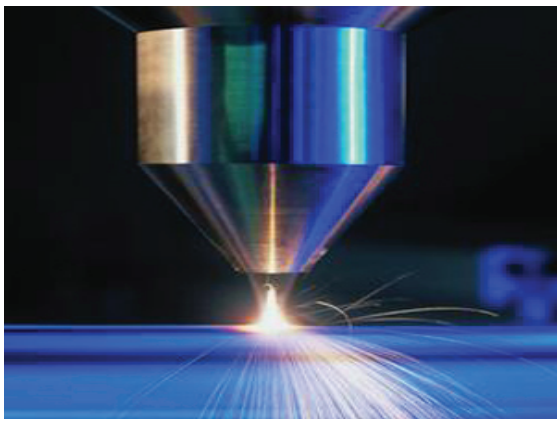


Fig. 5. Zbatimi i dritës laserike për
për përpunimin e metaleve

Vetitë themelore të dritës laserike janë koherncë kohore dhe hapësinore, njëngjyrësi të lartë, divergjencë të vogël, intensitet të madh, fokusin të lehtë në sipërfaqe rë vogla. Këto kanë gjetur zbatim të madh në shkencë dhe teknikë.

Drita laserike, për shkak të koherencës së madhe, është e përshtatshme për modulimine radiovalëve. Meqenëse drita laserike ka milona herë frekuencë më të madhe nga radiovalët, prandaj është i madh edhe numri i informatave (tone dhe figurë) që transmetojnë. Ekzistojnë më shumë kanale dritëpërçuese (kabllo optik nëpër të cilën tufa laserike e dritës përhapet pa absorbim). Drita laserike zbatohet në teknikën kompjuterike (lexues laserik, printera etj.).

Fuqia e madhe dhe koncentrimi i tufës laserike në sipërfaqe të vogël shfrytëzohet në industri për përpunimin më të mirë dhe gdhendje të metaleve që kanë pikë të lartë të shkrirjes (çelja e mikrohapjeve, për mikrosaldim). Mundësia e dritës laserike të fokusohet në sipërfaqe të vogla (mikropika), në medicinë shfrytëzohet si thikë kirurgjike gjatë opracioneve precize mokrokirirgjike (operacioni i syrit). Për shkak të koagullimit të proteinave, enët e gjakut nuk gjakosen. Laserët me fuqi të vogël (He-Ne laserët) mund t'i zëvëndësojnë gjilpërat për akupunkturë.

Me laserë shmangen tumore të ndryshme. Për qëllime terapeutike shfrytëzohen për mbylljen e shpejtë të plagëve.

Me laserët mund të maten saktë largësit të mëdha, si për shembull të satelitëve ose largësia ndërmjet Tokës dhe Hënës dhe trupa të tjerë qiellor. Aeroplanet bashkohor kanë zhiroskopa laserik për mbajtur kahjen e lëvizjes.Laserët shfrytëzohen edhe në fuzionin nuklear.

Rrezatimi laserik me vetit e përmendura ka mundësuar zhvillimin e metodave të reja për matje precize (trashësisë, temperaturës,treguesit tëpërthyerjes) të cilët për bazë e kanë interferencën dhe difraksionin e rrezatimit me koherencë të lartë.

Drita laserike, për shkak të koherencës së madhe është më e përshtatshme për bartjen e informatave prej radiovalëve. Drita laserike zbatohet në interferometrinë holografike.

Holografia është metodë për fitimin e shembëllimit hapësinor të trupit, i cili bazohet në interferencën dhe difraksionin e dritës. Me këtë rast shkruhet amplituda, frekuenca dhe faza e valëve të dritës. Holografia mundëson njëkohësisht të shkruarit e numrit të madh të informatave nëtë njëjtin hologram. Të shkruarit holografk të informatave përveç në informatikë, ka zbatim në shumë fusha shkencore, për shembull, në diagnostikënmedicinale për të shkruarit tredimensional të fotografisë, te mikroskopia holografike etj.

Pyetje dhe detyra

1. Cilat janë pjesët themelore të laserit?
2. Çka është puna e mjedisit (mjedisi aktiv)?
3. Çka është sistemi i krijimit të popullizimit invers?
4. Çka është rezonator optik?
5. Çfarë lloje të laserëve ka dhe si funksionon laserit i rubinit?

Për të mësuar më shumë, hapni internetin dhe kërkoni:

1. http//dir.yahoo.cim/Science/Physics/Lasers/
2. http//www.spie.org/gateway.html
3. Shënim optik të informatave dhe përfitimi i CD http://www.n-t.org/ri/br/rf05.htm
4. www.howstuffworks.com;
www.howstuffworks.com; www.howstuffworks.com.
5. www.eyemdlink.com, www.
aerospace-technology.com

12. 1. STRUKTURA E BËRTHAËS SË ATOMIT

Bërthama e atomit është pjesë qendrore e atomit. Në të është e përqëndruar sasia e elektricitetit pozitiv. Sot me siguri dihet se bërthama e atomot përbëhet prej protoneve dhe neutroneve të cilët menjë emër të përbashkët quhen ***nukleone.***

Protoni (p) ka ngarkesë pozitive, të barabartë me ngarkesën e elektronit. Neutroni (n) është grimcë neutrale. Sipas kësaj, vetëm protpnet kontribuojnë për sasinë e elektricitetit të bërthamës.

Bërthama e atomt karakterizohet me ngarkesë elektrike:

$$Q = Ze, \qquad (1)$$

ku me e është shënuar ngarkesa elektrike elementare. Z quhet ***numër atomik*** i bërthamës së atomit, i barabartë me numrin e protoneve. Numri Z përputhet me ***numrin rendor*** të elementit në sistemin periodik të Mendelevit. Meqenëse atomi si tërësi është elektroneutral,numri rendor njëkohësisht e përcakton edhe numrin e elektroneve.

Numri i përgjithshëm i nukleoneve A në bërthamën e atomit quhet numër mase. Numri i masës së elementit paraqet shumën e numrit të protoneve Z dhe numrit të neutroneve N në bërthamën e elementit të caktuar, d.m.th.,

$$A = N + Z \qquad (2)$$

Brthama shënohet e të njëjat simbole sikurse edhe atomi neutral. Për shembull, simboli

$${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$$

tregon se bëhetfjalë për atom me numër rendor Z dhe numër mase A. Kështu, për shembull, kur shkruajmë ${}^{7}_{3}\mathrm{Li}$, tregon se bërthama e litiumit ka numër rendor 3 dhe numër mase 7. Kjo bërthamë është e përbërë prej gjithësej 7 nukleonesh, prej të cilëve 3 janë protone dhe 4 neutrone. Po ashtu

${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ simbolizon bërthamëm e elementit uranium i cili përmban 238 nukleone, nga të cilët 92 janë protone.

Në natyrë ekziston një numër i madh bërthamash atomike. Janë të njohur rreth 280 bërthamastabile dhe ë tepër se 700 bërthama jostabile (natyror dhe të fituar artificialisht). Deri më sot janë të njohur 118 lemente numri i të cilëve lëviz nga Z=1 deri Z=118.

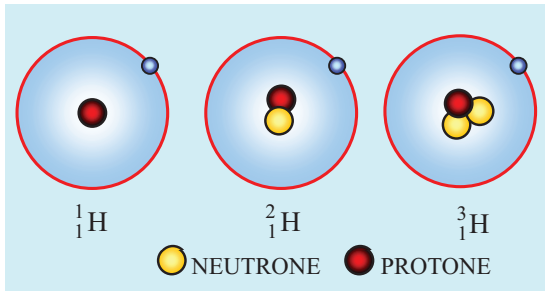


Fig. 1. Izotopet e hidrogjenit

Bërthamat me numër të njëjtë atomik Z, ndërsa me numër mase A të ndryshëm (me numër të ndryshëm neutronesh N=A-Z)quhen ***izotope***.Numri më i madh i elementeve paraqiten si lloje të izitopeve stabile. Për shembull, hidrogjeni (Z=1) paraqitet në tre lloje izotopesh (fig. 1); ${}^{1}_{1}\mathrm{H}$ - protiumi (Z=1, N=0), ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ deuteriumi (Z=1, N=1) ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ -triciumi (Z=1, N=2), Plumbi ka tre izotope stabile ${}^{206}\mathrm{Pb}$, ${}^{207}\mathrm{Pb}$ dhe ${}^{208}\mathrm{Pb}$, uraniumi ka më tepër izotope ${}^{233}\mathrm{U}$, ${}^{235}\mathrm{U}$, ${}^{238}\mathrm{U}$. (këto izotope janë më të përfaqësuar në uraniumin natyror).

Bërthamat që kanë numrë mase të njëjtë në të cilët u takojnë elementeve të ndryshëm quhen ***izobare***. Bërthamat e izobareve janë të ndërtuar prej numrit të njëjtë nukleonesh, por kanë shpërndarje të ndryshme të protoneve dhe neutroneve.

Njësia për masë në fizikën bërthamore

Masa është madhësi karakteristike e bërthamës atomike. Përshka të masa të vogla të bërthamave dhe grimcave, masatetyre nuk është e përshtatshme të shprehen sikurse është e zakonshme, në gramë ose kilogramë. Në fizikën atomike dhe bërthamore masat e grimcave dhe bërthamave shprehen me njësi e unifikuar për masën atomike e cila shënohet me u. Ajo është e barabartë me 1/12 e masës së atomit të izotopit të barabartë të ${}^{12}\mathrm{C}$ për të cilin masa është e barabartë me 12 njësi të

unifikuara për masën atomike:

$$m(^{12}_{6}\mathrm{C}) = 12{,}000\ \mathrm{u}\ ;\ 1\mathrm{u} = 1{,}660538\cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$

Madhësia e bërthamës së atomit

Bërthama si edhe të gjitha grimcat kuantike, për të cilat vlejnë ligjet kuanto mekanike, nuk kanë kufi rreptësisht të caktuar, ashtu që nuk është thjeshtë të futet kuptimi rreze e bërthamës.

Informatat e para për madhësinë e bërthamës atomike rrjedhin nga E, Radhërford, i cili i analizoi eksperimentet e Gajgerit dhe Marzdenit. Domethënë, ai e studioj shpërndarjen e grimcave α në folitë e holla metalike (ari oseplatini) dhe përfundoi se pjesa më e madhe e masës së atomit është e përqëndruar në bërthamë.

Largësia minimale deri ku grimca α , në eksperimentin e Radhërfordit, mund t'i afrohet bërthamës atomike, respektivisht për rreze të bërthamës. Duke njohur ligjin e Kulonit për bashkëveprim të dy grimcave të elektrizuara pozitivisht,largësia minimale deri ku grimcat α mund më së tepërmi t'i afrohet bërthamës është gjatë goditjes ballore (fig.2).

SHEMBULLI 1. Të caktohet largësia më e vogël deri ku grimca α mund t'i afrohet bërthamës atomike (Z=79). Grimcat α që në këtë rast shfrytëzohen janë fituar nga izotopet radiaktive natyrore dhe kanë energji E=7,7 MeV = $1{,}2\cdot 10^{-12}$ J J (ose shpejtësi v=2·10^{7}m/s). Masa e grimcës α është $m_\alpha = 4\,\mathrm{u} = 4\cdot 1{,}6605655\cdot 10^{-27}$ kg

Zgjidhje. Përkujtohu se energjia potenciale e grimcës me ngarkesë Q_0 (në këtë rast grimca α, 2e) prej burimit të mbushjes pikash Q (bërthama-Ze) është $E_p = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_o}\dfrac{QQ_o}{R}$ · Në largësi R, gjithë energjia kinetike e grimcave α kalon në energji potenciale të asaj grimce në fushë elektrostatike të bërthamës-shenja d.m.th.,

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{2eZe}{R}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9\cdot 10^9\ \frac{\mathrm{Nm}^2}{\mathrm{C}^2} \qquad e = 1{,}60219\cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}.$$

Prandaj largësia më e vogël deri te cila mund të afrohet grimca α deri te bërthama e atomit është

$$R = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{4eZe}{mv^2}$$

$$R = 9\cdot 10^9\,\frac{4\cdot 79\cdot (1.6022\cdot 10^{-19})^2}{4\cdot 1{,}66\cdot 10^{-27}\cdot 4\cdot 10^{14}}\,\mathrm{m}$$

$$R \approx 27{,}5\cdot 10^{-15}\ \mathrm{m} \qquad 10^{-15}\ \mathrm{m} = 1\,\mathrm{fm}$$

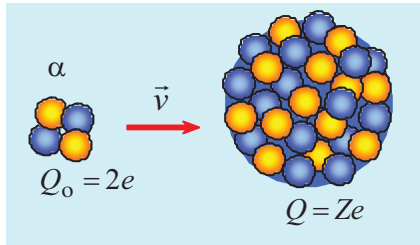


Fig. 2

Kjo e dhënë tregon dimesionet lineare të bërthamës nuk janë më të mëdha se 10^{-14}m. Nëse merret se rrezja e atomit është madhësi e rendit 0,05-0,1 nm, ky është një vërtetim i bindshëm të kuptimeve të Radhërfordit se bërthama e atomit përfshinnjë pjesë të vogël të pakrasueshme në krahasim me vëllimin që e ka atomi si tërësi.

Dendësia e bërthamës së atomit nukvaret prej numrit të nukleoneve te bërthama. Dendsia mesatare e materies është e barabartë me të gjitha bërthamat dhe është 2·10^{17} kg/m3. Ajo është shumë e madhe

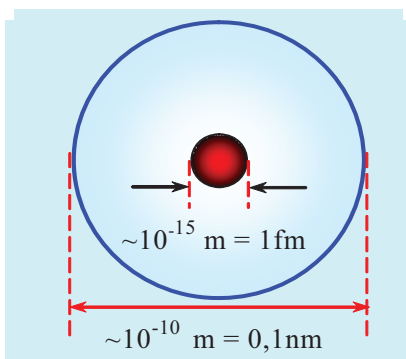


Fig. 3.Modeli i bërthamës së atomit

12. 2. FORCAT BËRTHAMORE

Bërthama atomike paraqet sistem kuanto mekanike relativisht stabil të protoneve dhe neutroneve. Stabiliteti relativ i bërthamës dëshmon se ndërmjet nukleoneve, që hyjnë në përbërjen e bërthamës së atomit, veprojnë forcat specifike tp cilat i mbisundojnë forcat dëbuese. Ata quhen ***forca bërthamore (nukleare)***.

Forcat bërthamore, bëjnë pjesë në të ashtuquajtura, ***bashkëveprim i fuqishëm***, edhe ajo më intensive bashkëvepruese në natyrë. Atajanë forca tërheqëse, por nuk kanë natyrë elektrike. Ata kanë karakteristika të veçanta:

1.forcat bërthamore janë forca me cak të shkurtër dhejanë efikase vetëm për nukleonet fqinje të afërt. *Rrezja e veprimit të forcave numkleare është madhësi* e rendit aq sa është vet bërthama ($2{,}2\cdot10^{-15}$ m).

Me zmadhimin e largësisë ndërmjet nukleoneve, veprimi i këtyreforcave bie dhe ajo në varësi eksponenciale. Mesartarisht, forcat bërthamore janë me qindra herë më të forta nga ato elektromagnetike të cilat e sigurjnë ekzistimin e atomeve dhe molekulave.Ato nuk veprojnë ndërmjet elektroneve të atomit.

2. forcat bërthamore kanë veti të ngopjes, d.m.th. çdo nukleon në vet bërthamën bashkëvepron vetëm me nukleonet e afërt pranë tij. Ndërsa aspak nuk veprojnë në nukleonet jashtë bërthamës.

3. forcat bërthamore janë qendrore*-sikurse janë për shembull, forcat e graviotacionit dhe elektrike*.

4. forcat bërthamore janë të pavarra nga ngarkesat elektrike të nukleoneve të bashkëveprojnë. Për shkak të ekzistimit të të dy llojeve nukleonesh, në forcat bërthamore nuk ndikon ngarkesa elektrike dhe ata janë të njëjta ndërmjet dy neutroneve, ndërmjet dy protoneve dhe ndërmjet neutronit dhe protonit. Prandaj, këto grimca janë të njohura me emër të përbashkët ***nukleone***.Karakteri i ndërlikuar i forcave bërthamore nuk mndëson që ata të paraqiten me barazime të njëjta matematikore sikurse është rasti me forcat gravitacionale dhe elektromagnetike.

Si është natyra e forcave bërthamore?

Fizikani japonez H. Jukava më vitin 1935 ka supozuar se bashkëveprimi ndërmjet dy nukleoneve duhet të bart ndonjë grimcë që do të ishte kuant i fushës bërthamore.Kjo grimcë e atillë është zbuluar më vitin 1947 nga Sesil Pauel dhe është quajtur π mezon ose pion. Por, për fat të keq teori e këtij tipi nuk është ndërtuar. Nëmesin e viteve gjashtëdhjetë të shekullit XX gradualisht është kristalizuar kuptimi për strukturën ***kuar***k të nukleoneve.

Modelet për bërthamën atomike. Me qëllim që të përshkruhen vetitë e bërthamave atomike dhe reaksioneve bërthamore në të cilat ata marrin pjesë, deri tani janë krijuar më tepër modele për bërtamat atomike. Të tillë janë, për shembull, modeli i pikës, modeli shtresor, modeli i grimcës α etj.

Studii nëpërmjet modeleve të ndryshme të bërthamave atomike bëhen për shkak të njohjes së pjesërishme të forcave bërthamore dhe mos ekzistimi i një teorie të plotë ekzakte për paraqitjen e strukturës së bërthamës atomike dhe radhitja e nukleoneve në të. Asnjë nga modlet e deritanishme nuk është në gjndje, nga të gjitha aspektet, komplet t'i përshkruaj vetitë e bërthamave atomike dhe reaksioneve nukleare. Të gjithë nga modelet paraqesin një numrë të caktuar veti të bërthamës dhe pjesëve përbërse të tij,ashtu që figura e tërësishme për bërthamën mund të fitohet me zbatimin e më shumë modeleve. Për shembull, me modelin e pikës me sukses shpjegohet fisioni i bërthamave të rënda. Me ndihmën e modelit të pikës mund të shpjegohet dendësia e bërthamës atomike. Si rezulatt i ngopjes së forcave bërthamore, nukleoni në bërthamë janë të radhitur njëtrajtësisht, prandaj dendësia e bërthamës është homogjene, përveç në sipërfaqen e bërthamës.

Sipas modelit shtresor, bërthama me 2, 8, 20, 28, 50, 82 dhe 126 (126 është vetëm për neutronet) protone ose neutrone kanë shtresa të plotësuara. Ngjashëm sikurse janë atomet më stabil me shtresa të plotësuara, ashtu shpjegohet edhe stabiliteti i këtyre bërthamave (*bërthama magjike*).

Pyetje dhe detyra

1. Çka është numër mase, numër rendor?
2. Çka është izotop,por çka izoba?
3. Përkufizo njësinë e unifikuar për masënatomike?
4. Sa është rrezja e bërthamës atomike?
5. Sa është dendësiae bërthamës atomike?
6. Çka janë forcat bërthamore?

12. 3. ENERGJIA E LIDHJES SË BËRTHAMËS ATOMIKE

Bërthama atomike, sikurse dimë, është ndërtuar prej protoneve dhe neutroneve ndërmjte të cilëve veprojnë forca bërthamore. Për ta nadrë një bërthamë me nukleone të bashkuara (në protone dhe neutrone të pavarura) duhet të përballohen forcat që i mbajnë nukleonet bashkarisht. Kjo mund të arrihet duhe u dhnë sasi energjie të caktuar.

Energjia e cila është e nevojshme që t'i jepet bërthamës për t'i ndarë nukleonet e bashkuara në nkleone të lira, quhet ***energji e lidhjes së bërthamës***.

Sa është ajoenergji? Që tÇi përgjijemi kësaj pyetje do të përiqemi, në fillim t'i përgjigjemi pyetjes: sa është masa e bërthamës atomike, nëse ajo është e ndërtuar nga Z protone dhe N=A-Z neutrone.

Nëse masa në prehje e neutronit të lirë është mn, kurse e protonit m_p, atëherë do të duhej masa e bërthamës atomike m_b të jetë Zm_p+Nm_b. Por, matjet më precize të masës në prehje të bërthamës atomike, si tërësi tregojnë se ajo gjithonë është më e vogël nga shuma e masave të nukleoneve të lira që hyjnë në përbërjen e bërthamës.

$$m_b < Zm_p + Nm_p. \qquad (1)$$

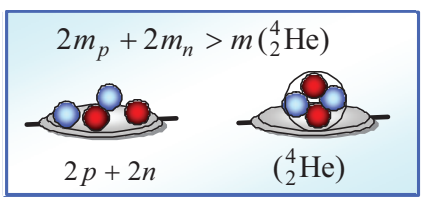


Fig. 1. Ilustrim i defektit te bërthama e atomit të heliumit

Gjatë formimit të bërthamës, një pjesë e masës së nukleoneve që e ndërtojnë bërthamën shndërrohen në energji. Ajo pjesëe masës, e cila si lloj energjie lirohet gjatë formimit të bërtamës atomike, quhet ***defekti i masës së bërtamës*** dhe është dhënë me:

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n] - m_j(A,Z) \ . \qquad (2)$$

A ekziston ndonjë lidhje ndërmjet defektit të masës Δm *dhe energjisë së lidhjes së bërthamës*?

Për ta kuptuarshkakun për defektin e masës duhet të dihet lidhja ndërmjet masës dhe energjisë së njëtrupi. Ajo është dhnë ngaAjshtajnë më vitin 1905. Formula e ekuivalencës së masës m dhe energjisë shpehet:

$$E = mc^2 \qquad (3)$$

Kur sistemi nga gjendja kur nukleonet kanë qenë të pavarura, kalon në gjendje në të cilën nukleonet fortë bashkëveprojnë, energjia e sistemit ndryshohet. Ndryshimi ienergjisë është: $\Delta E = \Delta mc^2$

Energjia e lidhjes së bërtamës tash mund të përcaktohet si energji e cila lirohet gjatë fromimit të bërthamës nga nukleonet e pavarura:

$$\Delta E = \Delta m c^2 = [Zm_p + Nm_n - m_j]c^2 . \quad (4)$$

SHEMBULLI 1. Sa energji lirohet gjatë sintezës së deutronit (bërthamë e atomit të deuterumit) të përbërë prej një protoni dhe një neutroni? Masa e deutronit është 2,013553 u.

Zgjidhje.Nëse masa e protonit është m_p=1,007276 u, kurse masa e neutronit m_n=1,008665 u, shuma e tyre është:

$$m_p + m_n = 2{,}015941 \text{ u}.$$

Me këtërast, për defektin e masës fitohet

$$\Delta m = (m_p + m_n) - m(^2_1\mathrm{H})$$

$$= 2{,}015\,941 \text{ u} - 2{,}013\,553 \text{ u} = 0{,}002388 \text{ u}$$

Energjia e lidhjes së bërthamës së deuteriumit është:

$$\Delta E = \Delta m\, c^2 = (0{,}002388 \text{ u})\ (931{,}49 \text{ MeV/u})$$

$$\Delta E = 2{,}224 \text{ MeV}$$

Kjo energji që lirohet gjatëformimit të bërthamës shprndahet ndërmjet bërthamës së posafilluar të deuteriumit dhe fotonit γ që me këtë rast emetohet.

Për krahasim do të shënojmë se energjia e lidhjes së elektroneve në atomin e hodrogjenit (potencial jonizues) është përafërsisht 13,6 eV, që do të thotë 10^6 herë mëe vogël nga ajo e bërthamës së deuteriumit. Kjo lidhje e fortë shpie në përfundim se *forcat bërthamore janë shumë intensive*.

Në fizikën bërthamore stabiliteti i një bërthame shprehet me energjinë e lidhjes së një nukleoni tëbërthamës. Ajo është energjia specifike e lidhjes E_{sp}. Për këtë qëllim energjia e lidhjes ΔE pjesëtohet me numrin e masës A, i cili është i barabartë me numrin e nukleoneve në bërthamë.

$$E_{sp} = \frac{\Delta E}{A}. \qquad (5)$$

Energjia specifike e lidhjes jep informata për stabilitetin e bërthamave atomike, sa është ajo më e madhe aq është bërthama më stabile.

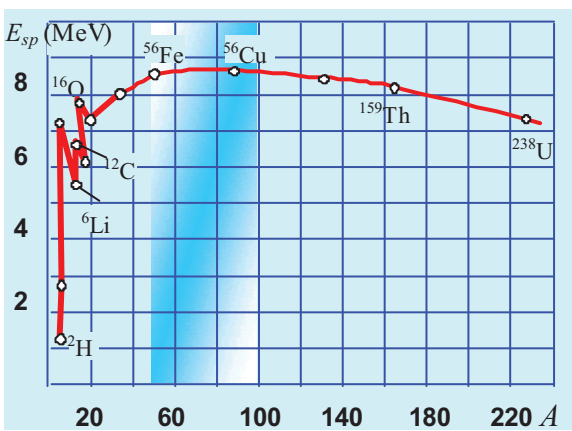


Fig. 2. Energjia specifike e lidhjes në varësi nga numri i masës A

Varësia e energjisë specifike të lidhjes E_{sp} nga numri i masës A është paraqitur në figurën 2.Nga energjia specifike tëbërthamave të njohura mund të nxirren këto përfundime:

Për bërthamat për të cilat A < 12 energjia specifike e lidhjes ka vlera të vogla,ndërsa madje me rritjen e numrit të masës , gradualisht ajo zmadhohet. Për shembull, bërthama e deteriumit ka energji specifike më të vogël 1,11 MeV, ndërsa vlerë maksimale prej 8,8 MeV e arrinë bërthamat e mesit të sistemit periodik (ajo është zonë e bërthamave stabile).

Te bërthamat me numër mase të madh energjia specifike e lidhjes bie deri 7,4 MeV, ashu që bërthama me numër mase 208 është bërthamë stabile e fundit. Të gjitha bërthamat me A > 208 sponatnisht (vetvetiu) zbërthehen. Me fjalë të tjera, në natyrë nuk ekzistojnë bërthama stabile me Z > 83.

Nga fakti se grafiku i energjisë specifike të lidhjes ka maksimum, del se energjia lirohet në ata reaksione bërthamore te të cilat energjia specifike e lidhjes së produkteve tëreaksioneve është më e madhe nga energjia specifike e lidhjes së bërthamave fillestare.

Ky kusht i përgjithshëm mund të plotësohet në dy mënyra: ose duke copëtuar bërthamat masive nga fundi i sistemit periodik në bërthama më të lehta, ose gjatë sintezës së bërthamave nga fillimi i sistemit periodik në bërthama më të rënda.

PYETJE DHE DETYRA

1.Të caktohet energjia specifike e lidhjes së grimcave α, nëse janë dhënë:

$$m(^1_1\mathrm{H}) = 1.007825\,\mathrm{u}\,,\ m_n = 1{,}008\,665\ \mathrm{u}$$

$$m\,(^4_2\mathrm{He}) = 4{,}001523\ \mathrm{u}$$

(Përgj.28,3/4 MeV=7,1 MeV).

2. Nëse masa e protonit dhe neutroni janë të njohura, të përcaktuara energjia specifike e lidhjes për bërthamën e $^{12}_6\mathrm{C}$. Masa e saj është

$$m(^{12}_6\mathrm{C}) = 12{,}000\,\mathrm{u}\,.$$

(Përgj. 7,7 MeV)

3.Çka është defet i masës së bërthamës?

4. Çka është energjia e lidhjes së bërthamës?

5. Çka është energjia specifike e lidhjes dhe si është varësia prej numrit masë A?

6. Pse gjatë fisionit dhe fusionit lirohet energji?

12.4. RADIOAKTIVITETI NATYROR

Radioaktiviteti është proces spontan ku bërthama atomike, duke emetuar një ose më shumëgrimca osekuante të rrezatimit elektromagnetik, kalon nëtjetër bërthamë.

Radioaktivteti natyror është zbuluar prej Anri Bekerel më vitin 1896. Ai duke studiuar luminishencën, zbuloi se uraniumi dhe bashkëdyzimet e tij spontanisht emetojnë rrezatim natyra e të cilit deri më atëherë ishte e panjohur.

Rrezatimi përveç luminishencës shkakton jonizimin e mjedisit ku kalon; vepron në fotopllakat; lehtë binë nëpër pllaka metalike tëholla, ka depërtushmëri të madhr, tregon veprim biologjik dhe kimik.

Hulumtimet e mëvonshme tregojnë se rrezatimi radioaktiv nuk është e njëllojtë.Që të mësohet rrezatimi radioaktiv natyror përcillet qëndrimi i tij në fushën e tij elektrike të fortë (fig. 1) ose fusha magnetike. Për shembull, nëse prejkutisë së plumbit C, në të cilin është vendosur preparat radioaktiv ($RaBr_2$) del tufë engushtë e rrezatimit radiaktiv. Kur tufa kalon nëpër fushën homogjene elektrike dhe magnetike, te pllaka fotografike FP fitohen tre gjurma. Domethënë, tufa paraprake ndahet në tre komponenta: 1) rrezet α, që paraqet përrue të grimcave pozitive të cilat dobët mënjanohen në fushën elektrike ose magnetike; 2) rrezatimi β, që paraqet përrue të grimcave negative të cilat fuqishëm mënjanohen në fushën, dhe 3) rrezet γ, pjesë e tufës e vila nuk e ndëron kahjen fillestare pas veprimit të fushës.

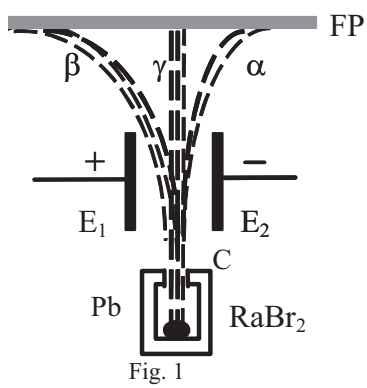


Fig. 1

Elementet radioaktive natyrore, numri rensorë i të cilit është $Z \geq 83$, kryesisht, janë grupuar në tre familje radioaktive. 1, *Familja e uraniumit* fillon me izotopin e uraniumit $^{238}_{92}\mathrm{U}$. Pas zbërthimit α ose β, familja mbaron me izotopin stabil të plumbit $^{206}_{82}\mathrm{Pb}$; 2. *Familje e toriumit* fillon me toriumin $^{232}_{90}\mathrm{Th}$, kurse mbaron me izotopin stabil të plumbit $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$; 3. *Familja e aktiniumit* fillon me $^{235}_{92}\mathrm{U}$ mbaron me izotopin e tretë të plumbit $^{207}_{82}\mathrm{Pb}$.

Elementet radioaktive natyrore gjatë zbërthimit të tyrë nuk kalojnë direkt në elemente stabile. Gjatë këtij procesi duke kaluar me periodë më të gjatë të gjysmezbërthimit, pas një vargu të zbërthimit të α ose β, si produkt i fundit i zbërthimit (joradioaktiv).

Për dallim prej izotopeve radioaktive natyrore te të cilët emisioni i rrezatimit alfa, beta ose gama, është e ngadalshme, te elementet radioaktive artificiale të prodhuara emisioni i këtyre rezatimeve është i indukuar. Ndërmjet radioaktivitetit natyrorë dhe artificial nuk ka kurrëfarë ndryshimi parimorë. Prandaj vetitë e izotopeve radioaktive janë të pavarura pre mënyrës në të cilën ata janë fituar.

Vetitë e rrezeve alfa, beta, gama

1. Radhërfordë dhe Roids në vitin 1908 në mënyrë eksperimentale kanë konstatuar se grimcat a janë bërthama të atomit të heliumit, respektivisht ato janë atome të heliumit dyfish pozitivisht të jonizuara. Jostabiliteti nga zbërthimi α tregojnë bërthamat e rënda me numër mase A >210. Përveç asaj, edhe disa bërthama më të lehta spotanisht emitojnë grimca α. Ato janë, si përshembull, elementet kalium, rubudium, samarium etj.

Gjatë rrezatimit α, përveç ndryshimeve energjetike, bërthama nënshtrohet ndryshimeve strukturale. Numri atomik Z e bërthamës zvogëlohet për dy njësi, kurse numri masë *A* për 4 njësi. Kjo mund të tregohet me :

$$^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + Q \ , \qquad (1)$$

ku me $^{4}_{2}\mathrm{He}$ është grimcë α- ajo është bërthama e heliumit e përbërë prej dy protoneve dhe dy neotroneve, me $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ është shënuar bërthama fillestare, $^{A-4}_{Z-2}\mathrm{Y}$ me është shënuar bërthama e posafituar, Q është energjia që lirohet gjatë këtij procesi.

Si shembull për zbërthimin α mund të merret izotopi i ^{226}Ra që kalon në radon:

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + Q\ . \qquad (2)$$

$^{222}_{86}$Rn është gaz, që gjithashtu, është a radioaktiv.

Grimcat α prej bërthamës dalin me shpejtësi prej rendit të madhësisë $(1{,}4\text{-}2)\cdot 10^7$ ms^{-1} që i përgjigjet energjisë prej 2-10 MeV. Në (fig. 2) është paraqitur me skemën e zbëthimit α të ^{226}Ra . Gjatë këtij zbërthimi fitohen dy grupe të grimcave α, me energji të ndryshme. bërthama e posafituar e ^{226}Ra nuk është në gjendjen themelore, por në gjendjen e ngacmuar. Kalimi në gjendje më të ulët energjetike është përcjellur me emisionin e kuanteve γ.

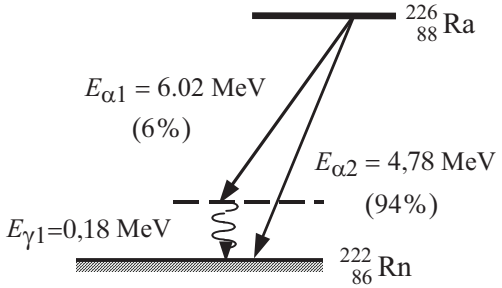


Fig. 2.

Duhet të përmedet se disa prej elementeve radioaktive nuk janë të ashtuquajtur emiterë a, por një përqindje e bërthamave të elementit radioaktiv të dhënë zbërthehet duke emituar grimca a, kurse përqidja tjetër grimca b.

Duke kaluar nëpër mjedisin material grimcar a kryejnë jonizimin e atomeve (molekulave) ku humbin pjesë prej energjië së vet. Aftësia e tyre e jonizimit është shumë e madhe. Gjatësia e rrugës që frimcat a e kalojnë nëpër mjedisin material quhet **domet** (depërtueshmëri). Për shkak të masës së madhe të grimcave a dometi në ajër është prej 2 deri në 8 cm. Te mjediset e lëngta, por veçanërisht te të ngurtët është më i vogël.

Gjatë kalimit te mjedisi material grimca a humbin një pjesë të energjisë, së pari duke kaluar në jon të heliumit He^+, kurse pastaj duke pranuar edhe një elektron neutralizohet.

2. **Te rrezatimi** β deri më tani janë vërrejtur tre lloje të shëndrimeve bërthamore: zbërthimi beta- (β^-), rrezatimi (β^+), dhe kapja elektronike ose vetëm kapja K. Prej të tre, vetëm i pari është karakteristikë për radioaktivitetin natyrorë.

Bërthamat që kanë numër ma të madh të neutroneve, që të jenë stabile, nën ndikim e të ashtuquajturës bashkëveprime të dobta një neutron kalon në proton dhe emiton elektron me energji më të madhe. Njëkohësisht me elektronin $^{0}_{-1}e$, që të vlejë ligji për ruajtjen e impulsit, emitohen edhe antineutrini $\tilde{\nu}$. Antineutrini nuk ka mbushje, ka masë të qetësimit përafërsisht 0, por emetohet njikohësisht me elektronin

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$$

Gjatë këtij zbërthimi nuk ndryshon numri i nukleoneve, Z zmadhohet për një njësi

$$^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{A}_{Z+1}\mathrm{Y} + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu} \qquad (3)$$

Si shembull për zbërthimin β^- ta marim radiumin. Ai është anëtarë i familjes së toriumit dhe kalon në aktinium.

$$^{228}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow {}^{228}_{89}\mathrm{Ac} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + \tilde{\nu} \qquad (4)$$

Ekzistimi i grimcës antineutrino $\tilde{\nu}$. e ka zgjidhur problemin me spetrin energjetik të zbërhimit β. Grimcat β, emetohen me të gjitha energjitë e mundshme, duke filluar prej ndonjë kufiri të largët deri në 0. Prandaj spektri i rrezatimit β është i kontinuar.

Shpejtësia e grimcave të emituara β është e krahasueshme me shpejtësinë e dritës. Aftësia jonike e grimcave β është 100 herë më e vogël se ajo që posedojnë grimcat α. Por depërtueshmëria (dometi), është shumë më e madhe, në ajër mund të arin edhe disa metra. Varësisht prej energjisë, grimcat β mund të kalojnë nëpër fletën e plumbit me trashësi prej 1mm ndërsa aluminiumi me trashësi prej 3-5 mm, plotësisht i absorbon.

Rrugën që do ta kalon rrezatimi b, te indet varet prej energjisë fillestare dhe prej dendësisë të indit. Rrezatimi b me energji 1 MeV, mund të depërton edhe deri në 3mm.

Rrezet γ janë valë elektromagnetike të cilat paraqiten si rezultat i kalimit ndërmjet dy niveleve energjetike të ngacmuara të bërhtamës radioaktive. Rrezet γ kanë energji të madhe (gjatësi valore të vogël $(0,5\text{-}40)\cdot 10^{-12}$m)), rrezet γ prej elementeve radioaktive natyrore, kanë energji ndërmjet 0,04 MeV dhe 3,2 MeV. Eksperimentalisht është vërrtetuar se rrezatimi γ nuk është lloj i pavarur i radioaktivitetit. Ato i përcjell zbërthimi α dhe β, si edhe reaksionet bërthamore. Gjatë numrit të madh të elementeve radioaktive të zbërthimit α dhe β nuk shkon nga gjendja themelore e bërthamës së re, por nga ndonjëra prej gjendjeve të ngacmuara. Bërthamat atomike mund të jenë në gjendjë të ngacmuara një kohë të caktuar që është e rendit me madhësi 10^{-13} s. Pastaj bërthama spontanisht kalon në njërën prej gjenjeve me energji më të vogël ose të gjendja themelore.

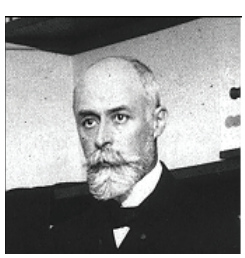
Rrezatimi γ ka depërtueshmëri të madhe dhe nëpër ajër mund të kalon largësi të mëdhaja pa u absorbuar.

Pytje, detyra, aktivitete

1. Sqaro pse shtrembërimi i grimcave β në (fig. 1) është më e madhe, se sa e grimcave α.
2. Grimca α dhe grimca β kanë energji kinetike të barabarta. Cila prej tyre ka shpejtësi më të madhe dhe sa herë më të madhe?
3. Sa është frekuenca e kuantit g me energji prej 3,1 MeV? (Përg.$8{,}9\cdot 10^{20}$ Hz)
4. Me ndihmën e sistemit periodik cakto bërthamën X te kto relacione.

a) $X \rightarrow {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ b) ${}^{215}_{84}\mathrm{Po} \rightarrow X + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

c) ${}^{12}_{5}\mathrm{B} \rightarrow X + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ ç) $X \rightarrow {}^{210}_{84}\mathrm{Po} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$



Henri Antoine Bequerel (1852-1908) është i lindur në Paris në familje fizikanësh. Më vitin 1877 ai e kreu arsimimin në shkollën politeknike të Parisit dhe fitoi diplomë të inxhinierit të ndërtimtarisë.Megjithatë, interesi i tij në fizikë nuk u zvogëlua, prandaj në pjesën e mëtutjeshme të jetës së tij i kushtohet vetëm asaj. Mëvitin 1892 preokupimi shkencor i Bekerelit ka qenë luminishenca e dritës. Duke punuar në laboratori me babën e tij, ai e ka vërejtur luminishencën e shumë substancave. Atje, më viztin 1896, e bërizbulimin e tij m të madh-rrezatimin e kripës së uraniumit, e cila ka qenë e ndryshme nga ajo rëntgenik dhe ka pasur deri atëherë veti të panjohura. Kjo shpikje e Bekerelit ngjalli ineres të madh te M. Kyri (**Marie Sklodowska-Curie, 1867-1937**) , e cila bashk

me bashkëshortin e saj P.Kyri (**Pierre Curie,1859-1906**), si fizikan i njohur, vazhdoi me punë në studimin e këtij rrezatimi të cilin ata e quajtën radioaktive.Ata zbuluan elemente radioaktive të ri, radiumn dhe poloniumin, duke pasur punuar pa lodhje dhe në kushte primitive. Përkëto merita të tyre bashkëshortët Kyri, bashkës me Bekerelin më vitin 1903 e fituan çmimin Nobël për fizikë.

Përndryshe, Pje Kyri është ilidur në Paris në familje mjeku. Ka punuar bashk me vëllaune tij Zhak edhe në fushën e piezoelektricitetit, ndërsa i kanë studjuar edhe vetitë e magnetikëve gjatë ndryshimit të temperaturës. Jetën e humbi në fatkeqësi komunukacioni në rrugën e Parisit në vitin 1906.

Maria Sklodovska-Kyri është e lindur në Varshavë në famikjen e profesorëve të matematikës dhe fizikës. Studimet i kreu në vitin 1895 në Paris kur edhe hyri në kurorë me Pjetrin. Më vitin 1906 u bë gruaja e parë profesoreshë në Sorbonë, ndërsa më vitin 1911 rishtazi laurate e çmimit Nobël, këtë radhë në kimi.

12.5. LIGJI PËR ZBËRTHIMIN RADIOAKTIV

Numri i bërthamava që zbërthehen në mënyrë radioaktive gradualidht zvogëlohet me kohën. Numri i bëthamave të zbërthyera në njësi kohe d.m.th., *shpejtësia e zbërthimit* është ndryshimi për çdo substancë.

Qysh në eksperimentet e tijë të hershmë Radhërford, ka konstatuar se për çdo substancë radioaktive ekziston periodë kohore karakteristike për numrin e bërthamave të tijë të pazbërthyera të zvogëlohen dy herë.

Koha që është e nevojshme numri i bërthamave të panevojshme të zvogëlohet dy herë ***koha e gjysmëzbërthimit ose perioda e gjysmezbërthimit*** T 1/2. Perioda e gjysmezbërthimit nuk varet prej llojit të zbërthimit por prej llojit të bërthamës që zbërthehet. Kështu, përshembull, zbërthimi α, $^{238}_{92}U$ radioaktiv e ka periodën e gjysmë zbërthimit $T_{1/2}=4{,}5\cdot10^{10}$ vite, për izotopin $^{232}_{90}Th$ ai është $1{,}39\cdot10^{10}$ vite. Ndërsa njëri prej anëtarëve të vargut të uraniumit $^{212}_{84}Po$ që është gjithashtu a radioaktiv, e ka periodën e gjysmëzbërthimit vetëm prej $3\cdot10^{-7}$ s .

Le të jetë për kohën t=0 ka N_0 bërthama në substancën e dhënë radioaktive. Pas kalimit të kohës $t=T_{1/2}$ numri i këtyre bërthamave dë të jetë $(1/2)N_0$ - kurse pas kohës $t=2T_{1/2}$ do të ekzistojnë

$$(1/2)\cdot N_o/2=(N_o/2^2)$$

Bërthama të pazbërthyera. Pas kalimit të kohës $t=3T_{1/2}$ do të ketë përgjysmim të sasisë paraprake ashtuqë bërthama të pazbërthyera do të ketë

$$(1/2)\cdot(N_o/2^2)=(N_o/2^3)$$

prej numrit fillestar. Pas kalimit të kohës prej $nT_{1/2}$ respektivisht për kohën

$$t = nT_{1/2}\,, \qquad (1)$$

numri i bërthamave të paszbërthyera do të jetë

$$N = N_o/2^n = N_o/2^n = N_o\,2^{-n} \qquad (2)$$

meqë prej barazimit (1) vijon se $n=t/T_{1/2}$, barazimi (2) mund të shkruhet në këtë mënyrë

$$N = N_o\cdot 2^{-t/T_{1/2}}$$

Ky barazim e paraqët ***ligjin për zbërthimin radioaktiv.*** Në figurën 1 është dhënë paraqitja grafike e këtij ligji.

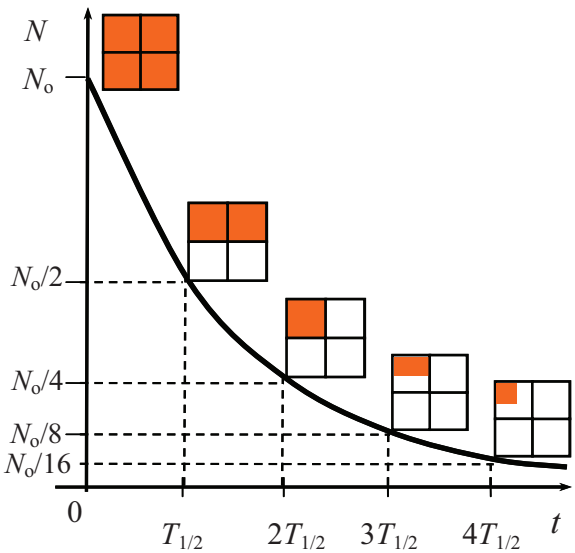


Fig. 1.Paraqitja grafike e ligjit për zbërthimin radiaktiv

Për substancën e dhënë radioaktive nuk është e mundëshme të paratrgohet cila bërthamë atomike do të zbërthehet. Është e mundëshme vetëm të supozohet sa prej bërthamave në kohën e dhënë janë zbërthyer. Le të jetë, përshembull, në intervalin të barabertë $T_{1/2}$, nuk ka ardhur deri në gjysëm procesi i zbërthimit të një bëthame, por ajo është koha për të cilën gjymsa e grimcave të substancave radioaktive të dhëna do të zbërthehen. Ligji për zbërthimin radioaktiv ka statistikë, sepse nëpërmjet tij mund të supohet vetëm gjasa se ndënjëra prej grimcave do të zbërthehet. Koha e ekzistimit të bërthamave në një bërthamë është e ndryshme. Ndonjëri prej bërthamave të uraniumit 238 mund të zbërthehet qysh në sekondën e parë të zbërthi-

mit të tijë, ndërsa tjetër bërthamë e atillë mund të jetë e pazbërthyeshme miliarda vite. Prandaj përkufizohet koha mesatare e zbërthimit të bërthamave radioaktive. ***Koha mesatare*** τ e egzistimit të bërthamave radioaktive është proporcionalisht me periodën e gjysmë zbërthimit të dhënë.

$$\tau \approx 1{,}4\,T_{1/2} \tag{4}$$

Numri i zbërthimit ΔN në njësi kohe Δt paraqet madhësi e cila quhet ***aktivitet*** A ose ***shpejtësia e zbërthimit***

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N \tag{5}$$

λ është konstanta e **zbërthimit radioaktiv** dhe e karaterizon shpejtësinë e zbërthimit. Ajo e cakton gjasën me të cilën ndonjë nuklid radiokativ do të zbërthehet në njësi kohe, λ është madhësi karatrësitike te të gjitha atomet të izotopit të dhënë radioakitv dhe nuk varet prej masës dhe faktorëve të jashtëm, sikurse janë, për shembull, shtypja, temperatura etj. Zvogëlimi është më i shpejtë me konstatë më të madhe me konstantë më të madhe të zbërthimit radioaktiv λ

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}. \tag{6}$$

Prej barazimit (6) mund të njehsohet konstanta e zbërthimit radioaktiv λ për nukleidin radioaktiv të dhënë, nëse dihet perioda e gjysmezbërthimit $T_{1/2}$, vlen edhe anasjelltas.

Prej barazimeve (3) dhe (5) mund të caktohet

$$A = \lambda N = \lambda N_{\mathrm{o}}\, 2^{-t/T_{1/2}}, \tag{7}$$

ku $A_0 = \lambda N_0$ është aktiviteti fillestarë.

Njësia për aktivitetin SI është 1 Bq (bekerel). Një bekerel paraqet një zbërthim për një sekondë, 1 Bq $=s^{-1}$.

Përcaktimi i aktivitetit (aktiviteti specifik *A/m*, ku m është masa e radioizotopit, njësia e kësaj madhësie është Bq/kg) ka zbatim të gjërë në medicinë (përcaktimi i vëllimit të gjakut, hemoglobini në gjak), arkeologji (përcaktimi i vjetërsisë së fosileve, papiruseve etj., nëpërmjet caktimit të aktivitetit $^{14}_{6}\mathrm{C}$ që ka periodën të gjysmezbërthimit 5730 vjet) dhe shumë degë të tjera nga shkenca dhe teknika.

Nëse izotopi radioaktiv në çfarëdo lloj mënyre futet në organizëm, atëherë bëhet fjalë për **periodë biologjike të gjysmezbërthimit** ose koha e gjysmëeliminacionit të radionuklidit T_b. Ajo kohë për të cilën prej organizmit, organ ose ind, në mënyrë fiziologjike eliminohet gjysma prej radionuklidit të inkorporuar pavarësisht prej periodës së tij të gjysmëzbërthimit. Domethënë, numri i atomeve të preparatit radioaktiv bie, jo vetëm si rezultat i zbërthimit radioaktiv, por edhe si rezultat i eliminimit fiziologjik që kryhet te organizmi i gjallë. Perioda biologjike e gjysmezbërthimit varet prej organizmit, veçanërisht prej organit kritik te i cili radionukleidi i zgjedhur grumbullohet.

Supozohet se edhe eliminimi biologjik i preparatit radioaktiv i futur në organizëm realizohet sipas ligjit eksponencial. Sipas anologjisë më konstantën e zbërthimit radioaktiv λ, si masë e gjasës për eliminimin biologjik të ndonjë nuklidi radioaktiv në njësi kohe, futet ***konstanta e eliminimit biologjik*** λ_b. Zvogëlimi i përgjithsëm i aktivitetit të radionuklidit të inkorporuar caktohet me konstantën e ***zvogëlimit efektiv*** λ_{ef} që paraqet shumën e dy gjasave:

$$\lambda_{\mathrm{ef}} = \lambda + \lambda_{\mathrm{b}} \tag{8}$$

prej barazimeve (6) dhe (8) fitohet

$$\frac{1}{T_{\mathrm{ef}}} = \frac{1}{T_{1/2}} + \frac{1}{T_{\mathrm{b}}}\ . \tag{9}$$

Barazimi (9) jep mundëse të njehsëhet perioda efektive e gjysmëeliminimeve të preparatit radioaktiv që është futur në sistemin biologjik

$$T_{\mathrm{ef}} = \frac{T_{\mathrm{b}} \cdot T_{1/2}}{T_{\mathrm{b}} + T_{1/2}}\ . \tag{10}$$

përshembull, për jodin radioaktiv ^{131}I perioda e të cilit të gjysmezbërthimit është $T_{1/2}$ =8 ditë, dhe T_b është 138 ditë, sipas barazimit (8) fitohet se perioda efektive e gjysmë eliminimit është 7,6 ditë.

Duhet të përmendet se në rastin e ndryshiumeve të mëdhaja ndërmjet $T_{1/2}$ dhe T_b, praktikisht, meret vlera më e vogël.

Në fund do të japim disa shembuj të bërthamave të cilat më së shumti shfrytëzohen në medicinën nukleare si edhe për diagnostifikim ashtu edhe për terapi. Jodi radioaktiv $^{131}_{53}\mathrm{I}$ i cili shfrytëzohet gjatë hulumtimeve të funksionit të gjëndrës tiroide, e ka periodën e gjysmëzbërthimit 8 ditë, për oksigjenin $^{15}_{8}\mathrm{O}$,me të cilin studijohet resorpcioni $T_{1/2}$ është 2,1 minuta. Teknesiumi, izotopi më i shfrytëzuar në medicinën nukleare e ka periodën e gjysmëzbërthimit 6 orë.

Pyetje dhe detyra

1. Çka është perioda e gjysmëzbërthimit?
2. Prej çka varet perioda e gjysmëzbërthimit?
3. Nxire ligjin e zbërthimit radioaktiv.
4. Çka është aktiviteti, dhe si ndryshon gjatë kohës te substanca radioaktive e dhënë? Cila është njësia për aktivitetin?
5. Çka është perioda biologjike e gjysmëzbërthimit?
6. Çka është perioda efektive e gjysmëzbërthimit?
7. ^{133}He është gazë radioaktiv që shfrytëzohet për studimin e funksionit për mushkërit e bardha. Perioda e tij është $T_{1/2}$= 5,3 ditë, dhe T_b (te mushkëritë e bardha) është 35 minuta, prandaj të caktohet perioda efektive e gjysmëeliminnimt.

(Përgjigje: $T_{\mathrm{ef}} \approx 35$ minuta)

Rezime

Numri masë A i elementit paraqet shumën e numrit të protoneve Z dhe numrit të neutroneve N te bërthama të elementit të dhënë, domethënë,

$$A=N+Z$$

Bërthama atomike karakterizohet me mbushjen elektrike :

$$Q = Ze,$$

ku me e është shënuar mbushja elektrike elementare. Z është numri atomik i bërthamës atomike, të barabartë me numrin e protoneve. Z përputhet me numrin rendorë me numrin e elementit te sistemi periodik i Mendeljevit.

-Njësia e unifikuar ppër masën atomike

$$m(^{12}_{6}\mathrm{C}) = 12{,}000\ \mathrm{u}\ ;\ 1\mathrm{u} = 1{,}660538 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$

-Defekti i masës së bërthamës është dhënë me:

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)\,m_n] - m_j(A,Z)$$

-Energjia specifike e lidhjes E_{sp}.

$$E_{sp} = \frac{\Delta E}{A}.$$

-Ligji për zbërthimin radioaktiv është

$$N = N_{\mathrm{o}} \cdot 2^{-t/T_{1/2}}$$

-Ramja është më e shpejtë me konstantë të madhe të zbërthimit radioaktiv λ

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$$

-Aktiviteti i substancës radioaktive bie në mënyrë eksponenciale me kohën

$$A = \lambda N = \lambda N_{\mathrm{o}}\, 2^{-t/T_{1/2}} = A_{\mathrm{o}}\, 2^{-t/T_{1/2}}$$

-Njësia për aktivitetin në SI është 1Bq

-Zvogëlimi efektif λ_{ef} që praqet shumës e dy gjasave:

$$\lambda_{ef} = \lambda + \lambda_b$$

Perioda efektive e gjysmëzërthimit

$$\frac{1}{T_{\mathrm{ef}}} = \frac{1}{T_{1/2}} + \frac{1}{T_{\mathrm{b}}}$$

12.6. REAKSIONET NUKLEARE

Transformimet e bërthamave atomike të shkaktuara gjatë bashkëveprimit me bërthamë ose grimca, quhet *reaksione nukleare (bërthamore)*. Domethënë, gjatë reaksioneve nukleare bërthama është qëllimi i bombardimit me nukleone (protone ose neutrone), grupi i nukleoneve ose bërthamat e leta, sikurse janë, për shembull,deuterium ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$, treciumi ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$, grimcat α etj. Është e mundëshme, gjithashtu, prej bërthamës të ndahen disa nukleone ose g kuante.

Reaksioni nuklearë, i llojit të përgjithshëm, mund të arihet me bombardimin e bërthamës- shënjestra me grimca të shtejta- proektil (ose bërthamë e lehtë). Grimca proektil **a** duhet të ketë mjaftë energji për tu futur te bërthama qëllim **A**. Si rezultat i reaksionit nuklearë fitohet bërthamë e re **B** dhe grimcë e lehtë **b**. Kjo në mënyrë skematike mund të paraqitet në këtë mënyrë.

$$A + a \rightarrow B + b \quad . \qquad (1)$$

Për të shprehur reaksionet nukleare zakonisht shfrytëzohen edhe simbole të shkurtuara

$$A(a,b)\,B \qquad (2)$$

ku pas simbolit të bërthamës qëllim (shënohet grimca me të cilën bombardohet bërthama dhe të gjitha grimca tjera të cilat paraqiten si rezultat i reaksioneve nukleare, kurse pas kllapës vëndohet simboli i bërthamës që është krijuar pas bërthamës.

Gjatë reaksioneve nukleare nukleonet nuk zhduken dhe nuk u ndryshohen vetitë, vetëm krijohet riradhitja e tyre. Prandaj, gjatë reaksioneve nukleare patjeter duhet të plotësohen këto ligje:

-ligji për ruajtjen e impulsit dhe momentit të impulsit

-ligji për ruajtjen e energjisë;

-ligji për ruajtjen e sasisë elektrike

-ligji për ruajtjen e numrit të elektroneve si edhe ligjeve që janë veçori vetëm për mikrogrimcat.

Njëra prej reaksioneve të para nukleare e studiuar detalisht është realituar Radhëefordit në vitin 1919. Ai për herë të parë pati sukses bërthamën e azotit ta transformon në bërthamë të oksigjenit. Për atë qëllim shfrytëzoi dhomën e Willsonit të mbushur me azot. Po ashtu, grimcat α të përfituara prej polioniumit natyrorë energjia e të cilit është 7,5 MeV, e bombardojnë bërthamën e azotit. Reaksioni mund të paraqitet në këtë mënyrë

$${}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{18}_{9}\mathrm{F} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}\,, \qquad (3)$$

ose shkurtimisht ${}^{14}\mathrm{N}(\alpha,\mathrm{p}){}^{17}\mathrm{O}$.

Shihet se shuma e numrave masë dhe rendorë prej të dyja anëve të reaksionit nuk ndryshon.

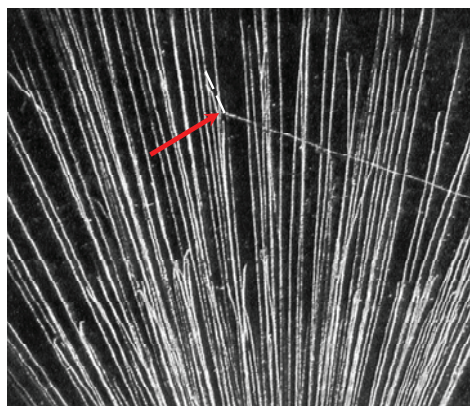


Fig. 1. Goditja e grimcave a me bërthamën e azotit. Fotografia e bërë prej Blackett më vitin 1925

Fotografia (fig. 1) e këtij reaksioni nuklearë është bërë në vitin 1925 nga fizikani anglez Blaket (Blackett) i cili në vitin 1928 e *ka fituar qmimin nobël për fizikë*.

Ndërmjet gjurmave të panumërta të grimcave a që ndahet në dhomën e willsonit të mbushum me azot, në një vend gjurma e grimcës a ndërptiet dhe në atë vend fillojnë dy gjurma të reja. Ai është vendi ku ka ndodhur reaksioni nuklearë i përmendur. Shqyrtimet e këtyre gjurmave me fushë magnetike tregojnë se gjurma e hollë dhe më e gjatë është gjurma e bërthamës të re hidrogjenit, d.m.th., protonit. Me zbatimin e ligjeve të ruajtjes të impulsit të energjisë, fitohet se ndarja e shkurtur e gjurmës i takon grimcës me sasi elektrike +8 *e* dhe *A*=17, që i përgjigjet bërthamës të oksigjenit.

Përveq kësaj që numri i reaksioneve kur bërthamat atomike të azotit dhe grimcave a ndërmjet vedi veprojnë është shumë e vogël (përafërsisht një herë në 50000 raste), është bërë rotullim i plotë në njohurinë për përbërjen e bërthamës. Domethënë, konstatohet se *protoni është pjesë e bërthamës atomike*.

Gjatë disa viteve pas zbulimit të transofrmimit të parë të bërthamës atomike Radhërfordi dhe asistenti i tijë Çedvik treuan se grimcat a, kuptohet nëse posedojnë energji përkahtëse mund të hudhen protone po thuaj se të gjithë elementet e lehtë (B,F,Al,SI,S,K etj.). Të gjitha ato reaksione realizohen sipas skemës :

$$ {}^{A}_{Z}\mathrm{X}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\rightarrow({}^{A+4}_{Z+2}\mathrm{X})\rightarrow {}^{A+3}_{Z+1}\mathrm{Y}+{}^{1}_{1}\mathrm{H} \qquad (4) $$

ku ${}^{A+4}_{Z+2}\mathrm{C}$ paraqet *radhitje bërthamore* jostabile. Te numri më i madh të reksioneve nuklera grimcat e proektilit hujnë në bërthamë dhe ndalet në të ashtu që fitohet një bërthamë e re e njohur si bërthamë e radhitur. Kështu te barazimi (3) ditohet bërthama e radhitur ${}^{18}_{9}\mathrm{F}$. Bërthama e radhitur është jostabile dhe kalon në bërthamë më stabile nëpërmjet hudhjes të ndonjë grimce.

Njëra nga zbulimet fundamentale që e bën Kokrof dhe Wollton, në vitin 1932 duke punuar në Kevendish laboratorin, është për mundësim për reaksionin nuklearë invrs (4). Rëndësia e eksperimentit të Kokrofit dhe Woltonit qëndron se ato të parët nxitojnë grimca me fushë elektrike, dhe kështu e fillojnë kohën për zhvillimin e akseleratorve. Si rezultet i reaksionit të realizur me protone të nxituara deri te energjitë të rendit të madhësisë 0,8MeV, janë ditur dy grmica a, kurse lirohet edhe nergjia

$$ {}^{7}_{3}\mathrm{Li}+{}^{1}_{1}\mathrm{H}\rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\ +17{,}35\ \mathrm{MeV}. \qquad (5) $$

Në vitin 1932 Çedvik ka zbuluar grimcë të re të neutronit për të cilën shpjetë do të tregohet se është pjeës përbërëse. Neutroni është fituar kur bërthama e beriliumit është rezatuar me grimca α:

$$ {}^{9}_{4}\mathrm{Be}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}\ . \qquad (6) $$

Majtet të shpejtësisë dhe dometi të bërthamave të fituara me reaksion tregojnë për atë se grimca neutrale e ka masën përafërsisht të barabartë me masën e neutronit.

Reaksionet nukleare mund të klasifikohen sipas energjisë së proektileve që i shkaktojnë karakterit të transformimit të bërthamës, grimcave që krijohen si rezultat i reaksionit etj. Përveç kësaj, reaksionet nukleare mund të jenë shkaktuar nga grimcat rënëse me energji të lartë, të mesme dhe të vogël.

Varësisht prej grimcave proektile që i shkaktojnë reaksionet, ato mund të ndahen në reaksione të shkaktuara nën veprimin: grimcave të elektrizuara, neutroneve dhe fotonve të fituara me reaksion tregojnë për atë se grimca neutrale e ka masën përafërsisht të barabartë me γ. Është konstatuar se reaksioneve nukleare të shkaktuara prej grimcave me shpejtësit relativisht të vogla, realizohen nëpërmjet krijimit të bërthamës të radhitur e cila spontanisht transformohet në bërthamë të re (të fundshme) me lirimin e një ose më shumë grimcave elementare.

Reaksionet nukleare të shkaktuara prej neutroneve me shpejtësi të vogla zakonisht kanë gjasë më të madhe të realizohen. Kjo mund të sqarohet me atë sa është më e vogël shpejtësia e neutroneve po aq koha është më e gjatë për të cilën neutroni do të mbese në sferën e veprimit të forcave nukleare, por me të zbadhohet edhe gjasa për pranimin e neutronit. Duke studiuar reaksionet bërthamore fitohen informata për vetitë e bërthamave (dimenzionet, radhitja e mbushjeve elektronike, natyra e forcave bërthamore etj.). Kjo arihet ashtu që së pari indentifikohet kanali i reaksionit, pastaj bërthama e posafituar dhe grimca, sa është energjia e tyre, radhitja analoge, gjasa e realizimit të reaksionit, prerja efektive.

Pyetje dhe detyra

1. Çka janë reaksione nukleare dhe si është fituar reaksioni i parë nuklearë?
2. Si është fituar reaksioni i parë nuklearë me grimca të përshpejtuara me akceleratorë.

James Chodwick (1891-1974) është bashkëpunëtorë i Radhërfordit në laboratirin Kevendish në Kembirgj. Në vitin 1935 e ka ndarë shpërblimin nobël për fizikë me bashkëshortët Frederik dhe Irena Zholio-Kiri.

12.7. FISIONI NUKLEARË

Në fillim të vitit 1934 nga ana E.Fermi janë bërë një varg prova me qëllim të shkaktohet reaksioni bërthamorë ndërmjet neutroneve dhe bërthamave të uraniumit. Është llogaritur se në atë mënyrë do të fitohen elemtet me numër rendorë më të madh prej uraniumit të ashtuquajtur *elemente transuranium*. Në vend të kësaj është vërrejtur se bërthama e uraniumit ndahet në dy pjesë, masat e të calave janë në raport të përafërt 2:3, me lirimin e njëkohësishëm të sasisë të madhe të energjisë.

Fisioni nën ndikimin e neutroneve është zbuluar në vitin 1938, prej O.Han, L.Majnter dhe Shtrasman. Gjatë zbulimit dhe sqarimit të fisionit bërthamorë kontribut të madh kanë dhënë I.Kiri-Tholio, P. Saviq, O.Frish etj.

Përveq kësaj që u tregua se te shumë bërthama mund të shkaktohet fisioni por për qëllime teknike të rëndësisë të madhe është fisioni i uraniumit dhe plutoniumit. Procesi i fisionit ^{235} U mudn të tregohet me

$$ {}_0^1\mathrm{n} + {}_{92}^{235}\mathrm{U} \rightarrow {}_{92}^{236}\mathrm{U}^{*} \rightarrow X + Y + \text{neutrone} \quad (1) $$

ku ${}_0^1\mathrm{n}$ është simboli për neutron ${}_{92}^{236}\mathrm{U}^{*}$Izotopi jostabil i uraniumit X dhe Y janë bërthamat e posafituara gjatë fisionit-***fragmentet e fisioneve.*** Ato mund të jenë jostabile dhe të zbërthehen duke dhënë një varg të elemteve radioaktive- ***produktet e fisionit***.

Gjatë fisionit të bërthamës ^{235}U si shembull mund të fitohen këto çifte të fragmenteve të fisioneve:

$$ {}_0^1\mathrm{n} + {}_{92}^{235}\mathrm{U} \rightarrow {}_{92}^{236}\mathrm{U} \rightarrow {}_{57}^{144}\mathrm{La} + {}_{35}^{89}\mathrm{Br} + 3\ {}_0^1\mathrm{n} + Q $$

ku Q është energjia e veçuar gjatë reaskionit. Fragmentet e fisioneve janë jostabile dhe pas një vargu të zbërthimeve kalojnë në izotope stabile.

Është treguar se të ^{235}U nëpërmjet fisionit mund të fitohen përtej 40 çifte të ndryshme të framenteve. Ato shkojnë prej numrit masë më të lehtë 70 deri te me të rëndë për të cilën numri masë është 160. Kur fisioni do të jetë simetrik që sëhtë shumë ralle bërthama e ^{235}U do të ndahet në dy fragmente me numër masë 117 dhe 118. Me gjithate, është treguar se është shumë i vogël pra bërthamat që ndahet në fragmente të barabarta.

Në bazën e teorisë të fisionit nuklearë është marë modeli *bërthamës pikë*. Sipas kësaj metode, bërthama atomike në gjendjen themelore (e pangacmuar) ka përafërsisht formë sferike. Pasi që neutroni absorbohet prej bërthamës (fig. 1.faza nji) fitohet bërthamë e radhitur, me numër masë më të madh për një nga bërthama fillestare, e cila është jostabile dhe deformohet (faza 2). Kur kjo do të deformohet, forcat të tensionit sipërfaqësorë më shumë nuk do të jenë të mjaftushme ta kthejnë formën sferike të bërthamës.

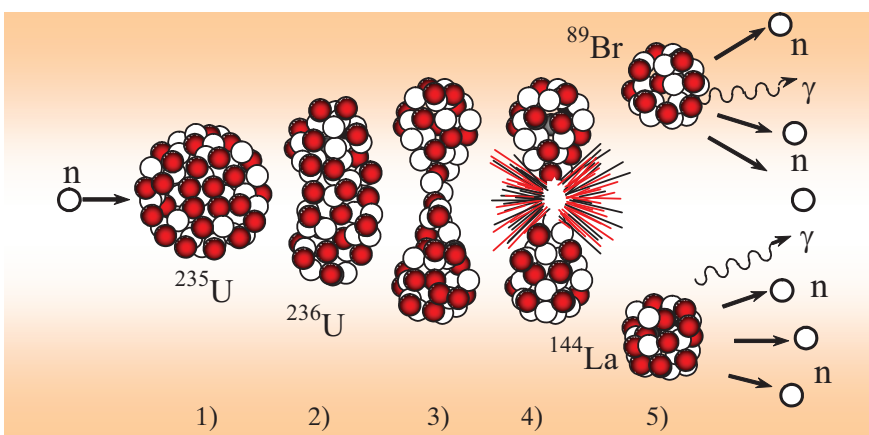


Fig. 1. *Fisioni ibërthamës së uraniumit-225 e indukuar me neutrone.*
Sipas modelit të pikës së fisionit rrjedh nëpër shumë fazë

Bërthama më së pari zgjatet, ashtu që në mes bëhet e hollë që të tërhiqet në fund në dy pjesë të cilët ikin me energji të madh (faza 4). Në këtë mënyrë fitohen fragmentet e fisionit të cilët janë jostabile dhe emetojnë neutrone dhe rezatim (faza 5).

Energjia minimale që duhet ta kenë grimcat që shkaktojnë fision quhet ***energjia e aktivit***. Që të ndodhë fidioni pa dhënë energji, respektivisht Z^2/A duhet të kenë vlerë 45. Pasi kjo vlerë për ^{235}U është më e vogël se 45 për aktivimin e procesit fision është e nevojshme energji plotësuese. Eksperimentet tregojnë se fisioni i bërthamës së uraniumit ^{238}U mund të shkakton vetëm me neutrone të shpejta energjia e aktivizimit e të cilëve e tejkalon vlerën 1MeV. Nga ana tjeter, fisioni i bërthamës së uraniumit ^{235}U mund të shkakton sikurse me neutrone të shpejta ashtu edhe me të ngadalshme. Energjia e neutroneve të ngadalshme është diçka më e vogël se 1 MeV. Me energji të atillë disponojnë molekulat e gazit në temperaturë të dhomës. Për këtë shkak neutronet e ngadalshme quhet edhe neutrone termale.

Bërthama të fituara gjatë ndarjes janë të ngarkuara me neutrone, pra lëshojnë një pjesë të neutroneve dhe në atë mënyrë fitohen ***neutrone në ndarje***. Por sigurisht neutronet në ndarje nuk e eliminojnë krejtësisht ngarkesën e tejkaluar me neutrone, që kushtëzon bërthamat e fituara gjatë ndarjes të jenë radioaktive; ashtu që prej nji vargut të zbërthimit b arihet të fitohet izotop stabil.

Sa do të jetë numri i neutroneve të ndarjes varret prej mënyrës së fisionit. Te disa çifte fragmente mund të mund të lirohet vetëm një neutron, ndërsa e të tjerët numri i neutroneve të jetë dy, tre, ose më shumë.

Njësimet tregojnë se gjatë fisionit të bërthamave lirohet energji e madhe, pasi për bërthamat me masë mesatare energjia specifike e lidhjes është për afërsisht MeV, ndërsa për bërthamat e rënda është më e vogël edhe është për afërsisht 7,6 MeV. Për shembull, gjatë fisionit të bërthamës së rëndë lirohet 1,1 MeV për nukleon, që do të thotë për afërsisht 200 Mev për bërthamë.

Nëse me fisionit ^{235}U krijohen izotopet ^{130}La dhe ^{130}Ag dhe 3 neutrone energjia që lirohet me fision me 1g ^{235}U mund të njësohet nëse

$\Delta m = 0{,}205214\ u$

$$Q = \Delta m \cdot c^2 = 0{,}205214 \cdot 931{,}5\ \text{MeV} = 191\ \text{MeV}$$

$$Q = 305{,}8 \cdot 10^{-13}\ \text{J}.$$

derisa gjatë fisionit të të gjithë bërthamave në 1g, ^{235}U, fitohet $7{,}8 \cdot 10^{10}$ J.

Reaksionet Vargore

Fisioni i bërthamës së uraniumit është përcjellë me emisionin me 2-3 neutroneve, kurse kjo do të thotë fitohen grimca të cilët e shkaktojnë. Ato neutrone janë të afta të detyrojnë bërthama tjera të uraniumit të kryejnë fision. Po ashtu, përsëri lirohen neutrone të reja dhe në atë mënyrë ky varg i reaksioneve rregullid]sht vazhdon. Kjo tregon në mundësinë një herë fisioni i filluar prej vet vetes të vazhdon dhe më tutje të zhvillohen. Reaksioni nuklearë i këtillë, që vet krijon kushte për zgjerim sipas mënyrës së lartëpërmendus, quhet ***reaksin bërthamor vargor***.

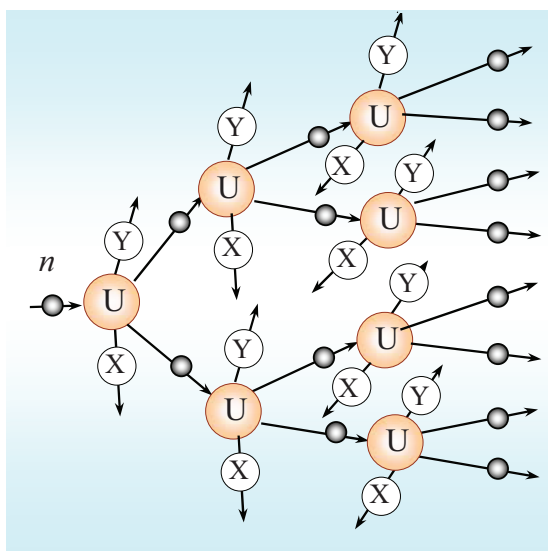


Fig. 2. Reaksioni vargor i uraniumit nën ndikimin e neutronit

Si shembull të marim se gjatë procesit të fisionit lirohen 2 neutrone. Në raste ideale ato mund të shkaktojnë edhe dy procese tjera të fisionit me lirimin e 4 neutroneve. Kto 4 neutrone më tutje do të shkaktojnë 4 procese të reja të fisionit dhe po ashtu do të lirohen 8 neutrone etj. Në këtë mënyrë, duke filluar vetëm me nji neutron, sipas vargut të proceseve të nji pas njishme të fisionit, lirohen 2,4,8,16,... neutrone numri i të cilave ritet sipas ligjit të progresionit gjeometrik (fig. 2).

Çdo reaksion bërthamor vargor karakterizohet me ***koeficientin e shumimit të neutroneve*** *k,* ndonjëherë i quajtur edhe *faktor i multiplikimit*. Koeficienti i shumimit është dhënë me herësin ndërmjet numrit të neutroneve të liruara në etapën *i* të fisionit nuklearë dhe numrit të neutroneve të liruara në etapën paraprake *i*-1:

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_3}{N_2} \cdot \cdots = \frac{N_i}{N_{i-1}}. \qquad (3)$$

Është treguar se të gjitha neutronet sekondare nuk shkaktojnë fision te bërthama, që sjell deri te zvogëlimi i koeficientit të shumimit. Neutronet sekondare ose do të hudhen prej zonës aktive, (ku ka ndodhur reaksioni vargorë) për shkak të dimenzioneve të fundëshme të tyre ose për shkak të shpejtësisë së madhe para se të kapur edhe prej atyre bërthamave të cilët u takojnë primeseve që nuk janë të nënshtruara në fision.

A do të vjen deri te reaksioni vargor, por edhe nëse vjen deri te ajo, si do të jetë karakteri i sajë, varet prej vlerës së koeficientit të shumimit të neutroneve *k*. ***Kusht i domosdoshëm që të thvillohet reaksion vargor*** $k > 1$. Të marrim, për shembull, koeficienti i shumimit se është $k=1,05$. Nëse në gjeneratën e parë ka 100 neutrone atëherë numri i tyre në gjeneratën e dytë do të jetë $100 \cdot 1,05$, në të tretën $100 \cdot (1,05)^2$ etj. në këtë mënyrë reaksioni vargorë më së pari ngadal, por pastaj fuqishëm ritet.

Përballë kësaj, kur $k < 1$, reaksioni vargorë nuk mund të mahet. Të marim, për shmebull, se $k=0,95$. Kjo do të thote prej 100 neutroneve, në gjeneratën e dytë do të ketë 95, në të tretën $100 \cdot (0,95)^2$ etj. Në fillim të gjeneratës së njiqind do të ketë më pak se nji neutron, ashtu që reaksioni vargorë ndërpritet.

Nëse vlera është $k=1$, reaksioni nuklearë vargorë mbahet vetë edhe me intenzitet konstantë. Në këtë mënyrë reaksioni valëzorë në mënyrë të ***kontrolluar***.

Koeficienti varet prej natyrës së substancës e nën shtuart, prej masës, dimenzioneve të zonës aktive. *Masa minimale e substancës së fisionit, te e cila ndodh reaksioni vargorë, quhet* ***masa kritike***. Për masën ktritike koeficienti i shumimit është $k=1$, rekasioni vargorë do të rrjedh, pasi me kohën numri i neutroneve nuk ndryshon. Përballë kësaj kur masa e sistemit është ëm e vogël nuk mund të mbahet reaksioni vargërë.

Reaksionet vargore ndahen në ***të kontrolluara dhe të paktrolluara***. Reaksionet të pa kontrolluara realizohen në *reaktorët nuklearë*. Ekspolizivi i ***bombës atomike*** paraqet reaksion bërthamorë vargorë jo të kontrolluar. Që të mos vijë deri te eksplodimi lënda djegëse e fisionit është ndarë ë dy pjesë me masa të barabarta, më të vogla se kritikja. rreth materialit të fisionit është vendosur reflektorë për tu zvogëluar humbja e elektroneve dhe efikasiteti i fisionit të jetë më i mirë. Që të zhvillhet reaksioni vargorë me ndihmën , këto dy masa bashkohen dhe masa bëhet më e madhe prej masës kritike.

Gjatë eksplodimit lirohet sasi e madhe e energjisë me fuqi shkatëruese. Megjithate, Në shprejhje do të vinë këto veprime: *goditëse (mekanike), e nxehtësisë dhe radioaktive*.

Për shembull, eksplodimi i bombës atomike me 1 kg ^{235}U do të jetë e barabartë me eksplodimin e 20000 tonelatave me ekspolodim klasik trinitonulloll.

SHEMBULLI 1. Duke shfrytëzuar tabelën e sistemit perioditk i elementeve, mund të njehsohet sasi e saktë e energjisë së liruar të dhënë (2):

Zgjidhje. Duhet së pari ta njehsojmë defektin e masës Δm:

$$\Delta m = \left[235{,}04395 + 1{,}008665\right] - \\ - \left[142{,}92054 + 89{,}91959 + 3(1{,}008665)\right] = 0{,}186 \text{ u}$$

Energjia e liruar $\Delta E = \Delta m\, c^2$, duke pasur parasysh faktin se $1u$ përgjigjet energji ekuivalente 931,5 MeV/c^2 (shiha kapitullin 2.13.), fitohet

$$\Delta E = 0{,}186 \cdot 931{,}5 = 173{,}3 \text{ MeV}$$

Pak Histori

Për mundësinë që të fitohet energji e dobishme prej reaksioneve nukleare është diskutuar gjatë viteve 30 të shekullit të kaluar.

Shkencatrët gjerman Oto Han (Otto Hahn) dhe F. Shtarsma (F. Starssman) knaë bërë studim të follësishëm të rezultateve të reaksionevee bombardimit të uraniuit të neutroneve. Kështu, në vitin 1939 ata treguan se si rezultat i këtij bombardimi fitohet baiumi element me numër atomik 56 dhe kursesi nuk ka mundur të sqarohet se si prej uraniumit fitohet ky element. Një javë pas analizës së tyre Liza Majtner (Lisa Meitner) edhe Oto Frish (Otto Fisch) kanë supozuar se gjatë bombardimit të uraniumit bërthama ndahet në dy bërthama të vogla dhe po ashtu lirohet sasi të mëdha të energjisë.

Ky zbulim, i bërë para luftës së dytë botërore, menjëherë është treguar mundësia me ndihmën e fisionit të fitohet energji e dobishme, por edhe se mund të fitohet bombë me fuqi të madhe shkatëruese. Gjatë luftës në SHBA është mbledhur plejada e shkencëtarëve botërorë të lartë (numri më i madh emigrant të Europës) të cilët kanë punuar fuqimisht në zbulimin e energjis bëthamore. kështu, nën udhëheqjen e Enriko Fermi në vitin 1942 në Çikago është lëshuar në punë reaktori i parë bërthamorë. Më 16 Qershorë 1945 në shkretirën e Meksikës së re SHBA është kryer eksplodimi i parë të bombës automke kurse në fillim të gushtit të njejtit vit është hudhur bomba atomike në Hiroshinë dhe Nagasaki.

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Shkruani në formën e zbërthyer këto dy reaksioni karakteristike me deuteron:

$$^{13}\text{C(d,p)}^{14}\text{C} \quad \text{ose} \quad ^{12}\text{C(d,n)}^{13}\text{N}$$

2. Pse neutronet jjanë të përshtatshme si proektile për reaksionet nukleare?
3. Pse neutronet termike më lehtë absobohen prej bërthamave të shpejta?
4. Kontrolloni validitetin e ligjeve për ruajtjen e mbushjeve elektrike dhe te të gjithë reaksionet të dhëna si shembull në dy njësit e fundit mësimore.

Këkroni në internet web faqet

- **Nuclear Reactions**
www.nidlink.com/~jfromm/history/nuclear2.htm - 26k - Cached - Similar pages

- **Matter-Antimatter Annihilation**
http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l2/gamma_generation.html

- **Nuclear Fission** Concepts
hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/nucene/fiscon.html - 5k -
dhe zgjeroni njohurit tuaja

REZIME

-Koeficienti i shumimit të neutroneve k, ndonjëherë quhet edhe *faktor i multiplikimit*. Koeficienti i shumimit është dhënë me herësin ndërmjet numrit të neutroneve të liruara në etapën i të fisionit nuklearë dhe numrit të neutroneve të liruara në etapën paraprake i-1:

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_3}{N_2} \cdot \cdots = \frac{N_i}{N_{i-1}}.$$

-Kusht që të ndodhe reaksioni vargorë është koeficienti i shumimit të neutroneve k të jetë i barabartë ose me i madh se 1.

12. 8. REAKTORËT NUKLEAR

Ndonëse, për fatë keq, zbulimi i reaksionit vargor (në zinxhir) ka qenë për të parën herë i shfrytëzuar për qëllime ushtarake dhe shkatërruese, megjithatë reaksionet nukleare kanë gjetur zbatimine tyre edhe për mirëqenien e njerëzimit për përfitimin e energjisë së dobishme.

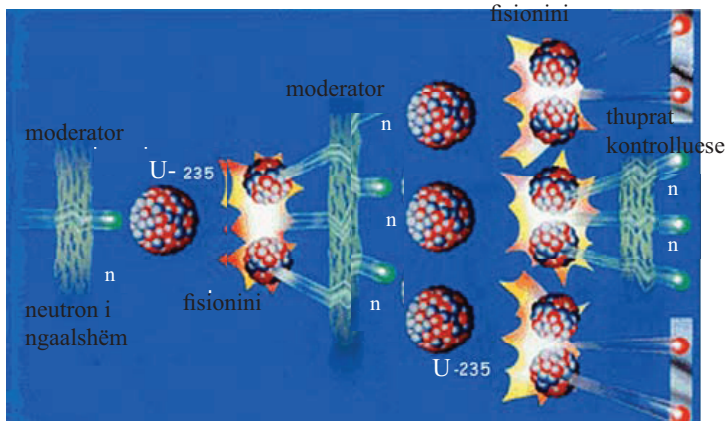


Fig. 1. Reaksioni vargor i kontrolluar

Reaktorët bërthamorë

Reaksioni vargor mund të bëhet që të rrjedhë ngadal dhe në mënyrë të kntrolluar. Reaktori i parë bërthamor është ndërtuar në SHBA nën udhëheqjen e Enriko Fermit, më vitin 1942. Në figurën 1 është dhënë reaksioni vargor i kontrolluar i cili bëhet te raktori, ndërsa në figurën 2-skema e pjesëve themelre të tij.
Pjesët kryesore të çdo reaktori nuklear janë:

1. lënda djegëse nukleare, më shpesh uranium-235 me masë më të madhe nga ajo kritike;
2. moderatori dhe reflektori;
3. shufra kontrolluese përrregullimin e procesit
4. sistem për ftohje dhe
5. sistem për mbrojtje.

Lënda djegëse nukleare mund të jetë ^{235}U, ^{233}U ose plutoniumi (^{239}Pu), me masë më t madhe nga ajo kritike. Lënda djgëse është vendosur në afërsi direkte të moderatorit i cili i ngadalson neutronet. Moderatori është i përbërë nga elementet me numër rendor më të vogël, bërthamat e të cilit hyjnë në interaksion me neutronet dhe ua zvogëlojnë shpejtësinë. Si moderator shfrytëzohet grafiti, uji i zakonshëm ose i rëmdë (uji në të cilinhidrogjeni i zakonshëm është zëvëndësuar meizotopin e deuteriumit), beriliumi etj. Ujii rëndë është moderator shumë i mirë. Por, për shkak se përfitimi i tij është shumë i shtrentë, më shpesh shfrytëzohet grafiti.

Për ta zmadhuar koeficientin e shumimit, pjesa aktive e reaktorit është vendosur në mure prej grafiti të cilët luajnë rolin e **reflektorit** të neutroneve.

Pjesë kryesore me të cilin fisioni i kontrolluar janë **shufrat kontrollues**. Ata futen ose nxjerren në lëndën djegëse nukleare, me çka rregullohet koeficienti i shumimit. Synohet që ai të jetë njëshi, ose diçka shumë pak mbi njëshin. Ata shufra bëhennga kadmiumi ose bori, të cilëte robërojnënumrin më të madh të neutroneve. Përveç shufrave kontrolluese, ekzistojnë edhe shufra sigurimi me ndihmën e të cilave reaksioni vargor mundet totalisht të ndërpritet (nukajanë dhënë në figurë).

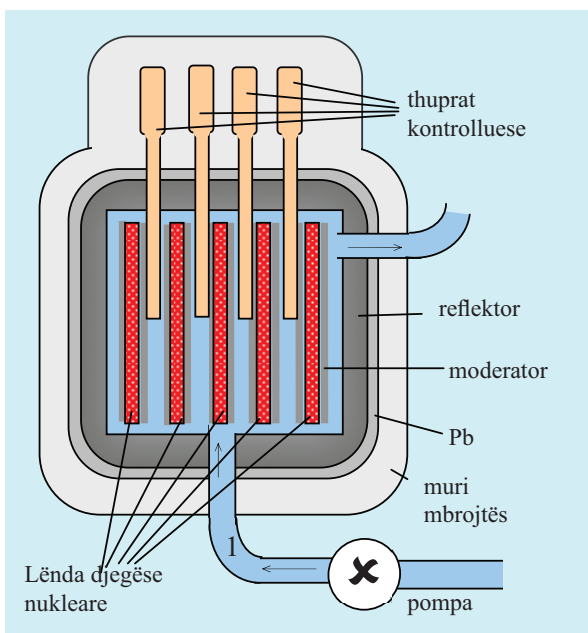


Fig. 2. Paraqitja skematike e reaktorit

Reaktorët nuklear mund të jenë hulumtues ose energjetik, prodhues (për përfitimin e lëndën djegëse nukleare).

Reaktorët hulumtues shërbejnë për qëllimeshkencore, por edhe sipajisje nëtë cilët fitohen radioizotope të ndryshme qëshfrytëzohen në industri ose më së shumti nëmedicinë

Reaktorët energjetik janë pjesë përbërëse e centraleve nukleare.

Centralet nukleare

Në bërthamën e reaktorit lirohet sasi e madhe e energjisë, e cila e nxen ujin e thjeshtë ose të rëndë i cili gjendet në kontakt direkt me bërthamën e reaktorit. Për të siguruar shfrytëzimin e energjisë me pompa (Pu, fig. 3) pandërprerë sjellet uji i ftëhtë, ndërsa përcillet uji i nxehtë. Uji i nxehtë, zakonisht, ia dorëzon energjinë evet këmbyesit të nxehtësisë në të cilin krijohet avull uji nën shtypje të lartë. Ai e lëviz turbinën, ndërsa kjo mëtutje energjinë e vet ia dorëzon gjeneratorit për rrymë elektrike. Kështu funksionojnë centralet nuklerae të sotme.

Tipi tjetër i bartjes (fig. 3) bëhet me atë që në bërthamën e rreaktorit rrymon uji nën shtypjee cila energjinë ia dorëzon ujit që vlon dhe avulli i ujit e aktivizon turbinën.

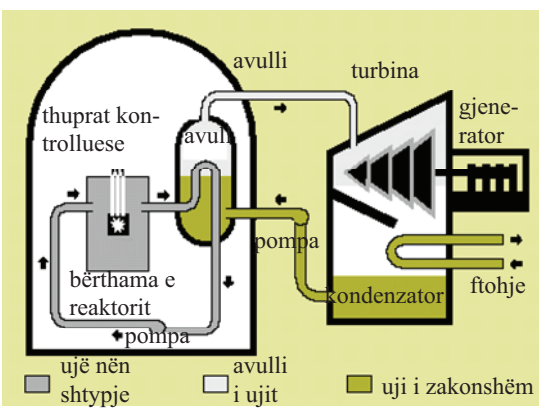


Fig. 3. Reaktor me bartje nëpërmjet ujit nën shtypjetë lartë

Pjesa aktive e bërthamës, në të cilën pandërprerë bëhen proceset e fisionit, është bruim i fuqishëm i rrezatimit. Gjatë fisionit përfitohen bërthama më të vogla, të cilat, të shumtën e rasteve janë radiaktive, kurse edhe vet procesi i fisionit është i përcjellur me lirimin e neutroneve dhe γ-kuanteve. Domethënë, neutronet dhe rrezet g janë më të rrezikshme për jetën e organizmave. Prandaj, përveç mbështjellësit nga plumbi (Pb), pjesa aktive e reaktorit mbështjellet memure prej betoni dhe hekuri me gjerësi de 2metra. Përveç kësaj **shtresë mbrojtëse,** gjatë përdorimit të reaktorit është e nevojshme të mbrohen personat që me të udhëheqin, prandaj ata duhet të jenë në largësi të mëdha. Po ashtu, përreth çdo reaktori sigurohen sistee për kontrolla automatike dhe pajisje të cilët e rregullojnë rrezatimin.

Fig. 4. Pamja e jashtëme e një centrali nuklear me muret mbrojtëse të betonit

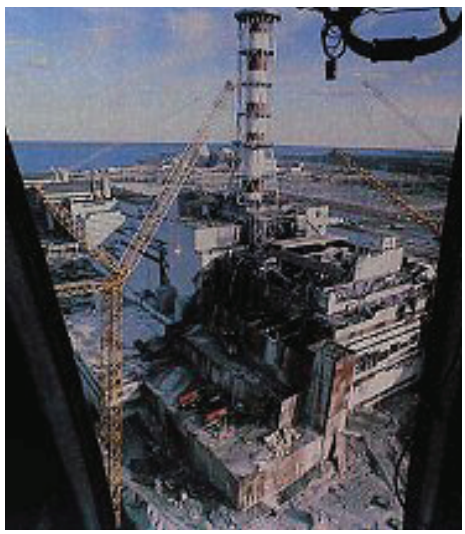
Ekologjia dhe fizika

Pas havarisë që ndodhi në Çernobil më vitin 1986, mbrojtjes së centraleve nukleare (fig. 4) i kushtohet kujdes shumë i madh.

Po, përveç havarive, nga reaktorët nuklear kërcënohet edhe një rrezik shumë i madh. Ajo është e ashtuquajtura **hedhurinë nukleare**.Domethënë, lënda djegëse bërthamore në reaktorin pas një veprimi më të gjatë varfërohet dhe duhet të zëvëndësohet me të re. Megjithatë, lënda djegëse e përdorur përmban sasi të mëdha substancash radiaktive. Problemi ku dhe si të deponohet kjo hedhurinë bërthamore, është problem botëror. Deri më tani, disa nga lëndët djegëse të përdorur shfrytë-

zohen për përdorim të sërishëm, por pjesa më e madhe e tyre deponohet në kontejner special, të vendosur në shkëmbi graniti. Bëhet përpjekje që substancat radioaktive të mos vijnë në kontakt me tokën ose ujin për shumë shekuj.

Uraniumi i varfër paraqet tip special të hedhurinës nukleare. Materiali ka formë të një qeramike shumë të fortë, prandaj shfrytëzohet për qëllime ushtarake për mbështjelljen e projektileve për shkak të zmadhimit të depërtueshmërisë së tyre në shenjën. Ai është kimikisht toksik dhe radioaktiv dhe nëse hyjnë në organizmin është shumë i dëmshëm për shëndetin.



Inçizimi nga reaktori i havarisur në Çernobil

Pyetje, detyra, aktivitete

1. Përcaktoninumrin e neutroneve që lirohen gjatë coptimeve vijuese me fision:

$$^{1}_{0}n+{}^{235}_{92}U\rightarrow{}^{140}_{54}Xe+{}^{94}_{38}Sr+\text{neutrone}$$

$$^{1}_{0}n+{}^{235}_{92}U\rightarrow{}^{132}_{50}Sn+{}^{101}_{42}Mo+\text{neutrone}$$

2. Tregoni ngjashmërinë dhe dallimet ndërmjet bombës atomike dhe reaktorit bërthamor.

3. Diskutoni përparësitë dhe mangësitë në shfrytëzimin e reaktorëve bërthamor në centralet elektrike. Tregoni për problemet ekeologjike që kanë të bëjnë me centralet bërthamore.

Kërkoni në internet:

1. Nuclear reactor - Wikipedia www.wikipedia.org/wiki/Nuclear_reactor - 32k -
2. How a Nuclear Reactor Works zebu.uoregon.edu/1999/ph161/l18.html - 3k -
3. Howstuffworks "How Nuclear Power Works" science.howstuffworks.com/nuclear-power.htm - 21k

Enrico Fermi (1901-1954) është i lindur në Romë.Në moshën 21 vjeçare bëhet doktor i shkencave tl fizikës. Pavarësisht nga Diraku, më vitin 1925 e formuloi statistikën e mikrogrimcave të cilat i quajmë fermi-grimca. Ka punuar në teorinë kuantike në zbërthimin β.Me neutrone ka bombarduar elemente dhe ka fituar elemente të reja radioaktiove transuranike, për çka më vitin 1938 i është dhënë çmimi Nobel. Më vitin 1942 ka udhëhequr me ekipin, i cili ka punuar për në ndërtimin e reaktorit të parë nuklear.

Rezime të shkurtër

-Gjatë procesit fision lirohen sasi e madhe e energjisë

-Shfrytëzimi i asaj energjie është mundësuar në reatorët nuklear

-Te reaktorët nuklear energjia fitohet nëpërmjet fisionit bërthamor të kontrolluar

-Fisioni bërthamor i kontrolluar mundësohet ashtu që koeficienti i shumimit në procesin e fisionit gradualisht mbahet të jetë njëshe, respektivisht më i madh se një, në shumë, por shumë më pak se më i madh

-Energjia e liaruar te centralet nukleare shpenzohet për krijimin e avullit të ujit të nxehtë meshtypje të lartë, ku pastaj nëpërmjet shndërrimit të energjisë mekanike në energji elektrike te gjenartorët fitohet rrymë elektrke

-Duke shfrytëzuar energjinë nukleare është fituar shumë, por mbetet problemi i ruajtjes së hedhurionave nukleare, si edhe mundësia për havarisjen nukleare të cilët mundet dëmshëm ta ndotin mjedisin jetësor.

12. 9. FUZIONI BËRTHAMOR

Gjatë fuzionit lirohet sasi energjie e madhe, pikërisht edhe më e madhe se energjia e liruar gjatë fisionit. *Prej nga fitohet kjo energji*?Nëse më detajisht studiohet varësia e energjisë specifike të lidhjes nga numri i masës shiko (fig. 2 nga kapitulli 12.3) mund të vërehet se ajo te bërthamat nga fillimi i sistemit periodik është më e vogël se sa te ata nga mesi i tij. Shuma e masave të lehta është mëe madhe nga masa e bërthamës së rifituar dhe grimca eventuale qëdo të fitohej ka defekt në masë, kjo do të thotë se do tëlirohet sasi e madhe e energjisë.

Në parim ekzistojnë dy mundësi për realizimin e fuzionit:

- me nxitimin e bërthamave me ndihmën e ascelatorëve dhe
- duke siguruar temperatura të larta (me madhësi 10^7 K dhe më të larta gjatë të cilave bërthamat posedojnë energji të mëdha.

Eksperimentet tregojnë se izotopet e hidrogjenit (deuteriumi dhe triciumi) janë mëtë përshtatshëm për realizimine fuzionit. Për shembull,kur bërthamat e deuteriumit ose triciumit bombardohen me bërthama të nxituara të deuteriumit,mundtë rrjedhin këto tre reaksione:

$$ {}^2_1\mathrm{H}+{}^2_1\mathrm{H}\rightarrow{}^3_1\mathrm{H}+{}^1_1\mathrm{p}+4{,}03\,\mathrm{MeV}\,. \qquad (1) $$

$$ {}^2_1\mathrm{H}+{}^3_1\mathrm{H}\rightarrow{}^4_2\mathrm{He}+{}^1_0\mathrm{n}+\text{енергија} \qquad (2) $$

Energjia që lirohet gjatë çdo procesi të fuzionit, shumëfish e tejkalon energjinë që haxhohet për nxitimin e bërthamave të deuteriumit.Megjithatë,kur kemi parasysh se vetëm njënga milion bërthama të nxituara mund të shkaktoj fuzionin, është e qartë se energjia e harxhuar për nxitimin e bërthamave është shumë më e madhe nga energjia e liruar gjatë fuzionit.

Fuzioni bërtamor i bërthamave të lehta krijohet edhe në temperatura shumë të larta. Ai quhet ***reaksion termobërthamor***.

Sa temperaturë duhet të arrihet për të realizuar fuzionin e deuteriumit dhe triciumit?

Njehsimet tregojnë se fuzioni bërthanor bëhet në temperatura të cilat da herë më të larta nga temperatura e qendrës së Diellit. Megjithatë, është treguar se për të rrjedh reaksioni i sintezës së bërthamave të atomit është e mjaftueshme temperatura e rendit 10^7 K. Gjatë kësaj temperature të lartë materia ndodhet në gjendje specifike e cila quhet plazmë e ***temperaturës së lartë***. Në këtëgjendje të substancës grimcat janë në shkallë të lartë të jonizimit (nuk ezistojnë atome, por bërthama të veçanta dhe elektrone të cilat kanë energji të madhe).

Sa energji lirohet në procesin e fuzionit termobërthamor të bërthamave të elementeve? Kjo mundtë ilustrohet me këtë shembull:
fuzioni ndërmjet dy bërthamave të lehta mundtë realizohet vetën me kusht bërthamat të kalojnë njëra pranë tjetrës në largësi të barabartë me rrezen e vepromit të forcave nukleare. Megjithatë, bërthamat që marrin pjesë në procesin e fuzionit, që të tejkalohen forca reflektuese të mëdhaja të bërthamave atomike të njëjtatë elektrizuara, duhet të disponojnë me energji kinetike të madhe. Për këtë qëllim, bërthamat e atomit duhet të lëvizin në mjedis te cila mbisundon temperaturë e lartë.

SHEMBULLI 1. Sa energji lirohet gjatë fuzionit të një gram deuterium në helium?

$m_n = 1{,}008665$ u $\quad m({}^1_1\mathrm{H}) = 1{,}007825$ u

$m({}^4_2\mathrm{He}) = 4{,}002603$ u

Zgjidhje.Energjia që lirohet gjatë fuzionit të dy deuteriumeve në helium është $\Delta E=\Delta m.c^2$, ku defekti i masës është:

$$ \Delta m = 2\,[m_n + m({}^1_1\mathrm{H})] - m({}^4_2\mathrm{He}) = 0{,}03035\ \text{u}\,. $$

Në barazimin e fundit anëtari i parë paraqet masat e pjesëmrrësve para reaksionit, ndërsa i dyti masat pas reaksionit. Nëse zëvëndësohen vlerat përkatëse për masat energjia e liruar është:

$$ \Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0{,}03035 \cdot 931{,}5\ \text{MeV} = 28{,}27\ \text{MeV} $$

Nëse në 1 mol helium ka N_A atome, në 1 g ka N_A/M, ku M=4 është masa molare e heliumit. Energjia që lirohet gjatë fuzionit të një gram deuterium në helium është:

$$\Delta E = \frac{6{,}022 \cdot 10^{23}}{4} \cdot 28{,}27\ \text{MeV}$$

$$\Delta E = 42{,}4 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$$

$$\Delta E = 67{,}8 \cdot 10^{10}\ \text{J}\ ,$$

e cila është afërsisht 10 herë më e madhe nga energjia që mund të fitohet me fision të një 1g ^{235}U.

Reaksionet termobërthamore në Diell dhe yje

Reaksionet termobërthamore që bëhen në Diell dhe në yjet janë rezultat iekzistimit të plazmse me temperaturë të lartë. Në përbërjen e Diellit dhe yjeve është treguar se ka 80% hidrogjen dhe 20% kelium, kurse karbon, azot dhe oksigjen nuk ka më tepër se 1%. Kjo kontribuon që Dielli është burim i pashtershëm i energjisë termobërthamore. Meqenëse atje dominojnë temperatura nga rendi i madhësisë 10^7-10^8 K, ekzistojnë kushte për fuzion termobërthamor.

Reaksionet termobërthamore në Diell realizohen në etapa-*cikle termobërthamore*. Rezultati i fundit është energia e liruar në logari të fuzionit të bërthamave t hidrogjemit në helium. Në yjet, sikurse është Dielli, temperatura e të cilit është më e ulët se $1{,}5 \cdot 10^7$ K supozohet se rrjedh i ashtquajturi **cikli proton-proton**. Si rezultat i ciklit proton-proton prej 4 protone fitohet një bërthamë heliumi, emetohenedhe dy pozitrone (e^+), dy neutrino (v) dhe dy kuante γ.

Masa e produktit të fuzionit ^4_2He është për 1% më e vogël nga masa e 4 protoneve që direkt ka të bëj me lirimin e energjisë termobërthamore.

Te yjet më të mëdha, temperatura e të cilëve në qendër është $1{,}5 \cdot 10^7$K më me gjasa është ***cikli karbono-azotik cikli*** (*CNO* cikël) (fig.1) i propozuar nga Hans Bete. Edhe gjatë të dy cikleve krijohen neutrino (*v*) që përharen në kozmos.

Gjatë ciklit të karbonit katër protonr të lira kalojnë në ^4_2He. Atomi fillestar i karbonitpas mbarimit të ciklit me fillimin e ciklit që vjen.

Domethëë,sasia e karbonit nuk ndryshohet, ai është vetëm katalizator gjatë reaksionit.

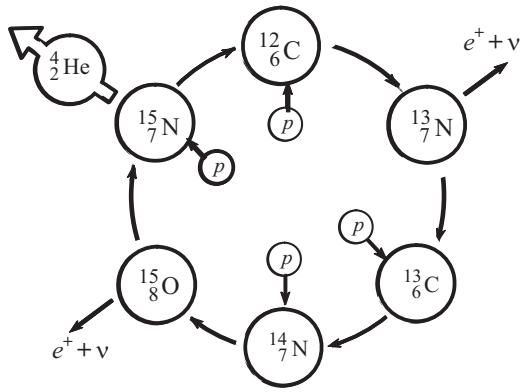


Fig. 9. Paraqitja skematike e CNO cikli ku fiton helium dhe 4 bërthama të hidrogjenit (4-protone)

Fuzioni bërthamor i kontrolluar

Se reaksionet termobërthamore mund të realizohen edhe në Tokë,askush më nuk dyshon. Sinteza e parë artificiale termobërthamore është realizuar më vitin 1953 në BashkiminSovjetik, kurse pas gjysmëviti edhe në SHBA, te bomba hidrogjenike. Ajo në të vërtetë paraqet *fuzion termobërthamor të pakontrolluar*.Këtu temperatura që është e nevojshme për mbajtjen e fuzionit realizohet me eksplodim të bombës atomike të uraniumit ose plutoniumit.

Realizimi i reaksionit termobërthamor të kontrolluar (fuzioni) në Tokë, që është me interes të posaçëm, do të siguronte një burim të ri të pashtershëm të energjisë. Në hidrosferëneTokës çmohet se ka rend $4 \cdot 10^{13}$ tone deuterium. Deri tani, fuzionet e realizuara të kontrolluara ende janë në nivelin e hulumtimeve shkencore dhe larg nga zbatimi konkret praktik.

Fuzioni ka më tepër përparësi.

- Energjia që lirohet në procesin e fuzionit termobërthamor është kolosale. Ate mund ta ilustrojmë me shembullin e fuzionit të deuteriumit që përmbahet në një litër ujë të thjeshtë. Ndahet aq energji sa do të lirohej nga djegia e rreth 350 litra benzin.

- Përparësia e dytë e fuzionit është ajo se *bërthamat e rifituara nuk janë radioaktive. Nuk ka hedhurinë radiaktive, e cila nga aspekti ekologjik është shumë me rëndësi për njeriun dhe mjedisin jetës*or.

- Gjithashtu, gjatë përfitimit të energjisë bërthamore nëpërmjet të fuzionit, për ndryshim nga fisioni bërthamor, fillimi dhe zhvillimi i mëtutjeshëm i reaksionit termobërthamor nukvaret nga masa e elementeve që marrinpjesë në reaksionin termobërthamor, prandaj teata nuk duhet patur llogari për masën kritike.

Problemi fuzion të kontrolluar termobërthamor nuk është zgjidhur. Për ta realizuar fuzionin e tillë duhet të plotësohen këto kushte:

- **dendësi e madhe**. Në brendinë e reaktorit plazma duhet të arrijë dendsi kritike e rendit të madhësisë afërsisht 10^{13} grimca./cm^3. Sa më e madhe është dendësia për aq janë gjasat që bërthamat të pësojnë goditje në njësi kohe.

- **temperaturë e lartë**. Ndonëse në brendinë e reaktorit fuzionues janë arritur temperatura deri 100 miliona gradë, fuzion i kontrolluar nuk është realizuar. Pengesa themelore është kushti i tretë.

- **kohë mjaftë e gjatë** që të ruhet plazma me temperaturë të lartë.Në eksperimentet për përfitimin e fuzionit të kontrolluar si vështirësi themelore është paraqitur problemi i substancës punuese, e cila është plotësisht plazmë e jonizuar,të jetë termikisht e izoluar nga muret e reaktorit. Me fjalë të tjera, edhe gjatë kalimit më të vogël të plazmës me muret e enës në të cilën ruhet, shpejt ftohet nën temperaturën në të cilën është i mundshëm fuzioni. Praktikisht kjo shkëputje nga muret e dhomës realizohet me fushë të fortë magnetike (me induksion magnetinë të cilën grimcat plezmë tërësisht të jonizuara lëvizin nëpër rrugë rrethore rrezja e të cilës është më e vogël sa më e fortë është fusha magnetike. Në këtë mënyrë plazma izolohet termikisht nga muret e reaktorit. Fushat e forta magnetike në këtë mënyrë e mbajnë plazmën në një vëllim të caktuar dhenë largësi nga muret e reaktorit.

Nëlaboratoret sot praktikisht bëhen eksperimente në dy tipe reaktorësh fuzionues. Tipi iparë është i njohur me emrin TOKAMAK (dhomë toroidale me fushë magnetike, fig. 2) dhe STELATOTOR (reaktor yll). Te këtoreaktor plazma mban në hapësirë të vogël me formë speciale ttë magnetit që japin fusha magnetike me profil të caktuar.

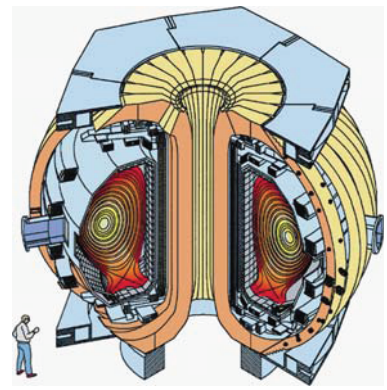


Fig. 2. Brendësia e dhomës toroidale te reaktori termobërthamor TOKAMAK

Fushate larta magnetikearrihen me bombina toroidale prej materialeve suprpërçues,të ftohur me helium të lëngët. Në rastin e përgjithshëm ekzistojnë sisteme të hapura dhe të mbyllura për mbajtjen e plazmës.

Vitet e fundit problemi për mbajtjen e plazmës zgjidhjet edhe me shfrytëzimin e tufave laserike implsive me energji të mëdha (10^5-10^6 J). Nëpër hapje të vogla nga të gjitha anët lëshohen tufa laserike të fokusura në shenjën fuzionuese që është në formë të topit prej Au ose Ag me diametër përafërsisht 2 mm (dhoma në të cilin është materiali fuzionues). Për shkak të energjisë kolosale e fokusuar në hapësirë të vogël, fitohet plazmë me temperaturë të lartë.

Qasjaetretë është duke shfrytëzuar mione të cilat luajnë rol të katalizatorëve të fuzionit termobërthamor. Por, edhe përveç të gjitha përpjekjeve, problemi i fuziont të kontrolluar , i cili do të shfrytëzohej për përfitimin e burimeve të reja të energjisë akoma nuk është zgjidhur.

Pyetje dhe detyra

1. Si sqarohet ndërlikueshmëriae energjisë gjatë fuzionit?
2. Çka është reaksioni remobërtamordhe ku realizohet?

12. 10. DOZIMETRIA E RREZATIMIT JOZUES

Rrezatimi radioaktiv α, β dhe γ, rrezet rëntgen, pastaj përrenjët e protoneve dhe neutroneve, rrezatimet që rrjedhin nga Toka dhe kozmosi, quhen *rrezatime jonizuese*. Me përdorimine madh të rrezatimit jonizues në medicinën radiobiologjike, në industrinë kimike, për sterilizim, preparatet farmaceutike, instrumentet medicinale etj., e imponuan nevojën të jenë të përkufizuara disa norma gjatë mbrojtjes.

Për këtë qëllim, në fizikën nukleare është zhvilluar disiplinë eveçantë *dozimetri*. Ajo i studion lidhjet ndërmjet rrezatimit dhe efekteve që i shkakton, ligjshmëritë kuantitative dhemetodat për matjen e rrezatimit.

Madhësitë dozimetrike dhe njësitë e tyre

Që të mundet ndikimi i rrezatimit mbi mjedisin-material, veçanërisht te organizmat e gjallë, në mënyrë kuantitative të shprehet, futet *doza e absorbuar dhe doza ekuivalente.*

Me kuptimin **dozë ansorbuese** D nënkuptohet energjia e përgjithshme që rrezatimi (fotone, grimca të elektrizuara, neutrone) e len në materialin nëpër të cilin kalon. Rrezatimile të kaloj nëpër vëllimin e materies ΔV, masa e së cilës është Δm, dhe atij vëllimi i dorëzon energji ΔW_D, d.m.th., rrezatimi që del nga vëllimi për ΔW_D energjimë të vogël nga ajo me të cilën ka hyrë. Atëherë doza absorbuese është dhënë me:

$$D = \frac{\Delta W_D}{\Delta m}. \qquad (1)$$

Njësia për dozën absorbuese në SI është 1Gy (***grej***). Ajo ësht energjia e absorbuar prej 1J të cilitdo llojrrezatimi jonizues, e dorëzon në njëkilogramëmasë të mjedisit të rrezatuar

$$1\text{Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}(\text{grej})$$

E njëjtaenergji e rrezatimit të absorbuar në sistemet biologjike nga llojet e ndryshme të rrezatimit (α, β dhe γ), nuk shakton efekte të njëjta biologjike. Lëndimet biologjike karakterizohen me ***dozë ekuivalente*** H.Ajo përkufizohet si prodhim i dozës së absorbuar D dhe **faktorit biologjik të kualitetit** Q, me të cilin shprehen ndryshimet në efektet biologjike të llojeve të ndryshme të rrezatimit:

$$H = DQ. \qquad (2)$$

Faktori biologjik i kualitetit Q tregon sa herë ndjeshmëria e rrezatimit të dhënë është më e madhe nga ndjeshmëria e rrezatimit gjatë të njëjtës dozë absorbuese të rrezatimit rëntgen ose γ për tëcilin Q=1.

Meqenëse Q është madhësi pa dimensione, dimensionet e dozës ekuivalente janë të barabarta me dimensionet e dozës së absorbuar. Megjithatë, 1J/kg dozë e absorbuar dhe 1J/kg dozë ekuivalente në kualitet do të dallohen: e para e karakterizon dozënenergjetike, kurse e dyta-biologjike. Njësia për dozën ekuivalente në SI është:

$$1\ \text{Sv} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}\ (\text{suvert})$$

Siver është doza ekuivalente e shkaktuar nga doza e absorbuar 1 Gy dhe Q=1 e cila e krijon jonizim specifik të caktuar.

Për shembull në dozën e absorbuar prej 10 Gy, e shkaktuar nga neutrinet e shpejt për të cilën faktori i kualitetit Q=10, i përgjigjet doza ekuivalente 100Sv. Që do tëthotë, neutronet shkaktojnë 10 herë dëmtime më të mëdha se sa doza absorbuese e shkaktuar nga rrezatimi rëntgen ose γ për të cilën Q=1.

Ndonëse edhe në të dy rastet është absorbuare njëjta energji, doza ekuivalente e rrezatimit neutronik është më e madhe dhe shkakton dëmtime më të mëdha të indit. Për grimcat α, bërthamat e rëndadhe fragmentete fisionit Q=20.

Vlerat kufitare të dozava të lejuara

Doza kufitare e lejuar e rrezatimit është madhësi e cila përputhet me ***fonin natyroro radioaktiv***, i cili është rezultat i rrezatimit kozmik dheradioaktiviteti natyror i sipërfaqe së Tokës, ujit dhe radonit radiaktiv. *Bota e gjallë në zhvillimin e vet evolutiv i është përshtatur atij foni natyror radioaktiv.*Rrezatimiradioaktiv i cili është rezultat i materialeve radioaktive në natyrër, në shkëmbij dhe tokë është e ndryshme prej njëvendi në vendin tjetër, por mesatarisht është e ndryshme prej njëvendi nëvendin tjetër, por mesatarisht është përafërsisht 0,6 mSv në vit. Burim më i madh i rrezatimitnatyror është radoni. Ai më shpesh del nga Toka dhe më së shumti gjendet në hapësira të mbyllura dhe të pa ajrosura.

Kontributet e dozës mesatare vjetore nga burimet artificiale janë paraqitur në tabelën 1. Nga të dhënat shihet se doza e përgjithshme vjetore është shumë më e vogël se 1 mSv. Kuptohet se këtu nuk janë marrë parasysh havaritë eventuale.

Nëse punohet në kushte normale për gjithë popullatën, doza maksimale e lejuar nuk duhet të jetë e madhe se 1,7 mSv (milisiverta) në vit.

Tabela 1. Kontributi i burimeve artificiale në dozën mesatare vjetore.

BURIM ARTIFICIAL	doza mesatare vjetore (mSv/vit)
-diagnostika medicinale dhe terapia	0,25
-rreshje atmosferike	0,01
-ekspozim profesional	0,05
-prodhimpërkonsumim të gjerë	< 0,01
-prodhime të tjera	< 0,04
Gjithsej:	rreth 0,35 mSv?vit

Për një grup të veçantë të opullatës të cilët kanë qëndruar në afërsi të burimeve të rrezatimit gjatë të rezatuarir të njëtrajtshëm doza maksimale ekuivalente e lejuarpër tërë trupin është 5 mSv në vit. Për krahasim , na rezatimi kozmik organizmi mesatarisht pranon dozë vjetore 0,45 mSv.

Për personat profesional të ekspozuar në doza maksimale e lejuar për një vit, gjatë rrezatimit të njëtrajtshëm të tërë trupit (për 40 orë punë në javë), nuk duhet të jetë më e madhe se 50 mSv.

Gjatë punës në kushte të jashtëzakonshme (hapësira të kontaminuara) përkufizihet ***doza e rrezikut të arsyeshëm***. Ajo duhet të jetë më e vogël nga doza vdekjeprurës dhe nuk lejohet të shkaktoj lëndime të vrazhdëta të funksioneve vitale të personit të rrezatuar. Kufiri i propozuar për dozën e rrezikut të arsyeshëm në kushte të jashtëzakonshme është 0,5 Sv.

Doza ekuivalente deri 1-2 Sv, e pranuar për kohë të shkurtër,shkakton sëmundje të rrezatimit. Doza më e madhe se 2 Sv, paraqet dozë vdekjeprurëse për njeriun.

Pyetje dhe detyra

1. Çka është më e rreziksme për njeriun doza e absorbuar prej 1 Gy nga rrezet α ose e njëjta dozë e absorbuar nga rrezet γ?
2. Sa është doza e absorbuar e grimcave α nëse doza ekuivalente është 2 Sv?
3. Sa është doza ekuivalente e neutroneve të shpejta nëse doza e absorbuar është 1 Gy?
4. Cilët janë tre kriteret themelore për mbrojtje?
5. Sa është doza maksimale e lejuar për një vit për personat të cilët profesionalisht janë nën ndikimin e rrezatimit jonizues, ndërsa sa për tërë popullatën.
6. Çka është dozimetri dhe ër çka shfrytëzohet?
7. Çka është doza e absorbuar dhe cila është njësia e saj?
8. Çka është doza ekuivalente dhe cila është njësia saj?

Njësia Gy është quajtur sipasfizikanit anglez Luis Harold Grej, ndërsa njësia Sv sipas fizikanit suedez Rolf Sivert.

12.11. DETEKTORËT PËR RREZATIMIN JONIZUES

Regjistrimi i rrezatimit radiaktiv

Me zhvillimin e shkencës për „mikrobotën“,në pjesën që ka të bëj me radioaktivitetin, rol të rëndësishëmkanë luajtur mjetet me të cilat mund të regjistrohet veprimi i në grimce tëvetme me dimensione të atomit, edhe më të vogla, si edhe të matet energjia e tyre, të përcakrohet ngarkesa e tyra dhe veti të tjera.

Pajisjet me ndihmën e të cilave regjistrohet rrezatimi jonizues dhe me të cilat përcaktohen karakteristikat e tyre, quhen ***detektorë të rrezatimit jonizues****.*

Detektimi bazohet në vetitë themelore të rrezatimit α, β dhe γ - fuqia jonizuese e tyre, veprimi kimik nëpllakat fotografikeoseaftësia të shkaktojnë luminishencën.

Në parim, te çdo pajisje e tillë një mikrigrimcë, për shembull, paraqitja e një elektroni shkakton efekt makroskopik; për shembull, paraqitja e gjurmave në rrugën e grimcave të cilat mund të shihen me sy. Kjo është e mundshme vetëmnëse mjedisi themelor në pajisjen,ndodhet në gjendje jostabile, ashtu që veprimi në miniaturë e mokrogrimcës e sjell në gjendje stabile, e cila mund të regjistrohet.

Karakteristikë kryesore e çdo detektori është **koha e vdekur** e tij. Ai është intervali kohor nga regjistrimi i grimcës deri te momenti kur sistemi përsëri do tëkthehet në gjendjen jostabile, për të mundur të regjistrojgrimca tjera.

Karakteristikë e dytëe detektorëve është **efikasiteti** i tyre, i cili i tregon se cila pjesë nga të gjithë grimcat rënëse do të jenë të regjistruara nga detektori.

Do të përshkruajmë si funksionojnë disa nga pajisjet për detektimin e këtyre rrezeve.

Fotoemulzioni

Dimë se Bekeri për të parën herë e zbuloi rrezatimin radioaktiv nëpërmjet veprimit të tyre në pllakën fotografike. Në figurën 1 është dhënë figurë origjinale e pllakës fotografike e ekspzuar nga rrezatimi i kripës së uraniumit.

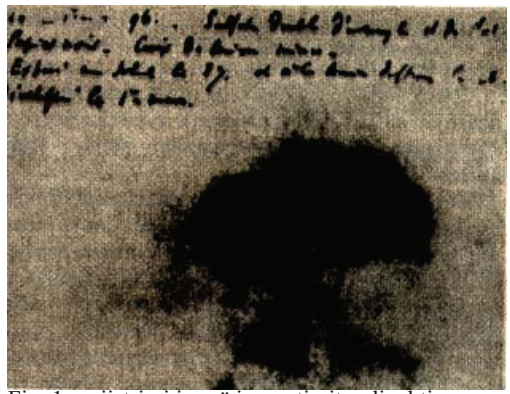


Fig. 1.regjistrimi i parë i rrezatimit radioaktiv nga Bekereli

Metoda e pllakës fotografike ka qenë e përsosur, ashtu që zbatmi i emulzionee fotografike ka shërbyer për zbulimin edhe të rrezeve kozmike ose rrezatimeve tjera nukleare. Gjurmëte fotoemulzioneve pas përpunimit fotografik analizohen me mikroskop osebëhen mikrofotografi.

Dhoma e Vilsonit.

Në zhvillimine fizikës bërthamore **dhomae Vilsonit** ka luajtur rolshumë të rëndësishëm. Menjëherë paszbulimit të Radhërfordit të shndërrimit të parë artificial tëbërthamës, dukuria ka qenë eregjistruar dhe analizuar me këtë detektor. Po ashtu, me dhoméne Vilsonit janë zbuluar pozitronet,mezonet dhe disa grimca tjera.

Parimi themelor në të ciolin punon dhe regjistron praninë e rrezatimit jonizues është vetia që jonet e krijuara të jenë qendra për kondensimkur gjenden në një hapësirë që është e mbushur me avull të tejngopur. Nëse hapësira në të cilën është vendosur preparati radiaktiv ndriçohet, gjurmat e grimcave bëhentë dukshme. Forma e sotme e dhomës së Vilsonit shumë pak dallohet nga modelet e para.

Dhoma e Vilsonit e cila është paraqitur skematikisht në figurën 2, është e përbërë prej një cilindri qelqi CQ i cilivazhdon menjë cilindër metalik C. Cilindri i qelqit hermetikisht është i mbyllur në pjesën eiprme me pllakë të rrafshët të qelqit S, dhe nëpërnjet së cilës vëzhgohet ose fotografohet dukuria që ndodh në dhomë.

Për sëgjati cilindri metalik, mund të lëviz pistini K. Në hapësirën e mbyllur krijohen avuj të

ngopur të ndonjë lëngu i cili, zakonisht është përzierje e ujit dhe etilalkoolit. Kjo arrihet me atë që në diafragmën D prejgome ka një sasi të vogël lëngu. Gjatë hapjes së ventilit V, nën pistonin K me pompë vakumi shpejt ulet shtypja dhe bëhet lëshim i shpejt i pistonit K. Me këtë rast gazi zgjerohet adiabatikisht dhe ftohet. Avujt e lëngut bëhen të tejngopur. Nëse në këtë hapësirë gjendet ndonjë grimcë pluhuri,ata do të shërbejnë si qendra të kondensimit, për ç'arsye në to kondensohen pika të imta lëngu. Nëse nuk ka pluhur nuk duhej të kemi kondensim.

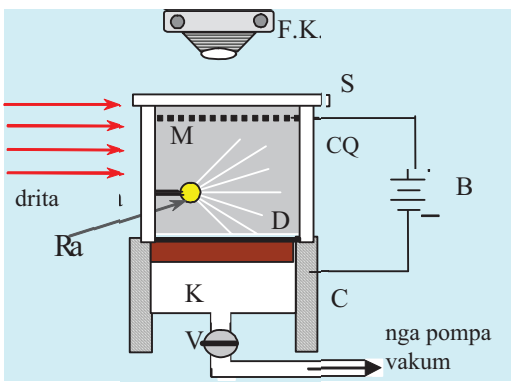


fig. 2

Vilsoni ka ardhur në ide se edhe jonet pozitive dhe negative, ngjashëmsi kokërrat e pluhurit, mund të jenë qendra për kodensim të avullit të ngopur. Kur hapësira në të cilën është vendosur preçparati radiaktiv, për shembull, radiumi (Ra), do të ndriçohet, gjurmat e grimcave që në rrugëne tyre kryejnë jonizim bëhen të dukshme.

Përneutralizim të shpejtë të joneve që krijohen në dhomën e Vilsonit, ose joneve të krijuara nga rrezatimi kozmik natyror, në brendinë e dhomës krijohet fushë elektrike e fortë. Ajo arrihet ashtu që në anën e brendshme të cilindrit të qelqit përforcohet një unazë metalikeM, e cila në fig. 2 është paraqitur e viza të ndërprera. Unaza metalike është e lidhurme njërin pol të baterisë B, forca elektromotore e së cilës është disa qindra volt, ndërsa poli tjetër i baterisë është lidhur me cilindrin me talik C. Varësisht nga shenja e joneve, fusha elektrike i udhëzon jonet e krijuara kah unaza metalike, respektivisht kah cilindri metalik dhe në ta neutralizohen.

Në dhomën e Vilsonit grimcat α lënë gjurmë më të rasha nga gjurmët e grimcave β. Kjo është rezultati

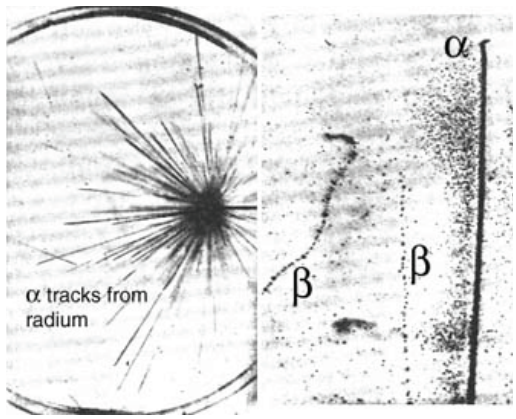


Fig. 3. Gjurmat e grimcave α dhe β, të fituara nga Vilsoni më vitin 1912

i asajse në njësinë e gjatësisë së rrugës së tyre grimcat α, krijojnë numrë më të madh jonesh se sa grimcat β (fig. 3). Gjurmë më tëtrashë lënë jonet e ndonjë elementi.

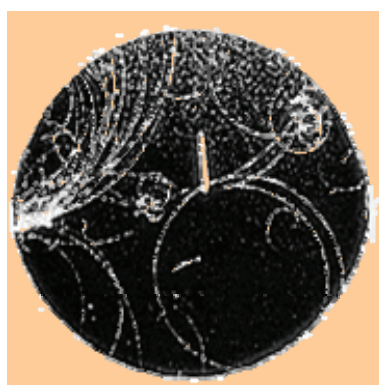


Fig. 4. Fotografia e grimcave jonizuese në fushën magnetike

Për analizë më detale të grimcave jonizuese gjurmat e tyre inçizohen me ndihmën e kamerës fotografikr. FK. Matja e gjatësisë së gjurmës të grimcave mundëson matjen edhe të

energjisë të tyre. Nga ana tjetër ,atja e numrit të qendrave të kondensimit mundëson të gjykohetedhe për natyrën e grimcave jonizuese.

Gjatë punës në dhomën e Vilsonit mund të shfrytëzohet edhe fusha magnetike (fig. 4), e cila mundëson të përcaktohet si impulsi ashztuedhe shenja e ngarkesës elektrike të grimcave.

Njehsori i Gajger-Mylerit

Nga një numër ia madh i detektorësh me gaz më i njohur është njehsori i Gajger-Mylerit (fig. 5). Te ai shfrytëzohet vetia e grimcave jonizuese të kryejnë jonizim.

Njehsori i **Gajger-Mylerit** (GM), në të vërtetë ësht diodë cilindrike,ku katoda (K) është cilin dër metalik,ndërsa anoda (A) është tel volframi i vendosur për së gjati boshtit të cilindrit fig. 6).

Fig. 5. Njehsori Gajger-Myler (detektori dhe skaleri

Gypi është i mbushur me njërin nga gazet inert, ose përzierja e gazeve inert dhe avujte alkoolit nën shtypje të ulët (rreth 1 kPa). Këto gaze lehtë jonizohen.

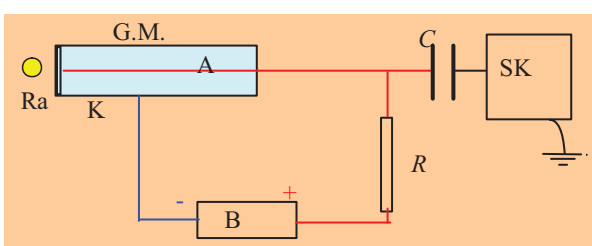


Fig. 6. Skemë e thjwshtuar e njehsorit GM

Ndërmjet anodës dhe katodës sjellet tension rreth 1,2 kV. Në njërën bazë të cilindrit është bërë dritarëze shumë e hollë nga dielektriku (liskun) që të mundet nëpët të hyjnë rrezet radioaktive (alfa, beta dhe gama). Kur G-M nuk është në afërsi tërrezatimit radioaktiv, atëherë ndërmjet anodës dhe katodës nuk rrjedh rrymë. Por,kurnë gyp do të hyjë grimca α dhe β, ajo jonizon disa nga molekulat e gazit, prandaj elektronet e lira të fituara dhe jonet kahëzohen kah elektrodat. Për shkak të fushës së fortë johomogjene ndërmjet elektrodave, ngarkesat fitojnë energji plotë suese dhe janë të afta për jonizim të mëtutjeshëm të molekulave të reja. kështu numri i atyre ngarkesave zmadhohet si ortek, duke falenderuar procesit të *jonizimit me goditje*. Kur elektronet arrijnë te teli i anodës ata e zvogëlojnë potencialin e tyre, prandajnëpër rezitorin R do të rrjedh rrymë (ai është makroefekti), që e regjistronskaleri. Tensioni në skajet e rezistorit ashtu është ipolarizuar që e kompenzon ndryshiinepotencialit ndërmjet anodës dhe katodës. Mekëtë rast, pas njëkohe të shkurtër, ndryshimipotencial ndërmjet elektrodave bëhet aq i vogël që fusha elektrikenukmund të nxitoj elektronet deri në atë shpejtësi për krijimin e e ortekut të joneve. Për këtë arsye rryma në rrezistorin dobësohet, edhe me këtë zvogëlohet tensioni në skajet e tuj, ashtu që tash përsëri vendoset tensioni fillestar ndërmjet anodës dhe katodës (ai që është fituar nga brimi irrymës B).Tani përsëri krijohen kushte për krijimin e ortekut të joneve, respektivisht impulsit të rrymës. Shohimse rezistori luan rolin e një lementi i cili e fik (e ndërpret) qarkune rrymës. Koha evdekur zgjat deri sa nuk ndërpritet orteku he nukvendoset gjendjafillestare. Përveç skalerit ekziston edhe përforcues, ndërsa te disa lloje edhe altoparlant i cili për çdo impuls të këtillë jep tingull.

Gjatë regjistrimit të elektroneve (β rrezatimit) efeikasiteti ikëtyredetektorëve është gati 100%,meqenëse fuqiajonizuese errezeve γ është e vogël, për regjistriminetyre shfrytëzohet efekti i krijimit të ortekut të elektroneve të cilët janë nxjerrë nga γ kuantet e katodës. Ky efikasitet i γ kuanteve është ivogël,rreth 1%, Për

t‘i rregulluar grimcat α, domosdo baza hyrëse të jetë shumë e hollë, mjaft e tehdukshme për këtërezatim. Njehsorët GM-bashkokohor mund të regjistrojnëedhe deri në 1000 grimca në sekondë.

Metodat shintiluese

Ka më tepër substancatë quajtura shintilatorë, atomet e të cilave ngacmohen kur u nënshtrohen rrezatimitnuklear. Kështu është përshembull, zinksulfidi me përzierje të bakrit. Kur substancat e këtilla do të kthehen në gjendje të pangacmuar, ata emetojnë fotone që regjistrohen dhe japin tëdhëna për grimcat rënëse.

Detektorëtme gjysmëpërçues

Në shkencën bashkohore shfrytëzohen edhe lloje tjera detektorësh: proporcional, gjysmëpërçues dhedhoma me xixa etj. Nga detektorët gjysmëpërçues zbatim më të madh kanë detektorët me kalim p-n . Nëse kontakti p-n lidhet metensionin me kahje inverse (jolëshuese), ashtu që gjysmëpërçuesi p të lidhet me polin negativ të burimit, ndërsa gjymëpërçuesin me polin pozitiv, gjerësia e shtresës ndaluese të kalimit p-n zmadhohet dhe rryma nëpër atë nuk rrjedh. Por, nëse nëpër kalimin p-n kalon ndonjë grimcë jonizuese, ajo krijon elektrone dhe vrima, dhe në

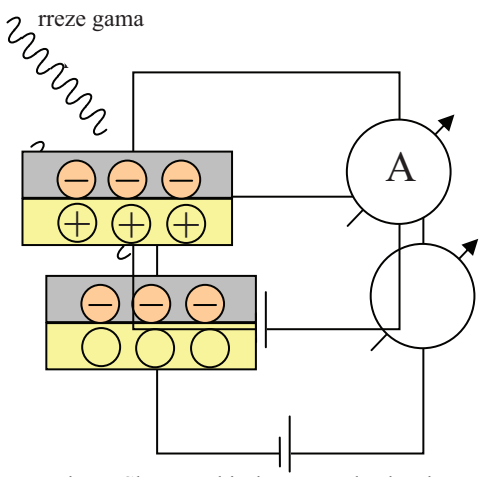


Fig. 7. Skemë e thjeshtësuar e detektorit me gjysmëpërçues

për qarkun në të cilin është lidhur sistemi p-n do të rrjedhë rrymë. Domethënë gjatë çdokalimi të grimcës jonizuese krijohet impuls rryme, kështu që kalimi i këtillë shërben si detektor i shkëlqyeshëm i rretatimit jonizues.

Pyeje, detyra, aktivitete

1. Shpjegoni cilët procese fizike janë bazë për funksionimin e dhomës së Vilsonit, njehsorit të Gajger_Mylerit,njehsorit sintelues dhe njehsorit gjysmëpërçues.
2. Sa është „koha e vdekur“ e njehsorit GM i cili regjistron deri më 10000 grimca në sekondë?

(Prgj. më e vogël se 10 μs)

3. Pse grimca α shënon gjurmë më të trashë në dhomën e Vilsonit sesa rrezja e tij β?
4. Nëse emi larg nga cilido preparat radioaktiv, njehsori i Gajger-Mylerit megjithaë numëron impulse. Me çka ka të bëj ajo?
5.A e dini se radioaktiviteti natyror i zakonshëm në masë të madhe ka të bëj me radonin. Ai është gaz që fitohet me zbërthimin radioaktiv. Në lidhje me atë është e lidhur ajrosja e hapësirave jetësore, pse?
6. Nëse e afrojmë njehsorin e Gajger-Mylerit te ora akrepat e të cilit janë lyer me material fluoroshent për t‘u parë edhe natën njehsori fillon të numëroj impulse më tepër nga ajo e zakonshme. A e dini pse?

Nëse dëshiron t‘i zgjeroni njohuritë tuaja kërkoni në faqen e internetit:
sr.wikibooks.org/sr-cl/Detekkcija_radiaktivnog_zraçenja.

REZIME

- Detektimi i rrezatimit jonizues janë të drejta, kryesisht, nëpërmjet vetive themelore të grimcave jonizuese: fuqiaetyre jonizuese, veprimi mbi fotoemulzionin, veprimishintilacional, mundësiatë jenë qendër e kondenzimittë avulit të pangopur etj.
- Ekzistojnë shumë lloje të detektorëve, ndërmjettë cilëve më të njohur: dhoma e Vilsonit, dhoma e fluskave, foto-emulzionet, njehsori i Gajger-Mylerit, njehsori shintilacional, detektori gjysmëpërçues.

12.2. KONTROLLA DOZIMENTRIKE. DOZIMETRIA

Qëllimi i kontrollës dozimetrike në vend të parë është sigurimi i njerëzve të cilët janë të ekpozuar në rezatim. Për matjen e dozës të absorbuar dhe ekspozimit në vizatim shfrytëzohen instrumente speciale-***dozimetra***, respektivisht *ekpeziciometër*. Çdo dozimetër është lloj i detektorit të caktuar të rezatimit jonik i cili duhet të plotëson disa kërkesa të caktuara.

Së pari, për dozimetrin është i rëndësishëm ta regjistron fluksin e përgjithshëm por jë të grimcave individuale.

Së dyti, është e dëshirueshme prej karakteristikave të atij fluksi të matet doza e absorbuar ose ekspozuar, domethënë, çfarëdo energji, çfarëdo rrymë e jonizuar.

Së treti, për matje dozimetrike të sakta është e domozdoshme të meret parasysh se absorbimi i energjisë të rrezatimit jonik te materiale varret si prej llojit të materialit ashtu edhe prej llojit të energjisë së rrezatimit. Megjithate, në dozimetri tentohen të shfrytëzohen materiale që i kan karakteristikat e materies së gjallë në lidhje me absorbimin e energjisë. Kjo relativisht lehtë arihet për rezatimin g dhe elektronet (është i mjaftueshëm numri efektiv atomik Z_{ef} i materialit të përputhet me ate të indit për indin e butë Z_{ef}=6, por për eshtrat është Z_{ef}=13,6), ndërsa për neutronet është më e ndërlikuar.

Në princip çdo ndryshim fizik ose kimik të mjedisit material, që ndodh nën veprimin e rezatimit, mund të shërbejë për konstruktimin e dozimetrit.

Në veçanti të dozimetrit në dozimetri shfrytëzohen dhoma jonike të llojit integrues, njehsorët puna e të cilëve shfrytëzohet në principin e zbrazjes së gazit, fotoemullzionet (jonografike), shintilacione dhe detektorët termoluminishente.

Sipas qëllimit, aparatura dozimetrike mund të jetë për matjen e dozës nga rezatimi i jashtëm, për kontrollën e laboratorëve të cilët punojnë me burim të rrezatimit γ me aktivitet të vogël dhe instrumente për matjen e fluksin të rrezatimit α dhe β prej sipërfaqeve të kontaminuara, kontaminimit me izotopet radioaktive α dhe β të njeriut dhe mjedisit jetësorë. Për atë qëllim shfrytëzohet ***radimetra*** me të cilët matet aktiviteti. Për kontrolimin e rrezatimit prej burimeve të jashtme shfrytëzohen: *dozimetra personale dhe kolektive*.

Dozimetrat personale dhe eksoziciometrat prej të cilëve gjerësisht janë të përhapura të ashtuquajturit ***dozimetrat e xhepit***, shfrytëzohen për matjen e dozës së absorbuar, respektivisht ekspozimit të rrezatimit rëntgen dhe γ që e pranon personi gjatë kohës së punës.

Ndërsa për kontrollë të hapësirave të punës, toka e kontaminuar, ajri i kontaminuar me gazra radioaktiv dhe aerosol (grimca të ngurta prej substancave radioaktive në ajër), për matjen e radioaktivitetit të ekzemplarëve prej uji dhe prodhimeve ushqimore shfrytëzohen lloje të caktuara të dozimetrave kolektive.

Për kontrollën e rrezatimit të brendshëm shfrytëzohet *analiza radiokimike*. Të lëngjeve trupore ose sekretimit.

Te dozimetrat e rëntgenit është shfrytëzuar aftësia e rrezeve rentgen të kryej jonizim dhe eksitac të atomeve dhe molekualve të mjedisit nëpër të cilin kalojnë. Kështu në intenzitet më të madh të rrezeve rentgen përgjigjet edhe aftësia më e madhe jonike, shkalla e jonizimit është masa për intenziteitn e rrezeve rëntgen.

Film-dozimetër është njëri prej dozimetrave personal (individual) të shfrytëzuara më së shpeshti, i cili njëkohësisht është më efikas dhe më i thjeshtë. Ai zakonisht mbahet në reverin e mantilit të punës dhe e shfrytëzojnë personat të cilënt personalisht janë të ekspozuar në rrezatimin jonik nga fusha e medicinës nukleare dhe rentgenografisë. Ai shërben si dokument i përhershëm për ekspozimin e personit nga rrezatimi.

Film-dozimetri është copë film-rentgen zakonisht me dimenzioni (40x30) mm i cili prej dritës dhe ndikimeve tjera është i mbrojtur me qese të veçantë plastike. Kështu filmi i mbrojtur është vendosur në shiritin e veçantë në formë të shenjës, që zakonisht mbahet të reveri.

Rrrezatimi jonik vepron në emullzionin fotografik

ngjajshëm në rrezatimin e dritës duke lënë fotografi latente e cila sipaszhvillimit dhe fiksimit bëhet e dukshme. Ky dozimetër është i ndishëm në rrezet rëntgen, γ dhe β.

Dozimetri unazë prej gome është i përsosur prej Hanford rreth vitit 1968. Diskun që e mban LiFchipin (nuk shihet në fotografi) dhe e ka formën e rrethit/rrom, është vendosur në hapjen e fytyrës së unazës. dozimetrat unazë janë shfrytëzuar për ta caktuar ekpozimin e gishtave të punëtorëve të cilët punojnë me burimet e rrezatimeve.

Dozimetri që është shfrytëzuar ta caktoe dozën e e rrezatimit, por ka qenë i mbajtur ndërmjet brezit dhe qafës, nuk ka dhënë vlerësim të saktë për dozën e

Dozimetri ternoluminiscent
Modeli 609

rrezatimit, përballë duarve të cilat mund të jenë direkt me burimin. I shpeshtë është rasti kjo unazë të mbahet ashtu që elementi i ndishëm, në këtë rast TLDchipi, është kthyer kah brendësia e shuplakës.

Dozimetri termoluminishent. Ky lloj dozimetër bën pjesë në grupin e dozimetrave optik, domethënë, dozimetra që shfrytëzojnë veti të vaktuara optike të trupave të ngurtë. Në bazë të principin të punës të dozimetrave termoluminishent është veti e disa materialeve joorganike, te të cilët janë ndërtuar përkatëësisht primesa të atomit, pas ngacmimit me rrezatimin jonik gjatë nxemjes deri te temperatura përkatëse, të lëshojnë dritë-dukuria është quajtur *termoluminishente*.

Dozimetër personal

Dozimetri-stilolaps paraqet dhomë të vogël jonizuese.

Dozimetri stilolaps e regjistron dozën që e pranon personi. Kur ky dozimetër ka mure të veshura me me bor të pasuruae me ^{10}B, mund të shfrytëzohet për dozimetri te neutronet e ngadalshme. Njëkohësisht me këtë dozimetër sillen dozimetër indentik pa mbështjellje prej borit, shtuq ë doza prej rrezatimit g mund të eliminohet nëppërmjet ndryshimit në të treguarit e të dy dozimetrave.

Pyetje dhe detyra

1. Çka është dozimetri?
2. Numëro disa dozimetra që përdoren më së shpeshti.
3. Kur shfrytëzohet dozimetri unazë.
4. Në çfarë principi funkdionon dozimetri termoluminishent?

Unazë dozimetër

12.13. INTERAKSIONI I RREZATIMIT JONIK MBI MATERIEN E GJALLË

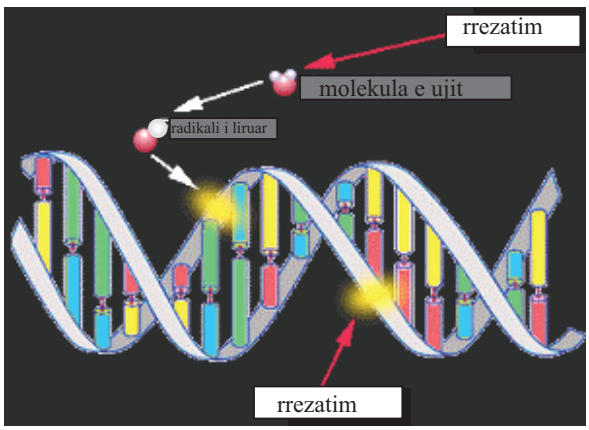


Fig. 1. Dëmtime të DNK me rrezatim

Mund të thuhet se *rrezatimet jonike sipas natyrës së tyre janë të damshme*. Kur indi biologjik do të ekspozohet në rrezatim, energjia e absorbuar mund të shkakton ndryshime kimike te indi që ndikojnë në metabolizmin e tijë. Varësisht prej dozës, rrezatimi mund t'i zhduk indet, të dëmton organe ose të shkakton vdekje. Disa dëmtime janë të qarta pas disa orëve ose ditë, por që të zhvillohet karcinomi ose leukemia, janë të nevojshme shumë vite. pasojat e trashiguara nga rrezatimi (të shkaktuara nga dëmtimet gjenetike) manifestohen edhe në gjeneratat e ardhëshme të personit të rrezatuar.

Karakteri i pasojave të rrezatimit të materies së gjallë varet prej ktyre faktorëve: prej llojit të rrezatimit jonizues; prej indit, por të gjitha indet nuk janë njëllojë të ndishme. *Radiosenzitiviteti i indeve është proporcionale me aktivitetin e tyre reproduktues dhe anasjelltas proporcionalisht me deferencimin e indeve,* varet prej kohës së rrezatimit, doza a është pranuar në periudhë të shkurtur kohore ose për një kohë të gjatë; prej dozës së pranuar, por sa është doza më e madhe aq më i madh është edhe dëmtimi.

Efektet prej rrezatimit varen prej shpejtësisë së dozës dhe frankcionimit të sajë. Qëllimi i mbrojtjes nga rrezatimi është të pengon këto efekte duke vendosur kufi të dozës nën pragun e atyre efekteve.

Efektet prej rrezatimit jonizues mbi molekulat e rëndësishme biologjike

Interaksioni i rrezatimit jonizues me materien e gjallë rrjedh në shumë faza e para prej tye është *fizike*. Ajo është e rendit të madhësisë 10^{-13} s, dhe si rezultat i energjisë së absorbuar vjen deri të *jonizimi dhe ngacmimi i molekulave* në materie. Molekuat e jonizuara të fituara si rezultat i inteaksionit, me rrezatim shkaktojnë *ndryshime kimike* në pjesë të caktuara të indit. Si rezëtat i këtyre ndryshimeve fillon edhe faza biologjike po ashtu mund të jenë të zëna strukturate indore që shkaktojnë shkatërrimin e indeve, organeve, pra edhe organizmit në tërësi.

Është e njohur se në materien e gjallë ka përafërsisht 60-90%, ujë prandaj pjesa më e madhe e energjisë së absorbuar të rrezatimit bartet te molekulat e ujit. Molekulat aktive të ujit mund të shkaktojnë ndryshim kimi te molekulat e të mëdhaja biologjike të rëndësishme, sikurse janë enzimet, proteinet, thartirat nukleike dhe polisaharoza. Mënyra e atillë e dëmtimit prej rrezatimit është e radhitur dhe dallohet prej veprimit të drejtpërdrejtë të rrezatimit jonizues mbi molekulat e veta të mëdhaja sikurse janë DNK dhe membranat e indeve (shihe fig. 1).

Njëra prej mekanizmave të përvetësuara për efektin biologjik të rrezatimit jonizues është ***radioliza e ujit në organizëm***. Rrezatimi jonik vepron në ujë që gjendet te materia e gjallë dhe po ashtu ndodh ngacmimi i atomeve dhe molekulave të tijë, krijohen jone pozitive dhe negative të ujit, hidrogjenit dhe joneve hidroksile, radikale OH*, H* dhe HO_2*, pastjas peroksidi H_2O_2 dhe H_2O_4 etj.

Së pari, si rezultat i rrezatimit jonik është jonizimi primar i molekulës së ujit.

$$H_2O \xrightarrow{J3} H_2O^+ + e^- .$$

Elektronet, të cilët gjatë jonizimit ndahen prej molekulave neutrale të ujit mund të jenë të zëna prej molekulave të tjera të ujit. Po ashtu krijohen radikale të cilat janë shumë reaktive dhe çdo njëri ka aktivitet që elektronin e vet te shtresa e jashtme ta palon me elektronin prej radikalit tjetër ku fitohet peroksidi i hidrogjenit:

Përveç mënyrës së shqyrtuar të radioalizës së ujit, të mundëshme janë edhe rrugë tjera të cilët qojnë në krijimin e peroksideve më të larta H_2O_4 etj., H_2O_2 ose H_2O_4 nëse krijohen në ojesën e ndishme të qelizës, sikurse janë kromozomet mund të shkaktojnë dëmtime.

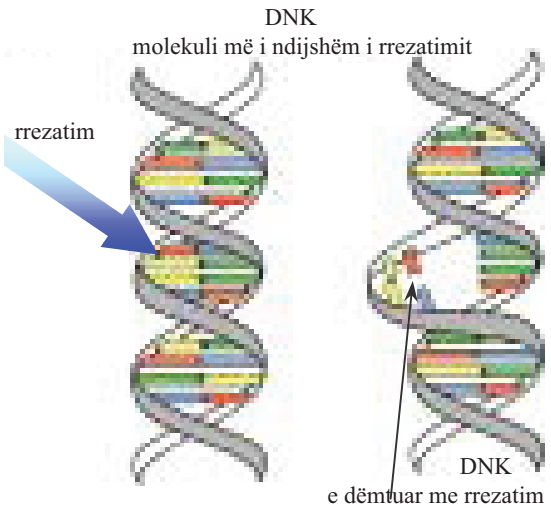


Fig. 2

Radikalet e lira mund të jenë shumë reaktiv dhe të shkaktojnë dëmtime biologjike Energjia prej rrezatimit jonizues mundet edhe drejt për drejtë të absorbohet prej molekulave organike të materies së gjallë. Po ashtu krijohen ndryshime të ndieshme biologjike sikurse janë:

inaktivimi i enzimeve,

ndryshimi i thartirave nukleike dhe komplekset proteine të tyre. Thartira dezoksiribonukleike- DNK është shumë e ndieshme ndaj rrezatimit. Nëse rrezatimi i shkatëron lidhjet e dobta të hidrogjenit, fitohet radikal. Njëra nga pasojat e mundshme të rrezatimit të DNK është shkëputja e spirales së dyfishtë (fig. 2).

Molekulat e DNK e përbëjnë bazën kimike të substancës të trashiguar të të gjitha qenieve të gjalla duke filluar prej viruseve deri të njeriu. DNK e përbëjnë struktura kryesore e kromozomeve.

Dëmtimin e disa molekulave te qeliza ka dëmtime serioze, po ashtu edhe vdekje, dhe dëmtimi i molekulave tjera nuk e sjellë në pyetje gjendjen e qelizës.

Pasojat e rrezatimit, më së shpeshti degjenerative (pasqyrohen në gjeneratat e ardhshme), dëshmojnë se edhe gjenet janë të ndjeshme në rrezatimin jonizues.

Qeliza e rrezatuar nuk mund të sintetizon DNK, prandaj ngadalsohet ose ngel mitoza.

PYTJE DHE DETYRA

1. Rrezatimet jonizuese të pranuara dhe në shumë doza të vogla a janë të dëmshme?
2. Prej cilëve faktorë varren pasojat e rrezatimit të materies së gjallë?
3. Si rrjedhin efektet e rrezatimit jonizues mbi molekulat më të rëndësishte biologjike?
4. Cila molekulë e organizmit të gjallë është më e ndjeshme nga rrezatimi?
5. Cilat qeliza janë më të ndjeshme te rrezatimi?
6. Cila dozë do të shkakton dëmtime më të mëdha: a) doza e pranuar për periudhë të shkurtur kohore b) e njejta dozë funksionon (e pranuar në pjesë) për nji periudhë të gjatë kohore?

REZIME

- Mund të thuhet se rrezatimet jonizuese sipas natyrës së tij janë të dëmshme.
- Efektet e rrezatimit janë të varura prej shpejtësisë së dozës dhe prej fraksionimit të sajë.
- Radiosenzitiviteti i qelizave është proporcional me aktivitetin e tyre reproduktuese.
- Pasojat e rrezatimit, më së shpeshti degjenerative (reflektohet në gjeneratat e ardhëshme), dëshmojnë se edhe gjenet janë të ndishme në rrezatime jonizuese.

13.1. STRUKTURA E MATERIES

Derimë tani mësuam dhe vet kemi njohuri se substanca (materia) mund të ekzistoj në tri gjendje agregate; **të ngurtë, të lëngët dhe të gaztë**. Megjasa këto gjendje i kanë detyruar filozofët e lashtë t'i përkufizojnë elementet themelore: uji,ajri dhe toka, por intuita e filozofëve tregonse kziston edhe një element (formë e ekzistimit) - zjarri i cili, mund të sjellet në lidhjeme formën më të përhapur të ekzistencës së materies në Gjithësi, e ajo është**plazma**.

Detyrat e shkencëtarëve të shekullit XIX dhe deri më sot është t'i zbulojnë fshehtësitë e asaj se si janë të lidhur atomet, ose molekulat në gjendje të ndryshme të materies, dhe si këto lidhje ndikojnë në vetitë elektrike,optike , maekanike,magnetike etj. Madje këtohulumtime të shfrytëzohen për të krijuarmateriale që kanë veti të përshtatshme për zbatimin e tyre praktike.

Modelet e strukturës së materies

Botae materis është e shumëllojshme. Pikërisht edhe një matarie e njëjtë tregon veti të ndryshme në varësi nga kushtet (temperaturë,shtypje etj). Modelet themelore të materies në fizikën bashkohorejanë: modeli i gazit, modeli i plazmës, modeli imateries së kondensuar.

Modeli i gazit

Teky model për grimcat ndërtuese vlerësohen vetëm atomet neutrale dhe molekulat të cilat janë vendosur në largësi tëmëdha njëra nga thetra, shumë më të mëdha nga dimensionet e tyre. Kështumund të jehsohet se ata ndërvedi nuk bashkëveprojnë. Grmcat ndërtuese gjenden në lëvizje kaotike të pandërprerë, prandaj për këtë arsye arrihet te goditjet e shpeshte reciproke. Sipas ksaj ata beshkëveprojnë. Në figurën 1 është dhënë paraqitjae modelit të gazit të raelizuar me toptha ping-pongqëlëvizin në mënyrë kaotike prej poshtë fryjmë me fen.

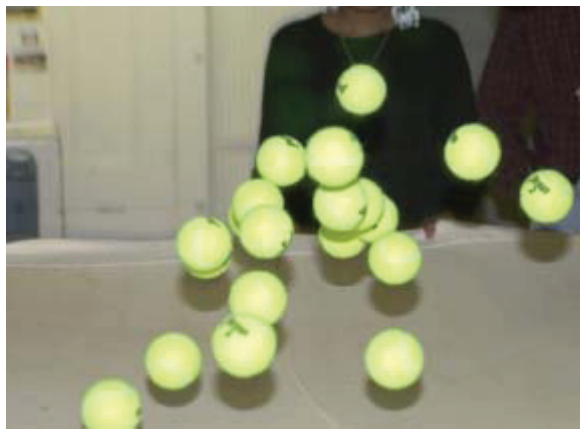


Fig. 1. Modeli i gazit, lëvizja kaotike e ping-pong topthave në shportën me rrjetë të fryra prej posht me fen

Në shumë raste goditjet mundtë shqxrtohen si elastike, me ç'rast vlejnë ligjet përruajtjene impulsit dhe energjisë kinetike. Në studimine sjelljes së gazeve shumë shfrytëzohet modeli i gazit ideal, te i cili nuk është përfillur energjia potenciale e bashkëveprimit dhe dimensionet e grimcave.Mekanika klasike dheteoria molekulare kinetike shpeshherë janë të mjaftueshme për të mësuar sjelljet e gazit. Përndryshe, atmosfera e Tokës sipas sjelljes së saj në shtresat më të ulëta mund të vlerësohet për gaz ideal.

Modeli i plazmës

Plazma është gjendja më e përhapur e materies, shikuarnë përpjesëtime kozmike. Në këtë gjendje rreth 99% e materies në tërë Gjithësinë. Është treguar se yjet janë, nëtë vërtetë topa plazme, ndërsanë gjendjen plazmatike gjendet edhe materia në hapësirën ndëryjore. Por, në përpjesëtime tokësore plazmahaset krejtësisht rrallë,d.m.th., gjendet te disa dukuri atipike natyrore siç është drita polare (fig. 2), ose në kanalin ndiçues të vetëtimës.

Përndryshe plazma mundtë trajtoet si gaz, por esencialisht në të ekzistojnë si grimca të elektrizuara (jone dhe elektrone), ashtu ehde atome neutrale. Në tërësi plazma është elektroneutrale

por në tënë vende të caktuara mund të arrihet deri te çrregullimi lokal i elektroneutralitetit dhe ajo të shkaktoj lëvizjen e grimcave të elektrizuara nga rrethina. Kështu mund të vjen deri te grumbullimi i ngarkesave me shenjë të kundërt në një largësi të caktuar rreth vendit të çrregullimit.

Fig. 2. Plazma: drita polare

Modeli i materis së kondenzuar

Me përjashtim të ajrit, të gjitha ateriet në Tokë gjenden në gjendje të kondensuar. Struktura në mjedisin e kondensuar është ashtu që grimcat ndërtuese janë të radhitura aq afërqë mjegullat e tyre elektronike rimbulohen, prandaj elektronet valent intensivisht bashkëveprojnë.

Struktura dhe vetitë emjedisit të kondensuar vështir mund të shpjegohen dhe të kuptohen pa u shfrytëzuar ligjet e mekanikës kuantike.

Në mjediset e kondensuara bëjnë pjesë:

• kristalet, janë formë më e mirë e studiuar e materies së kondensuar me grimca ndërtuese të radhitur në mënyrë tërregullt (fig. 3 dhe 4) te të cilët ekzsiton rregullësi në largësi ose i ashtuquajturi **radhitje në largësi**;

• materialet amorfe (p. sh., qelqi);

• lëngjet (p.sh., edhe uji-lëng i përshtatshëm për ekzustencën e jetës në Tokë);

• kristalet e lëngët;

• strukturat biologjike që hyjnë në përbërjen e organizmave të gjallë (proteinet, acidet nukleike;

Fig. 1. Kristali i kuarcit

Si mjedis i kodensuar trajtohen edhe polimerat që krijohen nërrugë artificiale.

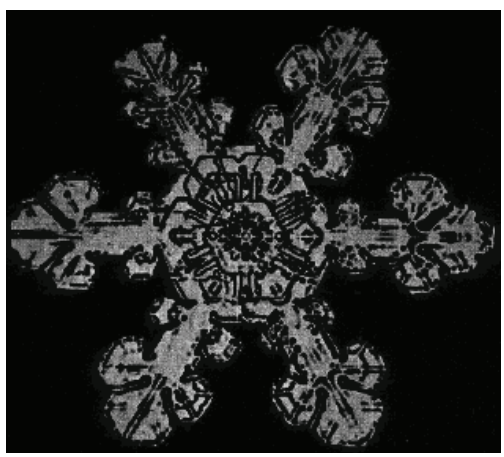


Fig. 4. Kristali i fjollës së borës me gjeometri fraktale

Lëngjet

Lëngu është gjendje agregate ndërmjet fazës së gaztë dhe të ngurtë. Për këto shkaqe lëngu ka disa veti të njëjta si ato tëgazeve, por edhe veti të ngjashme mevetitë e trupave të ngurtë. P.sh., lëngu si edhe trupi i ngurtë, në temperaturë konstante ka vëllim konstant, ndërsa

ngjashëm me gazet e ka formën e enës në të cilën ndodhet.
Disa eksperimente tregojnë se molekulat e lëngut janë të vendosur sipas në rendi të caktuar, i cili vendpset vetëm në afëri direkte të ndonjë molekule, ndërsa më larg ngaajo, ai rend humbet. Kjo veti e rregullsisë quhet **radhitja e afërt**, e cila është ilustruar në figurën 5.

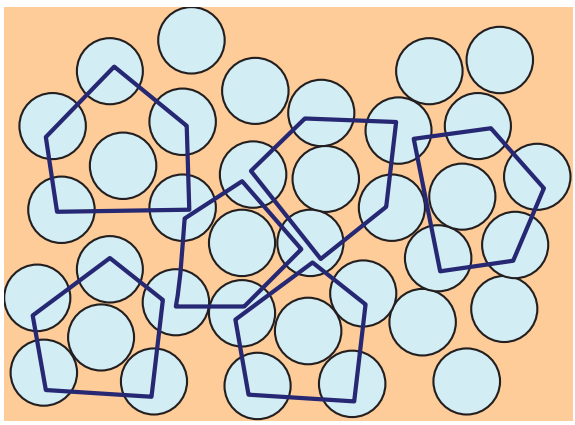


Fig. 5. Rregulli i i afërt i renditjes të molekulave të lëngjeve

nga figura mund të shihet se te lëngjet nuk ekziston radhitje e largët, dë do të thotë përsëritjae rendit molekular, i cili është veti për tërë trupin. Kjo radhitje është tëveti e trupit të ngurtë.

Përndryshe, lëvizja termike e molekulave të lëngut mund rë paraqitet me lëkundjet e tyre rreth pozicionit baraspeshues, me kërcime të përkohshme në një pozicion të ri baraspeshues në ndonjë largësi që është e rendit të madhësisë të dimensioneve të molekulave të lëngut. Nëkëtë mënyrë molekulat shumë ngadalë zhvendosen dhe lëvizin nëpër tërë vëllimin e lëngut. Kohëzgjatja e lëkundjeve të një molekule të lëngut rrethpozicionit baraspeshues është e ndryshme dhe varet nga përbërja e lëngut dhe temperatura.Me zmadhimin e temperaturës molekulat e lëngut fitojnë energji kinetike më të madhe, bëhen më të lëvizshme dhe më shpesh e lëshojnë pozicionin baraspeshues rreth të cilit lëkunden.

Lëvizshmëria e molekulave të lëngut manifestohet gjatë difuzionit ose viskoziteti të lëngut. Eksperimentet dëshmojnë se me zmadhimin e temperaturës, për shkak të lëvizjes më të theksuar termike, difuzionii lëngut është gjithnjë më i shpejtë. Gjatëzmadhimit të temperaturës, për shkak të lidhjeve të dobëta ndërmolekulare, viskoziteti i lëngut bëhet më i vogël.

Gjatë temperaturës mjaft të larta energjia kinetike e molekulave do të zmadhohet, do të shkaktohet radhitja e afërt e nënrenditjes dhe do të kaloj në gjendje të gaztë krejtësisht të parregullt, gjendje kaotike.

Rezime e shkurtër

-gjendje agregate (faza)
-model gazi
-modl i plazmës
-model i materis së kondensuar
-lëngu
-radhitje e afërt
-radhitje e largët

Pyetje, detyra, aktivitete

1. A dallohen molekulat e akullit dhe molekulat e ujit?
2. Cilat janë ndryshimet themelore ndërmjet tre gjendejve agregate të substancës?
3. Pseplazma mund të merret për fazë e katërt agregate?
4. Provoni në bibliotekë ndonjë libër ose në veb faqe, dhe lexoni më gjerësisht për plazmën në kushte tokësore dhe plazmën në gjithësi.

plazma (gr~, πλασμα)=krijoj, formësoj, vepër artistike

13. 2. LIDHJE ATOMIKE DHE MOLEKULARE

Natyra e lidhjeve kimike

Forcat themelore që e përcaktojnë struktrën e materias të ngurta janë forca elektrike të bashkëveprimit të elektroneve valente.

Le ta shënojmë numerin e përgjithshëm të grimcave që e ndërtojnë materian e kondensuar me N. Puna që duhet ta kryej ndonjë forcë e jashtme. për ta shthurur tërë aatë ate mjedis rë kondensuar, d.m.th. grimcat ndërtuese të sillen në largësi në të cilat nuk do të ketë më bashkëveprim, le ta shënojmë me A.

Atëherë futet kuptimi energjia e lidhjes (W) të barabartë me:

$$W = \frac{A}{N} \qquad (1)$$

Kjo madhësi matetme eV/atom.

Nga varësia e llojit të grimcave që bashkëveprojnë në mjedisin e kondensuar (jone, atomeneutrale pse molekula), po ashtu nga varësia e asaj se a është lidhur çdo element me një, dy, ose më tepër atome nga mjedisi, mund të paraqiten disa lloje lidhjesh. Ata lidhje në mateien e pastër ose në përzierjen e përcaktojnë strukturën e mjedisit të kondensuar.

Ekzistojnë tre modele themelore e lidhjes së atomit në formimin e e materies së ngurtë, edhe ato: **lidhja jonike, kovalente dhe lidhja metalike**. Lidhje më të dobëta të llojit të **Van der Vals** ose **lidhja hidrogjenike**, janë po ashtu të rëndësishme ku mekanizmat e kidhjes së fortë nuk janë dominante.

Lidhja jonike

Gjatë formimit të disa molekulave ose kristaleve arrihet deri te kalimi komplet i një ose më tepër elektroneve nga njëri atom në tjetrin. Me këtë rast atomi që ka humbur elektron bëhet pozitivisht i elektrizuar, ndërsa atomi që ka fituar elektron bëhet elektron elektronegatib. Në këtë mënyrë, këto dy atome mbahen bashkërisht me ndihmën e forcave elektrike tërheqëse. Përndryshe lidhja jonike zakonisht krijohet ndërmjet atomeve nga të cilët njëri ka një elektron në cipën elektronike të fundit, ndëersa atomi tjetër pothuajse tërësisht e ka humbur cipën elektronike. Kështu, për shembull, metalet alkalike sikurse janë kaliumi (K) dhe natriumi (Na), të cilët kanë vetëm një elektron valen në cipën e fundit, lehtl krijojnë lidhje jonike me elementet halogjene, si për shembull, klori (Cl) ose fluori (F), të cilët kanë nga një vend të pa plotësuar në cipën elektronike të fundit. Jonet e krijuara në rastin e NaCl tërhiqen me forcat e Kulonit, prandaj energjia potenciale (W_n) e bashkëveprimit të joneve duket si te fig. 1.

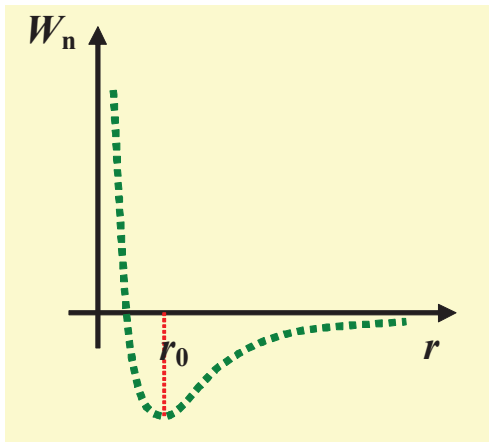


Fig. 1. Energjia potenciale te bashkëveprimi i Kulonit

Në figurn 1, r paraqet largësinë ndërmjet bërthamave të dy joneve. Mund të shihet se varësia e energjisë potenciale ka minimum për vlerën e largësisë ndërjonile r_0, gjatë së cilës forca e bashëveprimit ndërmjet joneve bëhet e barabartë me zero. Në shumë raste mund të logaritet se jonet bashkëveprojnë si sfera të ngurta të radhitura aq dendur sa mundësojnë mbështjellësit elektronit të jashtëm.

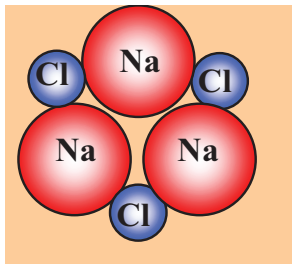


Fig. 2. Modeli i NACL

Energjia e lidhjes kovalente nuk dallohet shumë nga energjia e lidhjes jonike, d.m.th., ajo është disa eV/atom. Pikërisht aq energji duhet t'i dorëzohet një elektroni nga çifti elektronik, qëtë shkatërrohet çiftëzimi,dhe elektroni të mnd të lëviz lirisht nëpër mjedisin e kondensuar. Vendi nga ku ka ikur njëelektron sillet si vend që ka nevojëtë kap një elektron, d.m.th., si ngarkesë pozitiv dhe quhet **vrimë**.

Lidhja kovalente

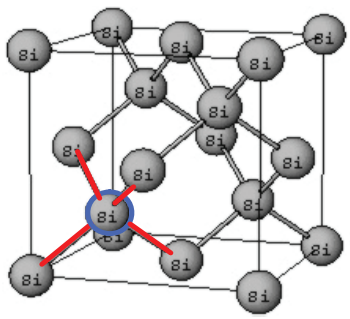


Fig. 3. Lidhja kovalente ndërmjet atomit të siliciumit në rrjetën kristalore dhe katër atome fqinje më të afërt.

Mjediset më tipike të ngurta me lidhje kovalente janë ata që janë të ndërtuar nga atomet e grupëssë katërt të sistemit periodik: karboni (C), siliciumi(S) dhe germaniumi (Ge). Në kristalet e siliciumit dhe germaniumit, një atom gjendet në qendrën e një tetraedri, kurse katër atome tjerë janë të vendosur në këndet e tetraedrit (fig. 3). Te siliciumi dhe përfaqësues tjerë, çdo elektron nga katër elektronet valent lidhet me një elektron të elektroneve valent të fqinjëve të tij (fig. 4) dhe formojnë çifte elektronesh te lidhja **kovalente**. Lidhjet paraqiten si rezultat i foorcave të cilat kanë natyrë elektrike, por kanë karakter kuantik. Formimi i çifteve ndërmjet elektroneve bëhet vetëm ndërmjet çifteve elektronike të cilët kanë spine të kundërta (+1/2 dhe -1/2).

Dendësia e mjegullës elektronike është më e madhe diku në mesin e segmentit që i lidh atomet fqinje.

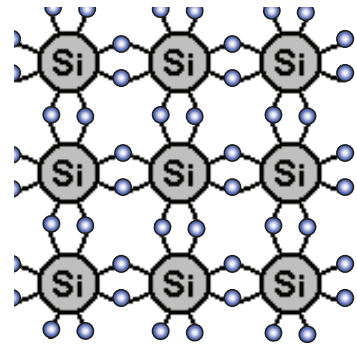


Fig. 4. Çiftëzimi i elektroneve me atomet fqinje të Si

Përndryshe të gjitha komponimet që kanë veti mirë të shprehura të gjysmëpërçuesëve janë të lidhur në lidhje kovalente: GaAs, InSb dhe komponime tjera të grupës III-V të sistemit periodik të elementeve.

Lidhja atomile

Te metalet arrihet deri te koelktivizimi i mjegullës elektronike nga elektronet valent, d.m.th. gjasat për t'u gjendur një elektron rreth një joni të caktuar është e njëjtë për të gjithë jonet e metalit. Dendësia e ngarkesës elektrike është e madhe, prandaj jonet sillen sikur janë në „det elektronik". Elektronet valent lëvizin lirisht nëpët tërë vëllimin e metalit, ngjashëm sikurse molekulat e një gazi. Prandaj flasim për elektrone nëpër metalin si një gaz elektronik.

Energjia e lidhjes te metalet, në të vërtetë, paraqet shumën prej:

- energjisë që ka të bëjë me energjinë tëheqëse

elektrike ndërmjet joneve pozitive dhe gazit elektronik të cilin e ktijojnë elektronet e përbashkët valent;
- energjisë që ka të bëj me veprimin e forcave të shkëmbimit (hibridizim). Ky lloj forcash ka karakter kuantomekanik dhe është rrjedhim nga çiftëzimi i elektroneve me spine të kundërta (hibridizim);
- energjisë kinetike të elektroneve.

Për shkak të të gjithë këtyre faktorëve, energjia e një elektroni tëlirë në metalin është disa elektronvolte më e vogël nga energjia e një elektroni në vakum në afërsi të metalit. Energjia që është e nevojshme elektroni ta lëshoi sipërfaqen metalike dhe të shkoj në vakum, quhet **punë e daljes**.

Mekëtë madhësi tani më jeni të njohur (shiko kapitullin fotoefekti). Prandaj duke i dhënë energji nga jashtë (me ndriçim ose nxehjen e metalit), e cila është e barabartë ose më e madhe nga puna e daljes së elektronit, mund të fitohet emision të elektronit të lirë.

Përndryshe, ekzistimi i elektroneve të lirë është shkak për përçueshmërinë e emadhe elektroike dhe termike te metalet.

Lidhja e Van der Valsit

Çdo dy molekula të ndara tërhiqen njëra me tjetrën me forca elektronike të quajtura forca të Van der Valsit. Kështu do tërhiqen e cilëtdo dy atome që nuk formojnë lidhje jonike ose lidhje kovalente. Lidhjet e Van der Valsit që formohen ndërmjet atomeve të tillë janë shumë më të dobëta nga ata që i përshkruam më parë. Gjatë temperaturave mjaftë të larta këto forca nuk janë mjaftë të mëdha që ta tejkalojnë lëvizjen termike dhe shpërndarjen e atomeve. Por, gjatë temperaturave mjaftë të ulëta,forcat e llëvizjes termike të atomeve (molekulave) janlë shumë të vogla në raport me forcat e Van der Valsit, prandaj kjo mundëson që molekulat gjatë ftohjes së gazit të kondensohen në lëng, e madje në trup të ngurtë. Përndryshe heliumi është element i vetëm që nuk kalon në gjendje të ngurtë në shtypjeatmosferike. Forcat eVan der Valsit lindin nga bashkëveprimi i **momenteve dipolare** të molekulave. Këto molekula quhen **polare**. Te ato molekula nuk ka shpërndarje smetrike të ngarkesave, por nënjërën anë dominon ngarkesa negative, kurse nëanën tjetër ngarkesa pozitive,-prnadja molekula paraqet **dipol elektrik** (fig. 5.

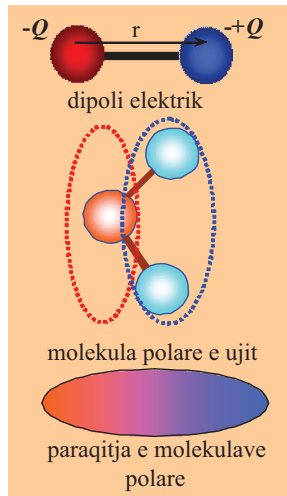


Fig. 5. Molekulat dipole

Karakteristika themelore e dipolit elektrik është **momenti i dipolit** të molekulës.*Me moment të dipolit nënkuptohetvektori, madhësia e të ci lit është i brabartë me prodhimin e njërës ngarkesë të dipolit dhe largësisë ndërmjet tyre. Drejtimi përputhet me drejtëzën që i lidh ngarkesat,kurse kahja është nga ngarkesa negative kah ajo pozitive*, $\vec{P} = Q\vec{r}$.

Te fig. 6 është paraqitur si dy molekula polare (dipole) me momente dipolare të njëjta lidhen (p.sh.) dy molekula të ujit.

Kështu, fusha elektrike e njërit dipol të një molekule e orienton molekulën tjetër në atëmënyrë që tëtërhiqen të dy molekulat.

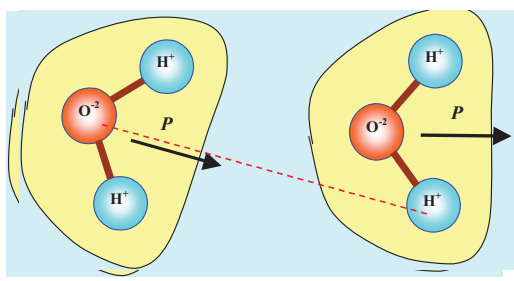


Fig. 6. Lidhja reciproke e dy molekulave H_2O për shkak të bashkëveprimit të momenteve dipolare. Momentet dipolare të çdo molekule janë shënuar me P.

Një molekulë jopolare, po ashtu e tërheq një molekulë jopolare me **forca të Van der Valsit**. Ndonëse moment dipolar elektrik të molekulave jopolare mesatarisht është i barabartë me zero, te ata megjithate, ngjajnë disa

ndryshime të brendshme të vendpozitave reciproke të molekulave,prandaj në një moment dipolar të ndryshëm nga zeroja. Kështu, kur dy molekula dipolare do të vijnë afër njëri tjetrit, ndërrimet e shpejta të momenteve dipolare tentojnë të prodhojnë bashkëveprim tërheqës.

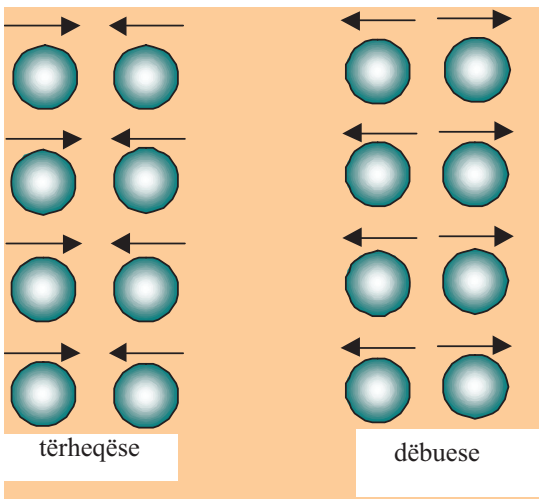


Fig. 7. Tërheqja Van der Valse e molekulave që kanë moment dipolar mesatar të barabartë me zero

Është e mundshme edhe orientimi i përkohshëm i molekulave që shpie deri te bashkëveprimi tërheqës. Orientimet e tilla për bashkëveprim tërheqës ndodhin me gjasa të mëdha se sa bashkëveprimet dëbuese, pra molekulat tërjiqen (fig. 7).

Lidhja hidrogjenike

Lidhja hidrogjenike është një mekanizëm i lidhjes e cila ka rëndësi të madhe. Ky mekanizëm për mbajtjen e grupevetë molekulave në bashkësi, shpesh është përgjegjës për lidhjen reciproke të molekulave gjigande dhe polimereve për ta ruajtur formën evet të fiksuar. Kështu, për lidhjen e mirënjohur rë strukturës psirale dyfishe të molekulës së DNK është përgjegjës lidhjahidrogjenik në mes degëve anësore të cilët janë të përbërë nga karbonhidratet të renditur alternativisht dhe grupe fosfate ndërmjet spiraleve (fig. 8). Lidhja hidrogjenike formohet për arsye se një proton i ndarë dy atome (zakonisht dy atome oksigjeni). Kjo ndarje e një protoni të njëjtë është i ngjashëm sikurse ndarja e një elektroni gjatë formimit të lidhjes kovalente. Kjo lidhje mundësohet për shkak të masës së vogël të protonit të përbashkët të mos ekzistimit të elektroneve të tjerë (të brendshëm), përveç elektronit të vetëm në cipën elektronike.

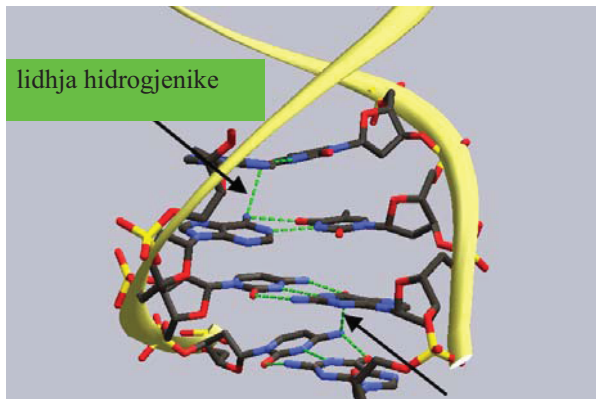


Fig. 8. Lidhja hidrogjenike ndërmjet degëve anësore të spiraleve prej DNK (vija e ndërprerë e gjelbër)

Rezime e shkurtër

-lidhja jonike	-lidhja e Van der Valsit
-lidhja kovalente	-dipoli elektrik
-vrimë	-momenti i dipolit
-lidhjametalike	-lidhja hidrogjenike
-puna e daljes	-energjia e lidhjes

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Cilat forca janë shkak për cilëndo qoftë të lidhjes molekulare?
2. A mund të logaritet për dipol një molekulë jonike?
3. Sa është momenti dipolar P_e e dipolit që e krijojnë dy ngerkesa memadhësis $Q=0{,}51\cdot10^{-19}$C, nëse atondodhen në largësi reciproke $r=0{,}96\cdot10^{-10}$m? (Përgj. $Pe=0{,}48\cdot10^{-29}$ Cm).

13.3. MATERIALET KRISTALORE DHE AMORFE

Kur ndonjë substancë që gjendet në gjendje të lëngët i zvogëlohet tenmperatura , ajo kalon në gjendje të ngurtë. Gjatë ftohjes arrihet në formimin e trupit kristalor të ngurtë ose trup amosf të cilës sipas njohurive më të reja shkencore ata më nuk logariten si të ngurtë, por si lëngje të tejftohura.

Me fjalë të tjera , gjatë ftohjes së njëtrajtshme,-te disa materiale temperatura e lëngut të njëtrajtshëm biederi në njëfarë vlere (pika e shkrirjes - T_{sh}), kur paraqiten kristale të imëta dhe fillonngurtësimi. Atëherë temperatura më nuk ulet, ndonëse ftohjaedhe më tutjevazhdon (fig. 1). Qëndrii i temperaturës në pikën e shkrirjes (ngurtësimit) mbetet në intervalin kohor ndërmjet t1 dhe t2, deri sa i tërë lëngu nuk shndërrohet në gjendje agregate të ngurtë. Kështu sillen **kristalet**.

Te disa materiale tjera, gjatë ngurtësimit vërehet rënie kontinuale e temperaturës, ndërsa njëkohësisht edhe ngurtësimi i njëkohshëm i lëngut. Ato janë **materiale amorfe**.

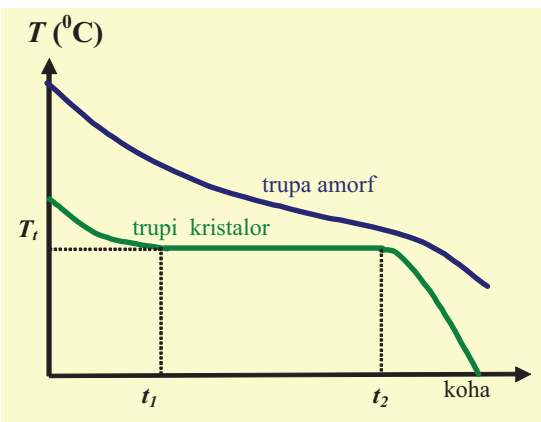


Fig. 1. Ngurtësimi te substancat kristalore dhe amorfe

Trupat kristalor mund tëjenë monokristale ose polikristale.

Nëse sigurohen kushte të përshtatshme, gjatë ngurtësimit atëherë mund të fitohet **monokristal**.

Fig. 2. Kristale të njëjta nga i njëjti material

Monokristali ka formë të rregullt, i kufzuar me faqe të rrafshta dhe të lëmuara me tehe të trrafshit kufitar. Monokristtalet e substancës së njëjtë kanë formë gjeometrike të ngjashme, e cila është tipike për atë substancë dhe kjo mundëson njohjen e substancës (fig.2). Në kushte të caktuara një faqe e kristalit mundet joproporcionalisht të rritet më shpejt se sa tjerat. Veti kryesore te monokristalet është ajo se kndet ndërmjet rrafsheve fqinjë mbesin të njëjtë. Kështu këndet ndërmjet fqinjëve A dhe A, B dhe B dhe A dhe B janë gjithmonë të njëjtë (fig. 3).

Në bazë të formës së jashtëme të monokristaleve nuk mund të thuhet me siguri se për cilën sub stancë duke matur këndet ndërmjet faqeve fqinje. Për shembull, monokristali ikripës së kuzhinës (NaCl) më shpesh ka formën paralelopipede drejtkëndor. Te monokristali i kësaj substance këndet ndërmjet cilësdo faqe fqinje janë të drejtë (90^0). E gjithë kjo që

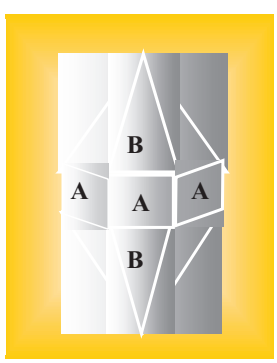


Fig. 3. Këndet e ndërmjetshme ndërmjet rrafsheve fqinje te të gjitha monokristalet e substancës së njëjtë janë të barabartë

përmendëm deri më tani ka të bëj vetëm me monokristalet natyrore të papërpunara. Me veprime të ndryshme të përpunimit, kristalit mund t'i jepet çfarëdo forme.

Mënyra për prodhimin e qarqeve integruese (çipe) përndryshe, fillon me ndërtimin e mono-kristalit

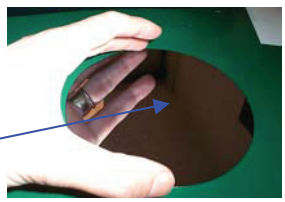


Fig. 4. Monokristali i siliciumit (majtas) dhe nga ai monokristal i prerë disk (djathtas) që shërbejnë si bazë përndërtimin e qarqeve integruese (çipe). Nga ky disk fabrikohen 20-25 çipe

nga siliciumi, i cili madje me prerje sillet në formë të pllakave rrethore (fig. 4). Në ata barten shtresat tjera të gjysmëpërçuesëve.

Karakteristikë e monokristaleve është ajo që veti fizike ndryshohen në varësi nga drejtimi i kristalit.

-koeficienti i bymimit termik,
-permeabiliteti dielektrik,
-përçueshmëria termike,
-ngurtësia,
-rrezistenca specifike elektrike,
-treguesi i përthyerjes etj.

Kjo do të thotë se këto madhësi fizike tregojnë madhësi tëndryshme në drejtime të ndryshme. Karakteristikat fizike të ndryshme në drejtime tëndryshme quhen **antizotropi**.

Polikristalet krijohen kur kalimi nga gjendja e lëngët në ate të ngurtë ndodh me dukurinë të ashtuquajtur qendra të kristalizimit në lëngun (të shënuara me kryqe në fig. 5(a)). Nga ata, pas njëfar kohe formohen kristale tëvegjël të ndarë me formë të rregullt, ndërsa njëkohësisht formohen edhe qendra të reja (fig. 5b). Gjatë rritjes ato fillojnë ndërvedi të ngjiten. Në fund nga ngurtësimi fitohet polikristali i cili është i përbërë prej numrit të madh të kristaleve të vogla, ndërvedi të ngjitur dhe me formë të parregullt (fig. 5 ç). Kristalet e vogla quhen kokërrëzakristalore. Përndryshe polikristale janëakullimmetalet dhe legurat gjysmëpërçueseetj.

Ndonëse janëtë ndërtuar prej numri të madh kokokërrëza monokristalore, dhe çdonjëri më vete tregon anizotropi, *polikristalet nuk janë anizotrop sikurse monokristalet*. Meqë numri i këtyre grimcave është

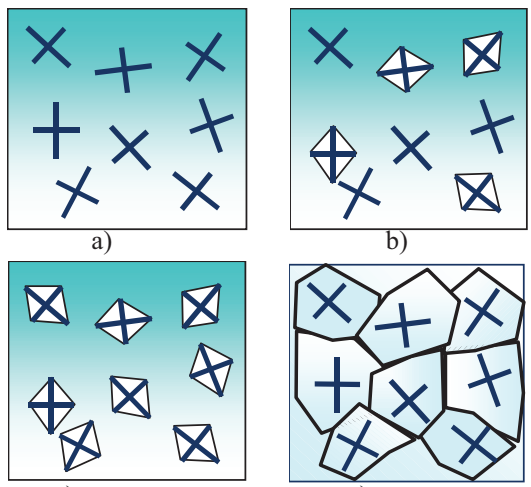


Fig. 5.Faza në formimin e polikristaleve (ngrirja e ujit) prej qendrave të kondenzimit (a) deri te polikristali (b)

shumë i madh, ndërsa ata janë të radhitur dhe të orientuar në mënyrë kaotike, atëherë madhësitë fizike në çdo drejtim kanë vlerë të njëjtë, prandaj polikristalet janë trupaizotrop.

Trupata amorf janë, po ashtu izotrop, ndonëse krejtësisht nga shkaqet tjera.

Rrjeta kristalore (radhitja në largësi)

Është konstatuar se kur do të thehet ndonjë monokristal, copat e krijuara, ndonëse kanë madhësi të ndryshme, kanë formë të ngjashme të rregullt. Ajo i ka nxitur shkencëtarët në idenë se monokristali është i përbërë prej bashkësisë së celulave kristalore të radhitur në rregull. Në bazë të hulumtimeve shkencore me siguri bëhet fjalë për atë se kristalet janë ndërtuar prej joneve, atomeve ose molekulave që janë të renditura në rregull në hapësirë dhe zënë pozita të pandryshueshme ndërvedi, duke u varguar me të gjitha drejtimet hapësinore. Tërësia e të gjitha atyre pozotave quhet ***rrjetë kristolora***. Vendet ku janë të vendosur atomet (jonet) e kristalit quhen ***nyje të rrjetës kristalore***, e cila mundtë zhvendoset në të gjithatre drejtimet hapësinore. Nëd figurën 6 janë dhënë celulat elementare të llojeve specifike të rrjetave kubike.

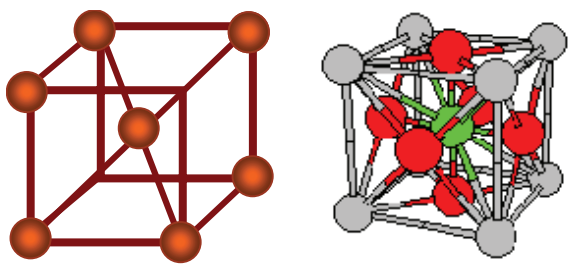


Fig. 6. Celula elementare nga llojet specifike të rrjetës kubike

Duke i bashkuar të gjitha celulat elementare në të gjitha drejtimet hapësinore fitohet rrjeta kristalore (fig. 7). Vetia kryesore e strukturës së tillë është periodicitetit hapësinor që e përbëjnë **radhitjen në largësi** të kristalit.

Për së gjati cilitdo drejtim që është tërhequr nëpër qendrëne një grimce janë të vendosur qendrat e grimcave tjera në largësi të njëjtë. Për dre-

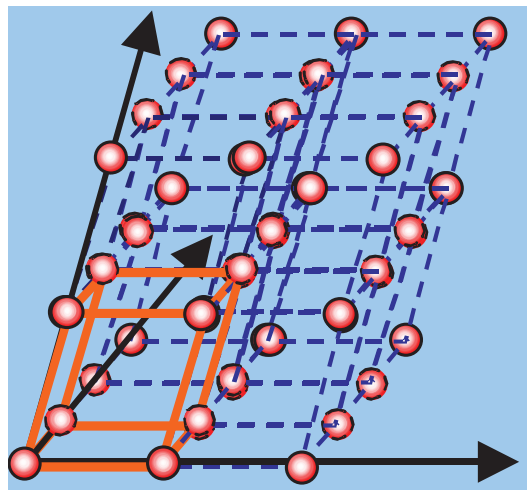


Fig.7. Me translacion të celuls elementare në tre drejtime hapësinore fitohet monokristali

jtime të ndryshme A, B, C, D, këto largësi janë të ndryshme *a, b, c, d*, Nëseihet pozita e një grimce (për shembull, grimca 1 e prerjes me rrafsh të kristalit (fig. 8)), atëherë largësia deri te grimca e 5, 10 ose 100 në ndonjë drejtim të kristalit plotësisht është përcaktuar me largësinë e grimcës fqinje (për shembull grimca numër 2). Kështu përshembull, largësia nga grimca 1 deri te grimca 3 në drejtimin A është 3*a*. Ndërsa largësia deri te grimca e 999, në të njëjtën drejtim, do të jetë 999 *a*.

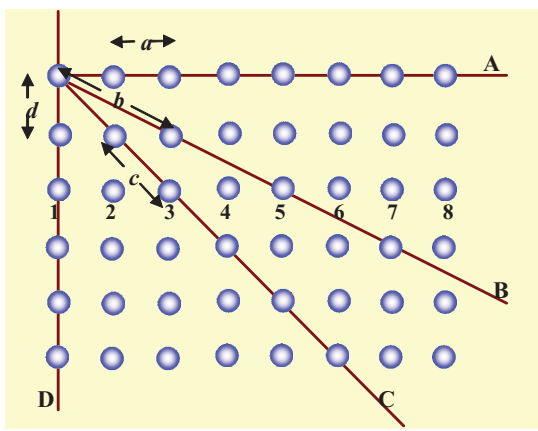
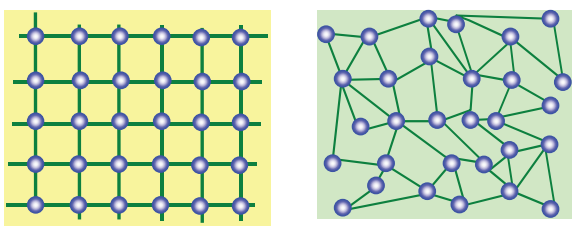


Fig. 8. Largësitë e njëjta ndërmjet grimcave përdë gjati tëgjitha drejtimeve (A, B, Cdhe D)

Tash mund të themi se cila është veçoria esenciale e të gjitha kristaleve (mono dhe poli). Ajo gjithësesi, nuk mundtëjetë anizotropia dhe forma e rregullt gjeometrike, meqë kjo veçori është vetëm e monokristaleve. Karakteristika sipas së cilës kristalet dallohen nga trupat e ngurtë amorf është ajo që grimcat e tyre (jonet, atomet, molekulat) janë të renditur në hapësirë në rregull dhe periodikisht, prandaj ekziston vlerë tredimensionale në strukturëne tyre (fig. 9). Kur radhitja hapësinore e përfshin gjithë trupin, atëherë bëhet fjalë për monokristalet. Radhitja te monokristali plotësisht e shpjegon anizotropinë e tij. Kështu, për shembull, fortësia e ndryshme në drejtme të ndryshe është rrjedhim i asaj se në drejtimtë caktuar në largësi të ndryshme janë radhitur numër i njëjtë grimcash, të ndryshëmnga numri i ndonjë drejtimi tjetër. Monokristali është më i fortë në drejtimin që ka dendësi ,ë të madhe.

Dhe se në kushte të caktuara të ftohjes gjatë ngurtësimit mund të fitohet edhe faza e ngurtë pa kurfar radhitje hapësinore (fig. 9 b), ky është materiali amorf.



a) b)

Fig. Rradhitja e atomeve (joneve) në trup kristalor (a) dhe trup amorf (b)

Në kohën më të re materialet amorfe nuk klasifikohen si trupa të ngurtë, por si ***lëngje të teftohura***. Duke i vlerësuar materialet amorfe për lëngje me koeficient të madh të viskozitetit, te ata mund të shpjegohen shumë veti fizike.

Defektet në rrjetën kristalore

Radhitja krejtësisht e rregullt të ndërtuesëve bëhet në zona më të mëdha ose më të vogla. Por, në monokristalin si tërësi, ekzistojnë shmangie nga struktura ideale periodike të cilët quhen ***defekte në rrjetën kristalore***.

Ekzistojnë disa tipe defektesh (fig. 10)), të cilët mund të klasifikohen si defekte pikësor dhe linear, të cilët shumë të ndikojnë në vetitë fizike të kristalit.

Kryesisht defektetpikësore paraqesinprishje lokale në shpërndarjen e rregullt tëatomeve (jone ve ose

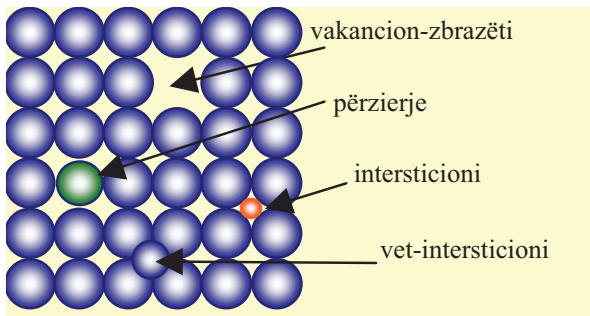


Fig. 10. Disa lloje defektesh pikësore në rrjetën kristalore

molekulave) në rrjetën kristalore. Njëlloj defekti pikësor janë ***vakancionet*** (fig. 10), vende në nyje kristalore ku mungojnë atomet (jone ose molekula). Grimcat ndërnyjore ose të ashtuquajtura grimca ***intersticiale*** janë defekte pikësore që i krijojnë grimcat plotësuese (teprica) të cilat janë të vendosura ndërmjet nyjeve të grimcave. Grimcat intersticiale mund tëjenë nga i njëjti lloj atomesh sikurseato nga tëcilët është ndërtuar rrjeta (***vetintersticiale***), osenga një llojtjetër atomesh (***intersticiale***). Lloj i tretë defekteve janë ***përzierjet***, d.m.th., grimca që kanë zëvëndësuar një grimcë nga atomet amë në rrjetë dhe janë vendosur nëatë vend.

Dfektet pikësore luajnë rol shumë të rëndësishëm në ndryshiminevetive optike dhe elektrike të materialit, meqenëse çdo njëri prej tyre mund të sillet si tepricë ose mungesë të elektronit ose si kurth për vrimën ose elektronin.

Defektet lineare, për dallim nga ato pikësore, nuk janë të lokalizuarnë njëvend, por përhapenpër së gjati një vijë të pandërprerë dhe quhen ***dislokime***. Dislokimet mund të jenë **tehore** ose **të vidhosura**.

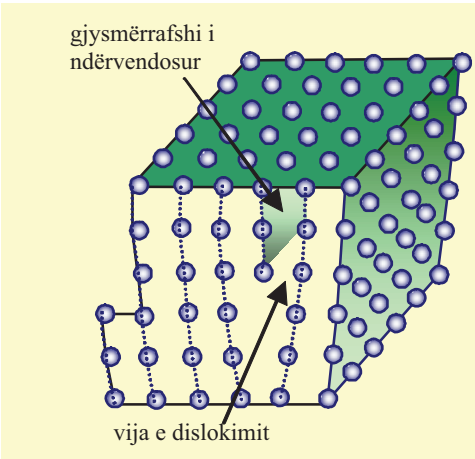


Fig. 11. Dislokacioni vijor tehor

Në figurën 11 është dhënë paraqitja e ***dislokimit tehor***. Sikurse mund të shihet, struktura ideale është shkatërrur për shkak të gjysmërrafshitë vendosur ndërmjet dy rrafsheve. Te ky lloj dislokimi deformimii strukturës është më i madh në afërsinë e fillimit të gjysmërrafshit,prandaj dislokimi tehor vlerësohet se është, në realitet, vija përsë gjati atij gjysmërrafshi.

Dislokimi ividhosur (fig. 12) në hapësirë jep formën e cila krijohet me prerjen e ndonjë drejtkëndëshi,

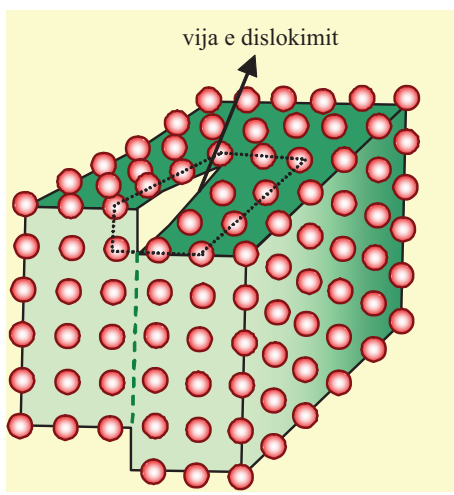


Fig. 12. Dislokimi vijor i vidhosur

e madje duke i shtypdy anët e kundër ta. paralele meatëvijë. Vija nëpër të cilën gjatësi krijohet deformimi i rrjetës quhet ***dislokimi i vidhosur***.

Shpjegoni kuptimet vijues

-monokristali	-defekti pikësor
-polikristali	-përzierjet
-rjeta kristalore	-interstikcioni
-nyjete rrjetës	-vakanset
-trupa amorf	-idislokimii vidhosur
-cellë elementare	-dislokimi tehor

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Në një tegëll bëni një tretje të përqëndrueshme nga uji i ftohtë dhe kripës së kuzhinës. Për së gjati boshtit të tjegullës në tretje zhytni një pe të vendosur vertikalisht. Lereni ashtu disa ditë dhe vëzhgonise si në perinjanë kapur kristalet dhe çdo ditë rriten.
2. Nëse dëshironitë bindeni në anizotropinë endonjë monokristali që e keni (për shembull, qelq,kuarci),bëreeksperimentin si vijon:
Lyejenjërin rrafsh të kristalit medyll tëqiriut të shkrirë. Kurdo tëftohet, ngulenë mesin e tij një gjilpërë të gjtë, Skajntjetërtë gjiltpëts nxehe (për shembull, meletkum). Do të konstatoni se shkrirja fillon reth gjilpërës dhe përhapet në formë të elipës. Kjo do të thotë se përçueshmëria termike e monokristalit nuk është e njëjtë në të gjithadrejtimet.

crystalos,(gr.)=akull. akullformues
amorfos (gr.)= pa formë.

Hapeni sajtin
http://www.uta.edu/optics/sudduth/crystals/
Shikonimodelet të disa rrjetave kristalore ka**rakteristike** tëdisa materialeve të njohura.

13. 4. KRISTALET E LËNGËTA

Kristalet e lëngëta janë të pranishme në përditshmërinë tomë,duke filluar nga displejet e orëve të dorës,kalkulatorët, komjuterët,kamerat e derite monitorët me dimensione tëmëdha,tabelat komanduese te sistemet e navigacionit dhe shumë pajisje tjera.

Kristalet e lëngët hasen edhe në botë biologjike. I kemi, për shembull, holesterinën në estret e tij në organizmine gjallë, në qimet muskulare etj. Shumë janë të rëndësishme hulumtimet e kristaleve tëlëngëta në biologji dhe medicinë për shka të rolit të tyre në këmbimin e materies në organizmat e gjallë.

Në shkencën bashkohore intensivisht punohet nl sintetizimin e llojeve të reja të kristaleve të lëngëta, ndërsa posaçërisht kombinimi i tyre nëpërzierjet kristalore të lëngëta (të cilët mund të përmbajnë edhe nga njëzetë komponente të ndryshme), me qëllim që të fitohen karakteristika më të përshtatshme për zbatimin e tyre në teknologji.

Duke pasur parasysh zbatimin e tyre praktike të madhe, në kohën më të re bëhen më intensive edhe hulumtimet e vetive të tyre fizike, dizajnohen kombinimet e reja nga substancat polimere. Kristalete lëngëta deri më tani janë të pazëvëndësueshme në teknologjinë displej.

Ndarja e kristalve të lëngëta

Në natyrë ekzizistojnë materie roganike të cilat nuk aklojnë n mënyrë klasike nga gjendja e ngurtë në të lëngët, por kalojnë në më tepër faza të kalimit. Në këto faza ato kanë veti mekanike dhe elektromagnetike të cilat gjenden ndërmjet kristalit të ngurtë dhe gjendjes së lëngët. Prandaj, këto materiale u quajtën kristale të lëngëta, ndërsa ata faza teknikisht u quajtën **mezofaza**.

Kristalet e lëngëta që janë të përbëranga molekulat e pastra organike, te të cilët kalimi fazor nga gjendja e ngurtë e lëngët bëhet me ndryshimin e temperaturës,quhen **kristale të lëngët termotropik**.

Ekzistojnë edhe disa lloje të molekulave me struktrë shufre që gjenden në ndonjë tretje dhe të cilët nuk tregojnë varësi nga temperatura. Teata kalimi fazor bëhet me ndryshimin e përqëndrimit. Këto molekula i takojnë grupës **kristale të lëngët liotropi**.

Te kristalet e lëngët termotropik, kalimi nga gjendjet kristalore e ngurtë nëtë lëngët bëhet gjatë një temperature saktë të caktuar tëshkrirjes, e cila është karakteristikë krysore e tyre. Po ashtu, posaçërisht është e rëndësishme edhe temperatura e kalimit nga gjendja e lëngët kristalore në gjendje të lëngët (izotopike), ose, e ashtuquajtura „temperaturë e të ndriçuarit“

Ekzistimi i ndërgjendjeve të ndryshme (mezofazave) shpie kah klasifikimii kristalve të lëngëta nëdy grupe themelore:

- nematik,
- smektik.

Gjithashtu, ekzistojnë edhe kristale të lëngët holesterik, të cilët kristalizohen si llojspecial,i kristaleve nematike.

Kryesisht, kristalet e lëngëta nematik dhe përzierjet e tyre përdoren në teknologjinë e displejeve.

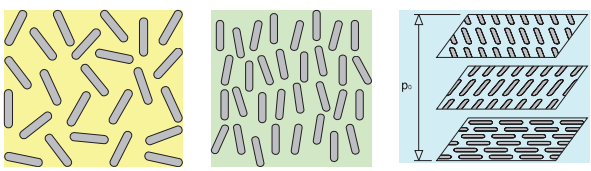
Kristalet e lëngët smektik nuk kanë ndonjë rol të rëndësishëm komercial për arsye se molekulat e tyre në fushën elektrike nuk orientohen në mënyrë uniforma.

Kristalet e lëngët nematik dhe smektik më tutje ndahen nën nëgrupe:

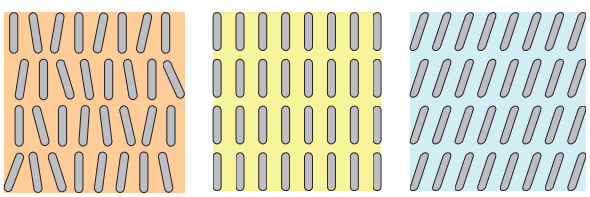
Smektikët paraqiten në nëngrupe, dhe ajo:

smektik-A; smektik-B, smektik-C (smektik fotoelektrik etj.).

Në figurën 1 është dhënë paraqitja skematike e thjeshtë e radhitjes të molekulave në tipe të ndryshme të kristaleve të lëngët.



a) Fazë izotropike (e paradhitur) b) Faza Nematike c) Faza holesterike (shtresa të radhitura)



ç) Simetrik-A d) Simetrik-B e) Simetrik-C

Te kristale e lëngët nematik mund të vërehen regjione të radhitjes së molekulave në drejtim të caktuar, por nuk ekziston radhitje nëraport me pikën e rëndimit (fig. 1b). Për shkak tëradhitjes së këtillë të molekulave, kristalet e lëngët nematik tregojnë anizotropi (pabarasi hapësinore) në vetitë mekanike, elektrike, magnetike dhe optike. Mu kjo veti është shfrytëzuar për zbatimin e tyre, veçanërisht në teknikën e displejeve.

Marrë në përgjithësi, te kristalet e lëngët paraqiten efekte karakteristike për trupine ngurtë (anizotropia), por edhe efkete karakteristike për lëngjet të cilët janë izolator të mirë elektrik. Por, ata posedojnë edhe disa veti specifike të cilat nuk mundtë vërehen as te trupat e ngurtë aste substancat e lëngëta.

Kristalet e lëngëta as nuk absorbojnë dritën e pjesës së dukshme të spektrit, prandaj pjesa më e madhe e mostrave duket si qumësht i bardhë.Ajo paraqitet për shka të shpërndarjes së dritës në kufijtë e „mikroregjioneve“ të vogla d.m.h., regjione me radhitje shumë të mirë të molekulave, ndërsa radhitja nga njëriregjion në tjetrin ndryshon.

Që të vërehet mezofaza të caktuara te kristalet e lëngëta,përdoret mikroskopi polarizues.

Megjithatë mund të shihet se kezison radhitje e molekulave në një drejtim të caktuar, në regjione të caktuara. Ata orientime të molekulave sipas regjioneve quhen teksture.

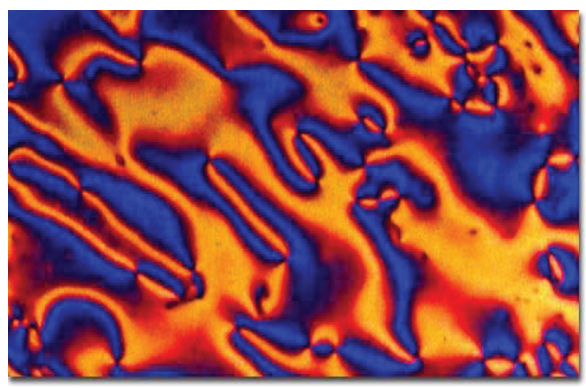


Fig. 2. Tekstura e kristalit të lëngët e vëzhguar në mikroskopin polarizues.

Si radhiten molekulat e kristaleve të lëngëta

Zbatimi i parë i rëndësishëm i kristaleve të lëngëta ka qenë në TN (Twisted Netic) celula puna e së cilës bazohet në TVIST (twist) efektin te kristalet e lëngëta nematike.

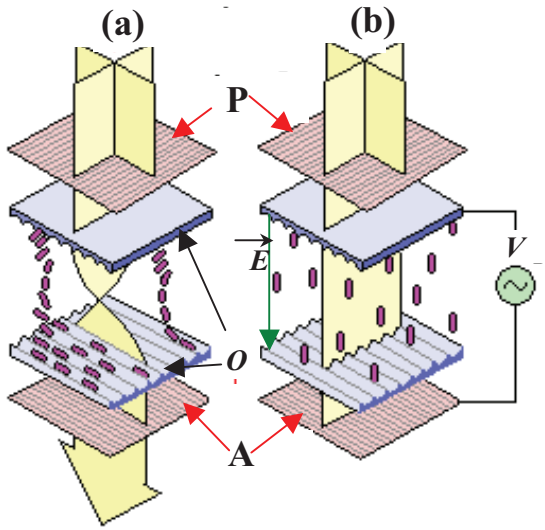


Fig. 3.Hulumtimi i Tvist-efektit te kristalet e lëngët nematik (NTK): a) TN-celula në mungesë të fushës elektrike, P dhe A janë të kryqëzuara dhe drita kalon nëpër celulën (e kyçur), b) TN-celula nën tension, P dhe A janë të kryqëzuara dhe drita nukkalon nëpër celulë (ç'kyçur)

Celula tvist-nemetike (TN) është e përbërë prej dy elektrodave të tejdukshme (përçues shumë i hllë i lyer në qelq), tëlyer me shtresë të hollë të substancës poliamid. Kjo shtresë shërben të bëjradhitjen fillestare dhe orientimin e molekulave paralel me elektrodat. Drejtii orientuar fillestar është përcaktuar medrejtimin e shtresës së orientuar të polituar. Kështu, drejtimet e politurës janë normal me njëri tjetrin, për këtë shka edhe molekulat rrotullohen për 90^0 në hapësirën ndërmjet elektrodave.

Në anën e sipërme dhe të poshtëme të celulës janë vendosur polarizator (P) dhe analizator (A)edhe atë në drejtim të oreintimit fillestar të elektrodave. Në hapësirën ndërmjet elektrodave është vendosur kristali lëngët nematik.

Kur polarizatori (P) dhe analizatori (A) janë tëkryqëzuar (fig. 3a), të cilët përndryshe janë paralele në drejtimin e politurës së elektrodave (O),atëherë kristali ilëngët nëpër TN celulën rrotullon dritën e polarizuar që kalon nëpër të, prandaj në vend të fushës së errët (e çkyçur), vrojtuesi nëpër celulën megjatë, do të vëeren dritë (e kyçur).

Me sjelljen e tensionit V ndërmjet elektrodave (fig. 3b), molekulat do të tentojnë të orientohen për së gjati vijave të forcës së fushës elektrike E. Në këtë mënyrë orientimi i tillë i molekulave të kristalit të lëngët i mundëson dritës rënëse tëpolarizuar të kaloj nëpër kristalin e lëngët e të pandryshuar, kështu drita nëpër analizatorin e kryqëzuar nuk dotë klaloj (e çkyçur).

Ndryshimi i vogël në këndin e molekulave nëpër celulën, d.m.th., varacion i vogël i tensionit të sjellur krijonndryshim kolosal në transmision, dhe mund të jap një paletë të tërë të nuancave nga krejtësisht të errëtdhe krejtësisht të ndritshëm.

Kristalet e lëngëta në teknologjinë e LCD-TFT displejeve

Ekrani e kristale të lëngëta tashë janë realitet. Sistemet displej elektrooptik shfrytëzojnë përbërje të ndryshme të përzierjeve tëkristaleve të lëngëta, ndërsa dallojnë edhe sipas mënyrës së adresimit (dërgimi i urdhërave për kyçje ose çkyçje) të pikselave të veçuara të displjeve. Në fillim janë paraqitur TN-LCD tëcilët bazohen në twist-efektin në kristalet e lëngët nematik. Ata punojnë si komutator (ndërprerës) i cili e lëshon ose e ndërpret dritën, në varësi nga madhësia e fushës së zbazur.

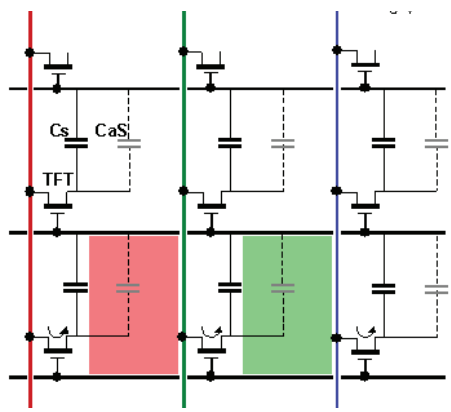


Fig. 4. Piksele te TFT-LCD. Çdo piksele përmban nga një tranzistor filmhollë

Njëdisplej monokromatik LCD është i përbërë nga matrica e celulave të tilla (piksela) të cilat furnizohen posaçërisht për të mundur me udhëhequr me transmisionin e çdonjërërës prej tyre. Kështu, figura te këta displeje formohet nga nuancat e ndryshme që i prodhojnë celulat.

Te displejët bashkohor zbatohet adreimi aktiv matricor,icili bëhet me ndihmën e ndërpreësit TFT (tranzisor shtresëhollë). Kështu, çdocelulë e lëngët kristalore ka tranzistorin e vet i cili lejon deri te ajo tëarrijë tensioni ose ta ndërpret tensionin. TFT-LCD shfrytëzohen për TV aplikimet, por ata janë edhe më të shtrenjtë ngagypat katodik (monitorët e thjeshtë) dhe çmimi nga viti në vit uafrohet gypave katodik komercial. Madhësia e mundshme maksimale dhe çmimi janë fakrotët e vetëm të cilët kufizojnë zbatimin etyre.

Hulumtimet bashkohore të përzierjeve të kristaleve të lëngëta dhe karakterstikat e tyre elektrooptike kanë mundësuar zbatimin e kristaleve të lëngëta me anizotropi negative dielektrike për ndërtimin e displejeve në të cilët shfrytëzohet efekti DAP, i cili paraqet përthyerjen e dyfishtë të dritës e cila mund të kontrollohet me fushën elektrike. Me zbatimin e kësaj teknlogjie janë fituar koor displeje me kohën të *përgjigjes* mëtë vogël se 100 ms.

Kristalete lëngëta janëbërë pjesë e pandashme e jetës tonë të përditshme, ata e kanë përvetësuar botën elektronike dhe kanë zhvilluar një industri tëtërë për prodhiminetyre dhezbatiminprakrik. Këto janëmaterialete të sotmesw dhe së ardhmes.

LCD (Liquid Crustal Displey)
(ang.)=ekran kristalor i lëngët

Pak histori

Kristalet e lëngëta janë zbuluar më vitin 1888 nga botanisti austriak Fridric Rajnicer, icili e ka hulumtuar holestrolin. Ai ka vërejtur se holesteroli lëngëzohet në temperaturë 145^0C, por nuk bëhet lëng i pastër, por ka formë qumështi. Bile në temperaturën 179^0C lëngu bëhet i tejdukshëm dhe i kthjellët. Më vitin 1904 filloi sintetizimi i kristaleve të lëngët për hulumtime shkencore, por kah fundi i viteve gjashtëdhjeta Xhejms Fergason shpiku se substancat e lëngëta kristalore holesterike janë idealsht të përshtatshme për përdorimin e tyre si indikator të temperaturës. Në atë kohë ka qenë i ndërtuar edhe displej i parë alfanumerik me kristale të lëngëta, por edhe pa zbatimin komercial. Në fillim të viteve të shtatëdhjeta të shekullit XX u bë e qartë se zbatimi më i madh ikristaleve të lëngëta është në teknologjinë e displejeve, kur paraprakisht kanë qenë sintetizuar kristale të lëngëta të cilët janë në gjendje kristalore të lëngët edhe në temperaturën e dhomës.

Rezime e shkurtër

-faza e lëngët kristalore
-mezofaza
-termotropike
-liotrpike
-nematike
-smektike
-efekt tvist
-LCD
-TFT-LCD

13. 5. STRUKTURAT METALIKE

Gjatë historisë, metalet kanë luajtur dhe do të luajnë rol të rëndësishëm në zhvillimin e shoqrisë, nëpërmjet zhvillimit të teknikës dhe industrisë. Për të përdorur metalet në mënyrë më të mirë të mundshëm është e nevojshme të njihemi me mikrostrukturën e tyre, vetitë fizike dhe kimeke

Shkenca e cila merret me studimin e metodave që shfrytëzohen për përfitimin e metaleve të cilët përdoren në shkencë dhe teknikë, si edhe stdimi i vetive të tyre që janë në varësi nga mënyra e përfitimit, quhet **metalurgji**.

Vetitë themelore të metaleve

Me metale nënkuptohengrupe të substancave (elemente kimike) të cilat mund të përshkruhen me këto veti:

- në temperaturë të rëndomtë janë të ngurtë (përveç zhivës;
- e ruajnë formën e tyre. Numri më i madh i metaleve tregojnë edhe njëfar elasticiteti dhe fortësie, që është me rëndësi të madhe teknike;
- kimikisht janë mjaft aktiv, lehtë irojnë elektrone dhe krijojnë komponime kimike;
- janë të patejdukshme dhe me shkëlqim të madh;
- posedojnë përçueshmëri të madhe elektrike;
- përçueshmëria elektre u bie me rritjen e temperaturës;
- tregojnë termopërçueshmëri të mirë.

Për çdo metal është me rëndësi dhe dihet **pika e shkrirjes** së tij. Pika e shkrirjes është temperatura në të ilën metali shkrihet gjatë shtypjes atmosferike normale. Ajo përcaktohet duke matur ndryshimin e temperaturës së metalit gjatë nxehjes së panderprerë të tij. Me këtërast, posa kristali iparë i metalit do të shndërrohet në lëng, atëherë temperatra e metalit nuk do të rritet (do të mbetet konstante), përderisa edhe kristali i fundit nuk kalon në fazën e lëngët, njësoj sikurse sillen të gjitha substancat kristalore (kapitulli 13.3). Në tabelë është dhënë pika e shkrirjes

Metali	$T_t(^0C)$
Sn	232
Au	1063
Cu	1083
Fe	1539

të disa metaleve. Për kohën e ndaljes së temperaturës, temperatra e metalit nuk mund të rritet meqenëse e tërë nxehtësiae sjellur harxhohet për shkëputjen e lidhjeve të grimcave të kristaleve. Kjo energji karakterizohet me **nxehtësinë specifike të shkrirjes**. *Ajo është energjia q është e nevojshme t'i jepet njësisë së masës të një metali të caktuar në temperaturën e shkrirjes që ajo krejtësisht të shkrihet.*

Pika e shkrirjes është e barabartë me pikën e ngurtësimit.

Metali posedon veti të mira mekanike (mundësi përndrydhje, farkëtimi dhe tërheqje në tela) varësisht nga lidhjet ndëatomike. Gjatë deformimit plastik të metalit, bëhet shkatërrimi i rrjetës kristalorem prandaj metali bëhet më i fortë dhe më i brishtë (i thyeshëm). Prandaj metalet duhet të përpunohen në temperatura më të larta për ta ruajtur struturën e tyre të mëparshme.

Rrjeta kristalore është e ndryshme te metalet endryshme. Dallojmë tre lloje kryesore të rrjetave: kubike, tetragonale, dhe heksagonale. Nëse në celulën elementare është vendosur nga një atom në secilin kënd të kubit, atëherë nga rrjeta është kubike. Nësekësaj rrjete i shtohet edhe nga një atomedhe në mesin e çdo faqe të kubit, atëherërrjeta është e qendërsuar kubiko e sheshtë. Nga ana tjetër, nëse përveç atomeve në këndet ka edhe një atom në qendër të kubit, atëherë rrje-

ta quhet e qendërsuar kubiko hapësinore (fig. (fig. 1).

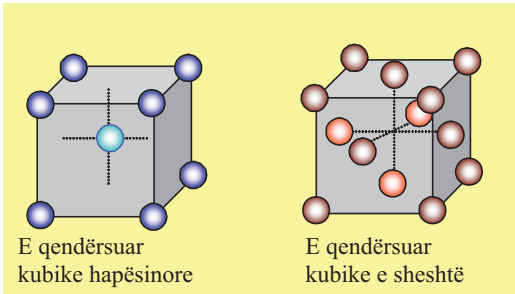


Fig. 1. Rrjeta kubike

Modeli i „gazit elektronik“

Disa nga vetitë e metaleve janë të lidhur me ekzistimin e elektroneve të lira nëkristal. Kur janë në gjendje të ngurtë, metalet kanë strukturë kristalore, d.m.th., atomet e tyre janë të renditur në rrjetën gjeometrike hapësinore-**rrjetë kristalore**. Çdo metal ka strukturë kristalore karakteristike të veten. Përndryshe, forcat që i mbajn atomet e metalit në kristalin kanë të bëjnë me lidhjen metalike të çiftit të elektroneve përçuese që formohen ndërmjet dy atomeve fqinje, dhe i cili njësoj tërhiqet nga secili jon i cili gjendet në nyjet e rrjetës kristalore. Në këtë mënyrë elektronet valent (periferik) nuk janë rreptësisht të lidhur për atome të catuar, por janë të „kolektivizuara“-të përbashkët për të gjithë jonet pozitive të përçuesit metalik. Ata lirisht lëvizin nëpër gjithë vëllimin e përçuesit dhe njëtrajtësisht radhiten në hapësirën ndërmjet nyjeve të rrjetës. **Përqëndrimi i elektroneve të lirë** vare nga valenca e metalit. Sa më e madhe është valenca e metalit, më i madh është edhe përqëndrimi i elektroneve të lira etj. Përqëndrimi i elektroneve të lirë në metalet është rend i madhësisë 10^{28} elektrone të lira në një metër kub. Është vërtetuar se përqëndrimi i elektroneve të lira nuk ndryshohet kur metali do të gjendet në fushën elektrike. Po ashtu, përqëndrimi i elektroneve të lira, praktikisht nuk varet nga temperatura e metalit.

Si shpjegohen vetitë themelore të metalit?

Elektronet e lira formojnë të ashtuquajturën **gaz elektronik**. Përndryshe këto elektrone, nuk i takojnë më asnjërit atom, por njësoj janë të shpërndarë në tërë rrjetën ekristalit. Kur në metalin nk ekziston fushë elektrike, elektronet e lira lëvizin në mënyrë akotike, me ç‘rast pësojnë goditje me jonet e rrjetës kristalore dhe mes veti. Për shkak të këtyre goditjeve madhësia e shpejtësisë, drejtimi dhe kahja e çdo elektroni veç eveç pandërprerë ndryshohet (fig. 2a). Është vërtetuar se shpejtësia mesatare e lëvizjes të pakahëzuar, kaotike dhe termike të elektroneve të lira në temperaturën e dhomës është rend i madhësisë 10^5m/s, që është rreth 1000 herë më e madhe shpejtësi nga shpejtësia mesatare e molekulave të gazit nëato temperatura.

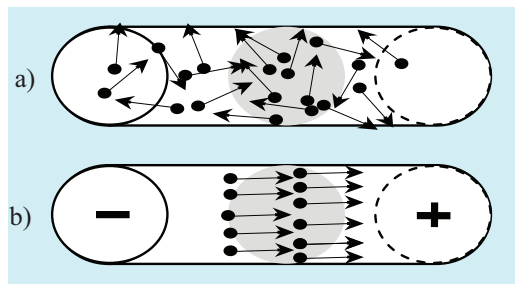


Fig. 2. Lëvizja kaotike dhe lëvizja e kahëzuar e elektronit të metalit

Duhet nënvizuar se kjo lëvizje e pakahëtuar e elektroneve të lira (fig. 2a) nuk paraqet rrymë elektrike. Kjo ekziston edhe kur metali është jashta fushës elektrike.

Nëse metali vendoset në fushën elektrike (fig. 2b) elektronet në të fillojnë të lëvizin tëkahëzuara. Ata fitojnë një shpejtësi plotësuese, e cila është e kahëzuar në kahje të kundërt të fushës elektrike. Duhet theksuar se shpejtësiae kësaj lëvizje të kahëzuar të elektroneve, bile edhe gjatë rrymave shumë të forta është shumë më e vogël, rend e madhësisë disa milimetra në sekondë. Megjithat, për shkak të përqëndrimit shumë të madh të elektroneve, ndonëse atashpejtësijanë më të vogla, fitohen rryma shumë të forta. Vlerat e vogla të lë-

vizjes së kahëzuar tëelektroneve të lira në metalin nuk duhet të përzihen me shpejtësinë e rrjedhjes së rrymës. Lëvizja e kahëzuar e lektroneve të lira në cilindo vend të përçusit metalik fillon në atë çast kur në atë vend vendoset fusha elektrike. Ndërsa shpejtësia e vendosjes se fushës elektrike është e barabartë me shpejtësinë e përhapjes së dritës në vakum, $c=3\cdot10^8$m/s. Kjo d.m.th. se edhe rryma elektrike në metalin vendoset me të njëjtën shpejtësi.

Elektropërçueshmëria zvogëlohet me zmadhimin e temperaturës. Përshkak të shpejtësisë mesatare të madhe të atomeve (lëvizjet termike) arrihet deri te goditjet e shpeshta ndërmjet elektroneve dhe joneve të rrjetës kristalore. Për këtë arsye, një pjesë e energjisë së lëvizjes të kahëzuar të elektroneve të shndërrohet në energji të brendshme të metalit. Rezistenca e metalit zmadhohet kurtemperatura etij zmadhohet. Varësia e rezistencës (R) nga temperatura te metalet është dhënë me barazimin:

$$R = R_0\,(1+\alpha t),$$

ku R_0, është rezistenca e metalit në 0^0C, t është temperatura e metalit, kurse α është konstanta për çdo metal, i cili quhet koeficineti termik i rezistencës dhe i cili e tregon ndryshimin relativ të rezistencës së metalit gjatë ndryshimit të temperaturës së tij për një gradë.

Përndryshe me modelin klasit të „gazitelektronik“ mund të shpjegohet ligji i Omit,ligji i Xhul_lencit si edhe jë varg dukurish tjera karakteristike të metaleve. Të tillëdukurish janë emisioni termoelektronit, dukuritë e potencialit kontaktues ndërmjet dy metaleve dhe një varg dukurishtjera.

Mangësitë e modelit të „gazit elektronik“

Teoria që bazohet në modelin e gazit elektronik ka shumë mangësi. Për shembull, kjo teori nukmundet në mënyrë kuantitative ta shpjegoj varësinë e përçueshmërisë së metaleve nga temperatura.

Mospajtimi i teorisë klasike të metaleve dhe eksperimenti veçanërisht vinë në shprehje gjatë temperaturave të ulëta. Megjithatë, sot të gjitha mangësitë e teorisë klasike janë tejkaluar me**teorinë kunatike të metaleve**.

Edhe një mangësi e teorisë klasike: nëse bartësitë e rrymës në metalet janë elektronet e lir, të cilët sipas teorisë klasike krijojnë „gaz elektronik“, atëherë energjia mesataree elektronit (grimcë me tre shkallë në liri) do të ishte $E_m=3/2\ kT$. Ku k është konstantae Bolcamit. Por te metalet eksperimentet tregojnë se kjo varësinga temperatura nuk ekziston. Kështu, energjia mesatare e elektroneve pikërisht edhe në temperaturën 0 K nuk është e barabartëme zero.

Ekziston lakore e cila e jep shpërndarjen e elektroneve sipas energjive, dhe ajo quhet lakore e shpërndarjes, sipas statistikës së Fermi-Dirakut për elektronet e lira te metalet.

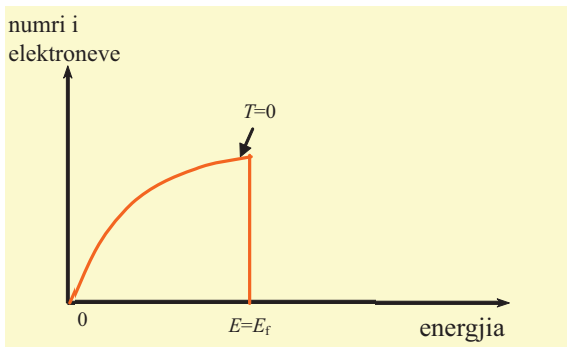


Fig. 3a. Varësia e numrit të elektroneve nga energjia te metali në zeron absolute

Në figurën 3a është dhënë se si duket faktiksht shpërndarja e elektroneve sipas energjive kur metali është në temperaturën e zeros absolute (T=0 K). Në këtë rast kufitar ekzstonnjë kufi i mprehët për energjimaksimaleqë mundta posedojnë elektronet në një metal në temperaturën e zerosabsolute. Kështu, statistia e Ferma-Dirakut thotë se energjinë më të lartë që mnd ta kenë elektronet në gjendje të këtillë të mateiessë ngrirë (T=0 K) është ebarabartë me sasinë saktë të caktuar, karakteristike ër çdo metal, të barabartë me **Fermi energjinë** (E_F(ngafigura 3a.

Të pyesim tani, se si elektronet e lira në një copëmetali që është nxehur në ndonjë temperaturë $T_1 > 0$, do ta shpërndaj mes veti energjinë e përgjithshme që është sjellur nga jashtë? Përgjigje

do të na jep forma e e lakores e cila përputhet me ndonjë temepraturë T_1 më e madhe nga zeroja (fig. 3b).Nga lakorja mund të shihet se një numër i madh i elektroneve kanë energji mesatare-të mëdha, ndërsa krejtësisht një numër i vogël i elektroneve posedojnë energji më të madhe.

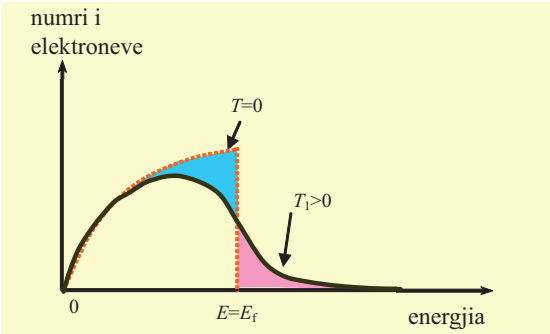


Fig. 3b. Varësia e numrit të elektroneve nga energjia te metali mbi zeron absolute

Edhe diçka shumë interesante: nga figura 3b shihet se elektronet e varfëra me energji pothuajse nuk do të fitojnë asgjë, prandaj energjinë e përfituar do ta ndajnë në mes veti elektronet më të pasur me energji (ata me energji në afërsi të E_f. Kjo do të thotë se elektronet „të pasur“ do të bëhen edhe më të pasur, andaj do të zhvendosen në pjesën e grafikut me energji akoma më të madhe (fushë e kuqe). Meqenëse numri i përgjithshëm i elektroneve nuk ndryshohet, atëherë, sipërfaqja që përputhet me elektronet e zhvendosur kah energjitë më të mëdha duhet të mbetet e njëjtë (pjesa e kaltër dhe e kuqe janë me të njëjtën sipërfaqe).

Dhe në fund, nëse njehsohet teoretikisht energjia mesatare e elektroneve në zeron absolute, sipas kësaj teorie do të fitohet $E_m=3/5E_F$, e cila është e ndryshme nga zeroja.

Legurimi

Dhënia e atomeve nga ndonjë element tjetër (metal osejometal) në rrjetënkristalore të metalit të pastër quhet legurim. Nëteknologjinë e legurimit me rëndësi të madhe është ajo që rrjeta kristalore e njërit metal mund t‘i vendos në vete atomet e metalit tjetër (shikoni legurimin te defektet e rrjetës kristalore (kapitulli 13.3).Përveç kësaj ekzsitojnë edhe kristale të metaleve të cilat mund të vendosin në vete edhe elemente të tillë, si për shembull, hidrogjen karbom dhe azot në formë t defeketeve intersticiale (kapitulli 13.3.). Përbdryshe, si bazë për prodhimin e çelikut qëndronvendosjae atomeve të karbonit në hekur.

Legura, përndryshe, kanë gjetur zbatim të gjerë në industri. Pothuajse nuk ekziston prodhim metalik i ndërtuar nga një metal i pastër kimik, por numri më i madh i prodhimeve metalike janë të përbërë nga dy, tre ose më shumë elemente.

Materialet e sintetizuara

Ekziston një grp materiaesh të cilët fitohen nga metalet ose legurat në pluhur. Procedura për këtë arsye quhet metalurgjia e pluhurit. Pluhuri ose përzierja e homogjenizuar nga pluhuri metalik mandej presohet me ndihmën e presë hidralike ose mekanike në briketa (tulla), të cilat madje nxehen në temperatura të larta në furra elektrike. Nxehja më së shpeshti bëhet në atmosferën e ndonjë gazi i cili në temperatura të larta nukreagon me metalet. Mund të shfrytëzohet, për shembull, hidrogjeni për të penguar oksidimin gjatë nxehjes. Gjatë sinterimit arrihet deri te lidhja e fortë e kokërrëzave të pluhurit nëpërmjet difuzionit. Me këtë rast, nuk ndodh shkrirja, sepsetemperatura e sinterimit duhet të jetë gjithmonë nën pikën e shkrirjes të përbërësit kryesor të përzierjes.

Te materialet e sinteruara ekzistojnë mundësi më të mëdha për kombinimin e metaleve dhe komponimeve, se sa gjatë përzierjes së tyre gjatë shkrirjes.

Rezime e shkurtër
-pika e shkrirjes
-modeli i „gazit elektronik“
-përqëndrimi i elektroneve të lira
-statistika e Fermi-Dirakut
-legurat
-materialet metalike të sinteruara

13.6. POLIMERËT

Prodhimet të cilët janë të përbëra tërësisht ose pjesërisht nga materialet polimere janë pjesëpërbërëse të përditshmërisë së njeriut, e cila me të drejtë quhet koha e plastikës. Plastike, goma, disa ngjyra janë substanca polimere. Ndonëse shkenca për polimeret është relativisht e re megjithatë zbulimet dhe inovacionet shpejt kanë hyrë në zbatimin masovik dhe përditshmirnë tonë.

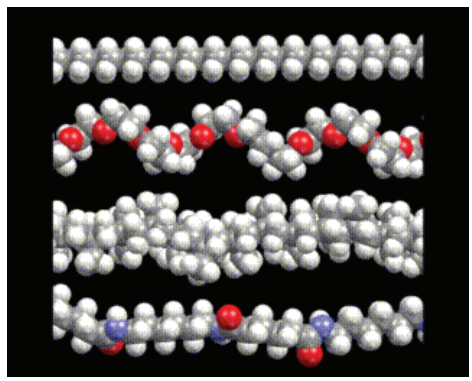
Hipotezën për ekziszimin e molekulave gjigante (makromolekula) e ka dhënë shkencëtari gjerman Herman Strotinger (Hermann Straudinger, 1881-1965) vetëm paraa gjashtë dekadash, për çka e ka fituar çmiminNobël më vitin 1953.

Sot dihet semë tepër substanca kimike nëpërmjet reaksionev kimike, nën kushte të përshtatshme mund të polimerizohen dhe të fitohen makromolekula (polimere).

Polimeret paraqesin zinxhir të gjatë nga molekulat e karbonit t fortë tëlidhura (zakonisht mbi 1000) me lidhje kovalente. Zinxhirët e veçuar ndërmjet mbahen me ndihmën e lidhjeve fizike të dobëta, që mundëson polimerët lehtë të fabrikohen.

Polimerët ekzistojnë vetëm në gjendje të ngurtë dhe të lëngët, por jo edhe në gjendje të gaztë. Numrimë i madh i tyre janë substanca organike, ndonëse janë të njohura edhe shumë polimere joorganike.

Materialet polimere më të njohur janë prodhimet industriale sintetike, sikurse janë:polietileni, polpropileni, polivinikloridi, (PVC), najlonet (poliamidet alifatike), poliuretanet. Ekzistojnë polimere natyror sikurse janë celuloza dhe polisaharidet, disa proteine (polipeptide), polinukleotidet (RNK dhe DNK), goma natyrore, pambuku et.).



Shumëprobleme teknologjike, energjia, energjetike, etj, nukdo të mundeshin të zgjidhen pa krijimin e materialeve të reja, ndër të tjerët edhe polimeret.

Plastika rreth nesh

Prodhimi bashkohor i materialave polimere sot hyn në një etapë krejtësisht të re të zhvillimit e cila karakterizohet me rritjen e prodhimit dhe konsumimit, dhe e cila kërkonnivel të lartaë të diturisë. Vetëm në SHBA prodhimi vjetor i gomës dhe masave plastike e tejkalon numrin prej 10 miliardë kilogramë. Se me të vërtetëkemi hyrë thellë nëkohën e plastikës vërteton fakti se në periudhën nga viti 1950 deri më vitin 1980 prodhimi vjetor i gomës dhe plastikës në botë është rritur për 8,9 herë, ndërsa e metaleve vetëm për 3,2 herë.

Në shkencë pandrëprerë rritet interesimi për materiale të përbëra, të kombinuara. Përfaqësues tipik të materialeve të tilla janë materialet shumështresore të cilët përfshijnë polimeret organike, metale dhe qeramikë. Këtu bëjnë pjesë plastikat e armirura, shkumat sintetike dhe materiale, madje polimeret biokompatibile nga të cilët bëhen eshtra artificiale,enë gjaku dhe kapa-

ket e zemrës etj.Gjithashtu, polimeret janë bërë materiale perspektive në elektronikë dhe infromatikë për prodhimin e rezistorëve për skema integrale mikroelektronike, FER tranzistorë, senzorë në miniaturë, fotodioda etj.

Ndër polimeret që janë pjesë përbërëse të materialeve të sipërpërendur janë:

- përçuesë,
- pizoelektrike,
- polimere piroelektrike etj.

Klasë e veçantë polimeresh janë

- biopolimeret.

Polimeret piezoelektrike dhe piroelektrike

Janë të njohur disa kristale, si për shembull, kuarci, kripa e segnetit ($BaTiO_2$) etj., te të cilët nënveprimin e shtypjes paraqitet fushë elektrike, quhet efekti piezoelektrik (shikokapitullin 1.9). Te këto materiale ekziston edhe efekti i kundërt, në fushën elektrike i ndërrojnë dmensionet (zgjaten në një drejtim tjetër të fushës).

Ngjashëm sikurse efekti piezoelektrik ekziston edhe efekti te i cili bëhet elektrizimi i sipërfaqes së kristalit nësendryshohet temperatura e tij. Kjo dukuri quhet **efekt piroelektrik**. Në radhën e piezoelektrikëve dhe piroelektrikëve më të mirë bëjnë pjesë edhe disa polimere përfaqësuesi i të cilit, me veti më të shprehura, është poliviniendifluoridi (PVDF), e dhënë në figurën 1a.

Nëse PVDF filmi nxehet nga 100 deri 150^0C dhe madje ftohet me fushë të fortë elektrikeme vlerë prej 1000 kV/cm (si elektroda mund tëshërbejnë shtresat metalike nga aluminiumi, ari, zhiva dhe nikel-kromi, të bartur në të dy anët e filmit polimerik) fitohet polimer piezo dhe piroelektrik,që është stabil në temperaturën e dhomës për më shumë vite.

Ndonëse efekti piezoelektrik i tyre është dhjetëra herë më i vogël se materialet joorganike më të mira, ndërsa efekti piroelektrik dy herë më i vogël,përsëri PVDF ka përparësi të mëdha. Ai mund të ketë formë arbitrare (duke përfshirë edhe filmat e hollë me sipërfaqe të mëdha), trashësia mund të ndërrohet nga 2 μm deri në vetëm 5mm, është më i lehtë, është stabil edhe në fushën elektrike mni 1000 kV/cm, ka veti më të mira mekanike. Ajo q është më me rëndësi, ai është shumë i lirë.

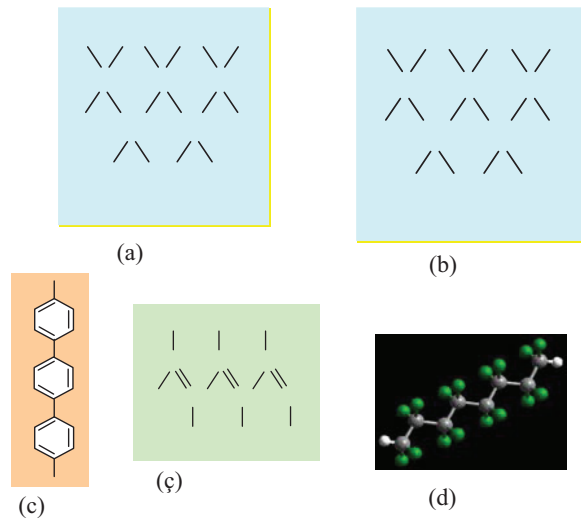


Fig. 1. Polimeret tipike me veti piezoelektrike dhe piroelektrike ose përçuese: a) PVDF, b) polisulfunitrit, c) PPP, ç) poliacetilen, d) model i një polimeri

PVDF shfrytëzohet si pjesë përbërëse e dëgjuesëve dhe altoparlanatave (nën veprimin e impulseve elektrike ndryshohet rrezja e membranës , kurse konvekse të tyre dhe gjenerohen valë sferike të zërit), te aparatet për matjen e shtypjes, mikrofonet. Vetitë e tyre piroelekrike kanë zbatim te senzorëttermikmendimën e të cilëve detektohet prania e njerëzve (detektori infrakuq-night vision) etj.

Polimeret përçuese

Është filluar me punën shkencore të V. A. Litl, e shpallur në vitin 1964 në të cilinai ka parashikuar superpëçueshmëri nëtemperaturë të lartë të zinxhirit organik linear. Interesimi i hulumtuesëve thjeshtë eksplodoi për këtë lloj polimereshdhe në viet e ardhshme janë sintetizuar dhe tërësisht të hulumtuar dhjetëra sosh. Ipari superpërçues në mes ktyre materialeve është zbuluar më vitin 1977,e ai është polisulfurniriti (fig. 1b), i cili

në temperatuën e dhomës është metal me përçueshmëri elektrike mesatare, ndërsa në temperaturën 0,3 K bëhet superpërçues.

Ndryshim drastik të ngjshëm të përçueshmërisë ka treguar edhe poliacetileni.

Megjithatë, koha e polimereve përçuese tashmë është duke ardhur.

Interesant janë polimeret që mund të dopingohendhe me këtë rast fitohen ndryshime në disa veti fizike. Kështu me ndihmën e dopingimitmund të ndryshojnë vetitë elektrike në përpjesëtime të caktuara. Përçueshmëria e poliparafenilenit (PPP), figura 1c, pas dopingimit me AsF_5 ndërrohet për 18 rende tëmadhësisë ($x10^{18}$). Qëllimii funditi hulumtimeve është të fitohet polimer me përçueshmërimë të madhe, por njëkohësisht edhe kimikisht stabil, me veti mekanike të mira, lehtë i përpuneshëm dhe të jetë i lirë.

Rëndësia komercilae e këtyre të ashtuqajtura „metale plastike“ është e madhe.

Shkenca bashkohore për polimeret ndjek disa drejtime të hulumtimeve të këtij lloji:

- përfitimi i polimereve të dopinguar,
- përfitimi i polimereve te të cilët mund të ndërrohen vetitë elastike: nga plastike në elastike, varësisht nga nevojat praktike,
- të zhvillohen modele teorike për përshkrimine këtyre materialeve polimere.

Zbatimi i polmereve përçues në jetën e përditshme prej ditës në ditë pandërprerë rritet. Me dopingimin elektrokimik **p** dhe **n** të filamve poliacetilenik është mundësuar prodhimi i baterive me metoda plastike të cilat shumëherë mundtë mbushen. Dendësiaevogël (0,4 g/cm^3) dhe sipërfaqja e madhe e filmave (disa mijëra herë numër të zmadhuar të bartësve të elektricitetit), bën bateriet plastike shumëmëtforta dhe më tëlehta nag atokonvensionale.

Prodhimikomercial i këtyrebaterive ka filluarnë Japoni dhe tashmë flitet për zbatimin e tyre, si burime të energjisë te makinat motorike të lehta. Tashmë janë paraqitur patente të bazuar në polimeret përçuese të cilët shfrytëzohen për prodhimin e llaqeve të cilët mbrojnë nga elektricite ti statik, celula diellore, komponente elektronike (n-p dioda dhe fotodioda), elemente që shfrytëzohen në punën eradarëve.Po ashtu filloi edhe prodhimi senzorëve dhe ndërprerësve tëcilët reagojnë në prannë e ujit,ajrit, disa gazeve , në ndryshimin e fushës elektrike si edhe të elementeve jolinear të qarqeve elektronike në bazë të substancave polimerike.Në dekadëne fundit tëshekullit XX zbuluesit, konstruktorët dhe strategët të prodhimit industrial, me sukses të adh punojnë në përfitimin e materialeve mr përçueshmëri të madhe, elsaticiteti dhe plasticiteti për të mundir të tërhiqen në filme të hollë të cilët do të jenë retistues të ujit, të pa oksiduar dhe, kuptohettë prodhuar nga lëndë të lira me harxhime të voglatëenergjië dhe të cilët nuk do ta ndotin mjedisin jetësor.

Kontributin e vet në hulumtimin e materialeve përçuese në këtë moment e jep edhe Laboratori për elektrooptik tësistemeve dispersive në Institutin për fizikë në fakuptetin Matematiko-natyror në Shkup. Domethënë vitin e fundit bëhen hulumtime të një nga polimeret përçuese më atraktive, poliparafenilenit nënivel molekular. Qëllimikryesor i këtyre hulumtimeve do të jetë përfitimi i disa shtresavw të holla (filme)të cilët kanë përçueshmëri të madhe.

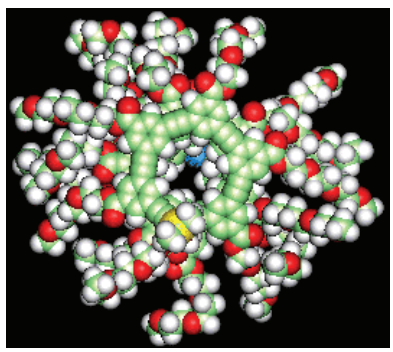
Shpresë e madhe e shkencëtarëveështë se tani kur kemi hyrë në milineumin e rimundtë jepen përgjgje të panumërtta dhe të zgjidhen problemet për prodhimin ekëtyre materialeve pa të cilët jeta e njeriut nuk mund tëmendohet.

Biopolimeret

Biopolimeret janë polimere që janë të përfituara nga bota e gjallë ose nga polimeret e sintetizuara në laboratori të cilët mund të kryejnë funksione për mbajtjen e jetës në organizmat e gjalla.
Ku zbatohen biopolimeret?

• Biopolimeret, duke falenderurar disa vetive të senzorëve të tyre, kanë gjetu zbatim në medicinë, farmaci,simaterialebartëse të mjekimeve, me qëllim që të arrihet veprimi vazhdues i barit (resorpcioni i ngadalësuar dhe i njëtrajtshëm).

• Biopolimeret shfrytëzohen për ndërtimine membranave biologjikedhe organe artificiale (kapakëve për zemër , enë gjaku, stente, eshtra artificial, lëkurë artificiale etj.),



• biopolimerët në të ardhem duhe të kenë përmbajtje të gjerë ekologjike, meqenëse ata duhet t'i zëvëndsojnë materialet plastike të deritanishme për amabalazhë, për shkak se janë jotoksike dhe degradim i shpejtë në natyrë.

Edhe goma është polimer

Goma është lloj specifik polimer, dhe paraqet njërin nga materialet me veti elastike superiore. Zbatimin e gjerë që e ka përuthet pikërisht me ate fizike. Goma është e vetme dhe e pazëvëndësueshme në industrinë aotomobilistike.

Goma është përfaqësues i grupit të materialeve që ka memorie në formë. Kur do t'i jepet ndonjë formë gjeometrike dhe kur do t'i nënshtruhet deformimeve të ndryshme në formë, sikurse janë: shtypja, zgjatja, torzioni,etj., ajo rishtazi kthehet në gjendjen e mëparshme.

Veti tjetër esenciale për shkak tësë cilësw ka gjetur zbatim të gjerë, është jolëshueshmëria e ujit, prandaj ajoparaqitet si hidroizolaror i shkëlqyeshëm.

Ekzistojnë goma që kanë prejardhje bimore të cilët fitohen nga sekrecionit që e tajojnë disa bimë specifike, seksrecioni natyror ose kur janë të dëmtuar. Ekstraktet janë të tretshme në ujë dhe japin lëng koloidal në të cilën zgjerohen. Shikuar kimikishtt gomat paraqesin komponime të ngjashme me karbonhidratet. Gomat natyrore më të njohura janë ato arabe dhe cresit etj.

Goma më e popullarizuar dhe më masovike e shfrytëzuar për qëllime komerciale është goma që fitohet me vulkanizim të lateksit nga kauçuku, me disa shtresa. Me zbatimin e vulkanizimit të ftohtë pa shtresa, fitohen trupa të hollë prej gome që nuke lëshojnë ujin, sikurse që janë dorëzat e gomës. Trupat të tjerë nga goma përpunohen nga kauçuku me shtesa të ndryshme, sikurse është sulfuri fitohet gomë me elasticitet të ndryshëm (gomë e fortë se e butë).

Goma e butë dallohet dallohet me elasticitet, jolëshueshmëri, aftësi elektroizoluese edheveti tjera të përshtatshme. Nga ajopërpunohen gomat e brendshme dhe të jashtme të automobilave këpucë prej gome, dorëza, këpucë sportive etj.

Goma e fortë (eboniti) është material i fortë, e cila kimikisht është shumë stabile dhe lehtë përpunohet. Përdoret për përpunimin e materialeve elektroteknike, enë për akumulatorët r plumbit, krehëra etj. Shfrytzohen edhe për mbështjelljen e aparaturës kimike për t'i mbrojtur nga korozioni.

Ekziston edhe gomë sungjeri e cila shfrytëzohet për disa prodhime me strukturë sungjerore, sikursejanë sungjeret për larje, izolim të zërit,amortizim i goditjeve, sungjere në salla sportive edhe lojëra për fëmijë. Goma sungjerore, përndryshe, fitohet kur në përziertje për prodhimin e gomës do t'i shtohet ndonjë materie që liron gaz.

Goma për çamçakëza është material elastik dhe jotoksik e cila përgatitet nga kauçuku që është ipasur me smollë, ose nga kauçuku i zakonshëm të cilit i shtohet smollë me ndihmën e shtrydhjes me yndyrat eterike dhe substancat tjera.

Përndryshe goma e pastër kur ftohet, bëhet e thyeshme. Ky ndryshim ndodh jo për shkak të formimit të lidhjeve plotësuese ndërmjet zinxhirit të karboneve që e bëjnë gomën të fitoj strukturë kristalore. Kështu, për shembull, një dorëz gome e zhytur në azotin e lëngët (77 K), bëhet e fortë dhe e thyeshme. Gomat që pëdoren në temperatura të ulëta (në zonat veriore) shumë ma shpejtë vjetrohen dhe harxhohen.

Vullkanizimi i gomës

Vullkanizimi paraqet tretman specifik i cili përmirsonveti të vaktuara të gomës, sikurse është elasticiteti, qënrueshmëria ndaj kemikalive, dhe i zbutë vetitë gjatë ndryshimeve të mëdha të temperaturës. Gjatë procesit të vullkanizimit arrihet deri te vendosja e lidhjeve plotësuese kimike ndërmjet zinxhirit polimerik të molekulave të gomës. Vullkanizimi i gomës kryhet me nxehje në prezencën e sulfurit. Ekziston edhe vullkanizim i ftohtë gjatë të cilës goma përpunohet në banjë e cila ka avuj me komponime të sulfurit.. Pothuajse për çdo zbatim goma vullkanizohet përveç asaj cementimin e gomës për shiritat ngjitëse dhe disa zbatime tjera. Përndryshe gomat e buta përmbajnë rreth 5% sulfur, ndërsa goma e fortë vullkanizohet me 30% deri 50% sulfur. Procesi i vullkanizimit ka të bëj me futjen e sulfurit në masën e gomës. Në përzierjen i shtohet edhe substanca anilin e cila e nxiton procesin e vullkanizimit. Madje përzierja vendoset nëpërkallupe dhe nxehet. Kështu, produkti final më nuk është i ngjitshëm, sikiurse është goma e lëndës së parë, nuk ngurtësohet (kristalizohet) nga ftohti dhe nuk zbutet nga nxehtësia, është më elastike dhe më rezistente ndaj kemikaleve organike (benzini, nafta, etj.), nuk absorbon ujë dhe është izolator i shkëlqyeshëm i nxehtësisë.

Shpjegoni këto kuptime:
-polimere
-polimere piezoelektrike
-polimere piroelektrike
-biopolimere
-goma
-vjetërsimi (kristalizimi) i gomës
-vullkanizimi i gomës

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1.Duke pasur parasysh përdorimin gjithnjë e më të madh të amballazhimive plastike, pas përdorimit, sihedhurinë, çdo ditë i hasim në lumejt tonë, në rrugët tona, arqe pushimore dhe fusha sportive. Duke pasur parasysh se substancat polimere pandërprerë e ndotinmjedisin tonë jetësor, organizoni aksion për mbledhjen e hedhurinave plastike.
2. Si do ta shpjegoni faktin se gomat e automobilit të papërdorshëm pas shumë viteve, nuk është e preferuar të shfrytëzohen.

Fatkeqësia e Spejs Shatëll Çelinxher ngjau si rrjedhim i një unaze gome për diktung, e cila është bërë e ashpër dhe ka plasur në natën e ftohtë para lansimit. Si rrjedhim nëpër çarjen ku rrjesh lëndë djegëse raketore e hidrogjenit dhe është vetndezur.

13.7. QELQI DHE QERAMIKA

Qelqi

Prej qelqit janë bërë dritare, shihset,gotat, qelqat e automobilave dhe shumë produkte tjera.

Qelqi është përfaqësues tipi i materialeve amorfe, të cilët në kohën më të re janë definuar si lëngje të ftohura me viskozitet ekstrem të larta. Qelqi përfitohet nga masa e shkrirë në atyrë organike, i cili gjatë ftohjes në temperaturën e dhomës bëhet i ngurtë dhe i fortë dhe nuk kristalizohet. Kalimi nga gjendja e lëngët në të ngurtë realizohet kontinualisht, por josi te metalet në një pikë saktësisht të caktuar të shkrirjes dhe nxehtësi të definuar të kristalizimit.

Njëlloj si edhe materiet tjera amorfe, qelqi karakterizohet me një shkallë shumë tëulët të radhitjes së atomeve dhe pozitës reciproke ndërmjet tyre. Qelqi është i ndërtuar prejrrjetës tredimensionale të parregullt nga atomet e oksigjenit të cilët ndërvedijanë të lidhur me jone.

Te qelqi silikat i zakonshëm elementi kryesor është siliciumi që ndërtonrrjetën e tij. Jonet tjera të qelqit, si për shembull, kalciumi (Ca), magneziumi (Mg),natriumi (Na), kaliumi (K), janë të vendosur në nyjet e rrjetës e cila ëështë përbërë prej komponimeve të siliciumit (SiO_2). Duke patur parasysh këtë përbërje, një qelq i tërë ose copë qelqi mund të trajtohet si një molekulë e madhe. Në këtë mënyrë shpjegohen vetitë e fortësisë së madhe të qelqit. Nëqoftëse në njëvend të dobët të sipërfaqes së qelqit bëhet një çarje, atëherë ajo së shpejtido të zgjerohet për së gjati në tërë materialin. Ky zgjerim nuk mundtë ndalet në kufirin e brendshëm ndërmjet kokërrëzave, sikurse substancat kristaliroe (metalet). Thyerja e qelqit është rrjedhim i forcës së shtrirjes (zgjatjes), meqenëse fortësia gjatë shtypjes është 10 herë më e madhe se sa fortësia gjatë shtrirjes.

Vetitë fizike që e bëjnë qelqin material të pazëvëndësueshëm për zbatimet që i përmendëm janë:

- i tejdukshëm; qelqi ka lëshueshmëri të madhe të dritës së dukshme (koeficent të madh të transmisionit),përkëtarsye shfrytëzohet për përpunimine qelqit të dritareve, qelqëzimiiobjekteve banesore dhe afariste, si edhe mbështjellës i poçave elektrike;
- nuk e lëshon ujin. Ai është hidroizolatori absolutisht më i mirë, që është edhe një kualitet plus në zbatimin për dritare;
- qelqi silikat i zakonshëm për dritare e pasqyron dritaren infrakuqe, prandaj hapësirat të mbështjellura me qelq e përforcojnë efektin e kopshteve të qelqëzuar. Përdoret për ndërtimin e çerdheve me qelq për kultivimin e kopshtarisë së hershme;
- është rezistencë në nmrin më të madh tëacideve dhe bazave, përdoret si amabalazhë për ruajtjen e kemikaleve dhe si mbrojtëse;
- nuk lëshon ajër. Shfrytëzohet për mbylljen hermetike dhe vakumimin e pajisjeve elektrike, sikurse janë poçat, gypat e rëntgenit etj.

Meshfrytëzimi e përbërjes, mund të fitohen qelqe për zbatime të llojllojshme. Në tabelën vijuese janë përmend disa lloje qelqash dhe përbërja e tyre:

Llo i qelqit	Zbatimi	Përbërja	Lënda e parë
qelq i zakonshëm, qelq natriumi-karbonati	dritare, ambalazhë, amvisëri, poça elektrike	natrium-karboni, gëlqere dhe silikate	rërë kuraci, gëlqere dhe sodë e kalcifikuar
qelqi borsilikat	enë termorezistuse për laboratori amvisëri (ka rezistencë të madhe në kimikale dhe ndryshime temperature në kufi të caktuar)		rërë, boraks acid i borit, dhe aluminium hidrat
qelq kuarci	instrumente optike (ka koeficient të madh të transimisionit për dritare UV	99,5%SiO_2	rërë kuarci
qelq kristalor	qelq artistik ose qelq për përpunimin e gotave kristalore	potasha, menige dhe rërë	kalium, gëlqere dhe silikat plumbi
qelq murani	qelq zbukurimi me ngjyrë të kaltër kopja punohet në Venedik		vetëm shtohen okside të kobaltit

e kaltër	balaroksid ose kobalt

Prodhimi i qelqit

Përzierja e lëndsve të para. Procesi i shkrirjes realizohet pandërprerës ose me ndërprerje (te prodhimi i qelqeve speciale dhe të ngjyrosur, qelqeve artistike). Qelqi shkrihet në enë nga glina. termorezistuese në furrë me flakë. Shkrirja bëhet në temperaturë prej 1400 deri 1550^{0}C. Në fazën e fundit të shkrirjes masa kthjellẗesohet (lirohet nga fluskat e ajrit) duke shtuar disa kemikale. Gjatë ftohjes masa e qelqit bëhet gjithnjë më e dendur dhe jep më tepër mundësi për prodhim dhe përpunim: shtrirje (qelq dritareje) fryrje (gota dhe shishe), pet[zim dhe përpunim dore.

Ngjyrosja e qelqit

Duke shtuar sasi të vogla të disa substancave nëpërzierjen e shkrirë qelqi mund të ngjyroset:

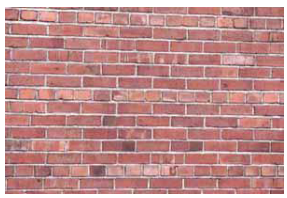
Ngjyra	Shtesa
pangjyrë	kemikale të pastra
e kuqe	karboni dhe natrium sulfati
e gjelbër	hekuri

Ngjyrosja bëhet përshkak të zbatimeve speciale në amballazhet e disa pijeve, për prodhimin e filtrave të ndryshëmpër instrumentet optikeose për qëllimeartistike, përpunimi i vitrinave.

Fije qelqore (lesh qelqi). Prodhohet ashtu që nga masa eshkrirë tërhiqen tufa të holla për tu ftohur pa i formësuar paraprakisht. Nga këto fije prodhohet lesh qelqi, e cila shfrytëzohet si material termoizolues nëndërtimatri.

Mjetet më të vjetra prej qelqi janë gjetur në Mesopotami (Iraku i sotëm) dhe Egjipt. Zbulimet tregojnë se qelqet e atëhershëm kanë pasur bërthamë gline. Janë ndërtuar si vijon: masa e shkrirë e qelqit është vendosur nëpërzierjen prej gline në pluhur dhe rërë qelqore. Nga çasti kur masa e qelqit është ftohur bërthama e glinës është hequr. Në këtëmënyrë është prodhuar deri në fillimin e epokës tonë, lurnë tërë mbretërinë Romake është përvetsuar teknikë ere e prodhimit.

Qeramika



Porcelani dhe prodhimet e qeramikës përfitohen me pjekje të thjeshtë të masës së forrmësuar e cila është e përbërë prej gline, kuarci dhe feltspati. Në disa raste, kur përpunohen materiale ndërtimore, sikurse janë tullat dhe tjegullat, atëherë masa e përbërë vetëm prej gline. Glina e pastër quhet kaolinë, edhe ajo piqet sipas shkallës së pastërtisë deri në prodimin e bardhë. Kjo përdoret për porcelane në amvisëri dhe për mjete sanitare. Glinat e papastra shfrytëzohen ër materiale ndërtimore dhe qeramikë të zakonshme.
Zbatimi i porcelanit në amvisëri dhe teknikë del nga vetitë e tij fizike të volitshme:

- është izolator i shkëlqyeshëm elektrik. Për shkak tëvetive të tij ai është i pazëvëndësueshëm si material elektroizolues te trafostacionet, largëpërçuesit, elektrocentralet, qendrat dispeçerike dhe te tabelat e siguresave në objektet banesore dhe afariste;
- është izolator i shkëlqyeshëm i nxehtësisë. Për shkak të kësaj vetie, gjëratushqimore dhe pijet mbeten një kohë të gjatë të ngrohta, se sa kur janë në enët metalike. Prandaj enët në amvisëri të shumtën erasteve janë tëpërpunuara nga porcelani;
- ka pikët të lartë të shkrirjes. Kjo veti i jep kualitet plotësues në zbatimin si elektroizolues. Në rast se rrjedhë rrymë e fortë, bëhet nxehja por jo edhe shkrirja e këtij materiali;
- nuk digjet. Ky është edhe një kualitet në zbatimin si izolator elektrik i pazëvëndësueshëm;
- është rezistues në ujë, acide dhe baza. Është material i pazënvëndësueshëm në prodhimin e qeramikës për banja, kuzhina dhe pajisje laboratorike.

Përfitimi i prodhimeve të porcelanit fillon me pastrimin e lëndës së parë, larja, ngjyrosja dhe përzierja, përderisa nuk fitohet masë e përshtatshme për formësim. Formësimi mund të jetë me punë dore oseme makina për prodhimin e trupave oval (vezake).

Në këtë mënyrë formohen pjata, filxha na, saksia dhe elektroizolator. Presimi është procedurë me të cilën formohen pllaka qeramike muri dhe dyshemeje. Masa e përgatitur presohet ndërmjet shablloneve të lëvizshëm dhe mbështetses së fortë. Përndryshe, tullat dhe tjegullat prodhohen me presim nëformë të copave voluminoze. Skulpturat nga glina prodhohen me procedurën të quajtur **derdhej**. Qulli i glinës derdhet në kallëpë nga materia e cila mund të mbledh ujin (për shembull, gips) në këtë mënyrë lëngu rrjedh, ndërsa mbeten shtresa, e cila kapet në muret dhe e cila mund të bëhet mjaftë e trash që të përjashtohet kallëpi.

Tharja. Trupat i lëmë të thahen vetvetiu.
Pjekja. Për zbatime të ndryshme zbatohen tempe-

ratura të ndryshme të pjekjes, e cila mund të shihet në tabelën më poshtë.

Prodhimi	Temperatura (^{0}C)
prodhimet e glinës	700-1000
trupa qeramike	1200-1250
material elektroizolues	1400

Zmaltimi.

Në disa nga prodhimet pas pjekjes së parë pason edhe një pjekje, për arsye se bartet shtresë e sipërme e tejdukshme që shkëlqen ose shtresë e patejdukshme e qajtur zmaltinë. Roli i zbatimit qëndronnë atë se prodhimi i porcelanit të mos lëshojë ujë ose thjeshtë për qëllime estetike.

Përbërsit kryesor nga të cilët bëhet zmaltimi janë: rëra, kuarci,qelqi, glina, felspati, boraksi etj., të cilët përzihen në mënyra të ndryshme varësisht nga zbatimi. Pjekja për zmaltimin bëhet në temperaturën nga 700 deri 9000C.

Qeramikat termorezistuese

Një grup i veçantë iprodhimeve të qeramikës është i përbërë nga oksidet ecaktuara. Në këtë grup hyjnë materialet që janë rezistues në temperatura të lar ta (materialet termorezistuese). Ata janë, për shembull, aluminimoksidi, toriumoksidi, magneziumoksidi dhe beriliumoksidi. Ky i fundit, por edhe cirkoniumoksidi, përdoren në reaktorët bërthamor sepse kanë pikë të lartë të shkrirjes (2570^{0}C dhe më tepër).

Qeramikat speciale

Bariumi, tronciumi, bakës oksidi janë materiale qeramike me veti superpërçueshmërie.

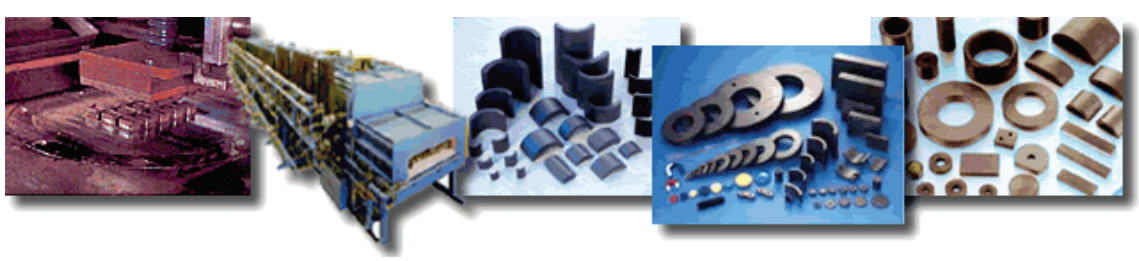
Qeramikat magnetike

Bariumi ose tronciumi feriti mund të përdoren për përpunimin e materialeve qeramike që kanë veti të magneteve permanent.

Qeramikat ferielektrike

Përpunohennga $BaTiO_3$, material me konstantë dielektrike shumë të larta, material feroelektrik, të ngjashëmme feromagnetikët. Përdoret në prodhimin e mikrofonave, altoparlantave dhe jeteve për shndërrimin e lëkundjeve elektrike në ato mekanime (koka e sondës ultratingëllore).

Ekzistojnë edhe materiale qeramike me qasi fortësie dheveti elestike të cilat janë të përshtatshëm për përpunimin e pjesëve të motorëve dhe pajisjeve mekanike.



13.8. MATERIALET NDËRTIMORE

Gërmadha gurësh në Maçu Piçu (Peru)

Me shekuj janë ndërtuar vendbanime, objekte të ndryshme dhe përmendore. Po të mos ishte qëndrueshmëria e tyre dhe rezishtueshmëria ndaj kushteve klimatike nuk do ta njihnim historinë tonë dhe zakonet. Meshekujjanë synuar të ndërtohen për mëshumë gjenerata, në atë mënyrë , që të triumfohet dhëmbi i kohës,Materialetqëshfrytëzohen në ndërtimtari, varen si nga natyra e regjionit ashtu edhe nga përfaqësimi i tyre dhe nga përparimi kulturologjik. Material ndërtimor dominant në regjione të ndryshme janë, sipas rregullës, ata që lehtë gjnden ose prodhohen në rrethin e drejtpërdrejt. Kështu, ai që ka qenë guripër Egjiptasit, ai është druri për Kanadezët, bora për Eskimezët. Gjatë zgjidhjes së materialeve ndërtimore gjithmonë duhet të ruhen tre parime themelore:

- **siguria**; materialet duhet të jenë të siguruara për jetën dheshëndetin e njeriut. Për shembull, materialet duhet të jenë të qëndrueshme në ndikimin atmosferike, të qëndrueshëm ndaj tërmeteve-aseizmike, termorezistues.
- **qëndrueshmëria**; materialet duhet të jenë të qëndrueshme dhe gjatë kohës të mos ndryshohen dhe tëmos i humbin vetitë filletare për të cilat kanë qenë të destinuara.
- **efikasiteti energjetik dhe rregullsi ekeologjike**; materialet duhet të ndihmojnë gjatë kursimit të energjisë sënxehtësisë dhe elektrike, të jenë merregullsiekologjike; tëmos përmbajnë elemente radioaktive.

Në ndërtimtarin e sotme shfrytëzohet paletë e tërë e materialeve natyrore dhe artificiale të cilëlt i plotësojnë kërkesat më lartë të përmendura. Disa materiale janë të njohura mirë dhe të përpunuar në kapitullin paraprak.

Materialet ndërtimore, sipas rolit që e luajnë, mund të ndahen në dy grupe.

• në **grupin e parë** bëjnë pjesë materialet që janë t përshtatshme për konstruksione themelore në ndërtim. Këtu marrin pjesë guri natyror dhe artificial (betoni), materiale që fitohen me përpunimin teknologjik të mineraleve natyrore, masat plastike të konstruksionit, druri etj.

• në **grupin e dytë** bëjnë pjesë materialet ndërtimore të llojit special të clët janë të domodsdoshëm për mbrojtjen e materialave ndërtimore të grupittë parë: nga ndikimetatmosferike, ta zmadhojnë qëndrueshmërinë, materialet që ndihmojnë në kursimin energjisë, materiale për krijimin e komoditetit dhe dekorime. Këtu marrin pjesë materialet për termoizolim, hidroizolim, hidroizolimakustik, mjete antikorozive dhe ngjyra dekorative, llaqe dhe materiale plastike.

Materialet natyrore shfryëzohen pa ndonjë përpunim teknologjik të rëndësishëm. Ngamaterialet që fitohen me teknologji të caktuara janë: hekuri, i cili shfrytëzhet për armaturë të betonit (përforcim),qeramika (tulla dhe tjegulla),qelqi (qelqëzimi i dritareve) dhe materiali themelor-cementa.

Cementa është një mjet lidhës i bluajtur mirë, i cili më tepër përmban kalcium dhe aluminium silikat. Cementa dhe uji japin malterin (llaç) i cili pas therjes krijon gurë të cementes. Kur malterit i shtohet rërë, atëherë fitohet betoni.

Për përfitimin e cementës shfrytëzohet glqerja mirë e bluar. Përzierja bëhet me procedurë të thatë ose të lagët. Në raste të caktuara mund të shtohen edhe komponente tjera të cilat e përmirësojnë përbërjen kimike dhe do t‘i japin veti fiziko-kimike të përshtatshme për zbatimin e tyre në ndërtimtari.

Vetitë fizike të materialeve të rëndësishme për ndërtimtarinë

Parametrat e gjendjes

Dendësia e materialit. Dendësia mund të caktohet nga raporti i masës (*m*) dhe vëllimit (*V*) i materialit absolute të ngurtë, d.m.th.,

$$\rho = m/V.$$

Dendësia relative. Dendësia relative e jep dendësinë e materialit në raport me dendësinë e ujit. Te shumica e materialeve ndërtimor itërë vëllimi është i përbërë nga vëllimi i pjesës së ngurtë (V_n) dhe vëllimit të poreve në të (V_p), *d.m.th.*, $V==V_n+V_p$.

Dendësia mesatare. Dendsia mesatare është dendësia në gjendjen e realtë të materialit (emarrë bashk me poret). Kshtu, për shembull, dendësia mesatare e betonit të lehtë është 500-1800 kg/m^3 ndërsa dendësia e vërtetë është 2600 kg/m^3**.**

Karakteristikat strukturale

Porozitrti. Poroziteti (*P*) është masë për shkallën e plotësimit të vëllimit të materialit, kurse njehsohet nga raporti ivëllimit të poreve (V_p) dhe vëllimit të përgjithshëm të materialeve V), d.m.th.,

$$P = V_p/V$$

Në tabelën më poshtt janë dhëë disa materiale ndërtimtore, dendësitë e tyre dhe poroziteti.

materiale	dendësia (g/cm^3)	dendësia mesatare (g/cm^3)	poroziteti
betoni i rëndë	2,6	2,4	10
graniti	2,7	2,67	1,4
qelqı	2,65	2,65	0
pleksiglasi	2,0	2,0	0

Vetitë hidrofizike

Hogroskopi quhet vetia e materialit të thith avull uji nga ajri i lagët. Procesi ka të bëj nga absorbcioni i avullit të ujit në shtresën sipërfaqësore molekulare nga materiali dhe nga kondnsimi kapilar.

Thithja kapilare bëhet kurnjë pjeseë e konstruksionit është zhytur në ujë.Kështu, me thithje kapilare mund të arrihet deri te lagështimi i pjesëve më të larta të konstruksionit.

Absorbimi i lagështisë. Për përcaktimin e këtij parametri te betonit shrytëzohen metoda e zhytjes në ujë në temperaturën e dhomës. Njehsohet absorbsimi i ujit në njësinë e vëllimit dhe në njësinë emasës.

Depërtueshmëria e ujit është është veti e materialit që të depërtoj uji gjatë zhytjes. Definohet me koeficientin e filtrimit, që dëshmon depërtueshmërinë e ujit në materialin.

Deformimet nga lagështia. Disamateriale sikursejanë betoni dhe druri gjatë ndryshimittë lagështisë i ndryshojnë dimensionet edhe vëllimi, d.m.th., bymehen.

Qëndrueshmëria në akull i një materiali matet nëpërmjet ndryshimeve që ndodhin në materialin gjatë më tepër cikleve të ngrirjes dhe shkrirjes.

Vetitë termofizike

Termopërçueshmëri quhet vetia e materialit ta transmetoi nxehtësinë nga njëra sipërfaqe në tjetrën. kjo veti është shumë e rëndësishme gjatë zgjdihjes së materialit për termoizolim ose material për mbulesë çatie.

Kapaciteti i nxehtësisë (termik) është madhësi fizike e cila e shpreh vetinë e materialit të akumuloj nxehtësi gjatë nxehjes, por edhe ta liroj gjatë ftohjes. Matet me nxehtësinë që është e nevojshme për nxehjen e 1 Kg të materialit të caktuar për 1^0C. Nga tabela më poshtë shihet se kapacitet më të madh termik ka uji.

Materiali	Kapaciteti termik (kJ/kgK)
uji	4,19
druri	2,39-2,72
betoni	0,75-0,92

Ndërtesa më e lartë në Dubai, e ndërtuar më vitin 2009. Në cementin ndërtimor është shtuar gomë dhe aditive që t'i japin elasticitet. Njehsimet kanë treguar se vetëm materiali i këtillë do të mund ta durën shtërngimin gjatë fryrjes së erërave të fuqishme e shkretëtirës

Stabiliteti nga zjarri është veti e mateialit që mos të ndryshohet dhe të mos deformohet nën veprimin e temperaturave të larta (nga 1580^0C dhe më tepër).

Rezistenca nga zjarri është veti e materialit për një far kohe t'i kundërvihet veprimit të zjarrit në rast ndonjë djegie.

Koeficienti termik i deformimit linear (α) është masë për zgjatjen relative të materialit gjatë nxehjes për 10C. Vlera e tij për disa materialeështë dhënë në-tabelën vijuese.

Materiali	α ($^0C^{-1}$)
betoni	$10\text{-}10^{-6}$
graniti	$8\text{-}10\cdot10^{-6}$
druri	$10\text{-}20\cdot0^{-6}$

Akulli është termoizolator i mirë, prandaj mund të shfrytëzohet si material ndërtimor

Vetitë mekanike

Materialet ndërtimore u janë eksozuar jo vetëm forcave të brendshme (nga statika e ndërtimit), por edhe forcave të jashtme: erërat, shirat e fuqishëm, shvendosje tektonike, tërmete etj. Për këtë arsye materialet duhet të

posedojnë veti mekanike përkatëse që do t'u mundësojnë t'u kundërvihen forcave të brendshme dhe të jashtme dhe të sigurojnë ndërtim stabil dhe të sigurtë.

Elasticiteti është veti e trupit të ngurtë të kthehet në formën e mëparshme pas ndërprerjes së veprimit të forcave të jashtme. Për shkak të elesticitetit të përshtatshëm hekuri shfrytëzohet në ndërtimtari për konstruksione që janë nënshtruar tensionimeve të mëdha të jashtme. Përndryshe ai shfrytëzohet si armaturë i cili i përmison vetitë elastike të betoneve.

Plasticiteti quhet vetia e trupit ta ndryshoj formën gjatë veprimit të forcave dhe ta ruaj pas ndërprerjes së forcave të jashme. Ndryshimi i përhershëm i formës quhet deformim mbetës ose plastik.

Urat ndërtohen nga çeliku për shkak të vetive elastike të tij

Fortësia e trupit të ngurtë quhet aftësia e tij të thehet, pa fituar me këtë rast deformim plastike.

Tensionimi është masë për forcat e brendshme që paraqiten në trupin e deformuar nën veprimin e forcave të jashtme. Moduli i Jungut i elasticitetit E e lidhë deformimin elastik relativ (ε) dhe tensionimin përkatës (ρ), d.m.th.

$$\varepsilon = \rho/E$$

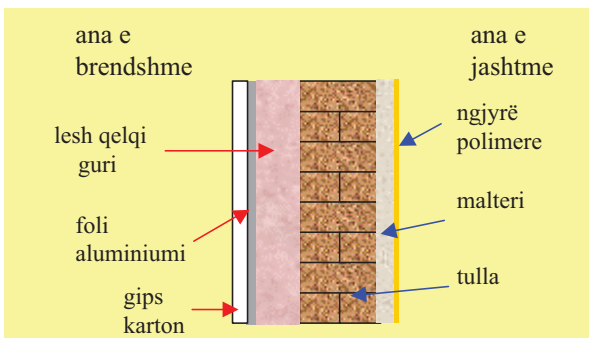
Vetitë elastike të materialeve ndryshohen në varësi nga temperatura, për këtëarsye moduli i Jungut i elasticiteti tregonvarësi nga temperatura.

Ngurtësia është vetia e materialit t'i kundërvihetshkatërrimeve (destruksionit) nën veprimin e forcave të jashtëme. Ngurtësia si nga forma e trupit ashtu edhe nga drejtimi i veprimit të forcave të jashtëme. Ngurtësia e materialeve është lëndë e hulumtimeve të gjëra te materialet ndërtimore.

Ndërtimi efikas enegjetik

Për kursim të energjisë është e nevojshme që ndërtimi të bëhetnë pajtim me ligjet e fizikës dhe të shfrytëzohen materiale me veti të përshtatshme për këtë qëllim. Ja një shembull i ndërtimit të një muri i cili maksimalisht e ruan nxehtësinë në brendinë e një ndërtimi, dhe e zvogëlon harxhimin e energjisë elektrike dhe të nxehtësisë.

Nga ana e jashtme e murit pre tulave bartet shtresë malteri, për shkak të rafshimit estetetik dhe për shkak të fortësisë plotësuese, vendoset edhe një shtresë nga polimer-ngjyrë e cila jep afër 100% izolim.



Profili injë muri i cili maksimalisht kursen energji nxehtësie

Nga ana e berndshme vendoset termoizolim (ajo është shresë e trashë nga guri ose lesh qelqi me shumë ajër; ajri është termoizolatorë i mirë). Pastaj vendoset folijë aluminiumi e cila luan rrolit e reflektorit të rrezeve infra të kuqe dhe i mban të mbeten brenda objektit. Në fund vendoset shtresa e prodhimit të quajtur gips-karton i cili e jep rafshin final të enterierit dhe ai mandej ngjyroset me një ngjyrë të dëshiruar.

Ekzistojnë edhe shumë zgjidhje tjera teknike për kursimin e energjisë.

Rezime e shkurtur

-siguria
-qëndrueshmëria
-efikasiteti energjetik
-regullsia ekologjike
-vetitë fizike të materialeve

Pyetje, detyra dhe aktivitete

1. Shikoni figurën për humbjen e nxehtësisë. Mendoni cila pjesë e shtëpisë duhet të jetë e mbështjellur me shtrsë më të trashe me termoizolim

Humbje e nxehtësisë te një shtëpi

Shumë shekuj, kryesisht nga bota e civilizuar, material thelelorë ndrërtimorë ka qenë guri natyrorë. Shënimet tregojnë se piramide e Keopsit ka qenë e ndërtuar më vitin 2500 para epokës së re. Ajo është e përbërë prej 2,5 miliona metra kub blloka guri, të thyer dhe të përpunuar në gurëthyesit si edhe sasi të mëdha të granitit, të cilët kanë qenë të bartur nëpër lumin Nil. Sipas historianit Herodot këtë piramidë e kanë ndërtuar rreth 100 000 njerët plotë 20 vjet.

Piramidat në Egjipt janë ndërtime guri dhe me qëllim mistik, formë dhe përpjesë

Humbje e nxehtësisë te një shtëpi bëhen të dukshme me inçizim infrakuqe (termografi). Më të mëdhaja janë humbjet nëpër çati