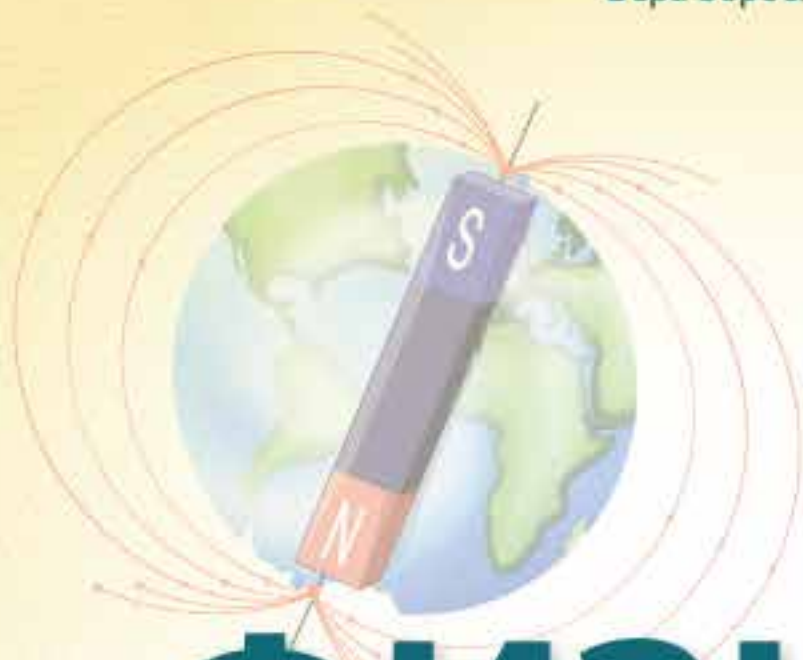


Ламбе Барановски
Вера Зороска



ФИЗИКА

ЗА ОСМО ОДДЕЛЕНИЕ ВО ОСНОВНО ОБРАЗОВАНИЕ



Проф. д-р Ламбе Барановски
м-р Вера Зороска

ФИЗИКА

ЗА ОСМО ОДДЕЛЕНИЕ ВО ОСНОВНО ОБРАЗОВАНИЕ



ПРОСВЕТНО ДЕЛО

Скопје, 2026

Автори

проф. д-р Ламбе Барановски – Институт за физика, Природно–математички факултет – Скопје
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

м-р Вера Зороска – ООУ „Христо Узунов“ – Охрид

Рецензенти

проф. д-р Боце Митревски – Природно–математички факултет – Скопје,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

проф. д-р Даница Крстовска – Природно–математички факултет – Скопје,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

Катица Митовска Христовска – ООУ „Кочо Рацин“ - Скопје

Со одлука на Националната комисија за учебници во Република Северна Македонија, донесена на ден 25.06.2026 година, заведена под бр. 26-766/1 на ден 29.06.2026 година од Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија, Педагошка служба, се одобрува употребата на учебникот по наставниот предмет Физика за VIII одделение во основно образование.

Драги ученици,

Физиката е наука која ни помага да го разбереме светот околу нас почнувајќи од наједноставните појави што ги среќаваме секојдневно, до сложените природни процеси кои се одвиваат во Вселената. Овој учебник е создаден со цел да ви помогне чекор по чекор да ја запознаете физиката не само како збир од формули и закони, туку како научна дисциплина која постојано се развива, го потмогнува објаснувањето на секоја природна појава и се применува во реалниот живот.

Учебникот е структуриран така што секоја лекција логично се надоврзува на претходната. Поимите се воведуваат постепено, со јасни дефиниции, објаснувања и примери, а посебно внимание е посветено на поврзувањето на физичките закони со појави од секојдневието. На овој начин, физиката станува разбирлива, применлива и интересна.

Посебна карактеристика на овој учебник е тоа што, покрај основниот текст, содржи:

- ❖ истражувачки активности и експерименти,
- ❖ прашања за размислување кои ве поттикнуваат самостојно да заклучувате,
- ❖ задачи со различно ниво на тежина,
- ❖ кратки рубрики „Запомни“, кои ги истакнуваат најважните идеи,
- ❖ примери за примена на физиката во техниката, природата и секојдневниот живот.

Со ваквиот пристап, учебникот не бара од вас само да меморирате факти, туку ве охрабрува да размислувате, да прашувате „зошто?“ и „како?“, да набљудувате, споредувате и експериментирате. Физиката не се учи само од книга, туку и со истражување.

Ученици бидете љубопитни! Не плашете се да поставувате прашања и да правите грешки бидејќи грешките се дел од учењето. Секој голем физичар започнал како ученик што се прашувал зошто нешто се случува токму така. Истражувајте, експериментирајте и размислувајте критички. Законите на физиката не се наменети само да се научат, туку да се откријат, разберат и применат за идните научни и технолошки откритија, со кои ќе се промени светот на подобро.

Ви посакуваме успешно и инспиративно патување низ светот на физиката!

Авторите

ЛЕГЕНДА



СОДРЖИНА

ТЕМА 1 ЕНЕРГИЈА	7
1.1. ЕНЕРГИЈА И ВИДОВИ ЕНЕРГИЈА	8
1.2. ПРЕТВОРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА ОД ЕДЕН ВО ДРУГ ВИД	12
1.3. ОБНОВЛИВИ И НЕОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА	15
1.4. КИНЕТИЧКА ЕНЕРГИЈА	20
1.5. ГРАВИТАЦИСКА ПОТЕНЦИЈАЛНА ЕНЕРГИЈА	24
1.6. ЕЛАСТИЧНА ПОТЕНЦИЈАЛНА ЕНЕРГИЈА	31
1.7. ЗАКОН ЗА ЗАПАЗУВАЊЕ НА МЕХАНИЧКАТА ЕНЕРГИЈА	35
1.8. ЗАКОН ЗА ЗАПАЗУВАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА	39
1.9. МЕХАНИЧКА РАБОТА	43
1.10. МОЌНОСТ И КОЕФИЦИЕНТ НА КОРИСНО ДЕЈСТВО	49
ТЕМА 1. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ	55
 ТЕМА 2 ВНАТРЕШНА ЕНЕРГИЈА И ТОПЛИНА	57
2.1. ГРАДБА НА СУПСТАНЦАТА	58
2.2. МЕЃУЧЕСТИЧЕН ПРОСТОР И МЕЃУЧЕСТИЧНИ СИЛИ	62
2.3. АГРЕГАТНА СОСТОЈБА НА СУПСТАНЦАТА	66
2.4. ТЕМПЕРАТУРА. ТЕМПЕРАТУРНИ СКАЛИ	70
2.5. ТОПЛИНСКО ШИРЕЊЕ НА ЦВРСТИ ТЕЛА	74
2.6. ТОПЛИНСКИ ШИРЕЊЕ НА ТЕЧНОСТИТЕ. АНОМАЛИЈА НА ВОДАТА	78
2.7. ТОПЛИНСКИ ПРОМЕНИ КАЈ ГАСОВИТЕ	82
2.8. ПРОМЕНИ КАЈ ГАСОВИТЕ ПРИ КОНСТАНТНА ТЕМПЕРАТУРА	87
2.9. ВНАТРЕШНА ЕНЕРГИЈА, ТОПЛИНА И ТЕМПЕРАТУРА	90
2.10. ПРЕНЕСУВАЊЕ НА ТОПЛИНАТА. КОНДУКЦИЈА (ТОПЛОСПРОВОДИВОСТ)	94
2.11. ПРЕНЕСУВАЊЕ ТОПЛИНА СО КОНВЕКЦИЈА (СТРУЕЊЕ) И СО РАДИЈАЦИЈА (ЗРАЧЕЊЕ)	97
2.12. СПЕЦИФИЧЕН ТОПЛИНСКИ КАПАЦИТЕТ	102
2.13. ТОПЛИНСКА РАМНОТЕЖА. ЗАКОН ЗА ЗАПАЗУВАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА	106
ТЕМА 2. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ	109
 ТЕМА 3 ЕЛЕКТРИЦИТЕТ И МАГНЕТИЗАМ	111
3.1. ГРАДБА НА АТОМОТ. ЕЛЕКТРИЧНИ ПОЛНЕЖИ	112
3.2. ЕЛЕКТРИЗИРАЊЕ НА ТЕЛАТА	116
3.3. ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ	120
3.4. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА И ИЗВОРИ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	125
3.5. ИЗВОРИ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	129

3.6. СПРОВОДНИЦИ, ПОЛУСПРОВОДНИЦИ, ИЗОЛАТОРИ	133
3.7. МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	136
3.8. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА НИЗ ТЕЧНОСТИ	139
3.9. СТРУЈА НИЗ ГАСОВИ И ЕЛЕКТРИЧНИ ПОЈАВИ ВО АТМОСФЕРАТА	143
3.10. ЕФЕКТИ НА ЕЛЕКТРИЧНАТА СТРУЈА	147
3.11. МАГНЕТИ И МАГНЕТНО ПОЛЕ	152
3.12. МАГНЕТНО ПОЛЕ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА. ЕЛЕКТРОМАГНЕТ	157
ТЕМА 3. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ	163

ТЕМА 4 СВЕТЛИНА	165
4.1. ШИРЕЊЕ НА СВЕТЛИНА	166
4.2. СЕНКИ И ПОЛУСЕНКИ	169
4.3. ОДБИВАЊЕ НА СВЕТЛИНАТА	174
4.4. РАМНО ОГЛЕДАЛО И ЛИК КАЈ РАМНО ОГЛЕДАЛО	177
4.5. СФЕРНИ ОГЛЕДАЛА	182
4.6. КОНСТРУКЦИЈА НА ЛИКОВИ КАЈ СФЕРНИ ОГЛЕДАЛА	186
4.7. ПРЕКРШУВАЊЕ НА СВЕТЛИНАТА	191
4.8. ТОТАЛНА РЕФЛЕКСИЈА	196
4.9. ОПТИЧКИ ЛЕЌИ	202
4.10. КОНТРУКЦИЈА НА ЛИКОВИ КАЈ ЛЕЌИ	207
4.11. ДИСПЕРЗИЈА НА СВЕТЛИНАТА	211
4.12. ГРАДБА НА ЧОВЕЧКОТО ОКО	215
4.13. АДИТИВНО И СУПТРАКТИВНО МЕШАЊЕ НА БОИТЕ	219
ТЕМА 4. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ	223
ИНДЕКС НА ПОИМИ	225
ОДГОВОРИ НА НЕКОИ ЗАДАЧИ И ПРАШАЊА	231

Тема 1:

ЕНЕРГИЈА

Оваа тема ќе ти помогне да го разбереш светот околу себе: зошто топката отскокнува од подлогата, како е складирана енергијата во батеријата, зошто се заморуваме кога трчаме, и како може да ја користиме енергијата на паметен и одржлив начин.

Енергијата е невидлива, но сеприсутна: во ветерот што ги врти перките кај ветерниците, во водата што паѓа од височина, во телото што скока, во сончевите зраци кои го овозможуваат животот на Земјата. Со изучување на оваа тема, ќе откриеш дека постојат различни форми на енергија, како што се кинетичка, гравитациска потенцијална, еластична, топлинска, светлосна, електрична, но и ќе научиш да ги препознаваш во секојдневни ситуации.

Ќе можеш да пресметаш колку енергија има телото што се движи, да разбереш како се претвора енергијата од еден облик во друг и научиш како се пренесува. Исто така, ќе научиш да го применуваш Законот за запазување на енергијата, кој ни кажува дека енергијата не се создава и не исчезнува, туку само се менува нејзиниот облик. Ќе ја поврзеш механичката работа што ја врши силата и како таа работа ја менува енергијата на телото.

Резултати од учењето

Ученикот/ученичката ќе биде способен/способна:

- да го објаснува поимот енергија и прави разлика меѓу различните облици на енергија и различните извори на енергија;
- да определува кинетичка енергија, гравитациска потенцијална енергија и еластична потенцијална енергија на дадени тела;
- да ги анализира претворањето/трансформацијата и пренесувањето на енергијата;
- да го применува законот за запазување на енергијата на примери од реални ситуации;
- да ги поврзува работата и енергијата.

1.1. ЕНЕРГИЈА И ВИДОВИ ЕНЕРГИЈА

ПОИМИ

енергија (E)

извор на енергија

облици на енергија

кинетичка енергија

гравитациска потенцијална енергија

внатрешна енергија

еластична потенцијална енергија

џул (J)

електрична енергија

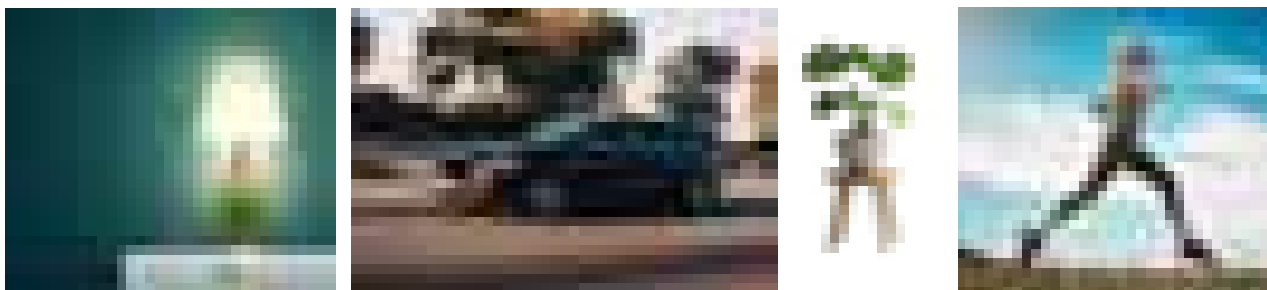
топлинска енергија

хемиска енергија

нуклеарна енергија

ЕНЕРГИЈА И ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Опкружени сме со уреди кои користат енергија, како што се мобилен телефон, светилка, телевизор, клима-уред, автомобил итн. Енергијата им е потребна и на растенијата, животните и на луѓето. Секој од нив може да изврши некаква работа или да направи некаква промена доколку има енергија. Ако нема електрична енергија, светилката не свети, автомобилот без гориво (или ако батеријата е празна) не може да се движи, растението без храна и без светлина не може да расте, човекот ако не се храни, не може да расте и да се развива, да се движи, да работи и да создава. Енергијата заедно со супстанцата и физичкото поле претставува еден од облиците во кои се појавува материјата. **Енергија** е способност на телото или на системот да врши работа, односно да предизвика промена.



Слика 1. Различни видови енергија. Светилка што свети, автомобил во движење, растение кое расте и човек што трча.

Енергијата е изведена физичка величина и за неа ја користиме ознаката E . Енергијата е скаларна величина. Основна единица мерка за енергија е $1 J$ (еден џул). Опкружени сме со тела и со предмети или со супстанции што имаат различни видови енергија. За таквите тела, предмети или супстанции велиме дека се **извори на енергија**. Човекот користи извори на енергија бидејќи енергијата што ја имаат може да се пренесе од едно на друго место, од едно на друго тело, да се претвори од еден во друг вид енергија или да се изврши механичка работа. Извори на енергија се ветерот, водата што тече или што паѓа од некоја висина, нафтата, јагленот и природниот гас, дрвото и сите супстанции што можат да горат, нуклеарното гориво, храната што ја внесуваат живите суштества, геотермалните извори, морските бранови итн. Сепак, најголем и најважен извор на енергија за целиот живот на Земјата е Сонцето. Без неговата топлина и

светлина, ќе нема растенија, животни, вода во движење, ниту клима каква што ја познаваме. Најголемиот дел од енергијата што ја користи човекот потекнува посредно од Сонцето.

ОБЛИЦИ (ВИДОВИ) НА ЕНЕРГИЈА

Енергијата може да се појави во различни **облици**, зависно од тоа дали потекнува од движењето на телото или од заемнодејството меѓу телата или честичките. Поради тоа енергијата ја делиме на енергија на движење (кинетичка) и енергија на заемнодејство на тела или на честички (потенцијална енергија).

Кинетичка енергија

Секое тело што се движи има **кинетичка енергија**. Кинетичката енергија на телото зависи од неговата маса и од брзината со којашто се движи. Кога телото застанува, неговата кинетичка енергија не исчезнува – таа се претвора во друг облик, најчесто во топлина (поради триењето помеѓу телото што се движи и подлогата). Примери на тела што имаат кинетичка енергија се: автомобил што се движи, топка што се тркала по подлогата, вода што тече во река, ветерница што се врти како резултат на дувањето на ветерот.

Енергија како резултат на заемнодејство

Оваа енергија не се појавува поради движењето на телото, туку поради неговата **положба, состојба или заемнодејството меѓу честичките во телото, но и како резултат на заемнодејството на телото со другите тела**. Тука спаѓаат следниве видови енергија што може да ги имаат телата или супстанците:

▪ Гравитациска потенцијална енергија

Телото има енергија затоа што се наоѓа на некоја висина над Земјата. Колку телото е на поголема висина над површината на Земјата, и колку е поголема неговата маса, толку е поголема и неговата гравитациска потенцијална енергија. Гравитациска потенцијална енергија има водата што е собрана зад браната, јаболкото што е на гранката итн.



Слика 2.
Гравитациска
потенцијална и кинетичка
енергија на вода.

▪ Еластична потенцијална енергија

Ваква енергија поседуваат тела што се издолжени или збиени во однос на својата рамнотежна состојба, како на пример, збиена пружина или издолжен ластик, издолжена мембрана на надуван балон или затегнатата струна на лакот.

▪ Енергија на механички бранови

Звукот како и брановите на водата претставуваат механички бранови. Кај механичките бранови честичките од средината осцилираат, при што им предаваат енергија на соседните честички. Звукот и брановите на водата се шират од местото на нивното создавање, при што честичките ја пренесуваат енергијата од едно на друго место.

▪ Хемиска енергија

Оваа енергија е складирана во супстанците, односно во врските меѓу атомите и молекулите. Оваа енергија може да се ослободи при хемиски реакции – како што се согорување на горива, варење храна или вклучување батерија во струен круг.



Слика 3.
Хемиска енергија
на јаглен

▪ Електрична енергија

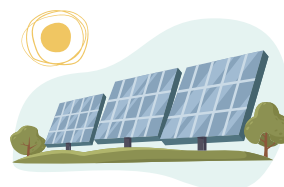
Се јавува кога електрични полнежи се движат низ спроводник. Оваа енергија е најкористениот облик во технологијата и може лесно да се претвора во други облици: светлинска, топлинска или, пак, енергија на звучни бранови.

▪ Внатрешна и топлинска енергија

Внатрешна енергија е вкупната енергија на сите честички од кои е направено телото, а потекнува од нивното движење и заемнодејство. Ако честичките се движат со поголема брзина, се зголемува **топлинската енергија**, на телото, којашто се пренесува од тело со поголема температура на тела со помала температура. Внатрешна енергија поседува секое тело. Колку е поголема внатрешната енергија на телото, толку телото е загреано на поголема температура.

▪ Светлинска енергија

Ако телата премногу се загреат тогаш дел од топлинската енергија може да се емитира во форма на светлинска енергија. Примарен извор на светлинска енергија е Сонцето, а во секојдневниот живот светлината најчесто ја добиваме од електричните светилки.



Слика 4.
Светлинска енергија

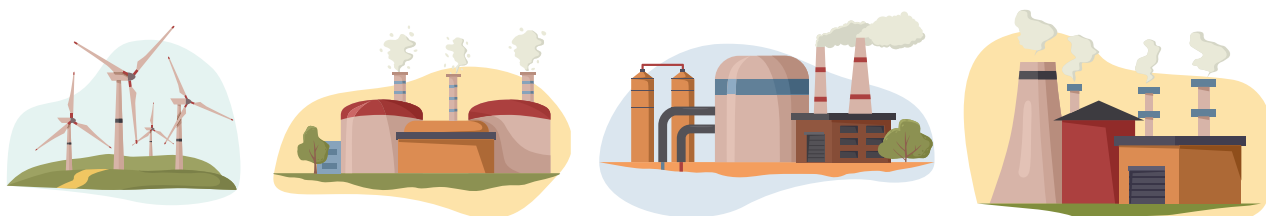
▪ Нуклеарна енергија

Нуклерната енергија се ослободува при реакции во атомските јадра. Целокупната енергија што ја зрачи Сонцето, се должи на енергијата што потекнува од процесите во јадрата на атомите во Сонцето. Нуклеарната енергија на Земјата се користи за добивање електрична енергија во нуклеарни центри.



Слика 5.
Нуклеарна енергија

Честопати кинетичката енергија и гравитациската потенцијална енергија, како и енергијата што се пренесува преку механичките бранови како што се звучните бранови и брановите на водата, со заедничко име се нарекува **механичка енергија**.



Слика 6. Енергија на ветер, биомаса, геотермална енергија, природен гас



Слика 7. Различни видови енергија

АКТИВНОСТ

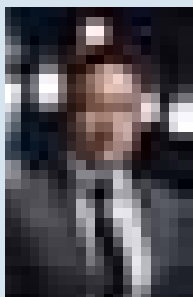
1. Енергетска вредност на храната

Избери четири прехранбени продукти од фрижидерот и истражи колкава енергија ќе внесеш во организмот со јадење на 100 g од секој продукт. Со јадење на кој продукт ќе внесеш најмногу енергија? Дали внесената енергија во организмот зависи само од видот на продуктот или и од масата на продуктот што си ја изел?

ЗА 5+

Истражи кои извори на енергија се користат во нашата држава за добивање на електрична енергија.

ПОЗНАТ НАУЧНИК



Елон Маск (Elon Musk, 1971)

Елон Маск е американски претприемач и иноватор чијашто работа драматично ја промени индустријата на електрични возила, батериски технологии и на обновливи извори на енергија. Роден во Преторија, Јужна Африка, Маск од рана возраст покажал големо интересирање за физика и за инженерство. Подолна се преселил во САД, каде што на Универзитетот во Пенсилванија се здобил со две универзитетски дипломи – едната по физика, а другата по економија. Неговото образование му овозможило да го разбере потенцијалот на батериските системи и на обновливите извори на енергија. Преку своите компании, Маск ги разви најсовремените литум-јонски батерии и соларни системи за домаќинствата и за индустриското производство на електрична енергија. Денес неговите компании имаат клучна улога во глобалната транзиција од фосилни горива кон обновливи извори, правејќи ја електричната енергија поефикасна, почиста и подостапна.

ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

За секој чекор што го правиме трошиме приближно 0,5 џули енергија.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

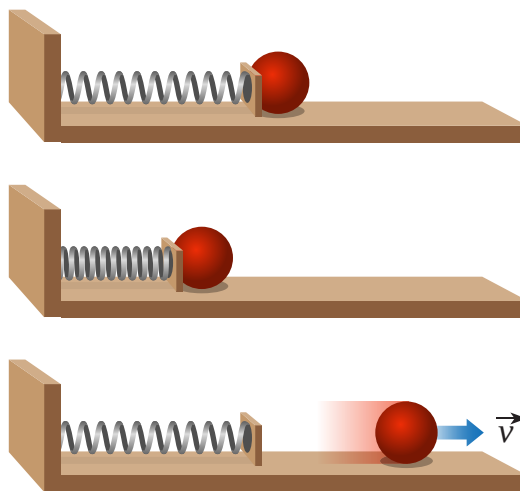
1. Кои извори на енергија ги има во твоето непосредно опкружување?
2. Наведи три примери од секојдневниот живот кога телото има енергија.
3. Кое тело има поголема кинетичка енергија: автомобил со брзина од 10 m/s или камион со истата брзина?
4. Каква енергија добиваме од Сонцето?
5. Кои извори на енергија секојдневно ги користиш?

ЗАПОМНИ

- Енергија е способност на телото или на системот да врши механичка работа.
- Основна единица за енергија во Меѓународниот систем на единици (SI) е џул (J).

1.2. ПРЕТВОРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА ОД ЕДЕН ВО ДРУГ ВИД

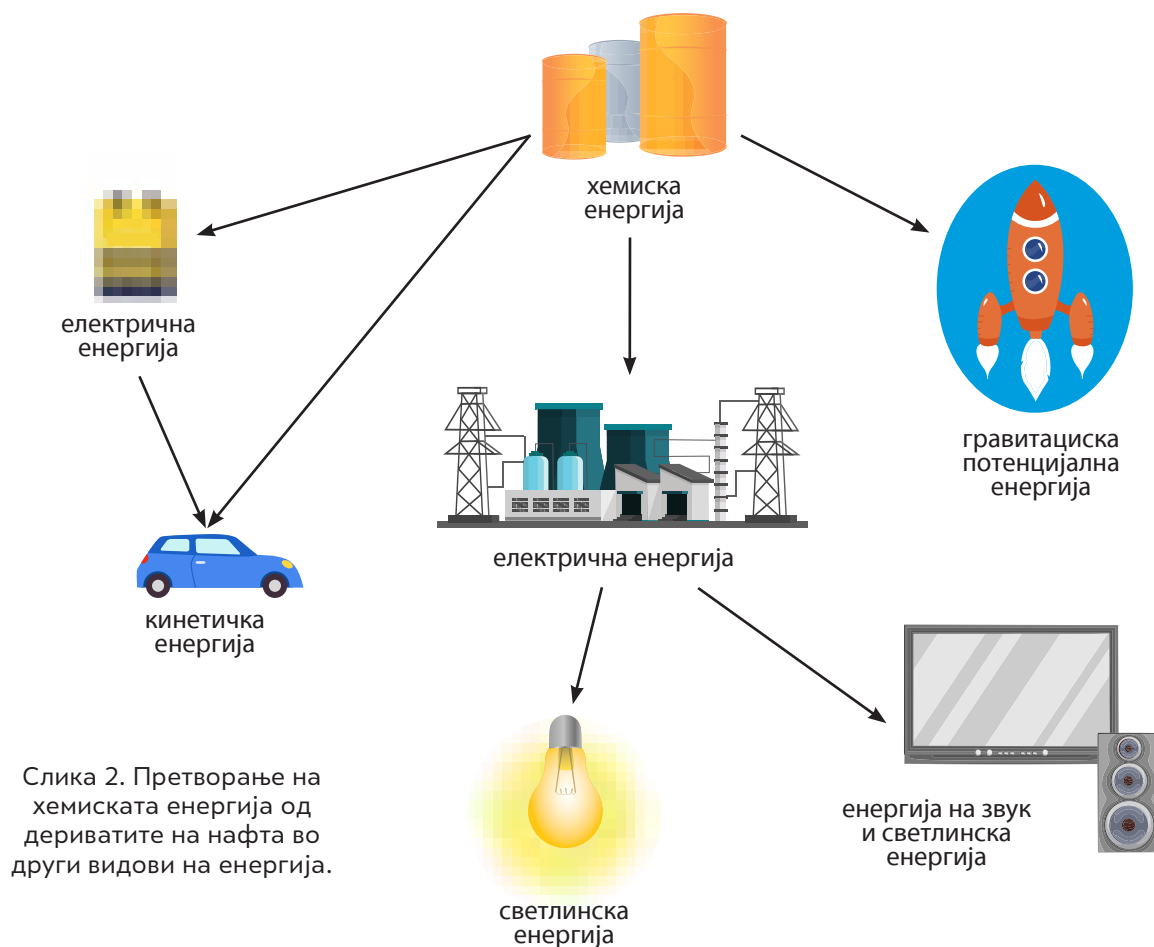
Енергијата има неколку значајни својства. Освен тоа што таа постои во различни облици (механичка, електрична, топлинска, хемиска ...), енергијата може да се пренесува од едно тело на друго или од едно место на друго и може да се трансформира од еден во друг вид. Збиената пружина е пример за тело што има еластична потенцијална енергија. Таа кога е издолжена или збиена, иако мирува, има способност да придвижи некое тело. Кога ќе ја пуштиме пружината прикажана на Слика 1, таа се враќа во својата првобитна форма и го придвижува телото при што, потенцијалната еластична енергијата се претвора во кинетичка енергија на телото. Кога телото ќе престане да се движи, енергијата се претвора во топлинска енергија како резултат на триењето на телото со подлогата и со честичките од воздухот.



Слика 1. Претворање на еластичната потенцијална енергија во кинетичка енергија.

Кога возиме велосипед, хемиската енергија од храната се претвора во кинетичка. Кога светилката свети, електричната енергија се претвора во светлинска и во топлинска. При согорување на бензинот во автомобилот, се добива кинетичка и топлинска енергија. Гравитациската потенцијална енергија на водата кај хидроцентралите најпрво се претвора во кинетичка енергија на водата, а потоа во електрична енергија. Светлинската енергија од Сонцето, растенијата ја користат за создавање храна, односно ја претвораат во хемиска енергија. Ова претворање на енергија од еден во друг вид е основа на сите процеси во природата и во нашето секојдневие.

Разбирањето на енергијата ни помага да ги сфатиме светот и технологијата околу нас. Може да научиме како работат машините, како се движат телата и како можеме да ја користиме енергијата на паметен и одржлив начин. Енергијата може и да се складира ако постои начин да се зачува за подоцнежна употреба. Некои облици на енергија, како што се хемиската, гравитациската потенцијална енергија и нуклеарната енергија, може да се складираат, а кинетичката, електричната и светлинската енергија не може да се складираат, па се претвораат во други облици кои лесно се складираат. На пример, кинетичката енергија на водата во хидроцентралите се претвора во електрична енергија која доколку не се користи во моментот во којшто е создадена може да се претвори во хемиска енергија складирана во батерии. На сличен начин и светлинската енергија од Сонцето, со примена на фотоволтаични колектори, се претвора во електрична енергија којашто, исто така, може да се складира како хемиска енергија во батериите.



Слика 2. Претворање на хемиската енергија од дериватите на нафта во други видови на енергија.



АКТИВНОСТИ

1. Претворање на енергијата од еден во друг вид

По наведена рамнина пушти да се тркала топче и забележи што се случува со неговата брзина. Објасни каква енергија има топката пред да ја пуштиш да се движи по наведената рамнина. Кој облик на енергија се менува за време на движењето? Која енергија се намалува, а која се зголемува? Кога топчето застанало на хоризонталната површина, објасни во што се претворила енергијата што на почетокот ја имало топчето.

2. Создавање на кратери

Земи неколку метални топчиња со различна маса, направени од ист материјал, и сад во којшто има песок. Прво, едно од топчињата пушти го да паѓа од различна висина и набљудувај каков е дијаметарот на кратерот што топчето го создава во песокот. Дали ако топчето е пуштено да паѓа од поголема висина, создава кратер со поголем дијаметар? Во вториот дел од оваа активност пушти топчиња со различна маса да паѓаат од иста висина. Кое од топчињата создало кратер со најголем дијаметар? Во каква енергија се претворила гравитациската потенцијална енергија кога топчето ќе падне во песокот?

3. Зошто се загреала водата?

Постави две чаши со вода: една на сонце, една во сенка. По 30 минути, измери ја температурата на водата во двете чаши. Објасни што покажува овој експеримент за трансформацијата на енергијата.

ЗА 5+

Истражи како функционира хибриден автомобил. Кои претворби на енергија настануваат при забрзување и при сопирање на автомобилот?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Дури и кога седи и чита, ученикот троши енергија. Мозокот на човекот користи околу 20 % од целата хемиска енергија што се ослободува во телото.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Џејмс Прескот Џул (James Prescott Joule, 1818–1889)

Џул бил англиски физичар кој живеел во 19 век и уште од детството покажувал големо интересирање за експерименти. Се родил во градот Салфорд, во Англија. Иако немал класично универзитетско образование, од млад се интересирал за електрицитетот, магнетизмот и топлинската енергија. Работел во лабораторија што ја уредил сам во подрумот на својата кука. Во тоа време многу научници верувале дека топлината е посебна супстанца, наречена „калорик“, која тече од едно тело во друго. Џул не се согласувал со тоа. Со внимателни мерења и со многу експерименти, тој покажал дека топлината не е супстанца, туку форма на енергија што се јавува кога се врши механичка работа. Со ова откритие, Џул ги поставил темелите на Законот за запазување на енергијата. Во негова чест, единицата за енергија во SI го носи неговото име – џул (J).



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

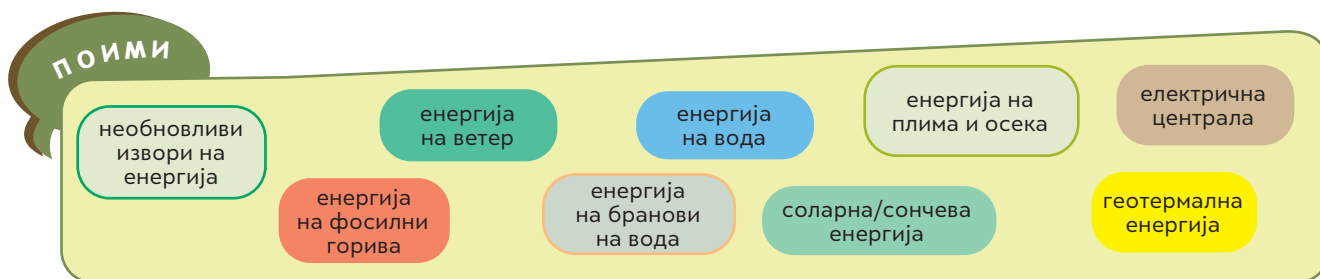
1. Наведи два примери на претворање на хемиската енергија во други видови на енергија.
2. Наведи два примери на претворање на електричната енергија во други видови на енергија.
3. Постојат рачни часовници кои како извор на енергија не користат батерија, туку го користат движењето на раката. Какви промени на енергијата настануваат кај ваквите часовници?
4. Објасни какви промени на енергија се случуваат кога ученик скока на трамбулина.
5. Зошто велиме дека најголемиот дел од енергијата што ја користи човекот потекнува посредно од Сонцето?



ЗАПОМНИ

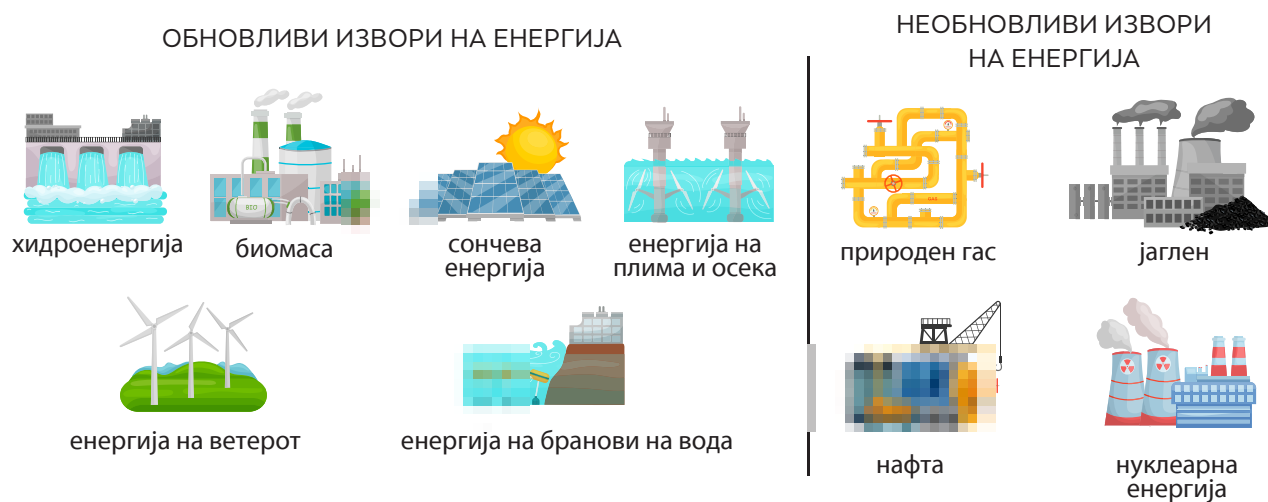
- Во сите природни процеси се случува некакво претварање или пренос на енергија.

1.3. ОБНОВЛИВИ И НЕОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА



Секое утро, кога ќе се разбудиме и ќе го вклучиме светлото, пуштиме вода од чешмата или го загреваме појадокот, користиме енергија. Но од каде доаѓа таа енергија и дали ќе ја има засекогаш? Природата ни овозможува различни извори на енергија, но не сите се еднакво достапни, ниту пак, еднакво безбедни за животната средина. Некои извори се обновуваат постојано и можат да се користат без страв дека ќе исчезнат, а додека други постојат во ограничени количини и нив треба внимателно да ги користиме. Според тоа, изворите на енергија ги делиме на **обновливи и необновливи извори на енергија**.

Обновливи извори на енергија се оние кои природата постојано ги создава и надополнува. Сонцето секој ден испраќа огромна количина светлинска и топлинска енергија кон Земјата. Ветерот го има постојано поради нерамномерното загревање на воздухот на различни места на Земјата, реките течат благодарение на водата што испарува и повторно се враќа на Земјата како дожд. Овие природни појави постојат милиони години и ќе продолжат да постојат. Затоа, Сонцето, ветерот и енергијата што се добива со помош на движењето на водата се сметаат за неисцрпни извори. Тука може да ги додадеме и енергијата од биомаса – органски отпад од растенија и од животни, како и геотермалната енергија што потекнува од топлината во внатрешноста на Земјата. Сите овие извори се нарекуваат **чисти извори на енергија** бидејќи при нивното користење не се предизвикува загадување на околината, ниту се испуштаат штетни гасови во атмосферата.



Слика 1. Обновливи и необновливи извори на енергија.

Необновливите извори на енергија се формирале во текот на милиони години под површината на Земјата и нивните количини се ограничени. Обновливи извори се **фосилните горива** – јаглен, нафта, природен гас. Фосилните горива настанале од остатоци на древни растенија и животни кои со текот на времето се претвориле во супстанции кои при согорување ослободуваат голема количина топлинска енергија, којашто потоа се претвора во механичка или во електрична енергија. Освен нив, во групата обновливи извори спаѓа и нуклеарното гориво, супстанции кои при делење на нивните атомски јадра ослободуваат енергија што се користи во нуклеарните **електрични центри** за производство на електрична енергија.



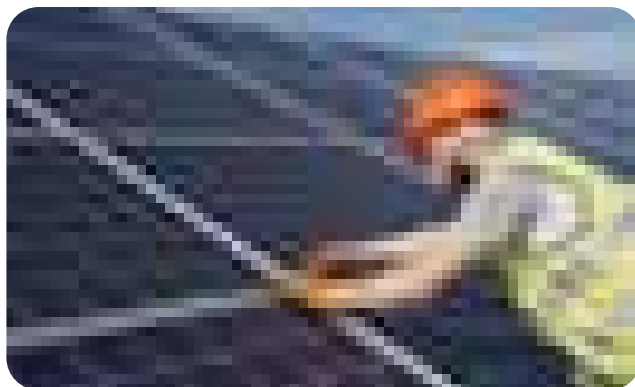
Слика 2. Топењето на глечерите е директна последица на глобалното затоплување.

Фосилните горива, иако моментално се најмногу користени, имаат сериозни недостатоци. Овие извори биле создадени пред милиони години и нивните количини се ограничени. При нивното согорување се ослободуваат големи количини чад (во кој има јаглерод моноксид, јаглерод диоксид, сулфур диоксид, азотни оксиди и многу ситни цврсти честички) кои го загадуваат воздухот и ја менуваат климата на Земјата. Овој процес доведува до појава наречена ефект на стаклена градина, при што дел од топлината што Сонцето ја испраќа кон Земјата останува „заробена“ во атмосфера-та.

Како последица на тоа, просечната температура на Земјата постепено се зголемува. Овој процес го нарекуваме глобално затоплување.

Последиците од глобалното затоплување веќе се забележуваат. Се топи мразот на половите и глечерите во планините, што доведува до пораст на нивото на морето и до поплави на крајбрежните подрачја. Климата на Земјата се менува, некои региони се соочуваат со суши, а други со обилни дождови и невреме. Загадувањето од фабриките и од возилата дополнително ја влошува состојбата со квалитетот на воздухот и здравјето на луѓето. Гасовите што настануваат при согорување на фосилните горива создаваат кисели дождови кои ги оштетуваат почвата, растенијата и ги загадуваат водите.

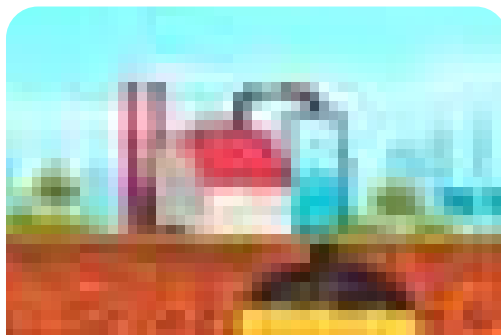
За разлика од нив, обновливите извори на енергија не создаваат штетни гасови. Соларните панели ја претвораат **Сончевата енергија** во електрична енергија без загадување. Ветерниците ја користат кинетичката **енергија на ветерот** за да создадат електрична енергија, а хидроцентралите ја претвораат кинетичката енергија на водата во електрична енергија. Енергијата може да се добие и од движењето на **морските бранови**, кои постојано се создаваат под влијание на ветерот. Брановите носат голема количина механичка енергија, којашто може да се искористи со поставување на специјални пловни



Слика 3. Соларни панели за добивање на електрична енергија од сончевата светлина.

уреди што ја претвораат нивната енергија во електрична енергија. Освен тоа, енергијата на плимата и осеката е уште еден интересен и многу стабилен извор. Плимата и осеката настануваат под дејство на гравитациското привлекување меѓу Земјата и Месечината, а периодичното покачување и намалување на нивото на морето може да се искористи за придвижување на турбини во посебни електрични центри за плима. На тој начин, природното движење на водата што постојано се повторува може да се претвори во електрична енергија.

Биомасата, како што се дрвјата и некои индустриски култури, како и геотермалните извори, пак, можат да се користат за греење на домови или за производство на биогорива кои ги заменуваат фосилните горива. Енергијата што се добива од внатрешноста на Земјата, односно геотермалната енергија, најмногу се користи во места каде што има активни вулкани и топли извори, а притоа цели градови се грееат на овој начин.



Слика 4. Користење на геотермална енергија.

Сепак, и обновливите извори имаат свои ограничувања. Производството на електрична енергија од Сонцето зависи од времето и од должината на денот, централите на ветер не можат да работат без ветер, а изградбата на големи хидроцентрали може негативно да влијае врз животната средина. Затоа, најдобро решение е комбинирано користење на различни извори и постојано усовршување на технологиите за нивна ефикасна употреба.

Човештвото денес се соочува со голем предизвик – како да обезбеди доволно енергија за сите, а притоа да ја зачува планетата за идните генерации. Преодот од фосилни горива кон обновливи извори не е само технолошко, туку и општествено и еколошко прашање. Колку побрзо се зголеми употребата на чисти извори на енергија, толку побавно ќе напредува глобалното затоплување и ќе се зачува животната средина.

Разбирањето на разликата меѓу обновливите и необновливите извори на енергија не е само дел од физиката, туку и дел од нашето секојдневие. Одлуките што ги носиме – дали ќе користиме јавен превоз, ќе го угаснеме светлото кога не го користиме или ќе поставиме соларен панел – се мал, но важен придонес кон создавање почиста и поодржлива иднина.



АКТИВНОСТИ

1. Согорувањето на фосилните горива и загадување на воздухот.

Земи еден лист хартија и еден лист од дрво или сува гранка. Постави ги во метална чинија или во сад отпорен на топлина. Наставникот внимателно нека го запали материјалот и веднаш потоа покриј го со стаклена тегла или со просирна пластична кутија. Набљудувај што се случува, што ќе се појави и што ќе се случи со провидноста на кутијата односно теглата. Објасни како согорувањето во оваа активност е слично со согорувањето на фосилните горива во електричните центри и со превозните средства. Што се случи со воздухот во теглата? Зошто стаклото се замати?

2. Демонстрација на ефектот на стаклена градина.

Земј две пластични шишиња со ист волумен (на пример 1 литар) чишто капачиња имаат мал отвор во кој можеш да поставиш термометар. Во првото шише не додавај ништо, само затвори го со капачето и стави го термометарот во отворот на капачето. Волуменот во ова шише е исполнет само со воздух. Во второто шише, со помош на инка, стави две лажички сода бикарбона и додади 50 mL оцет. Веднаш затвори го шишето со капаче во коешто е протнат термометар за да се задржи создадениот јаглерод диоксид. Ова шише ќе има поголемо количество јаглерод диоксид во однос на првото шише. Постави ги двете шишиња на исто растојание од електрична ламба што ќе служи како извор на „сончева“ енергија. По 5–10 min, измери ја температурата на гасот во двете шишиња. Во кое шише температурата е поголема? Ако добро сте го извеле експериментот, температурата во шишето со поголемо количество јаглерод диоксид ќе биде поголема, бидејќи тој гас повеќе ја задржува топлината — исто како што тоа се случува и во атмосферата на Земјата. Како резултатите од оваа активност се поврзуваат со глобалното затоплување? Што може да направиме за да го намалиме влијанието на овие гасови?

3. Демонстрација на топењето на мразот на половите

Во оваа активност ќе истражиш како топењето на мразот на копно влијае на нивото на светското море, а топењето на морскиот мраз не предизвикува значителна промена. Земј две провидни пластични чаши и наполни ги со ист волумен вода. Во првата чаша стави коцки мраз директно во водата. Овие коцки мраз ќе го претставуваат морскиот мраз, односно мразот кој плива во светското море. Во втората чаша стави дрвени стапчиња над површината на водата и стави мраз врз нив. Овој мраз ќе го претставува мразот што се наоѓа на копното во светот. Со фломастер или со лента, означи го почетното ниво на водата во двете чаши. Остапи ги чашите на собна температура или на топло место додека мразот не се стопи. Во која од чашите нивото на водата се зголеми? Како резултатите од оваа активност се поврзуваат со топењето на глечерите на Гренланд и на Антарктик? Што ќе се случи со крајбрежните градови ако нивото на океаните продолжи да расте?



Слика 5. Процентуален удел на различните извори на енергија во нашава држава - питата прикажана лево и во светот – питата десно, за 2024 година.

ЗА 5+

Истражи колку изнесува вкупното годишно производство на електрична енергија во нашата држава и колкав дел од тоа потекнува од обновливи извори. Кои делови од државата се погодни за поставување соларни електрични центри, а кои за електрични центри на ветер?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Во Исланд речиси 100 % од енергијата потекнува од обновливи извори – претежно од геотермални извори и од хидроцентрали.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Александер-Едмон Бекерел (Alexandre-Edmond Becquerel, 1820–1891)

Бекерел бил француски физичар, роден во Париз, кој оставил трајна научна трага во истражувањата на светлината, електрицитетот и материјата. Тој потекнувал од познато научно семејство: неговиот татко Антоан-Сезар Бекерел се занимавал со електрохемија и електрични појави, а неговиот син Анри Бекерел подоцна ќе стане познат по откривањето на радиоактивноста.

Најпознатиот придонес на Бекерел е неговото откритие од 1839 година, кога експериментално го набљудувал фотоволтаичниот ефект: појава при која под дејство на светлина во одреден систем може да се појави течење на струја. Во неговиот класичен експеримент, тој работел со електролитска ќелија во која електродите биле осветлени, а резултатот бил мерлив електричен сигнал. Ова било прво јасно сведоштво дека

светлинската енергија може непосредно да се поврзе со електрична појава, што претставува основа на принципот на работа на соларните ќелии. Поради ова, фотоволтаичниот ефект понекогаш се нарекува и „Бекерелов ефект“.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Објасни со свои зборови што се обновливи, а што необновливи извори на енергија. Наведи најмалку три обновливи и три необновливи извори на енергија.
2. Што претставува биомасата и како може да се користи како извор на енергија?
3. Кои се последиците од прекумерната употреба на фосилни горива?
4. Што е ефект на стаклена градина и како се создава?
5. Објасни ја врската меѓу глобалното затоплување и топењето на мразот на половите.



ЗАПОМНИ

- Енергијата може да се добива од различни извори во природата.
- Обновливи извори на енергија се оние коишто се надополнуваат природно и не ја загадуваат околината – сончева, енергија од ветер, вода и механички бранови, енергија на плима и осека, биомаса, геотермална енергија.
- Необновливите извори се ограничени: јаглен, нафта, природен гас и нуклеарно гориво.
- Согоорувањето на фосилните горива создава штетни гасови кои доведуваат до ефект на стаклена градина и до глобално затоплување.
- Преодот кон обновливи извори е неопходен за одржлива иднина и за заштита на природната рамнотежа.

1.4. КИНЕТИЧКА ЕНЕРГИЈА

ПОИМИ

Кинетичка енергија (E_k)

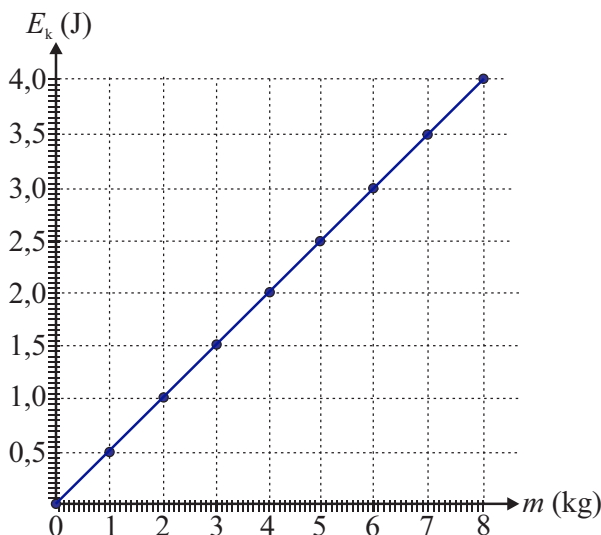
Слика 1. Кинетичката енергија на ветерот ги придвижува лопатките на турбините за ветер

Секое тело што се движи има енергија. Замисли топка што се тркала или ветер што дува. Ако овие тела наидат на пречка, тие можат да предизвикаат промена – да ја придвижат пречката, да го сменат нејзиниот облик или, пак, да ја скршат пречката. Така, кога ветерот (воздушната маса што се движи) удира на лопатките од турбината за ветер, неговата брзина се намалува, но за сметка на тоа, лопатките на турбината почнуваат да се движат. Ако топката што се тркала удри во еластична пружина, тогаш пружината ќе се деформира. Ова покажува дека движењето на телото е поврзано со можноста телото да изврши механичка работа. Енергијата што ја има телото поради своето движење се нарекува **кинетичка енергија**. Кинетичката енергија на едно тело ја означуваме со E_k .

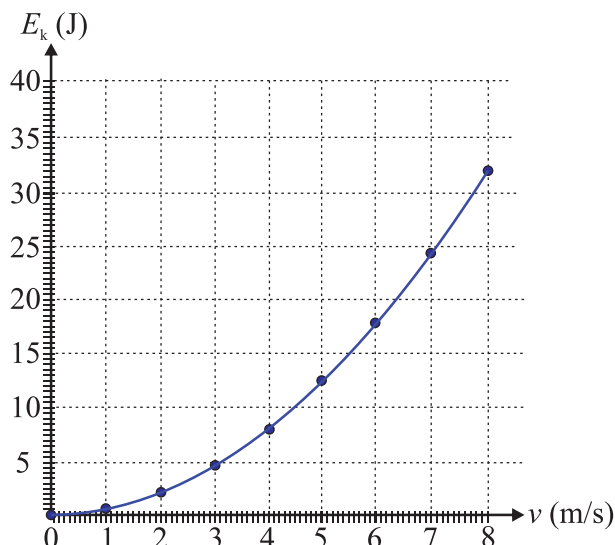
Од што зависи големината на кинетичката енергија што ја има некое тело? Од две тела со еднакви маси, поголема кинетичка енергија има телото што се движи со поголема брзина. Ако две топчиња со различна маса и еднаква брзина се тркалаат кон неподвижна пружина, топчето со поголема маса повеќе ќе ја збие пружината. Ако пак топчињата имаат иста маса, но се тркалаат со различна брзина кон пружината, тогаш топчето кое има поголема брзина повеќе ќе ја збие пружината. Кога вода што паѓа од мала висина во хидроцентрала има одредена брзина, произведува мало количество електрична енергија. Ако паѓа од поголема висина, нејзината брзина пред ударот е поголема, а со тоа и кинетичката енергија. Затоа кај хидроцентралите се градат високи брани во коишто се акумулира водата, за да се добие поголема енергија.

Иако кинетичка енергија зависи од масата на телото и од неговата брзина, сепак таа зависност од брзината не е правопрпорционална, туку кинетичката енергија се зголемува правопрпорционално со квадратот на брзината. Според тоа, ако ја знаеме масата на телото m и неговата брзина v , неговата кинетичка енергија може да ја пресметаме според формулата:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} .$$



Слика 2. График на зависноста на кинетичката енергија на телото од неговата маса е права. На графикот е прикажана кинетичката енергија на тело чијашто брзина изнесува 1 m/s, а неговата маса ја менуваме од 1 kg до 8 kg.



Слика 3. Графикот на зависноста на кинетичката енергија на телото од брзината не е права, туку крива линија. На графикот е прикажана кинетичката енергија на тело со маса од 1 kg, чијашто брзина се зголемува од 0 m/s до 8 m/s.



РЕШЕН ПРИМЕР

Автомобил со маса од 1500 kg се движи низ град со брзина од 10 m/s, а на автопат со 20 m/s.

- Пресметај ја кинетичката енергија на автомобилот во двата случаи.
- Колку пати кинетичката енергија на автомобилот кога се движи на автопат (E_{k2}) е поголема од кинетичката енергија кога автомобилот се движи низ град (E_{k1})?

Дадено:	а. Според формулата за пресметување на кинетичка енергија за двата случаи имаме:
$m = 1500 \text{ kg}$ $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$E_{k1} = \frac{m \cdot v_1^2}{2} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 75000 \text{ J} = 75 \text{ kJ},$ $E_{k2} = \frac{m \cdot v_2^2}{2} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 300000 \text{ J} = 300 \text{ kJ}.$
Се бара:	б. Односот на кинетичките енергии n изнесува:
$E_{k1} - ?$ $E_{k2} - ?$ $n - ?$	$n = \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{300 \text{ kJ}}{75 \text{ kJ}} = 4.$ Од вториот дел од задачата може да заклучиме дека ако автомобилот се движи со два пати поголема брзина неговата кинетичка енергија се зголемува 4 пати.

Кога телото запира со движењето, неговата кинетичка енергија не исчезнува – таа се претвора во друг облик на енергија, најчесто во топлинска енергија поради триењето на телото со други тела, со подлогата или со воздухот. Затоа при сопирање на автомобилот се загреваат сопирачките, а при пад на телото на Земја кинетичката енергија на телото се претвора во топлинска енергија и енергија на механички бран (звук).



АКТИВНОСТИ

1. Зависност на кинетичка енергија од масата на телото

На крајот од наведена рамнина постави препрека од глина или од пластелин. Од нејзиниот врв пушти да се тркалаат неколку топчиња со различна маса – на пример, метално, гумено и пластично. Ако топчињата се пуштат да се тркалаат од иста висина на крајот од наведената рамнина, ќе имаат еднакви брзини. Кога топчињата удираат во препреката, секое топче остава трага со различна длабочина. Кое од топчињата оставило подлабока трага во глината? Каков заклучок можеш да изведеш од оваа активност?

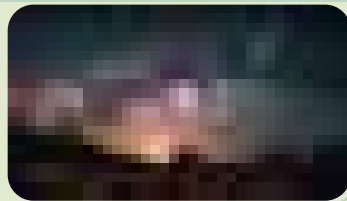
2. Зависност на кинетичката енергија од брзината на движење

Во оваа активност користи го само металното топче од претходната активност и истата препрека од глина, но менувај ја висината од којашто се пушта топчето. Прво топчето се пушта од помала висина на наведената рамнина, а потоа од поголема. Забележи дека брзината на топчето е поголема кога топчето се пушта од поголема висина на наведената рамнина. Кога длабочината на трагата е поголема? Каков заклучок можеш да изведеш? Дали кинетичката енергија на телото зависи од неговата брзина?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Кога метеорит ќе влезе во атмосферата на Земјата, неговата кинетичка енергија се претвора во топлинска енергија поради неговото триење со честичките во атмосферата. Кога метеорот доволно ќе се загрее, дел од таа топлинска енергија зрачи како светлинска енергија, па затоа свети додека паѓа и го гледаме како „свезда што паѓа“.

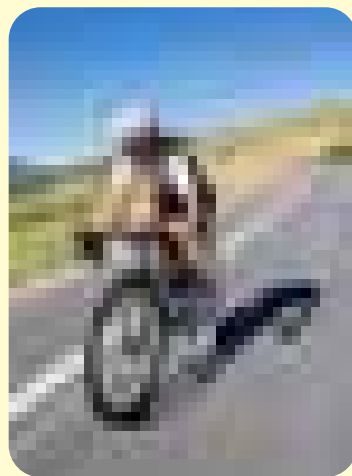


ЗА 5+

Брзината којашто е векторска величина има правец, насока и големина, претставува мерка за тоа колкаво растојание поминува тело за одредено време. Кога едно тело се движи по права линија и за секој еднаков временски интервал поминува исто растојание, велиме дека телото се движи рамномерно праволиниски. Брзината кај рамномерното праволиниско движење е постојана, а може да се пресмета со изразот:

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

кадешто s е патот изразен во метри (m), а t е времето за коешто е поминат тој пат, изразено во секунди (s). Основната единица мерка за брзина е метар во секунда (m/s). На пример, ако велосипедист помине 100 метри за 10 секунди, неговата брзина е 10 m/s.



★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

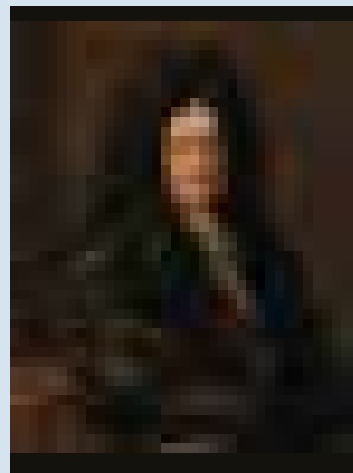
Готфрид Вилхелм Лајбниц (Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646 -1716)

Лајбниц бил германски филозоф, математичар и физичар кој во XVII век направил значаен чекор во развојот на идејата за енергијата на движење. Тој е еден од првите научници што сфатиле дека телата кои се движат имаат нешто што може да се мери, спореди и зачува – нешто што денес го нарекуваме кинетичка енергија.

Лајбниц вовел поим што го нарекол „vis viva“ („жива сила“), за да го опише ефектот што го имаат движењата на телата при судири. Преку експерименти и пресметки забележал дека, кога телата еластично се судираат едно со друго, не се зачувува само производот од масата и брзината ($m \cdot v$), како што мислеле неговите современници, туку и производот од масата и квадратот на брзината ($m \cdot v^2$). Овој резултат бил многу изненадувачки за тоа време и предизвикал голема дебата меѓу физичарите. Денес знаеме дека токму овој израз

$m \cdot v^2$ е основата на формулата за кинетичката енергија $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

Иако Лајбниц не го користел поимот енергија, неговиот поим „vis viva“ е првиот што го изразува квантитативниот (мерливиот) карактер на движењето. Исто така, тој забележал дека при судири меѓу тела, дел од „живата сила“ може да се претвори во топлина.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Ако двојно се зголеми масата на телото, како ќе се смени неговата кинетичка енергија, при иста брзина?
2. Ако двојно ја зголемиме брзината, колку пати ќе се зголеми кинетичката енергија на телото?
3. Како се менува кинетичката енергија на автомобил кога неговата брзина се намалува?
4. Колкава е кинетичката енергија на топка со маса 200 g што се движи со брзина од 3 m/s?
5. Ако велосипедист со маса од 80 kg се движи со брзина од 5 m/s, колкава е неговата кинетичка енергија? Следниот ден истиот велосипедист го вози велосипедот со брзина од 10 m/s. Колку пати е поголема брзината со којашто се движел велосипедистот вториот ден во однос на брзината од првиот ден? Колку пати била поголема кинетичката енергија на велосипедистот вториот ден во однос на кинетичката енергија што ја имал претходниот ден?



ЗАПОМНИ

- Секое тело што се движи има кинетичка енергија.
- Кинетичката енергија зависи од масата на телото и од квадратот на неговата брзина.
- Кинетичка енергија е енергијата што ја има телото поради своето движење.
- Кога телото запира, неговата кинетичка енергија не исчезнува — таа се претвора во друг облик на енергија.

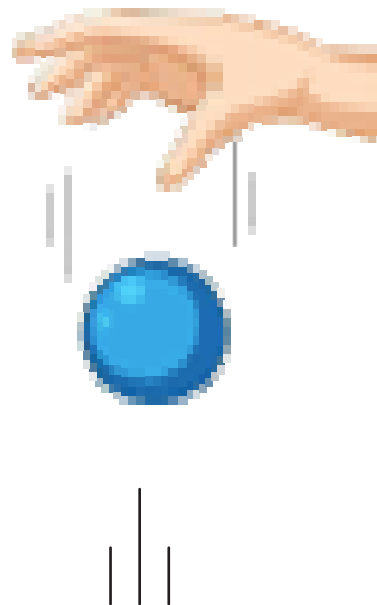
1.5. ГРАВИТАЦИСКА ПОТЕНЦИЈАЛНА ЕНЕРГИЈА

ПОИМИ

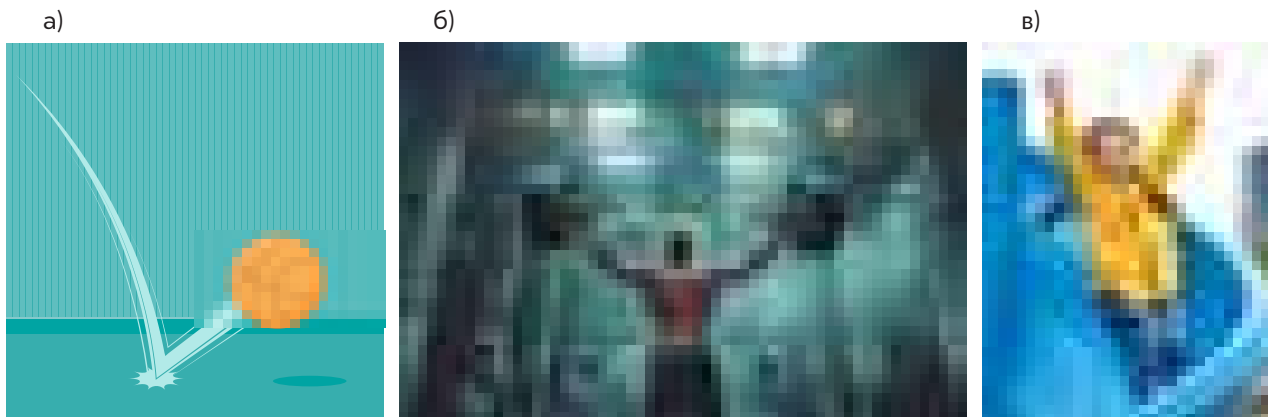
гравитациска
потенцијална
енергија ($E_{\text{гр}}$)референтна
рамнина

На секое тело што се наоѓа во близина на Земјината површина дејствува силата на Земјината тежа, и тоа вертикално надолу кон центарот на Земјата. За едно тело да не падне на површината на Земјата, тоа или треба да биде поставено на некаква цврста подлога или да биде прикачено на конец. Ако ја тргнеме подлогата или го пресечеме конецот, телото ќе почне да паѓа кон површината на Земјата. Ако од одредена висина пуштиме тело да падне врз пластелин или, пак, врз пружина, ќе забележиме дека, при ударот телото го деформира пластелинот или, пак, ќе ја збие пружината.

Тело што може да изврши некаква промена или да изврши некаква работа, како телото што паѓа од некоја висина има енергија. Таа енергија се нарекува **гравитациска потенцијална енергија**, и тоа е енергијата што едно тело ја има поради гравитациското заемнодејство со Земјата, односно поради дејството на Земјината тежа. Гравитациската потенцијална енергија најчесто ја означуваме со $E_{\text{гр}}$ и во физиката често се нарекува и само потенцијална енергија и се означува со $E_{\text{п}}$.



Слика 1. Паѓање на тело под дејство на Земјината тежа.



Слика 2. Примери за тела што имаат гравитациска потенцијална енергија:

а) Топче што паѓа од некоја висина кон површината на Земјата, б) Теговите што ги дигнал спортистот, в) Ученичка што се лизга по наведена рамнина.



АКТИВНОСТИ

1. Зависност на потенцијалната енергија од масата на телото

За да истражиш како зависи големината на гравитациската потенцијална енергија од масата на телото, изведи едноставен експеримент со сад исполнет со брашно и со две пинг-понг топчиња. Првото топче има помала маса, а второто нека биде наполнето со ориз, па поради тоа ќе има поголема маса. Садот со брашно ќе ти послужи како „детектор“ на енергијата: колку е поголема гравитациската потенцијална енергија на топчето, толку подлабок ќе биде отпечатокот што топчето ќе го остави во брашното. Првото топче пушти го да паѓа во брашното и измери ја длабочината на отпечатокот што го оставило. Откако ќе ја израмниш површината на брашното во садот со линијар, во него пушти го да паѓа второто топче од истата висина од којашто беше пуштено да паѓа и првото топче. Кое од двете топчиња направило поголем отпечаток? Кое од двете топчињата имало поголема гравитациска потенцијална енергија.

2. Зависност на гравитациската потенцијална енергија од висината од којашто е пуштено телото да паѓа

Едно од топчињата пушти го да паѓа во садот со брашно од неколку различни висини. На пример, од 30 cm, 50 cm, 100 cm и 150 cm. Во секој од случаите измери ја длабочината на отпечатокот во брашното. Не заборавај да ја израмниш површината на брашното пред секое следно пуштање на топчето. Што забележуваш? Дали длабочината на трагата е поголема кога телото ќе се пушти од поголема висина? Во кој случај топчето имало најголема гравитациска потенцијална енергија?

Ако внимателно ги направи активностите сигурно забележа дека подлабок отпечаток остави топчето со поголема маса и дека длабочината на отпечатокт зависи од висината од која е пуштено топчето. Или со други зборови можеме да кажеме дека гравитациската потенцијална енергија зависи правопропорционално од масата и висината од која е пуштено телото. Бидејќи телата паѓаат во близина на површината на Земјата, потенцијалната енергија зависи и од големината на Земјиното забрзување:

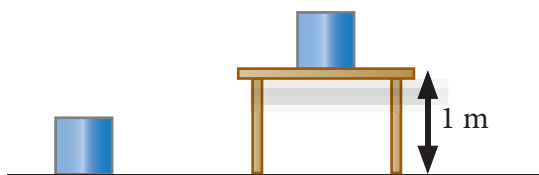
$$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} .$$

Според тоа тело со маса m , подигнато на висина h во однос на некоја површина, има гравитациона потенцијална енергија која се пресметува со формулата:

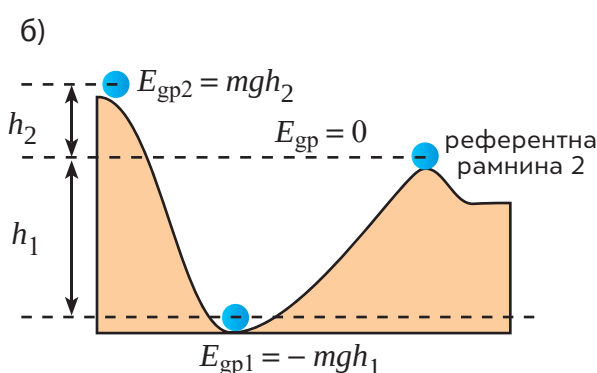
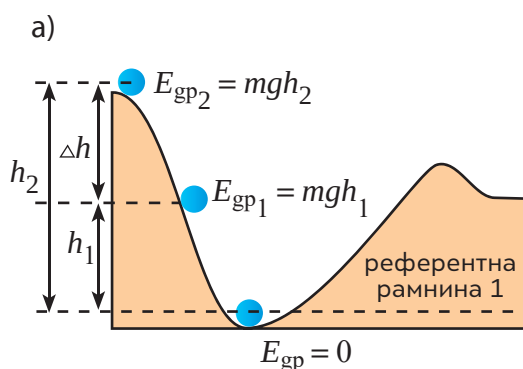
$$E_{\text{gp}} = m \cdot g \cdot h .$$

Потенцијалната енергија секогаш се пресметува во однос на некоја референтна рамнина или референтно ниво. **Референтна рамнина** е замислена рамнина или ниво од коешто ја мериме висината на којашто се наоѓа телото. Таа може да биде: подот во училиницата, површината на клупата или, пак, како што се зема најчесто, површината на Земјата. Секогаш кога пресметуваме потенцијална енергија, мора да кажеме во однос на што се разгледува положбата на телото, односно што сме зеле како референтна рамнина. Гравитациската потенцијална енергија на телото што се наоѓа на референтната рамнина е 0 J. На Слика 3 се прикажани тела со маса од 1 kg кои се поставени на површината на Земјата и на клупа чијашто висина е 1 m. Ако како референтна рамнина ја земеме површината на Земјата, тогаш телото што е поставено на површината на Земјата има потенцијална енергија еднаква на 0 J, а телото што е поставено на клупата има потенцијална енергија еднаква на 9,81 J. Ако, пак, како референтната рамнина ја

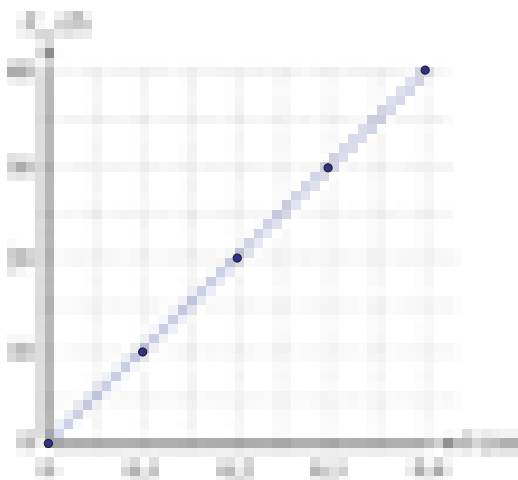
земеме површината на клупата, тогаш гравитациската потенцијална енергија на телото во однос на површината на масата е нула цули (0 J), а гравитациската потенцијална енергија на телото што е на површината на Земјата, изнесува -9,81 J. На Слика 4 е прикажано како може да се пресмета потенцијалната енергија на тела во однос на две различни референтни рамнини.



Слика 3. Гравитациската потенцијална енергија се пресметува во однос на избраната референтна рамнина. Ако референтната рамнина е површината на Земјата, тогаш првото тело нема гравитациска потенцијална енергија, а второто тело има гравитациска потенцијална енергија.



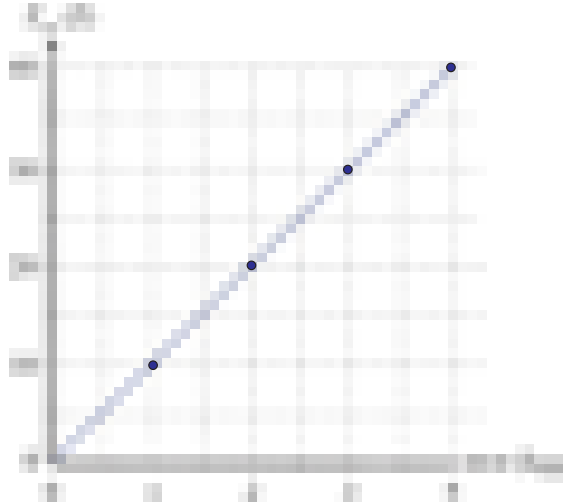
Слика 4. Потенцијална енергија на тела во однос на две различни референтни нивоа. Во првиот случај, телото што се наоѓа на најниската точка во долината има 0 J гравитациска потенцијална енергија, а во вториот случај, поради изборот на друга референтна рамнина, истото тело има негативна гравитациска потенцијална енергија.



Слика 5. Зависност на гравитациската потенцијална енергија од висината на тело со маса од 10 kg.

На Слика 5 е даден графички приказ на зависноста на гравитационата потенцијална енергија од висината на која се наоѓа тело со маса 10 kg во однос на референтната рамнина. Графикот е права линија. Забележете дека коефициентот на правецот на правата (или наклонот на правата) е еднаков на тежината на телото ($m \cdot g$). За поедноставување во пресметките земено е дека големината на Земјиното забрзување изнесува 10 N/kg.

На Слика 6 е даден графички приказ на зависноста на гравитациската потенцијална енергија од масата на телото. Телото секогаш се наоѓа на иста висина од 1 m над референтната рамнина, а неговата маса ја менуваме од 1 kg до 4 kg. Графикот е права. Забележете дека коефициентот на правецот на правата (или наклонот на правата) е еднаков на производот од Земјиното забрзување и висината на којашто се наоѓа телото ($g \cdot h$). За поедноставување во пресметките, земено е дека големината на Земјиното забрзување изнесува 10 N/kg .



Слика 6. Зависност на потенцијалната енергија од масата на телото, ако телото е секогаш на 1 m над референтната рамнина.



РЕШЕН ПРИМЕР 1.

Пресметај ја гравитациската потенцијална енергија на тело со маса од 2 kg, во однос на површината на масата и во однос на подот, ако знаеш дека висината на масата изнесува 0,8 m, а телото се наоѓа на висина од 50 cm над масата. За големината на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Дадено:	Ако за референтна рамнина се земе површината на масата тогаш телото има гравитациска потенцијална енергија еднаква на:
$m = 2 \text{ kg}$ $h_1 = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $h_2 = 0,8 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$E_{\text{gp1}} = m \cdot g \cdot h_1 = 2 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,5 \text{ m} = 9,81 \text{ J}.$
Се бара:	Гравитациската потенцијална енергија во однос на површината на Земјата е:
$E_{\text{gp1}} - ?$ $E_{\text{gp2}} - ?$	$E_{\text{gp2}} = m \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 2 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot (0,5 \text{ m} + 0,8 \text{ m}) = 25,5 \text{ J}.$

Во решавање на практични задачи, многу важно е да ја одредиме промената на гравитациската потенцијална енергија, односно колкава гравитациска енергија телото добива или губи кога се движи нагоре или надолу во однос на референтната рамнина. На Слика 4а е прикажано топче што се тркала нагоре по наведена рамнина. Во почетниот момент неговата гравитациска потенцијална енергија изнесувала $E_{gp1} = m \cdot g \cdot h_1$ додека во некој подоцнежен момент изнесувала $E_{gp2} = m \cdot g \cdot h_2$. Промената на гравитациската потенцијална енергија ја означуваме со ΔE_{gp} (Δ -се чита „делта“) е еднаква на:

$$\begin{aligned}\Delta E_{gp} &= E_{gp2} - E_{gp1}, \\ \Delta E_{gp} &= m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1), \\ \Delta E_{gp} &= m \cdot g \cdot \Delta h,\end{aligned}$$

каде Δh е разликата во висината помеѓу почетната и крајната положба. Овој израз ни кажува дека: ако телото се подигне (се зголеми висината на којашто се наоѓа во однос на референтната рамнина), неговата гравитациска **потенцијална енергија се зголемува**, но ако телото се спушти (се намали висината на којашто се наоѓа во однос на референтната рамнина), неговата **гравитациска потенцијална енергија се намалува**.



РЕШЕН ПРИМЕР 2.

Ученик се качувал по скали од првиот на вториот кат при што неговата гравитациска потенцијална енергија се зголемила за 1471,5 J.

- Ако масата на ученикот е 40 kg пресметај ја висинската разлика помеѓу почетната и крајната положба на ученикот.
- Ако висината на скалилото изнесува 0,125 m, пресметај колку скалила (n) искачил ученикот.

За големината на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Дадено:	а. Имајќи ја предвид формулата со којашто се пресметува промената на потенцијалната енергија, може да ја пресметаме висинската разлика помеѓу првиот и вториот кат:
$\Delta E_{gp} = 1471,5 \text{ J}$ $m = 40 \text{ kg}$ $h_1 = 0,125 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$\Delta E_{gp} = m \cdot g \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{\Delta E_{gp}}{m \cdot g} = \frac{1471,5 \text{ J}}{40 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 3,75 \text{ m}.$
Се бара:	Ако секое скалило е високо $h_1 = 0,125 \text{ m}$, тогаш бројот на скалилата е еднаков на вкупната висина на којашто се искачил студентот поделено со висината на едно скалило:
$\Delta h - ?$ $n - ?$	$n = \frac{\Delta h}{h_1} = \frac{3,75 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} = 30.$

Како и во случајот со кинетичката енергија, кога потенцијалната енергија на телото ќе се намали или ќе биде еднаква на 0 J, таа не исчезнува, туку се претворила во друг вид енергија. Гравитациската потенцијална енергија на телата најчесто се претвора во кинетичка и во топлинска енергија.

ЗА 5+

Гравитациската потенцијална енергија на телото се пресметува со равенката $E_{\text{gp}} = m \cdot g \cdot h$ само ако телото е во близина на површината на Земјата, каде што големината на Земјиното забрзување може да се смета дека е константно. Ако телото е на големо растојание од површината на Земјата, тогаш неговата потенцијална енергија може да се пресмета според формулата:

$$E_{\text{gp}} = -\gamma \frac{Mm}{R+h} \quad \text{каде} \quad \gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \quad \text{каде} \quad \gamma = \dots \text{ се нарекува}$$

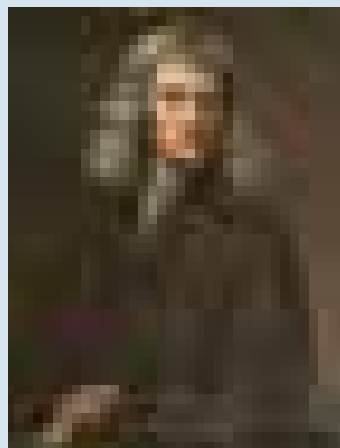
Универзална гравитациска константа (γ - се чита „гама“), M е масата на Земјата, m е масата на телото, R е радиусот на Земјата, а h е висината на телото над површината на Земјата. Во вакви случаи треба да се спомене дека оваа потенцијална енергија се пресметува во однос на референтна рамнина која е многу далеку оддалечена од Земјата каде телото не го чувствува привлечното дејство на Земјината гравитациска сила.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Исак Њутн (Isaac Newton, 1646 - 1727)

Њутн бил еден од највлијателните научници во историјата. Неговите откритија во механиката, светлината и математиката го променија начинот на кој го разбираме светот. Њутн е научникот кој постави темел за разбирање на гравитациската потенцијална енергија. Во неговото најголемо дело, „*Principia Mathematica*“ (1687), Њутн го формулира Законот за универзална гравитација, според кој секое тело во вселената привлекува друго тело со сила која зависи од нивните маси и од растојанието меѓу нив. Овој закон објаснува зошто телата паѓаат на површината на Земјата, зошто Месечината се движи околу Земјата и зошто планетите се движат околу Сонцето.

Иако, во времето кога живеал Њутн не бил дефиниран поимот „потенцијална енергија“, неговата работа го поставила физичкиот и математичкиот темел за нејзино дефинирање. Една од идеите на Њутн била дека секогаш кога телото се подига против гравитацијата, мора да се вложи работа. Научниците кои работеле по Њутн, состојбата во која телото може да изврши работа ја нарекле гравитациска потенцијална енергија. Формулата за гравитациска потенцијална енергија на тело кое не е блиску до површината на Земјата која е дадена во делот За 5+ е директно поврзана со Њутновиот закон за гравитација.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Најголема гравитациска потенцијална енергија на објект направен од човекот во однос на површината на Земјата е гравитациска потенцијална енергија на Меѓународната вселенска станица што кружи на висина, приближно, од 400 km над површината на Земјата.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

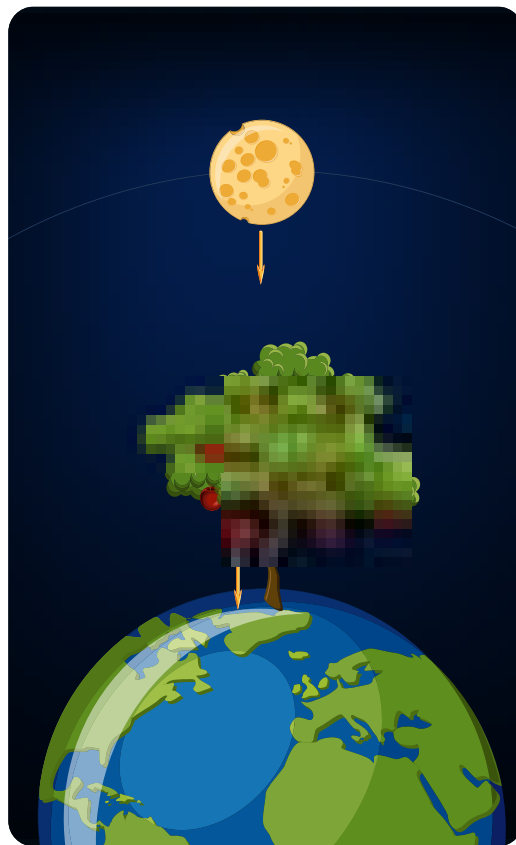
1. Што претставува гравитациската потенцијална енергија и од што зависи нејзината големина?
2. Како се менува потенцијалната енергија ако телото се подигне на двапати поголема висина?
3. Објасни што претставува референтната рамнина и зошто е важно да се наведе „во однос на што“ ја пресметуваме гравитациската потенцијална енергија.
4. Во однос на подот, телото има потенцијална енергија 196,2 J. Ако се знае дека тоа е подигнато на висина од 2 m, колкава е неговата маса?
5. Кутија со маса од 4 kg има потенцијална енергија 78,48 J во однос на подот.
 - а) На која висина се наоѓа кутијата?
 - б) Ако кутијата ја спуштиме на половина од таа висина, колкава ќе биде нејзината нова потенцијална енергија?
 - в) Колкава е промената на енергијата?

Во последните две задачи за вредноста на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува

$$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}.$$

ЗАПОМНИ

- Гравитациска потенцијална енергија е енергијата што телото ја има поради својата положба во гравитациското поле на Земјата.
- Гравитациската потенцијална енергија на телото зависи право пропорционално од масата на телото и од висината во однос на референтната рамнина.
- Гравитациската потенцијална енергија се пресметува со формулата $E_{\text{gp}} = m \cdot g \cdot h$, каде што m е масата, g е гравитациското забрзување, а h е висината во однос на референтната рамнина.
- Референтната рамнина е замислена рамнина или ниво од коешто ја мериме висината на којашто се наоѓа телото.
- Промената на потенцијалната енергија зависи од масата на телото m , големина на Земјиното забрзување g и од промената на висината Δh и се пресметува со формулата $\Delta E_{\text{gp}} = m \cdot g \cdot \Delta h$.



Слика 7. И Месечината и јаблукото имаат гравитациска потенцијална енергија во однос на површината на Земјата.

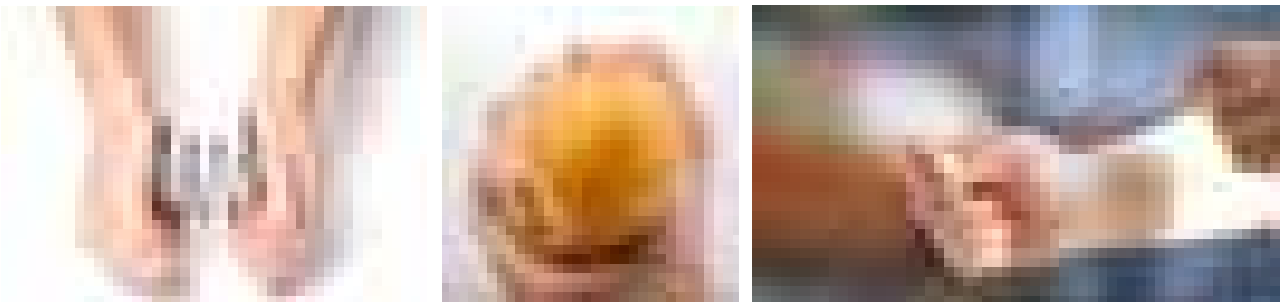
1.6. ЕЛАСТИЧНА ПОТЕНЦИЈАЛНА ЕНЕРГИЈА

ПОИМИ

деформација

еластична
потенцијална
енергија (E_{ep})

Во 7 одделение учеше за дејството на сила врз еластична пружина и за тоа дека ако на пружина дејствуваме со сила, таа се издолжува или се збива. Освен пружините, во секојдневниот живот постојано се среќаваме со тела што имаат еластични својства: ластици, еластични јажиња, амортизери во автомобили, трамбулини итн. Овие тела имаат едно заедничко својство — кога ќе ги издолжиме или збиеме, тие се обидуваат да се вратат во својата првобитна форма. За да се случи тоа, овие тела мора да имаат некаква енергија во себе. Токму таа енергија ја нарекуваме **еластична потенцијална енергија**. Еластичната потенцијална енергија е вид на потенцијална енергија што ја има секое **деформирано еластично тело**.



Слика 1. Еластични деформации на пружина, балон и на ластик

За да ја разбереме еластичната потенцијална енергија, најпрво треба да разбереме што е деформација. **Деформација** е промена на формата или на должината на телото под дејство на сила. Ако телото по отстранување на силата може да се врати во првобитна состојба, деформацијата е **еластична**. Ако формата на телото остане изменета по престанокот на дејството на силата, како на пример свиткана лименка, тогаш станува збор за **пластична** деформација. Во оваа лекција ќе ја разгледаме само енергијата што ја имаат телата при еластични деформации. Колку повеќе го истегнуваме или го збиваме еластичното тело, на пример пружината, (притоа без да дојде до пластична деформација), толку повеќе ја зголемуваме нејзината еластична потенцијална енергија. Еластичната потенцијална енергија ја означуваме со E_{ep} и ја пресметуваме со следнава формула:

$$E_{\text{ep}} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2} .$$

Во формулава со k е означена константата на еластичност на пружината изразена во N/m, а Δl е големината на издолжувањето или на збивањето (деформацијата). Од оваа формула може да заклучиме две работи, и тоа: колку е поголема деформацијата, толку повеќе еластична потенцијална енергија има пружината и колку е поголема

константата на еластичност k , толку повеќе енергија се складира во пружината при истото деформирање. Со константата на еластичност на пружина се запозна во 7 одделение и научи дека е бројно еднаква на силата со којашто треба да се дејствува врз пружината за таа да ја промени својата должина за единица, односно:

$$k = \frac{F}{\Delta l}.$$

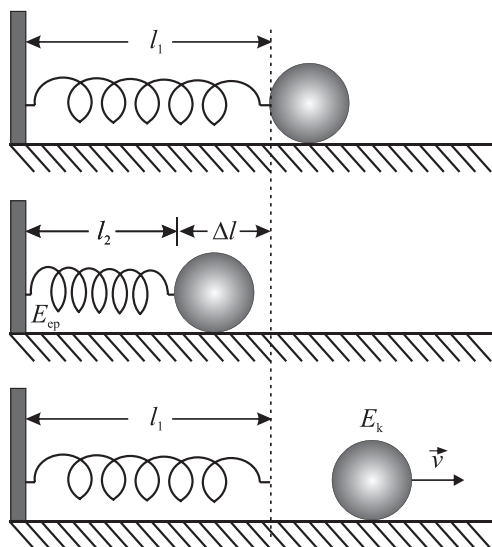


РЕШЕН ПРИМЕР

Една пружина се издолжува за 4 cm кога на неа дејствува сила од 2 N.

- Одреди ја константата на еластичност k на пружината.
- Пресметај ја еластичната потенцијална енергија што ја добива оваа пружина под дејство на силата.

Дадено:	а. Во 7 одделение учеше дека пружините се деформираат под дејство на сила и дека таа деформација можеш да ја пресметаш ако ја знаеш константата на еластичност на пружината и големината на издолжувањето, односно: $F = k \cdot \Delta l$.
$F = 2 \text{ N}$ $\Delta l = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$	Од последнава равенка може да ја одредиме константата на еластичност на пружината:
Се бара:	$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{2 \text{ N}}{0,04 \text{ m}} = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$
$k - ?$ $E_{\text{еп}} - ?$	б. Сега, кога ги знаеме константата на еластичност и издолжувањето на пружината, може да ја пресметаме потенцијалната енергија на издолжената пружина: $E_{\text{еп}} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2} = \frac{50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,04 \text{ m})^2}{2} = 0,04 \text{ J}.$

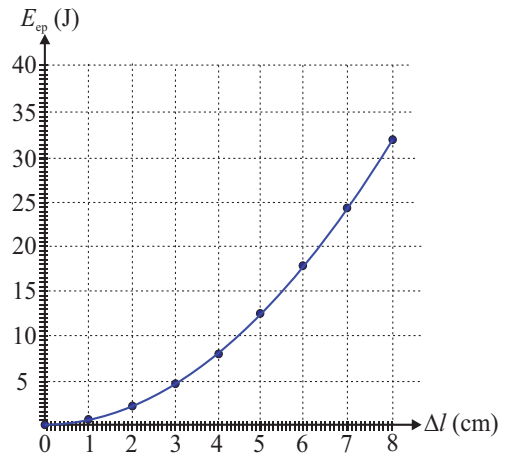


Слика 2. Еластичната потенцијална енергија кај збиена пружина.

На првиот цртеж од Слика 2, пружината е во недеформирана состојба, при што нејзината должина е l_1 . На вториот цртеж пружината е збиена и нејзината должина е l_2 . Големината на збивањето изнесува $\Delta l = l_1 - l_2$. На третиот цртеж пружината повторно е во првобитната недеформирана состојба. Еластичната потенцијална енергија е предадена на топката и се претворила во кинетичка енергија.

На Слика 3 е даден график на зависност на еластичната потенцијална енергија од издолжувањето за пружина со константа на еластичност $k = 10000 \text{ N/m}$. Како и кај зависноста на кинетичката енергија од брзината и овој график е квадратна крива, односно парабола.

Еластичната потенцијална енергија е важна во многу механизми: во автомобилските амортизери, во лаковите и стрелите, во часовниците на навивање, во сите механички системи кои привремено складираат енергија за да може истата да ја ослободат подолгу. Кога телото ќе се врати во почетната недеформирана состојба, неговата потенцијална еластична енергија не исчезнува – таа се претвора во друг облик на енергија, најчесто во топлинска енергија, поради триењето на телото со други тела или се предава на некое друго тело во форма на кинетичка енергија.



Слика 3. Зависност на еластичната потенцијална енергија на пружина од издолжувањето.



АКТИВНОСТИ

1. Балон и ливчиња од хартија

Затегнете балон врз цилиндар кој е отворен од двете страни, направен од картон или од пластика. Врз затегнатиот балон поставете мали ливчиња од хартија или зрна од ориз. Од долната страна внимателно затегни ја мембраната на балонот и отпушти ја. Што се случи со телата кои беа поставени врз мембраната? Во кој вид енергија се претворила еластичната потенцијална енергија на издолжената мембрана?

2. Ластиче и монета

Помеѓу две цврсто заковани клинчиња на дрвена штица врзете ластик. Ставете монета на ластикот и држејќи ја монетата издолжете го ластикот. Што се случува со монетата кога ќе го отпуштите ластикот? Кои претворби на енергија настанале? Во следните обиди издолжете го ластикот малку повеќе од претходниот обид. Што забележувате? Дали при поголемо издолжување монетата измина поголем пат? Нацртајте график на зависноста на изминатиот пат од издолжувањето на ластикот. Дали графикот е права?

3. Автомобил на пружина

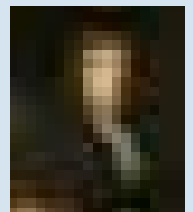
Земете автомобил-играчка кој ако го повлечеш наназад и го пуштиш, ќе почне да се движи напред. Размисли што има во оваа играчка којашто добива енергија со движење наназад? Кои трансформации на енергија настануваат кога автомобилот ќе го пуштиме да се движи? Дали поминатиот пат на автомобилот зависи од тоа колку тој бил повлечен наназад?



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Роберт Хук (Robert Hooke, 1635 – 1703)

Хук бил англиски научник кој дал еден од најзначајните придонеси во разбирањето на еластичноста. Тој прв го формулирал законот кој денес го знаеме како Хуков закон. Хук забележал дека кај многу материјали, пружини и еластични тела, големината на деформацијата е пропорционална со силата што ја предизвикува. Ова откритие е основа на формулата: $F = k \cdot \Delta l$. Овој закон не само што објаснува како се однесуваат пружините, туку претставува основа за изучување на материјалите кои се употребуваат за изградба на мостови, згради, на мерни инструменти. Исто така, Хук проектирал машини, часовници и е еден од основачите на микроскопската биологија. Хук прв го употребил зборот „клетка“ за да ги опише најмалите граѓени единици од кои се изградени организмите.



ЗА 5+

Бидејќи пружината може да ја издолжуваме или да ја збиваме, ја опишуваме како еластично тело. Но, во природата речиси сите материјали: металите, пластиката, дрвото, каменот, па дури и човечките коски, можат да се деформираат. Овој тип на деформација е многу мал и често не забележлив, но физиката го опишува со физичка величина што е карактеристична за секој од материјалите. Оваа физичка величина се нарекува Јунгов модул на еластичност и се означува со E . Тој претставува својство на материјалот и не зависи од обликот или од големината на телото.

Колку е поголем Јунговиот модул, толку е потврд материјалот и толку помалку се издолжува под дејство на сила. Доколку е познат Јунговиот модул на еластичност, може да се пресмета колку ќе се издолжи тело со должина l и со напречен пресек S под дејство на сила F . Формулата со којашто може да се пресмета релативното издолжување е:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S}.$$

Знаењето на Јунговиот модул се користи при дизајнирање мостови, авиони, автомобили, спортска опрема и медицински импланти.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Пружината во пенкало при притискање со прстот добива многу мала енергија, приближно 0,001 J. Оваа енергија е доволна пружината да го турне врвот на пенкалото кон надвор и кон внатре.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е еластична деформација? Објасни со свој пример кога некое тело се враќа во првобитната форма.
2. Пружина се издолжува за Δl . Колку пати ќе се зголеми потенцијалната енергија на пружината ако ја издолжиме двапати повеќе?
3. Пружина со константа на еластичност 100 N/m е издолжена за 0,05 m. Пресметај ја нејзината еластична потенцијална енергија.
4. Колкава е еластичната потенцијална енергија на пружина ако нејзината константа е 50 N/m, а пружината е збиена за 4 cm?
5. Ластик се издолжува за 3 cm, а потоа уште за 3 cm. Колку пати ќе се зголеми еластичната потенцијална енергија на ластикот вториот пат во однос на првото издолжување?



ЗАПОМНИ

- Деформација е секоја промена на обликот или на големината на телото. Деформациите може да бидат еластични и пластични.
- Еластична потенцијална енергија е енергијата што ја има деформирано еластично тело. Телото ја добива таа енергија кога се издолжува или кога се збива.
- Еластичната потенцијална енергија се ослободува кога телото се враќа во првобитната форма.
- Формулата за пресметување на еластичната потенцијална енергија е: $E_{\text{еп}} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2}$, каде што со $E_{\text{еп}}$ е означена еластичната потенцијална енергија (изразена во J), k е константата на еластичност (изразена во N/m), а Δl е издолжување или деформација (изразена во m).

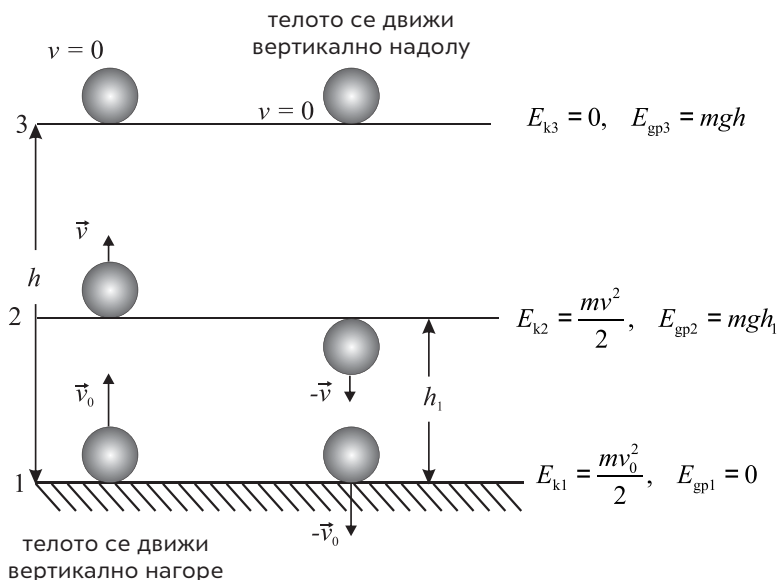
1.7. ЗАКОН ЗА ЗАПАЗУВАЊЕ НА МЕХАНИЧКАТА ЕНЕРГИЈА

ПОИМИ

механичка
енергијаизолиран
системзакон за запазување на
механичката енергија

Во претходните лекции учевме дека телото може да има кинетичка енергија кога се движи и потенцијална енергија кога се наоѓа на некоја висина над референтната рамнина или е еластично деформирано. Овие две форми на енергија (кинетичката и потенцијалната енергија), заедно ја сочинуваат **механичката енергија** на телото. Механичката енергија не исчезнува, ниту се создава одново, туку се претвора од еден во друг облик. Ако движењето на телата или појавите ги разгледуваме без да ги земеме предвид ефектите од силите на триење, тогаш велиме дека телото или појавата ја набљудуваме како **изолиран систем** или може да се каже дека изолиран систем е физички систем кој со својата околина не разменува ни материја ни енергија.

Во изолиран систем важи еден од најважните закони во физиката: **Законот за запазување на механичката енергија**. Според овој закон, ако на телото не дејствуваат сили на триење и отпор на воздухот, вкупната механичка енергија останува иста. Тоа значи дека збирот на потенцијалната и на кинетичката енергија не се менува.



Слика 1. Претворање на кинетичката енергија во гравитациона потенцијална енергија на тело фрлено вертикално нагоре.

Според овој закон, вкупната механичка енергија на телото се запазува и може да ја запишеме како збир од неговата кинетичка и потенцијална енергија, односно:

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

каде што со E е означена вкупната механичка енергија на телото, E_k е кинетичката

енергија на телото, а E_p е потенцијалната енергија, којашто може да биде еластична или гравитациска. Да разгледаме како се менува енергијата на топче што го фрламе вертикално нагоре со некоја почетна брзина v_0 , како што е прикажано на Слика 1. Во почетниот момент телото има само кинетичка енергија. Како се искачува телото, така се намалува неговата кинетичка енергија, но за сметка на тоа, се зголемува гравитациската потенцијална енергија. Во највисоката точка од траекторијата брзината на телото е нула, па телото нема кинетичка енергија. Во оваа точка телото има само гравитациска потенцијална енергија. Кога телото ќе почне да паѓа надолу, се намалува неговата гравитациска потенцијална енергија, а за сметка на тоа, се зголемува неговата кинетичка енергија. Во моментот пред удар со површината, целата гравитациска потенцијална енергија се претворила во кинетичка енергија на телото. За кои било две точки од траекторијата на движење на телото, може да запишеме:

$$E_1 = E_2 ,$$

каде што со E_1 е означена вкупната механичка енергија на телото во прва произволна точка од траекторијата, а со E_2 е означена вкупната механичка енергија на телото во втора произволна точка на траекторијата. Истата равенка може да ја запишеме и преку кинетичките и потенцијалните енергии што телото ги има во двете точки:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2} .$$

Со E_{k1} и E_{p1} се означени кинетичката и потенцијалната енергија во првата точка, а со E_{k2} и E_{p2} се кинетичката и потенцијалната енергија на телото во втората точка од траекторијата. Бидејќи вкупната енергија на телото во точката 1 е еднаква на кинетичката енергија на телото, а во точката 3 телото има само гравитациска потенцијална енергија, тогаш според Законот за запазување на механичката енергија, може да запишеме:

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h .$$

Ако сакаме да го запишеме законот во точката 1 и во точка која се наоѓа на висина h_1 над површината на Земјата имаме:

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h_1 .$$



РЕШЕН ПРИМЕР

Топче со маса 0,2 kg се пушта да паѓа кон површината на Земјата од висина 1,5 m без почетна брзина. Претпоставуваме дека нема триење и отпор на воздух. Колкава е неговата брзина непосредно пред да го допре подот? За големината на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

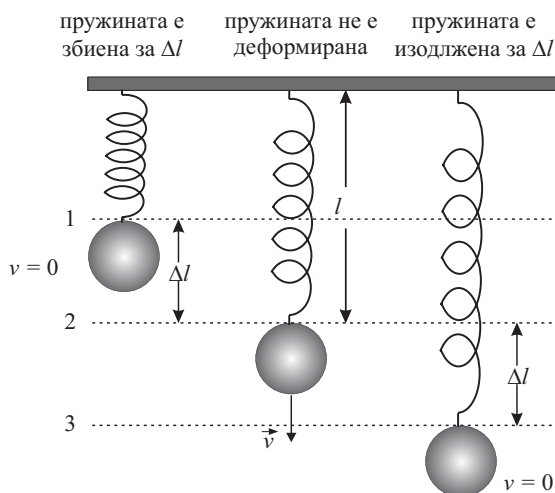
Дадено:	Топчето во почетниот момент има само гравитациска потенцијална енергија, додека во моментот непосредно пред да удри на површината има само кинетичка енергија. Согласно со Законот за запазување на механичката енергија во изолиран систем, имаме:
$m = 0,2 \text{ kg}$	$E_{p1} = E_{k2} .$
$h = 1,5 \text{ m}$	Од последнава равенка за брзината добиваме: $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} .$
$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	

Се бара:	$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1,5 \text{ m}} = 5,43 \frac{\text{m}}{\text{s}} .$
$v - ?$	Забележете дека за решавање на оваа задача не беше потребно да се знае вредноста на масата на телото, што значи, брзината со којашто ќе падне телото на подлогата, во отсуство на силата на отпор на воздухот, не зависи од масата на телото.

На Слика 2 е прикажано тело што е прикачено на пружина. Вкупната енергија на овој систем е збир од еластичната потенцијална енергија и кинетичката енергија на топчето. Ако со Δl ги означиме деформациите на пружината во првата и во третата точка соодветно, а со v ја означиме брзината што ја има прикаченото топче, кога пружината не е издолжена според Законот за запазување на механичката енергијата, за овие три точки може да запишеме:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2} = E_{k3} + E_{p3} ,$$

$$\frac{k \cdot \Delta l^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2} .$$



Слика 2. Претворање на енергијата од еластична потенцијална во кинетичка енергија и обратно кај изолиран систем составен од пружина и од тело со маса m .



АКТИВНОСТ

1. Претворање на енергијата кај математичко нишало

Закачете мало метално топче на нерастеглив конец, а крајот прицвстете го со држач за хоризонтална рамнина. Ваквиот систем во физиката се нарекува математичко нишало. Тргнете го топчето од рамнотежната положба и пуштете го. Движењето на овој систем е повторливо. Ваквото движење се нарекува осцилаторно движење. Објасни каква енергија има топчето непосредно пред да го пуштиш да осцилира. Кога топчето има максимална кинетичка енергија? Пуштете го топчето од различни висини и пресметајте ја брзината со којашто топчето минува низ рамнотежната положба. Нацртајте график на зависноста на брзината што топчето ја има во рамнотежната положба од висината од којашто е пуштено. Дали графикот е права? Дали математичкото нишало е изолиран систем? Дали по извесно време топчето ќе престане да се движи?

ЗА

5+

Законот за запазување на механичката енергија може да се примени при судири на две тела кои при судирот не се деформираат или слепуваат. Ваквите судири се наречени еластични судири. Пример за еластичен судир е судирот на две топки за билјард или на два камења во играта карлинг. Ако може да ги занемариме силите на триење за решавање на проблеми, кои вклучуваат судири, може да го примениме Законот за запазување на механичката енергија.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

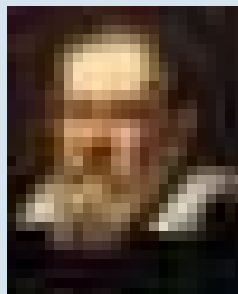
Во Вселената, каде што нема воздух и триење, механичката енергија на телата се зачувува речиси совршено, па сателитите можат да се движат со истата брзина околу Земјата без да трошат енергија.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Галилео Галилеј (Galileo Galilei, 1564–1642)

Галилеј бил еден од најсмелите научници во историјата, човек кој се осмелил да ги провери природните закони со експеримент, а не само со размислување. Во времето на Галилеј се верувало дека „потешките тела паѓаат побрзо од полесните“. Галилеј се посомневал во ова тврдење и почнал да набљудува како паѓаат различни предмети. Познат е експериментот со тела што ги пуштал да паѓаат од кривата кула во Пиза, каде Галилеј пуштил две топки со различна маса да паѓаат од иста висина. Спротивно на очекувањата на тогашните филозофи, двете топки стигнале до основата на кулата речиси во исто време. Тука се појавува неговото најважно сознание: идејата за запазување на механичката енергија. Галилеј забележал дека кога телото паѓа, неговата потенцијална енергија постепено се претвора во кинетичка енергија. Галилеј заклучил дека ако телата се движат во безвоздушен простор каде што нема отпор од воздухот, сите тела би паѓале со исто забрзување и вкупната механичка енергија на телото ќе остане непроменета.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Замисли дека можеш да фрлиш топка со иста почетна брзина на Земјата и на Месечината. Имајќи предвид дека на Месечината гравитациското забрзување е шест пати помало, објасни во кој случај топката ќе се искачи на поголема висина во однос на референтната рамнина.
2. Кои два вида енергија ја сочинуваат механичката енергија?
3. Мала ледена комета се движи околу планета во елиптична орбита. Во најоддалечената точка од орбитата има кинетичка енергија од 2000 J и гравитациска потенцијална енергија од 8000 J. Колкава е нејзината кинетичка енергија кога ќе се најде во точка каде што потенцијалната е 6000 J?
4. Топче се фрла вертикално нагоре. Во една точка од движењето, топчето е на висина од 0,2 m од референтната рамнина и има брзина од 3 m/s. Колкава ќе биде неговата брзина во точка на висина од 0,6 m ако триењето со воздухот можеш да го занемариш?
5. Топче се тркала од врв на наведена рамнина со висина од 1 m. Пресметај ја брзината што ќе ја има топчето на крајот на наведената рамнина.

Во двете последни задачи земи дека Земјиното забрзување изнесува $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.



ЗАПОМНИ

- Механичката енергија е збир од кинетичката и потенцијалната енергија на телото.
- Кога нема триење и отпор на воздух, движењето на телата може да се разгледува како изолиран систем.
- Во изолиран систем важи Законот за запазување на механичката енергија: вкупната механичка енергија останува постојана.
- Кај систем со пружина, вкупната механичка енергија е збир од еластичната потенцијална енергија и кинетичката енергија.

1.8. ЗАКОН ЗА ЗАПАЗУВАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА

ПОИМИ

Закон за запазување на енергијата

При секое движење на телата постои триење со честичките од воздухот или, пак, триење со подлогата по којашто се движи телото. Во овие случаи велиме дека системот не е изолиран, туку дека може да разменува енергија со околната средина.

Да разгледаме санка што се лизга на снег по наведена рамнина што преминува во хоризонтална подлога на дното од ридот. Спуштајќи се по ридот, на санката ѝ се намалува гравитациската потенцијална енергија и дел од таа енергија ќе се претвори во кинетичка енергија, но дел од енергијата ќе се претвори во топлина како резултат на триењето на санката со снегот и триењето со честичките од воздухот. Кога санката ќе се движи по хоризонтална површина, нејзината кинетичка енергија се намалува и на крајот таа ќе престане да се движи. Велиме дека кинетичката енергија целосно се претворила во топлина. Во 7 одделение учеше дека триењето е сила што се спротивставува на движењето. Кога две површини се допираат и се движат една врз друга, се создава топлина. Таа топлина е резултат на претворање на дел од механичката енергија во топлинска енергија.

Во вакви случаи механичката енергија не се зачувува целосно, туку дел од неа преминува во топлинска енергија. Но дури и тогаш, ако ги земеме предвид сите облици на енергија, вкупната енергија на системот останува иста. Тоа е основата на уште поширокиот закон, **Законот за запазување на енергијата**. Законот за запазување на енергијата може да го запишеме со помош на Законот за запазување на механичката енергија, односно:

$$E_1 = E_2 + Q,$$

каде што со E_1 е означена вкупната механичка енергија на телото во произволна прва точка од траекторијата додека со E_2 е означена вкупната механичка енергија на телото во произволна втора точка на траекторијата, а Q е механичката енергија што се претвора во топлина.



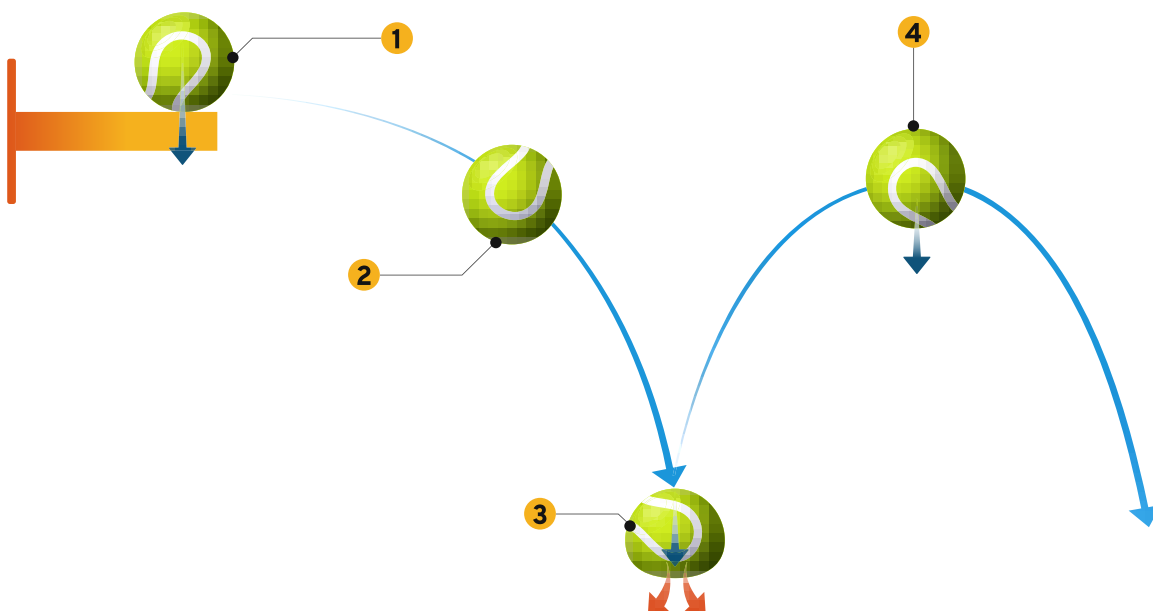
РЕШЕН ПРИМЕР

Ученик и санка со вкупна маса од 40 kg се на врв на рид висок 12 m. Ученикот со санката се спушта по падината и се движи кон подножјето на ридот. Поради триење со снегот, 30 % од почетната потенцијална енергија се претвора во топлина, а остатокот во кинетичка енергија.

- Колкава е почетната гравитациска потенцијална енергија на санката и на ученикот на врвот на ридот?
- Пресметај колку од гравитациската потенцијална енергија се претворила во топлина?
- Колкава е брзината на санката непосредно пред да стигне до подножјето?

За големината на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Дадено:	а) На врвот на ридот ученикот со санката има само гравитациска потенцијална енергија:
$m = 40 \text{ kg}$ $h = 12 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ $k = 30\% = 0,3$	$E_{\text{gp1}} = m \cdot g \cdot h = 40 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 12 \text{ m} = 4709 \text{ J}$
Се бара:	б) Бидејќи станува збор за систем кој не е изолиран, дел од почетната гравитациска енергија се претвора во топлина, односно:
$E_{\text{gp1}} - ?$ $Q - ?$ $v - ?$	$Q = k \cdot E_{\text{gp}} = 0,3 \cdot 4709 \text{ J} = 1413 \text{ J}.$ в) Користејќи го Законот за запазување на енергијата, имаме: $E_{\text{gp1}} = E_{\text{k2}} + Q ,$ $E_{\text{gp1}} = \frac{m \cdot v^2}{2} + Q ,$ $v = \sqrt{\frac{2}{m}(E_{\text{gp1}} - Q)} = \sqrt{\frac{2}{40 \text{ kg}}(4709 \text{ J} - 1413 \text{ J})} = 12,8 \text{ m/s} .$



Слика 1. Отскокнување на тениско топче.

На Слика 1 се дадени претворбите на енергија кои настануваат кога тениско топче паѓа од одредена висина и отскокнува од подлогата. Во почетната положба (1) топчето има само гравитациска потенцијална енергија. Во текот на падот гравитациската потенцијална енергија се намалува, но се зголемува кинетичката енергија на топчето (2). Кога топчето удира во подлогата (3), се менува неговиот облик. Кинетичката енергија

се претвора во еластична потенцијална енергија. Со враќање во првобитниот облик, еластичната потенцијална енергија се претвора во кинетичка енергија. Во највисоката точка (4) топчето повторно ќе има само гравитациска потенцијална енергија. Топчето нема да отскокне до висината од којашто е пуштено бидејќи дел од механичката енергија се претвора во топлина поради триењето на топчето со воздухот и со подлогата при ударот во неа.

Разбирањето на Законот за запазување на енергијата ни помага да разбереме многу природни појави: паѓањето на телата, движењето на планинските реки, работењето на машините, но и ни овозможува да дознаеме како енергијата се предава од едно на друго тело и се прераспределува во природата. Тоа е основа за понатамошно изучување на механиката, енергетиката и техниката.



АКТИВНОСТ

1. Изучување на Законот за запазување на енергијата со интерактивна интернет-страница

PhET Interactive Simulations е бесплатна образовна платформа создадена од Универзитетот во Колорадо, Боулдер (University of Colorado Boulder). Проектот го започнал нобеловецот по физика Карл Виман (Carl Wieman) со цел да се направат физичките закони поразбирливи преку интерактивни, визуелни и истражувачки симулации. Страницата содржи повеќе од 150 симулации од физика, хемија, биологија, математика и од геологија (наука за Земјата). До страницата може да пристапиш на следниот линк: <https://phet.colorado.edu/>.

На интернет-страницата <https://phet.colorado.edu/en/simulations/energy-skate-park>, поставена е симулацијата „Енергетски скејт парк“ (Energy Skate Park), која ќе ти овозможи да го истражуваш Законот за запазување на механичката енергија, односно како се претвора потенцијалната енергија во кинетичка енергија и обратно, при движење на скејтерот по различни патеки. Можеш да ја менуваш масата на скејтерот, да избереш различни патеки по кои ќе се движи, да ја менуваш големината на гравитациското забрзување и да ги разгледаш графиконите на потенцијалната, кинетичката и на вкупна механичка енергија. Во апликацијата можеш да ја вклучиш и силата на триење и да го изучуваш Законот за запазување на енергијата, односно како со текот на движењето дел од енергијата се претвора во топлина.

ЗА 5+

Кога две тела ќе се судрат и притоа настанува деформација на нивната форма или слепување, велиме дека телата пластично се судриле. Во овој случај не важи Законот за запазување на механичката енергија. Кај пластичните судири, поради деформациите, доаѓа до промена на нивната внатрешна енергија, односно дел од кинетичката енергија се претвора во топлина или во енергија на звук. Кај овие судири важи Законот за запазување на енергијата.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

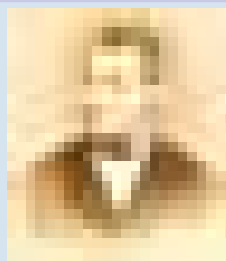
Перпетум мобиле или „вечна машина“ би бил уред што произведува повеќе енергија отколку што троши. Тоа значи дека би создал енергија „од ништо“, што директно го крши Законот за запазување на енергијата. Денес се знае дека не постои позната појава во природата каде што енергијата се појавува или исчезнува. Првите цртежи на „вечни машини“ се појавуваат уште во XIII век, кога пронаоѓачите замислувале тркала со различни тежишта или водени системи што би

се движеле сами. Во средниот век, па дури и во XIX век, многу талентирани инженери се обидува-
ле да ја надмудрат природата, но секој обид бил неуспешен. Денес до научните институти сèуште
пристигнуваат предлози за изградба на вакви машини кои, по правило, ги одбиваат веднаш би-
дејќи ги нарушуваат основните закони на физиката.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Јулиус Роберт фон Мајер (Julius Robert von Mayer 1814–1878)

Јулиус Мајер бил германски лекар и физичар кој прв јасно го формулирал принципот дека енергијата не може да се создаде или да се уништи — таа само се претвора од еден во друг облик. Овој принцип денес го знаеме како Закон за запазување на енергијата, а Мајер е еден од неговите најважни творци. Интересно е што Мајер до идејата дошол не во лабораторија, туку на брод, набљудувајќи ја бојата на крвта кај морнарите во тропските предели. Имено, крвта во вените со помало количество кислород е посветла од крвта во којашто има поголемо количество кислород. Поголемо количество кислород има кај луѓето кои работаат во студени предели поради поголемата потреба на организмот за создавање топлина. Фон Мајер забележал дека организмот произведува помалку топлина во топла клима, што го навело да размислува за тоа како телото ја претвора енергијата од храната во механичка работа и во топлина. Од овие набљудувања, Мајер заклучил дека енергијата никогаш не исчезнува, туку само го менува обликот. Во 1842 година ја објавил првата формулација на Законот за запазување на енергијата, тврдејќи дека топлината и механичката работа се само различни облици на една иста величина.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Дали Законот за запазување на енергијата во себе го содржи Законот за запазување на механичката енергија? Во кој случај двата закони се идентични?
2. Кроасан паѓа од маса на под. Зошто неговото крцкање при удар е доказ дека механичката енергија не исчезнала? Во што преминува?
3. Тело паѓа од висина од 5 m на под. Пресметајте ја топлинската енергија што се ослободила по ударот на телото во подлогата, сметајќи дека при падот не се создава звук.
4. Топка со маса од 0,15 kg паѓа од висина од 2,0 m. По ударот од подлогата, се искачува до висина од 1,2 m. Колкава е механичката енергија што се претворила во топлина и во звук при ударот?
5. Топче со маса од 0,3 kg се тркала по наведена рамнина со висина од 1,8 m. Почетната брзина со којашто топчето почнало да се тркала на врвот од рамнината била 1 m/s. При движењето 20 % од вкупната енергија се губи како топлина. Колкава е брзината на топчето на крајот на наведената рамнина?

ЗАПОМНИ

- Кога има триење помеѓу телото и воздухот или подлогата, системот не е изолиран и дел од механичката енергија се претвора во топлинска енергија.
- Во неизолиран систем, механичката енергија не се зачувува.
- Законот за запазување на енергијата е поопшт од Законот за запазување на механичка енергија: енергијата никогаш не исчезнува и не се создава, туку само се претвора од еден во друг облик.

1.9. МЕХАНИЧКА РАБОТА

ПОИМИ

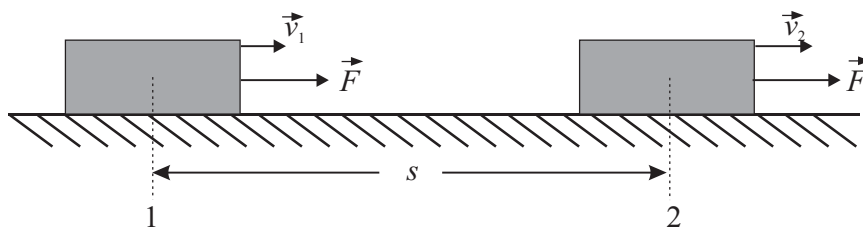
механичка работа (A)

Во секојдневниот живот често велíme дека „работиме“ – кога пишуваме домашна задача, копаме во градината или поместуваме мебел. Но во физиката зборот работа има многу прецизно значење. **Механичка работа** се врши само кога под дејство на сила некое тело се поместува. Ако туркаме масивен гардеробер и тој не се поместува од место, иако сме се измориле, во физичка смисла велíme дека не е извршена механичка работа, бидејќи телото не се поместило. Доколку, пак, со истата сила дејствуваме на тело со помала маса и успееме да го поместиме, тогаш е извршена механичка работа, затоа што на телото му е пренесена енергија.

Работата е мерка за тоа колку енергија се пренесува на телото на кое дејствува сила. Колку е поголема силата или поголемо растојанието на коешто телото се придвижува (поместувањето на телото) под дејство на таа сила, толку е извршена поголема механичка работа. На Слика 1 е прикажано поместување на едно тело во правец и насока на дејството на силата. Механичката работа ја означуваме со A и ја пресметуваме со следнава формула:

$$A = F \cdot s,$$

каде што со F е означена големината на силата што врши работа, а s е големината на поместувањето во насока на силата. Основна единица за механичка работа е џул (J). Работа од 1 J е извршена кога сила од 1 N поместува тело за 1 m. Тоа е многу мало количество работа. Со формулата може да пресметате дека за подигање на чоколада со маса од 100 g на висина од 1m, ќе се изврши работа приближно од 1 J. Затоа, во практични ситуации, работата се изразува во kJ или во MJ.



Слика 1. Силата F врши механичка работа, поместувајќи го телото од положба 1 во положба 2.

Кога вршиме работа, ние ја менуваме енергијата на телото. Ако подигнеме книга од под на полица, над книгата е извршена работа и таа добива поголема гравитациска потенцијална енергија. Кога ја туркаме количката напред, силата со којашто дејствуваме на телото ја зголемува кинетичката енергија на количката. При издолжување на пружина, вршиме работа којашто се претвора во еластична потенцијална енергија на пружината. Затоа велíme дека механичката работа секогаш е поврзана со пренесување или со промена на енергијата.

Според Законот за запазување на енергијата, енергијата не може да се создаде ниту да исчезне, туку само се претвора од еден во друг облик или се пренесува од едно во друго тело. Кога телото извршува работа, тоа предава дел од својата енергија; кога врз него се врши работа, телото добива енергија. На пример, кога едно тело паѓа од определена висина врз површината на Земјата, на телото дејствува гравитациската сила на Земјата. Велиме дека гравитациската сила врши работа, при што гравитациската потенцијална енергија на телото се намалува. Ако ние го подигаме телото од референтната рамнина на некоја висина, тогаш работата што ја извршуваме ние се претвора во гравитациска потенцијална енергија на телото.

Работата може да биде позитивна, негативна или нула. Позитивна работа имаме кога дејството на силата и поместувањето се во иста насока. Имајќи го предвид ова, во претходниот пример може да кажеме дека гравитациската сила врши позитивна работа кога телото паѓа. Негативна работа се врши кога силата дејствува спротивно од движењето. Силата на триење секогаш е насочена во спротивна насока од насоката на брзината на телото, па според тоа, механичката работа што ја врши силата на триење е негативна величина.

Механичката работа е еднаква на нула ако телото не се поместува или, пак, ако силата дејствува под прав агол во однос на насоката во којашто сакаме да го поместиме телото, исто како кога држиме масивен ранец и не го движиме.


РЕШЕН ПРИМЕР 1.

Ученик турка кутија со книги по хоризонтална рамнина со сила од 60 N и притоа кутијата се поместува 6 m во насока на дејството на силата. Силата на триење е 20 N.

- Колку работа извршува ученикот?
- Колку работа извршува силата на триење?
- Колкава е вкупната промена на механичката енергија на кутијата?

Дадено:	а. Механичката работа што ја извршува ученикот е:
$s = 6 \text{ m}$	$A_1 = F \cdot s = 60 \text{ N} \cdot 6 \text{ m} = 360 \text{ J}.$
$F = 60 \text{ N}$	б. Работата на силата на триење е негативна поради тоа што дејството на силата на триење е во спротивна насока од поместувањето:
$F_{\text{тр}} = 20 \text{ N}$	$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} \cdot s = -20 \text{ N} \cdot 6 \text{ m} = -120 \text{ J}.$
$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	в. Промената на механичката енергијата е еднаква на вкупната работа што е извршена од двете сили:
Се бара:	$\Delta E = A_1 + A_{\text{тр}} = 360 \text{ J} - 120 \text{ J} = 240 \text{ J}.$
$A_1 - ?$	Забележавте дека оваа промена на вкупната механичка енергија е всушност промена на кинетичката енергија на телото, бидејќи телото се движи по хоризонтална рамнина.
$A_{\text{тр}} - ?$	
$\Delta E - ?$	

Важно е да се знае дека работата не зависи од обликот на патот, туку само од почетната и од крајната положба на телото. Последниов заклучок ни дава можност да извршуваме работа со помала сила. Без разлика дали одреден предмет го подигаме вертикално нагоре или го туркаме по наведена рамнина, доколку предметот сме го подигнале на иста висина во однос на референтната рамнина, тогаш извршената работа е иста по големина. Она што се менува е големината на силата со којашто треба да дејствуваме. Затоа еден од најстарите и најважни начини да се олесни извршувањето механичка работа е употребата на коса рамнина или рампа. Таа овозможува со многу помала сила да се подигне товар на иста висина отколку кога би се кренал вертикално нагоре. Замисли дека треба да подигнеш кутија со маса 50 kg на висина од 1 m . Ако ја кренеш нагоре, треба да дејствуваш со сила еднаква на тежината на кутијата. Но ако користиш наведена рамнина долга 5 m , силата со којашто дејствуваш е многу помала, иако патот е подолг. Вкупната работа е иста, бидејќи и во двата случаи телото добива иста гравитациска потенцијална енергија, но работата со рампа е далеку полесна за изведување. Формулата за работа ни покажува и зошто:

$$A = F \cdot s \Rightarrow F = \frac{A}{s}.$$

Ако поместувањето е поголемо, потребната сила е помала – и затоа наведените рамнини и долги патеки на ридови се толку корисни во секојдневниот живот. На Слика 2 е прикажано подигање на топка на некоја висина и туркање истата топка по наведена рамнина до истата висина. Во вториот случај топката се поместува повеќе во однос на почетната положба, но затоа силата со којашто се дејствува е помала.



Слика 2. Во двата случаи е извршена иста работа.



РЕШЕН ПРИМЕР 2.

Тело со маса од 30 kg треба да се подигне на висина од 1 m .

- Пресметај ја механичката работа што е потребна за телото да се подигне вертикално нагоре?
- Колкава сила треба да дејствува на телото ако се користи наведена рамнина долга 4 m за негово подигнување на истата висина? Триењето на телото со рамнината да се занемари.

За големината на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Дадено:	а. За телото да се подигне нагоре, треба да се дејствува со сила еднаква на тежината на телото, односно:
$m = 30 \text{ kg}$ $s_1 = 1 \text{ m}$ $s_2 = 4 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$A = F \cdot s_1 = G \cdot s_1 = m \cdot g \cdot s_1 = 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{ m} = 294,3 \text{ J}.$
Се бара:	б. Истата работа сега треба да се изврши кога телото се турка по наведена рамнина, но сега, за да се подигне на висина од 1 m, потребно е телото да се помести за 4 m по наведената рамнина. За силата што е потребна да дејствува на телото имаме:
$A = ?$ $F_2 = ?$	$A = F_2 \cdot s_2 \Rightarrow F_2 = \frac{A}{s_2} = \frac{294,3 \text{ J}}{4 \text{ m}} = 73,6 \text{ N}.$



АКТИВНОСТ

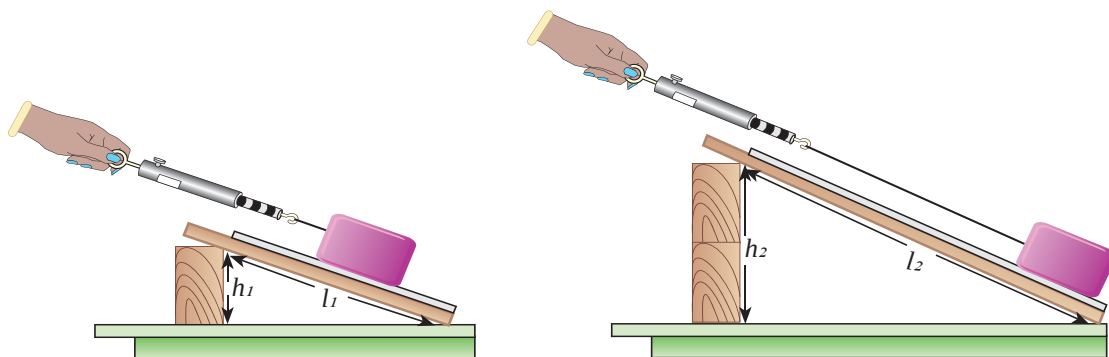
1. Наведена рамнина и влечна сила

Земи дрвена штица долга приближно еден метар, мала количка или тег и динамометар кој ќе ти покаже со колкава сила треба да дејствуваш за да го повлечеш телото во одреден правец. Прво, постави ја штицата речиси вертикално, како импровизирана мала „карпа“. Закачи го динамометарот за количката или за тегот и почни внимателно да го влечеш телото нагоре со постојана брзина. Динамометарот ја покажува потребната сила за да го подигнеш телото на определена висина, што е еднаква на тежината на телото.

Во вториот дел од оваа активност постави го едниот крај од штицата врз дрвен блок, така што штицата сега претставува наведена рамнина. Измери ја висината на којашто ја подигна штицата и целата нејзина должина, овие две величини ќе ти покажат колку е стрмен наклонот. Повторно закачи го динамометарот за количката и влечи ја количката по наведената рамнина нагоре со постојана брзина. Дали силата со којашто дејствуваш е помала или поголема од силата со којашто го подигаше телото вертикално нагоре. Постапката на влечење на телото по наведената рамнина повтори ја за поголеми наклони на наведената рамнина. За секој наклон, измери ја силата со којашто го влечеш телото. Што можеш да заклучиш? Резултатите од мерењата внеси ги во табелата:

	Висина h (cm)	Должина l (cm)	Количник $\frac{h}{l}$	Влечна сила F (N)	Тежина G (N)	Количник $\frac{F}{G}$
1.						
2.						
3.						

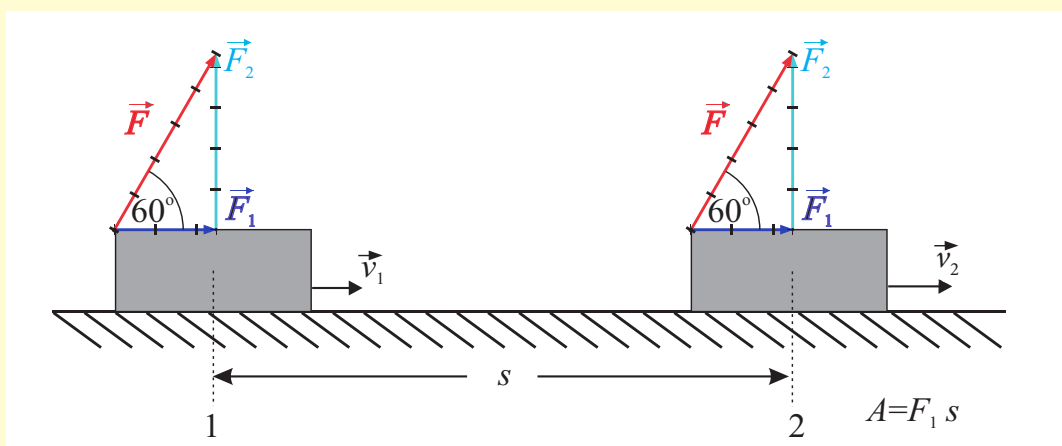
Како се менува силата со којашто влечеше со менување на висината? Дали влечната сила секогаш е помала од тежината? Каква е врска меѓу односот h/L и потребната сила? Зошто наведена рамнина го олеснува подигањето?



Слика 3. Движење на тело со постојана брзина по наведена рамнина.

ЗА 5+

Во многу реални ситуации силата не дејствува во правецот на движењето. На пример, кога влечеме куфер за рачка или кога влечеме санка со јаже, силата зафаќа одреден агол со хоризонталната површина. Но, телото се движи во една одредена насока. Поради тоа, не целата сила врши работа, туку само онаа компонента што го придвижува телото во правец на саканото поместување. За да ја пресметаме работата на силата што дејствува под определен агол во однос на поместувањето, потребно е да се одреди компонентата на силата што е во правец на поместувањето. На Слика 4 подолу е прикажано дејство на сила $F = 5 \text{ N}$ под агол од 60° во однос на хоризонталната површина. Ако силата се разложи на компоненти, од кои едната е во правец на поместувањето F_1 , а другата е под прав агол во однос на поместувањето F_2 , лесно може да се одреди дека хоризонталната компонента е $2,5 \text{ N}$. Работата на оваа компонента на силата може да се пресмета со формулата за механичка работа. Работата на вертикалната компонента на силата е нула бидејќи е под прав агол во однос на поместувањето.



Слика 4. Работа на сила што дејствува под агол во однос на поместувањето на телото.

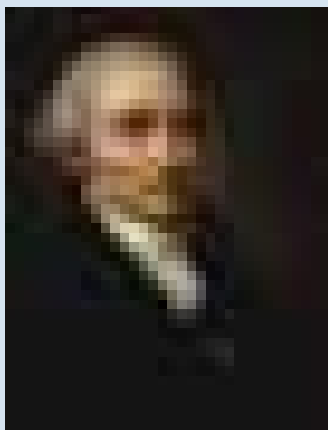


ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Планинските патеки се долги токму заради тоа што се „природни коси рамнини“. Иако планинарите се движат по подолг пат, тие употребуваат помала сила за да се искачат на врвот на планината.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Жозеф Луј Лагранж (Joseph-Louis Lagrange, 1736–1813)



Лагранж бил еден од најголемите европски математичари и физичари. Роден во Торино, Италија, тој уште како млад бил фасциниран од прашањето: „Што го одредува движењето на телата?“ Наместо да ги изучува движењата само преку сили, како Њутн, Лагранж сфатил дека многу појасно може да се објасни движењето ако се следи како се менува енергијата на телото и колку работа е потребна за тоа движење. Тој бил првиот што ја разбрал врската меѓу кинетичката енергија, потенцијалната енергија и механичката работа. Лагранж покажал дека телото секогаш се движи по траекторија по којашто се извршува најмала можна работа, што подоцна станало основа на модерна механика (дел од физиката што ги поврзува работата, енергијата и движењето на телата).



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто велиме дека не е извршена механичка работа ако телото не се движи, иако дејствува сила?
2. Кога силата врши негативна механичка работа врз телото? Наведи пример.
3. Зошто вкупната работа при подигање товар на некоја висина е иста и со користење на наведена рамнина и при директно подигање на товарот по вертикала?
4. Количка се турка по под со сила од 10 N и притоа се поместува за 2,5 m. Колкава работа е извршена? Ако знаеш дека силата на триење била 1 N, пресметај колкава работа извршила силата на туркање.
5. Лифт ја подига кутијата со маса од 25 kg на петти кат на висина од 12 m.
 - а) Колкава работа врши лифтот при подигање на кутијата?
 - б) Ако за ова подигање на лифтот му е потребна енергија од 8 kJ, колку енергија е загубена во триење, отпор и во загревање на механизмите?



ЗАПОМНИ

- Механичка работа се врши само кога телото се придвижува под дејство на сила.
- Механичката работа се пресметува со формулата $A = F \cdot s$, каде што со A е означена механичката работа, F е силата, а s е големината на поместување на телото во насоката на силата.
- Основна единица за работа е џул (J).
- Кога силата врши механичка работа се менува енергијата на телото.
- Извршената механичка работа не се намалува со употреба на коса рамнина, туку се намалува силата што е потребна да се изврши работата.
- Механичката работа може да биде позитивна, негативна или нула во зависност од насоката на движењето и од правецот и насоката на дејството на силата.
- Механичката работа, енергијата и движењето се нераскинливо поврзани, а секоја промена на енергијата е резултат на извршена работа.

1.10. МОЌНОСТ И КОЕФИЦИЕНТ НА КОРИСНО ДЕЈСТВО

ПОИМИ

моќност (P)ват (W)коефициент на корисно
дејство/ефикасност

МОЌНОСТ

Во секојдневниот живот често велíme дека некоја машина „работи побрзо“ или дека е „помоќна“ од друга. Некогаш двајца ученици извршуваат иста работа. На пример, се качуваат до ист кат во училиштето, но еден од нив на катот стигнува за 10 s, а другиот за 20 s. Иако и двајцата ученици извршиле еднаква по големина механичка работа, едниот од нив ја завршил работата побрзо и велíme дека има поголема моќност. Или, пак, нека две светилки светат една минута. Едната троши помалку енергија од другата. Иако времето е исто, втората светилка потрошила повеќе енергија, што значи, има поголема моќност.

Во физиката, **моќноста** ни покажува колку работа се извршува во единица време, но и колку енергија се троши или се претвора во друг вид, во единица време. Ако работата е иста, но времето е пократко, тогаш моќноста е поголема.

Моќноста во физиката ја означуваме со P и се пресметува како количник помеѓу извршената работа A и времето за коешто е извршена таа работа:

$$P = \frac{A}{t}.$$

Може да се каже и дека моќноста претставува брзина со којашто се извршува некоја работа. Ако работата се изрази во J, а времето во s, тогаш ја добиваме единицата за моќност - ват (W). Еден ват претставува моќност кога се врши работа од 1 J за време од 1 s.

Моќноста може да се дефинира и преку потрошената или пренесената енергија од едно на друго тело. Ако со E ја означиме енергијата што се потрошила или била предадена на друго тело, тогаш моќноста може да се пресмета според формулата:

$$P = \frac{E}{t}.$$

Затоа светилките, апаратите, моторите и електричните уреди секогаш имаат ознака за нивната моќност искажана во W или во kW - токму за да покажат со каква брзина трошат или претвораат енергија. Со моќноста многу лесно може да се објаснат разликите меѓу уредите. Правта може да ја собереме и со рачна четка, како и со правосмукалка. Но, правосмукалката има мотор со многу поголема моќност и затоа за кратко време извршува иста работа којашто со рака би ни одзела многу повеќе време. Истото важи и за две светилки: ако светилките имаат различна моќност, светилката со поголема моќност ќе свети посилно бидејќи во една секунда претвора повеќе електрична енергија во светлина.

Ако знаеме колку изнесува моќноста на некој уред, тогаш може да пресметаме колкава работа може да се изврши во одреден временски интервал. Работата може да ја пресметаме според формулата:

$$A = P \cdot t.$$

Од последнава равенка може да заклучиме дека работа од 1 J врши уред/машина чијашто моќност изнесува 1 W за време од 1 s. Затоа, честопати работата наместо во J се изразува во ват-секунди (Ws) или во киловат-часови (kWh). Потрошената електрична енергија во домовите се мери во kWh, $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ J}$.

Електричен уред/Машина	Моќност
ЛЕД светилка	5–15 W
Лаптоп	30–90 W
Фрижидер	100–250 W
Електричен бојлер	1500–3000 W
Клима-уред	2500–5500 W
Електричен велосипед (e-bike)	200–500 W
Електричен автомобил	100–350 kW
Патнички авион	20–75 MW
Вселенски ракети	2,5–23 GW

Табела 1. Во табелата се дадени интервали на моќност на некои електронски уреди/машини.



РЕШЕН ПРИМЕР 1.

Ученичка со маса од 40 kg се искачува по скали на висина од 2 m за време од 5 s. Колкава е нејзината моќност? За големината на Земјиното забрзување да се земе дека изнесува:

$$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}.$$

Дадено:	За да се искачи ученичката по скалите нагоре, треба да изврши работа еднаква на зголемувањето на нејзината потенцијална енергија:
$m = 40 \text{ kg}$	
$h = 2 \text{ m}$	
$t = 5 \text{ s}$	
$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	Нејзината моќност е:
Се бара:	
$P = ?$	

КОЕФИЦИЕНТ НА ПОЛЕЗНО (КОРИСНО) ДЕЈСТВО

Во реалниот свет ниту една машина или уред не ја претвора целата внесена енергија во корисна работа. Дел од енергијата секогаш се губи (најчесто во вид на топлина и создавање звук). Колку тие загуби на енергија се помали, велиме дека машината

или уредот е поефикасен. При поместување на тело со туркање со константна сила, корисна работа е работата на силата што турка и ја зголемува кинетичката енергија на телото, но освен оваа работа, мора да се совлада и работата на силата на триење.

За да измериме колку е ефикасна некоја машина или уред во користење на внесена-та енергија, или, пак, да покажеме колкав дел од вкупната извршена работа отпаѓа на корисната работа, во физиката е воведена физичката величина **коефициент на полезно (корисно) дејство** или **ефикасност**. Коефициент на корисно дејство е количникот помеѓу корисната работа (A_k) и вкупната вложена работа (A_{vk}). Коефициентот на полезно дејство е бездимензионална величина и вообичаено се означува со η (се чита „ета“):

$$\eta = \frac{A_k}{A_{vk}} .$$

Тој коефициент може да се искаже и во проценти:

$$\eta = \frac{A_k}{A_{vk}} \cdot 100 \% .$$

Коефициентот на полезно дејство може да се пресмета и како количник од **корисната енергија и вложената енергија**, изразен во проценти.

$$\eta = \frac{E_k}{E_{vk}} \cdot 100 \%$$

Ако една машина или уред има коефициент на корисно дејство од 80 %, тоа значи дека 80 % од енергијата што ја искористила машината се претворила во она што нам ни треба, а 20 % се изгубиле како топлина, звук или вибрации. На пример, нека ефикасноста на светилката со жичено влакно е 10 %. Ова значи дека од вкупната потрошена електрична енергија, 10 % светилката ги претвора во светлинска енергија, а дури 90 % се губат во форма на топлина. Кај електричните уреди, голема ефикасност значи помала потрошувачка на електрична енергија; кај моторите поголема ефикасност значи добивање поголема влечна сила со помалку гориво.

Уред/Машина/Мотор	Коефициент на полезно дејство
Електричен мотор (наизменична струја)	85–95 %
Електричен мотор (права струја)	75–90 %
Светилка со жичено влакно	5–10 %
Халогена светилка	10–20 %
ЛЕД светилка	40–60 %
Електричен грејач	99 %
Мотор на бензин	20–30 %
Дизел-мотор	30–40 %
Електричен велосипед	60–80 %
Електричен автомобил	70–90 %

Табела 2. Во табелата се дадени интервали за коефициент на полезно дејство за некои уреди.



РЕШЕН ПРИМЕР 2.

Светилка троши 60 J енергија за 1 секунда. Од нив само 12 J се претвораат во светлина, а остатокот во топлина.

- Колкав е коефициентот на полезно дејство на светилката?
- Колку енергија во светилката се претвора во топлина?

Дадено:	а. Коефициентот на полезно дејство на светилката е:
$W = 60 \text{ J}$ $t = 1 \text{ s}$ $W_{\text{light}} = 12 \text{ J}$	$\eta = \frac{W_{\text{light}}}{W} = \frac{12 \text{ J}}{60 \text{ J}} = 0,2$
Се бара:	б. Енергијата што се претвора во топлина е разлика помеѓу вкупната енергија што ја троши светилката и светлинската енергија:
$\eta = ?$ $Q = ?$	$Q = W - W_{\text{light}} = 60 \text{ J} - 12 \text{ J} = 48 \text{ J}$



АКТИВНОСТИ

1. Пресметување на твојата моќност

Искачи се по школските скали до првиот кат. Со штоперка измери го времето потребно да ја извршиш оваа работа. Со метро измери ја висинската разлика помеѓу двата ката, а на вага измери ја својата маса. Пресметај ја работата што си ја извршил за качување на првиот кат, а потоа и твојата моќност. Обиди се следниот пат, без да трчаш, да се искачиш на првиот кат, но сега движејќи се со поголема брзина. Повторно измери го времето за оваа активност и пресметај ја твојата моќност во овој случај. Што можеш да заклучиш? Во кој од случаите ти требаше повеќе време? Дали работата што ја заврши во двата случаи е еднаква? Дали твојата моќност била еднаква во двата случаи?

2. Коефициент на корисно дејство кај електричните уреди

Кај електричните уреди, голема ефикасност (или голем коефициент на полезно дејство) значи помала потрошувачка на електрична енергија; кај светилките поголема ефикасност значи дека светилката ќе зрачи повеќе светлина, притоа трошејќи помалку електрична енергија. Затоа, сите електрични уреди имаат ознаки, како што се „A“, „A+“, „A++“, „B“, „C“ итн. Овие ознаки го претставуваат коефициентот на полезно дејство на уредите. На Слика 1 е дадена шема на овие ознаки, односно класи на потрошувачи. Истражи колкав коефициент на полезно дејство претставува секоја од ознаките, односно класите. Избери еден електричен уред од твојот дом, па истражи колку енергија троши за еден час кога е вклучен. Значи, треба да откриеш која е неговата ознака за коефициент на корисно дејство и колкав дел од вкупната енергија што ја троши уредот се претвора во корисна енергија.

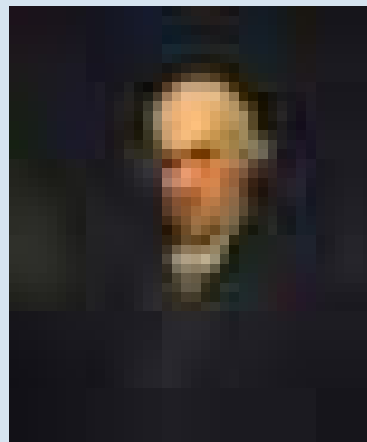


Слика 1. Шема на ознаки за различни класи на потрошувачи.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Џејмс Ват (James Watt, 1736–1819)

Ват бил шкотски пронаоѓач и инженер кој оставил огромно влијание врз развојот на техниката и индустријата. Роден во Гринок, Шкотска, уште како дете покажувал голема љубопитност за работата на различни механизми: рано научил да расклопува и поправа часовници, механички играчки и мали алатки. Ват работел како производител на научни инструменти на Универзитетот во Глазгов. Таму првпат дошол во контакт со парните машини, кои во тоа време биле многу неефикасни и трошеле огромно количество енергија, а вршеле мала корисна работа. Најголем придонес во науката и во техниката на Ват се подобрување (зголемување на коефициентот на полезно дејство) на парната машина, воведување на терминот моќност во науката и во индустријата, но и ја поставил основата за модерно разбирање на енергијата, работата и технолошките уреди. Тој ја редизајнирал парната машина така што го зголемил нејзиниот коефициент на полезно дејство. Благодарение на неговите подобрувања, парната машина станала вистински мотор што ја движел индустриската револуција: фабриките, рудниците, бродовите и железницата. Во негова чест, единицата за моќност е наречена ват (W).



ЗА 5+

Користејќи ја основната формула за пресметување на моќноста:

$$P = \frac{A}{t},$$

може да изведеме и друга формула за нејзино пресметување доколку ја искористиме формулата за пресметување на механичка работа: $A = F \cdot s$. Ако ја вметнеме оваа формула за работа во изразот за моќност, добиваме:

$$P = \frac{F \cdot s}{t}.$$

Имајќи предвид дека количникот на поместувањето и времето за кое е извршено тоа поместување претставува брзина со којашто се движело телото, односно:

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

заменувајќи во изразот добиваме:

$$P = F \cdot v.$$

Ова е многу важна формула, затоа што ни кажува дека моќноста зависи од две величини: силата што дејствува на телото и брзината со која се движи телото под дејство на таа сила. На пример, моторите кај автомобилите и камионите, при иста моќност, „влечат“ со поголема сила напред доколку нивната брзина на движење е помала. Затоа, при искачување по нагорнини, возачите ја намалуваат брзината на возилата за да добијат поголема влечна сила од моторот.

2. Коефициентот на корисно дејство не мора да се пресметува само преку работата или енергијата. Во случаи кога работиме со машини кои постојано извршуваат работа, како што се: мотори, пумпи, електрични уреди или транспортни системи, многу е полесно истиот да го пресметаме преку моќноста. Во ваков случај коефициентот на корисно дејство се пресметува со формулата:

$$\eta = \frac{P_k}{P_{vk}} \cdot 100\%.$$

каде што: P_k е моќноста што машината ја дава во корисна работа, P_{vk} е вкупната моќност што машината ја прима од изворот на енергија (електрична, хемиска или механичка). До оваа равенка може да се дојде и ако броителот и именителот во формулата за коефициент на корисно дејство, зададен преку извршената работа, ги поделиме со времето, знаејќи дека односот на работата и времето ја дава моќноста.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Џејмс Ват ја изразува моќноста во единици „коњска сила“ (HP). Една коњска сила е еднаква на 745,7 W. И денес, понекогаш, моќноста на автомобилските мотори се изразува во оваа единица.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- Објасни со свои зборови што е моќност. Дали две машини што извршуваат иста работа можат да имаат различна моќност? Зошто?
- Зошто ниту една машина или уред нема коефициент на корисно дејство 100 %?
- Триј ги дланките една од друга неколку секунди. Колкава корисна работа си извршил? Колкав е коефициентот на полезно дејство на оваа активност?
- Еден ученик качува ранец од 5 kg на висина од 2 m за 4 s. Колкава е неговата моќност?
- Мотор троши 5000 J електрична енергија за 10 s. Неговиот коефициент на полезно дејство е 40 %.
 - Колку корисна енергија дава моторот?
 - Колку е неговата моќност?
 - Колку енергија се губи како топлина?



ЗАПОМНИ

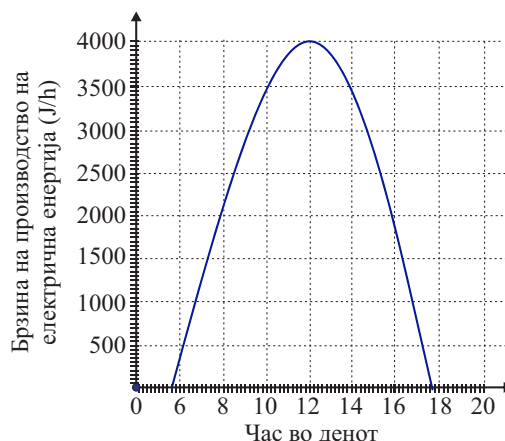
- Моќност е количникот на извршената работа и времето за коешто се врши таа работа.
- Основната мерна единица за моќност во SI е еден ват (1 W).
- Коефициент на корисно дејство се пресметува како количник на корисната работа и вкупната извршена работа.
- Ниту една машина не ја претвора целата вложена енергија во корисна работа. Дел од енергијата секогаш се губи (триење, топлина, звук).

ТЕМА 1.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ

1. Што претставува извор на енергија? Наведи три извори на енергија.
2. Зошто фосилните горива се сметаат за необновливи извори на енергија?
3. Ефектот на стаклена градина доведува до:
 - а) Намалување на температурата
 - б) Глобално затоплување
 - в) Поголема маса на Земјата
 - г) Побавно движење на воздухот.
4. Зошто кинетичката енергија на тело што паѓа кон површината на Земјата постојано се зголемува?
5. Опиши како се менува потенцијалната енергија при пад на тело од одредена висина.
6. Како се пресметува еластичната потенцијална енергија?
7. Објасни кога силата што дејствува на телото не врши механичка работа?
8. Која е разликата помеѓу корисна и вложена енергија?
9. Срцето користи хемиска енергија за да пумпа крв. Во период од 30 min срцето извршува механичка работа од 3 kJ. Ако во истиот период телото потрошило 30 kJ хемиска енергија:
 - а) Колку проценти од енергијата оди за работата на срцето?
 - б) Колку енергија се претворила во топлина?
 - в) Објасни зошто топлинските загуби се важни за одржување на телесната температура.
10. Соларен панел прима 1000 J од Сонцето за 1 min. Во истото време произведува 220 J електрична енергија, при што 150 J се апсорбираат како топлина во панелот, а остатокот се рефлектира.
 - а) Пресметај колку енергија се рефлектира од панелот?
 - в) Колкав е процентниот удел на рефлектирана енергија?
11. Даден е графикот што ја покажува брзината со којашто се произведува електрична енергија на еден мал соларен панел во текот на денот во единици џули на час (J/h).
 - а) Одреди во кој период од денот панелот произведува најмногу енергија.
 - б) Во кој период од денот панелот не произведува електрична енергија.
 - в) Во колку часот панелот произведува електрична енергија од 1000 J/h.
 - г) Објасни зошто производството на енергија е ниско наутро и навечер.
12. Автомобил со маса од 900 kg се движи со брзина од 40 km/h, а потоа со 80 km/h.
 - а) Пресметај ја кинетичката енергија на автомобилот во двата случаи.
 - б) Колку пати е поголема кинетичката енергија кога автомобилот се движи со брзина од 80 km/h во споредба со тоа кога се движел со брзина од 40 km/h?

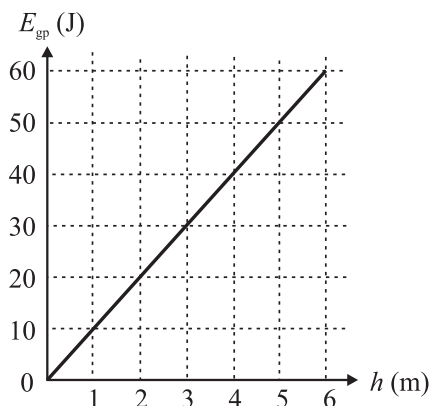


Во сите задачи подолу, ако не е наведено поинаку, да се земе дека големината на Земјиното забрзување изнесува:

$$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}.$$

13. Скијач со маса од 70 kg се спушта по падината на планината и достигнува брзина од 12 m/s. Движејќи се по рамна површина, неговата брзина се намалила на 8 m/s. Пресметај ја промената на кинетичката енергија на скијачот.

14. На графикот е прикажана зависноста на гравитациската потенцијална енергија на тело со непозната маса подигнато на различна висина во однос на референтната рамнина. Одредете го наклонот на правата и со добиената вредност пресметајте ја масата на телото. Големината на Земјиното забрзување во оваа задача земи дека изнесува: $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

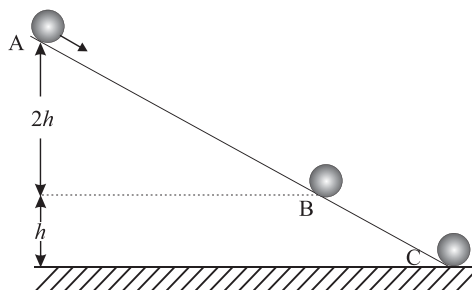


15. За тело со непозната маса измерена е гравитациската потенцијална енергија (E_{gp}) кога телото е поставено на различна висина (h) во однос на референтната рамнина. Резултатите од мерењата се дадени во табелата десно.
- Нацртај график на зависноста на гравитациската потенцијална енергија од висината на којашто се наоѓа телото.
 - Прочитај од графикот: колкава е гравитациската потенцијална енергија на телото кога се наоѓа на висина од 1,2 m над референтната рамнина?
 - Пресметај го наклонот на графикот и со помош на таа вредност одреди ја масата на телото. Големината на Земјиното забрзување во оваа задача земи дека изнесува: $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

h (m)	E_{gp} (J)
0	0
0,5	10
1,0	20
1,5	30
2,0	40

17. Две пружини имаат константи на еластичност 50 N/m и 100 N/m. Двете се издолжуваат за исто растојание 0,08 m.
- Пресметај ја еластичната енергија за секоја пружина.
 - Колку пати е поголема еластичната потенцијална енергија на пружината со поголема константа?

16. Тело е пуштено да се тркала по наведена рамнина. Во точката А неговата кинетичка енергија изнесува 20 J додека, пак, неговата кинетичка енергија во точката В изнесува 60 J. Пресметај ја кинетичката енергија на телото во точката С на крајот од наведената рамнина. Колкава била потенцијалната енергија на телото во точката А? Триењето со подлогата и воздухот може да се занемари.



17. Вентилатор врши работа од 4500 J за 1 минута.
- Пресметај ја моќноста на вентилаторот.
 - Колку работа ќе изврши вентилаторот за 10 минути ако моќноста остане иста?
18. Ученик со маса од 45 kg оди по скали и за 6 s се искачува на висина од 2,4 m.
- Пресметај ја извршената работа.
 - Пресметај ја моќноста на ученикот.
 - Ако телото му генерира 20% повеќе енергија од извршената работа (поради загуби), колку е вкупната потрошена енергија?
19. Човек крева тег со маса 20 kg на висина 0,7 m за време од 0,8 s.
- Пресметај ја работата.
 - Пресметај ја моќноста на подигањето.
 - Ако мускулите искористиле само 25% од хемиската енергија, колку енергија потрошило телото?

Тема 2:

ВНАТРЕШНА ЕНЕРГИЈА И ТОПЛИНА

Иако телата околу нас мируваат, во нив постои непрекинато движење. Секоја градбена честичка на телото или супстанцата вибрира, се движи и разменува енергија со останатите честички. Поради движењето на градбените честички и нивните заемнодејства велиме дека телата и супстанците имаат внатрешната енергија. Со изучување на оваа тема ќе откриеш дека токму честичната градба и внатрешната енергија се клучот за разбирање на агрегатните состојби: цврста, течна и гасовита, како и нивните својства. Во оваа тема ќе научиш како се мери температурата и зошто основната единица за температура во SI е еден келвин, а не $^{\circ}\text{C}$.

Ќе научиш да ги поврзуваш промените на притисок, волумен и температура со тоа како се однесуваат честичките: зошто гасовите се шират, зошто течностите течат, и зошто цврстите тела ја задржуваат формата. Ќе разбереш дека топлината не е супстанца која тече, туку е енергија што се пренесува од едно тело на друго. Ќе ги запознаеш трите начини на пренесување на топлината: Кондукција, Конвекција и Радијација и ќе научиш како топлината од Сонцето доаѓа до Земјата иако помеѓу нив најголем дел од просторот е безвоздушен простор.

Резултати од учењето

Ученикот/ученичката ќе биде способен/способна:

- да ги објаснува агрегатните состојби и својствата на супстанците врз основа на нивната честична градба;
- да ги поврзува промените на притисок, волумен и температура кај цврстите тела, течностите и гасовите со нивната честична градба;
- да ги поврзува поимите внатрешна енергија и топлина;
- да ги објаснува начините на пренесување на топлината.

2.1. ГРАДБА НА СУПСТАНЦАТА

ПОИМИ

градбени
честичкиБрауново
движење

атом

хемиски елемент

електрон

честичен модел

молекула

соединение

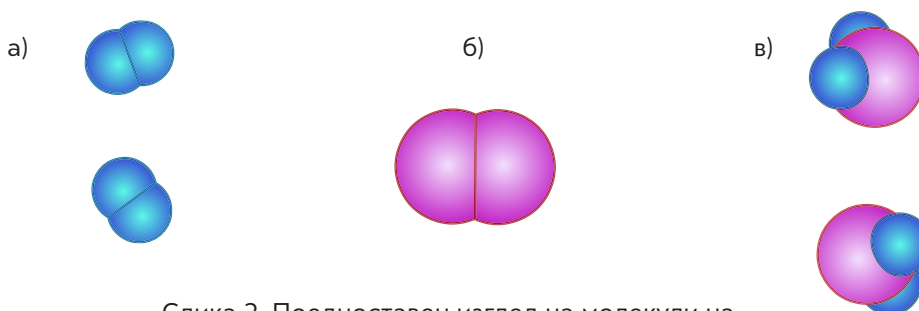
атомско
јдроелектронска
обвивка

Секој предмет околу нас, водата што ја пиеме, воздухот што го дишаме, каменот и дрвото, е составен од многу мали честички. Уште пред повеќе од две илјади години, старогрчкиот филозоф Демокрит размислувал што ќе се случи ако земеме некој предмет и почнеме да го делиме на сè помали и помали делови. Тој претпоставил дека мора да постои најмала **градбена честичка**, толку мала што веќе не може да се подели. Оваа честичка ја нарекол **атом**, што на старогрчки значи „неделив“. Иако тогаш тоа било само филозофска мисла, без никаква научна потврда, многу подоцна, во 19

век, англискиот научник Џон Далтон ја оживеал идејата за атомот и го создал **честичниот модел** за градбата на супстанцата, односно ги поставил основите на научната теорија што денес е наречена **честична теорија** или **атомска теорија**. Според оваа теорија, **хемиските елементи** се изградени само од еден вид честички наречени **атоми**. Денес знаеме дека и атомите имаат своја структура – **атомско јдро** и **електрони** кои кружат околу јадрото. Просторот каде што може да се најдат електроните се нарекува **електронска обвивка** на атомот. Атомите од еден хемиски елемент се идентични меѓу себе, но атомите од различни елементи меѓусебно се разликуваат.

Слика 1. Едноставен приказ на атомот – јадро околу коешто се наоѓаат електрони.

Два или повеќе атоми може да се врзуваат во **молекули** кои се најситни градбени единици на една супстанца и се носители на физичките и на хемиските својства на **соединението**. Како и атомите, молекулите од различни соединенија се разликуваат, но молекулите на исто соединение се идентични меѓу себе. Молекулите се составени од два или повеќе исти или различни атоми. Примери за молекули изградени од атоми од ист вид се молекула на водород (H_2), молекула на кислород (O_2). Овие молекули се изградени од два атоми на водород, односно од два



Слика 2. Поедноставен изглед на молекули на а) Водород, б) Кислород в) Вода

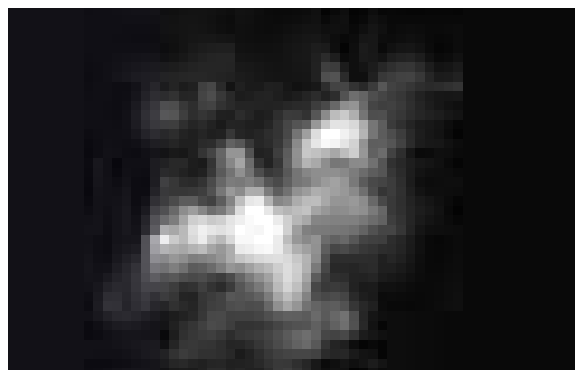
атоми на кислород. Пример за молекули составени од различни атоми се молекулата на водата (H_2O) и молекулата на јаглеродниот диоксид (CO_2). Молекулата на водата е изградена од два атоми на водород и еден атом на кислород, додека, пак, молекулот јаглеродниот диоксид е изграден од еден атом на јаглерод и два атоми на кислород. Во природата може да се најдат и молекули кои се создадени од илјадници атоми, како што се протеините или молекулите на полимерите (пластика).

Атомите и молекулите се толку мали што не можат да се видат ниту со најмоќните оптички микроскопи. Големината на различните атоми е различна, но може да сметаме дека таа изнесува приближно $0,1$ нанометар ($0,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$), што значи, во еден милиметар би можеле да се наредат еден до друг приближно 10 милиони атоми. Молекулите, кои се составени од два или повеќе атоми, се малку поголеми, но сепак остануваат во интервал од неколку нанометри. Масата на атомите исто така е многу мала: на пример, еден атом на водород има маса од приближно $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, а мала молекула, како водата, има маса којашто е приближно 18 пати поголема од таа вредност.

Атомите и молекулите не мируваат. Тие се во постојано движење. На пример, ако во просторија оставиме отворено шише од некој парфем, по извесно време мирисот ќе може да се почувствува во сите делови од просторијата. Ако во чаша со вода додадеме малку боја, по извесно време целата течност ќе се обои. Кај гасовите честичките меѓусебно постојано се судираат една со друга, ги менуваат правецот, насоката и големината на брзината со којашто се движат, па затоа нивното движење се нарекува уште и хаотично движење. Кај цврстите тела честичките не се движат транслаторно, туку само осцилираат околу рамнотежните положби, додека, пак, кај течностите грабените честички и осцилираат околу рамнотежните положби, но може и транслаторно да се движат.

Брауново движење: доказ за движењето на честичките

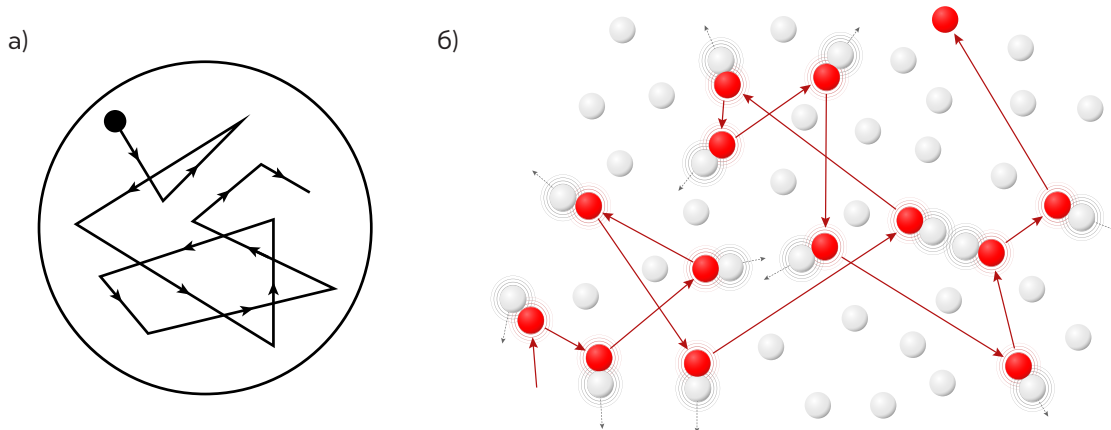
Чадот е составен од милиони мали цврсти честички и од ситни капки течност. Ако погледнете чад под микроскоп, како што е прикажано на Слика 3, ќе забележите прашинки од чад што ја рефлектираат светлината. Нивното движење во воздушна средина личи на искршена линија. Прашинката од чадот е доволно голема да може да се забележи, но има многу мала маса. Поради малата маса, таа може лесно да ги менува правецот и насоката на движење при судирите со околните честички (молекулите на гасот).



Слика 3. Честички од чад набљудувани под микроскоп

Ваквото движење е познато како **Брауново движење**, именувано во чест на научникот Роберт Браун, кој во 1827 година прв го забележал, набљудувајќи го движењето на полен поставен врз капка вода. Движењето на поленот по површината на водата

што Браун го набљудувал се должи на постојаните судири на молекулите на водата со поленот. Кога градбените честички на гас или на течност се судираат со ситни тела (на пр. полен на површината на водата или прашина во воздух), тие ги менуваат правецот и насоката на нивното движење. Теоријата што го проучува движењето на градбените честичките е наречена Молекуларно-кинетичка теорија и таа дава објаснување за Брауновото движење.



Слика 4. а) Графички приказ на движењето на честичката од полен во експериментот на Браун, б) Поедноставен приказ на хаотично движење на една набљудувана честичка како резултат на заемнодејството со другите честички од средината.



АКТИВНОСТИ

1. Движење на честичките во воздух

Во еден агол од училницата прснете парфем или дезодоранс. По извесно време, се забележува дека мирисот не останал само таму, туку се раширил насекаде низ просторот. Ова покажува дека честичките од дезодорансот се движат хаотично и се распоредуваат низ целата училница. Активноста може да се направи и со мирисливи стапчиња. Што можеш да заклучиш за движењето на честичките од парфемот?

2. Движење на честичките во течност

Во чаша со вода додај една капка прехранбена боја. По извесно време, ќе забележиш дека водата во чашата полека се обојува. На крај, целата вода во чашата е рамномерно обоена. Што се случило со честичките од бојата? Дали само честичките од бојата се движат или и честичките на водата?



ЗА

5+

Градбените честички на гасовите се движат со многу голема брзина до неколку стотици метри во секунда. Истражи како научниците успеале да ја измерат брзината на градбените честички на гасовите и дали сите честички се движат со иста брзина.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Средната брзина на молекулите на воздухот е поголема од 600 m/s.



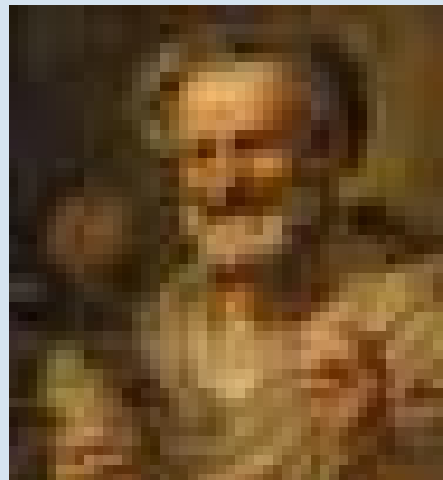
ПОЗНАТ НАУЧНИК

Демокрит (приближно 470 – приближно 380 пр.н.е)

Демокрит бил старогрчки филозоф од градот Абдера, познат како еден од најголемите мислители на своето време. Тој прв развил целосна теорија за атомизмот, идеја која иако потекнува од античкиот свет, денес е позната како основа на современата атомска физика. Според Демокрит, целиот свет е изграден од два елементи: атоми и празен простор.

Иако немал научни инструменти за да ја докаже својата претпоставка, Демокрит сметал дека атомите се вечни, неуништливи и секогаш во движење. Тие се разликуваат според формата и големината, а со нивното спојување се добиваат сите супстанции околу нас. Според него, неправилни атоми со остри рабови создаваат груби и цврсти материјали, додека мазните и заоблени се поврзуваат со меки и лесни супстанции.

Демокрит, исто така, верувал дека атомите се во постојано движење низ бесконечниот простор. Кога ќе се судрат, тие се спојуваат и се создаваат нови супстанции. На овој начин, тој ја објаснувал променливоста на природата, создавањето и претворањето на супстанците од еден во друг вид. Неговата идеја дека „ништо не настанува од ништо и ништо не исчезнува“ е зачудувачки слична на современиот Закон за запазување на енергијата и масата.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е атом и зошто се вели дека е основна градбена единица на хемискиот елемент?
2. Што е молекула и по што се разликува од атомот?
3. Дај пример за молекула составена од исти атоми и пример за молекула составена од различни атоми. Потсети се на она што си го учел на часовите по хемија.
4. Што е Брауново движење?
5. Дали честичките некогаш мируваат?



ЗАПОМНИ

- Супстанците се изградени од многу ситни честички.
- Честичките се во постојано движење.
- Атом е најмала честичка на хемискиот елемент.
- Молекула е најмалата честичка на соединението и е носител на неговите физички и хемиски својства.
- Молекулите се составени од два или повеќе истородни или разнородни атоми.

2.2. МЕЃУЧЕСТИЧЕН ПРОСТОР И МЕЃУЧЕСТИЧНИ СИЛИ

ПОИМИ

меѓучестичен простор

меѓучестични сили

дифузија

меѓумолекуларен простор

меѓумолекуларни сили

Секоја супстанца и секое физичко тело, без разлика дали е во цврста, течна или во гасовита агрегатна состојба, изградено е од огромен број градбени честички, атоми, јони или молекули кои меѓу себе заемнодејствуваат и меѓу кои постои празен простор. Празниот простор помеѓу честичките се нарекува **меѓучестичен простор**. Овој простор игра важна улога за повеќето својства на супстанците.



АКТИВНОСТ

1. Симулација на меѓучестичен простор

Стави во една поголема чаша неколку пинг-понг топчиња. Тие го симболизираат распоредот на честичките од една супстанца – наречена супстанца А. Потоа, во истата чаша дотури гравчишто зрна ќе ги симболизираат честичките од супстанца Б. На крај, во чашата стави песок кој ќе симболизира честички од трета супстанца – супстанца В. Што забележуваш? Дали во просторот помеѓу топчињата навлегоа зрната грав? Дали честичките песок ги исполнија празните простори помеѓу зрната грав?

Од оваа активност може да заклучиш дека **градбените честички од едната супстанца навлегуваат меѓу честичките на другата**, пополнувајќи ги празните простори. Овој модел покажува дека и кај супстанците постојат **празни меѓучестични простори** кои можат да се пополнат при мешање на две или повеќе различни супстанции.

Слична појава може да се набљудува кога сунѓерот ќе се натопи со вода. Водата навлегува во празнините меѓу влакната на сунѓерот.

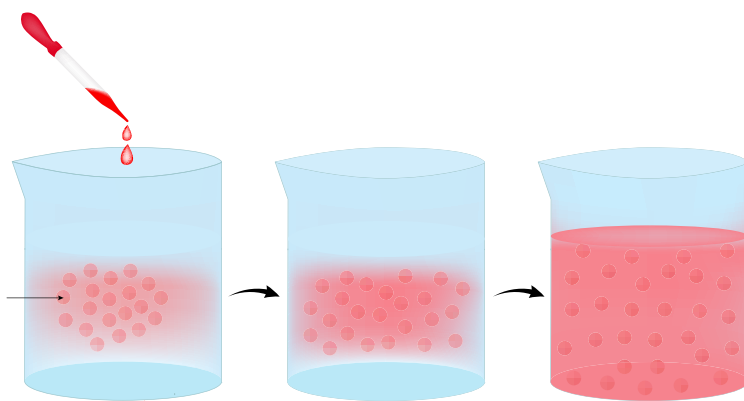


АКТИВНОСТ

2. Мешање на вода и алкохол

Во мензура стави 20 mL вода. Потоа додај уште 20 mL алкохол. Колкав е вкупниот волумен на смесата? Мензурата затвори ја и протреси ја така што течностите во неа добро да се измешаат. Повторно измери го волуменот на смесата? Дали овој волумен е поголем, помал или еднаков на почетниот волумен? Што можеш да заклучиш?

По мешањето на двете течности, се забележува дека вкупниот волумен е помал од 40 mL. Ова се случува затоа што молекулите на водата навлегуваат меѓу молекулите **на алкохолот**, пополнувајќи ги празните меѓучестични простори. Бидејќи основните градбени честички на водата и на алкохолот се молекули, просторот помеѓу молекулите го нарекуваме уште и **меѓумолекуларен простор**. Волуменот на смесата ќе се намалеше и без протресување на мензурата, но процесот ќе траеше подолго. Спонтаното мешање на честичките од две или повеќе супстанции се нарекува **дифузија**. Дифузијата е најбрза кај гасовите, а кај цврстите тела се одвива најбавно.



Слика 1. Дифузија на молекулите од боја во вода.

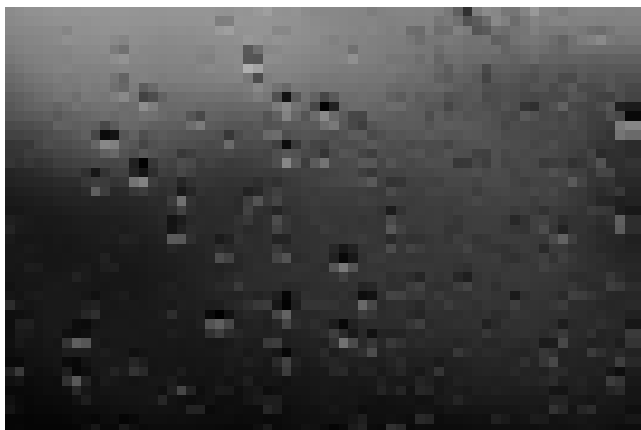
Некои физички својства на телата може да се објаснат со честичната теорија. На пример, може да се каже дека едно физичко тело е целина составена од голем број честички кои меѓусебно заемнодејствуваат. Овие заемнодејства се наречени **меѓучестични сили**. Телото има маса, бидејќи секоја честичка има одредена маса, и има волумен, бидејќи честичките заземаат одреден простор, а и меѓу нив постои меѓучестичен

простор. Физичките својства, како што се облик, цврстина, еластичност или способност за течење, зависат токму од големината на меѓучестичниот простор и од големината односно интензитетот на меѓучестичните сили.

Густина на една супстанца е количник од нејзината маса и волуменот кој го зафаќа таа маса. Супстанците кај кои честичките се многу блиску едни до други, односно имаат мал меѓучестичен простор, имаат голема густина. На пример, металите имаат голема густина бидејќи честичките во нив се наредени во правилни структури. Од друга страна, граббените честички кај гасовите се многу оддалечени едни од други, што доведува до многу мала густина.

Иако честичките се во постојано движење, телата не се распаѓаат на поединечни честички. Причина за тоа е постоењето на меѓучестичните сили. Ако супстанцата е направена од молекули, силите кои дејствуваат помеѓу нив ги нарекуваме **меѓумолекуларни сили**. Тие може да бидат привлечни или одбивни и благодарение на нив, цврстите тела го задржуваат својот облик, течностите може да течат, а гасовите може да се компримираат (збиваат). Меѓумолекуларните сили не се исто што и хемиските врски помеѓу атомите во молекулите; тие се многу послаби, но доволно интензивни за да ја одредат агрегатната состојба на супстанцата. Во цврстите тела тие се многу големи, па честичките може само да осцилираат околу своите рамнотежни положби. Во течностите силите се помалку интензивни од тие кај цврстите тела, па честичките може да се движат една покрај друга, што го овозможува нивното течење. Кај гасовите меѓумолекуларните сили се речиси занемарливи, па честичките се движат слободно во просторот. Со други зборови, разликите во големината на меѓумолекуларните сили и големината на меѓумолекуларниот простор објаснуваат зошто мразот е цврст, водата тече, а водената пара се шири низ воздухот.

Меѓумолекуларните сили дејствуваат на многу мали растојанија, помали од 0,000001 cm. На пример, ако скршиме парче креда и се обидеме парчињата повторно да ги составиме, тоа нема да ни успее. Молекулите не можеме да ги донесеме до такво растојание на коешто ќе дејствуваат привлечните меѓумолекуларни сили. Кај помеките материјали, може да се постигне такво приближување на молекулите, односно слепо-



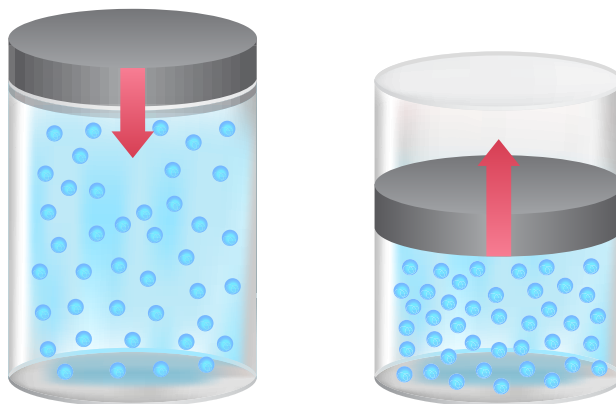
Слика 2. Меѓумолекуларни сили. Под дејство на кохезивните меѓумолекуларни сили, се создаваат капките вода. Под дејство на адхезивните меѓумолекуларни сили, капките вода може да се залепат на површината на стаклото.

вање. Врз површината на железна цевка лесно се нанесува боја со четка. Притоа, честичките од бојата се приближуваат до растојанија на коишто дејствуваат меѓумолекуларните привлечни сили.

Привлечните меѓумолекуларни сили може да бидат кохезивни и адхезивни сили. **Кохезивни сили** се меѓумолекуларни сили што ги држат заедно молекулите во истата супстанца. Поради кохезивните сили, течностите формираат капки, а цврстите тела ја задржуваат својата форма. **Адхезивни сили** се привлечни сили помеѓу молекули на различни супстанции. Тие објаснуваат зошто водата „се лепи“ на стакло или зошто мастилото се впира на хартија (Слика 2).

Меѓумолекуларните сили не се само привлечни – тие може да бидат и одбивни кога молекулите се премногу блиску една до друга. Поради одбивните сили, цврстите тела не може лесно да се згмечат или, пак, не можеме многу да го намалиме волуменот на воздух затворен во сад со клип (Слика 3).

Слика 3. Со збивање на воздухот во садот се намалува меѓумолекуларниот простор помеѓу молекулите од воздухот и се појавуваат меѓумолекуларни одбивни сили кои се спротивставуваат на понатамошното збивање на воздухот. Ако на клипот не се дејствува со сила вертикално надолу, тој ќе се подигне нагоре под дејство на одбивните меѓумолекуларни сили.



АКТИВНОСТ

3. Изучување за дифузија на гасови со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Дифузија“ (Diffusion) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_all.html и во двата затворени сада стави определен број честички од една и од друга супстанца. Во симулацијата, може да ја менуваш големината на честичките, нивната маса, како и температурата на супстанцата. Тргни ја препреката што ги раздвојува двата сада и објасни што се случува? Какво е движењето на честичките? Запиши како се менува распределбата на честичките во двата сада со текот на времето. Смени ја температурата на супстанцата. Дали дифузијата настанува побрзо во однос на тоа кога температурата била помала? Какви сили дејствуваат помеѓу честичките кога тие ќе се судрат меѓу себе?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Природните мириси од цвеќињата се шират благодарение на дифузијата и на слабите молекуларни сили.

ЗА 5+

Кога молекулите се приближуваат или се оддалечуваат една од друга, се менува нивната потенцијална енергија. Истражи како се менува потенцијалната енергија помеѓу две молекули во зависност од нивното меѓусебно растојание и како тоа влијае на тоа дали меѓумолекуларната сила ќе биде привлечна или одбивна.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Роберт Браун (Robert Brown, 1773–1858)

Шкотскиот ботаничар Роберт Браун при проучување на поленовите честички под микроскоп, во 1827 година, забележал нешто необично: поленовите честички во водата се движеле хаотично, неправилно и постојано, без да постои некаква видлива сила што ги придвижува. Тој внимателно ги повторувал своите набљудувања со различни материјали, прашинка, ситни честички од пигменти, и забележал дека движењето е присутно секогаш, независно од видот на честичките. Денес, тоа случајно и постојано движење го нарекуваме Брауново движење.

Иако Браун не можел да ја објасни појавата, неговото откритие било исклучително важно. Всушност, тоа бил првиот јасен експериментален доказ дека материјалите се составени од огромен број невидливи честички кои се во постојано движење. Подоцна, Алберт Ајнштајн и Жан Баптист Перен теоретски го опишале ова движење и математички покажале дека хаотичното движење на честичките е последица на судирите на молекулите на течноста, со што конечно се потврдilo дека супстанцата е изградена од честички.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е дифузија?
2. Дај еден пример од секојдневниот живот каде што се забележува дифузија.
3. Зошто дифузијата е важна за живите организми?
4. Во две чаши од по 200 ml ставаме вода и масло. Масата на маслото е помала. Што можеш да кажеш за густината и за честичната структура на овие две супстанции?
5. Зошто пластично шише наполнето со воздух може да се стисне, а пластично шише исполнето со вода речиси воопшто не може.



ЗАПОМНИ

- Помеѓу честичките на секоја супстанца постои меѓучестичен простор и дејствуваат меѓучестични сили.
- Дифузијата е доказ дека честичките се движат и дека помеѓу нив постои празен простор.
- Густината на супстанцата зависи од големината на меѓучестичниот простор.
- Меѓумолекуларните сили ги определуваат агрегатната состојба и физичките својства на супстанцата.

2.3. АГРЕГАТНА СОСТОЈБА НА СУПСТАНЦАТА

ПОИМИ

агрегатна
состојба

цврсто тело

течност

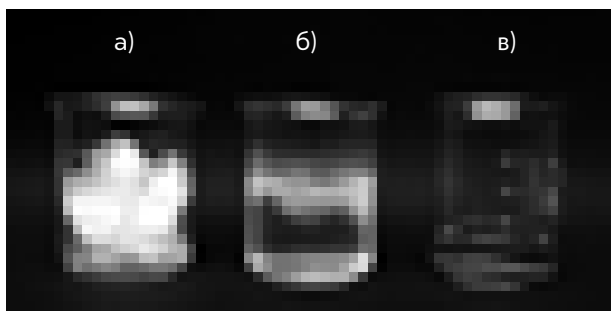
гас

кристално тело

аморфно тело

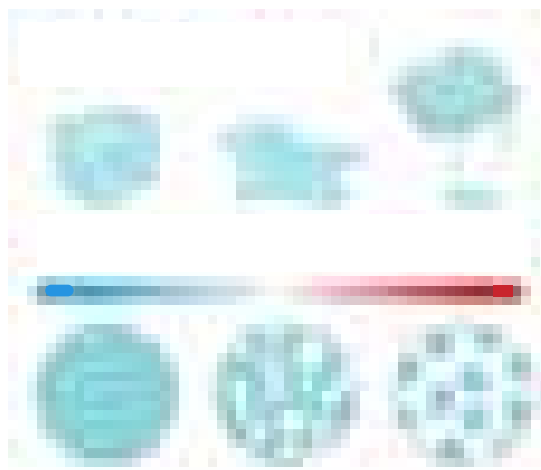
Агрегатна состојба на супстанцата е обликот во којшто супстанцата постои при одредена температура и притисок. Од агрегатната состојба зависи и начинот на којшто честичките (атоми, молекули или јони) се подредени во супстанцата и како се движат. Постојат три агрегатни состојби во коишто може да се најдат супстанците: **цврста**, **течна** и **гасовита**. Во различните агрегатни состојби, честичките имаат различни меѓучестични растојанија, дејствуваат различни меѓучестични сили и слободата за движење на честичките е различна. Поради тоа, обликот, волуменот и физичките својства на супстанцата се разликуваат во различните агрегатни состојби.

Водата кога е замрзната е во цврста агрегатна состојба, кога е на собна температура, таа е во течна агрегатна состојба, а, пак, кога водата ќе испари, велиме дека преминува во гасовита агрегатна состојба. Водата во цврста агрегатна состојба, има постојан волумен и облик и не може лесно да се деформира или да тече. Во течна агрегатна состојба, водата тече и нема постојан облик, туку го зема обликот на садот во којшто се наоѓа. Кога водата е во гасовита агрегатна состојба или водена пареа, таа нема постојан волумен и го исполнува целокупниот простор што е на располагање.



Слика 1. Вода во а) цврста, б) течна и во в) гасовита агрегатна состојба (мраз, течна вода, водена пареа). Со топење на мразот, водата преминува во течна агрегатна состојба. Дел од молекулите од течноста, кои се близу до површината, преминуваат во околниот воздух со испарување.

Иако иста супстанца изгледа многу различно во секоја од трите агрегатни состојби, дел од нејзините физички својства може да бидат објаснети врз основа на нејзината честична градба. Според оваа теорија, материјата е изградена од мали честички (градбени единки) кои се наоѓаат во состојба на постојано движење. Честичките заемнодејствуваат со привлечни меѓучестични сили кога се наоѓаат на мали меѓусебни растојанија, но тие сили се намалуваат со зголемувањето на меѓучестичниот простор. Ако честичките ги доближиме на многу мали растојанија помеѓу нив, тогаш се појавуваат одбивни сили.



Слика 2. Распоред на молекулите на вода во цврста, течна и во гасовита агрегатна состојба.

Цврсти тела, течности и гасови

Кај **цврстите тела**, честичките се распоредени многу близу една до друга и се организирани во правилен просторен распоред. Тие не можат слободно да се движат, туку само осцилираат околу своите рамнотежни положби. Меѓучестичниот простор е мал, а меѓумолекуларните сили кои дејствуваат помеѓу честичките се големи. Затоа, цврстите тела тешко се деформираат (издолжуваат или збиваат) и го задржуваат својот облик и волумен непроменет.

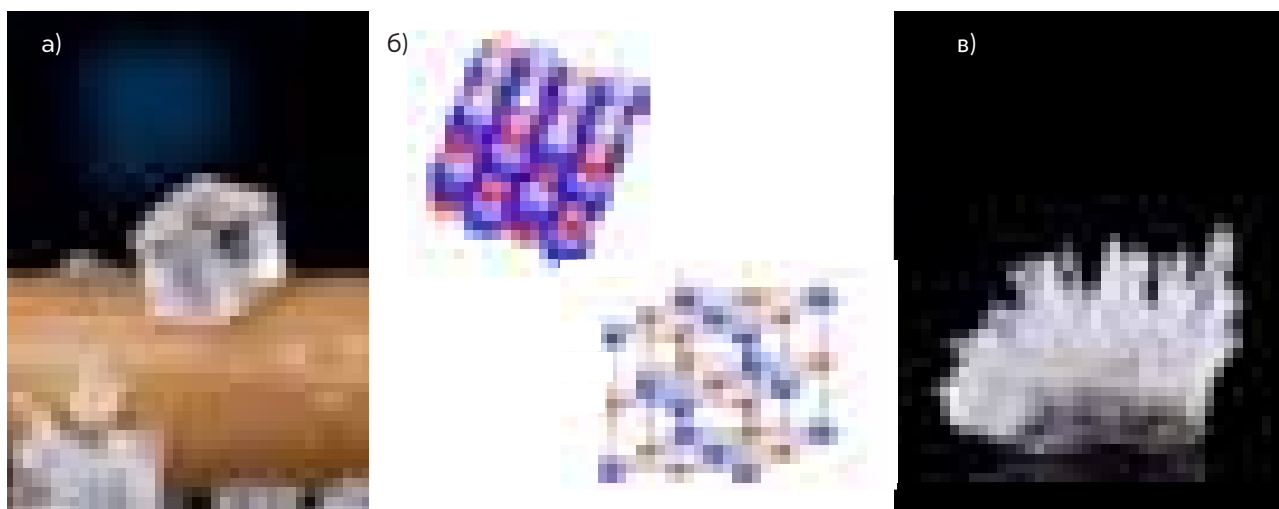
Кај **течностите**, честичките (најчесто молекули) се, исто така, блиску една до друга, но немаат правилен просторен распоред како што имаат честичките кај цврстите тела. Меѓумолекуларниот простор е мал, но сепак е поголем отколку кај цврстите тела. Меѓумолекуларните сили се доволно силни за честичките да останат блиску една до друга, но недоволно силни за да ги задржат во правилен распоред како кај цврстите тела. Затоа течностите имаат постојан волумен, но го менуваат обликот, заземајќи го обликот на садот во којшто се наоѓаат. Молекулите кај течностите може да се движат во групи по неколку и да се лизгаат една покрај друга. Секоја молекула или група молекули при движењето во една насока дејствуваат врз други молекули на кои им пренесуваат дел од енергијата поради што и тие почнуваат да се движат во истата насока.

Кај **гасовите**, честичките (најчесто молекули) се оддалечени на многу поголеми растојанија во споредба со растојанијата помеѓу честичките кај цврстите тела и кај течностите. Меѓумолекуларниот простор е многу поголем во споредба со големина-та на самите молекули, а меѓумолекуларните сили се занемарливо мали. Може да се каже дека меѓумолекуларните сили дејствуваат само при судир, менувајќи ги правецот, насоката на нивното движење и брзината со којашто се движат молекулите. Затоа честичките во гасовите се движат слободно во сите насоки и со голема брзина. Гасовите немаат постојан волумен и го исполнуваат целиот простор (волумен) кој им е достапен. Големiot меѓучестичен простор кај гасовите овозможува нивно компримирање, односно намалување на нивниот волумен. Распоредот на молекулите кај водата во трите агрегатни состојби е даден на Слика 2.

Внатрешна структура кај цврстите супстанции

Во зависност од подреденоста на честичките, цврстите супстанции може да ги поделиме на две големи групи: кристални и аморфни.

Кај цврсти супстанции коишто имаат **кристална структура**, честичките се распоредени во правилен и периодичен просторен распоред. Оваа правилна структура, наречена **кристална решетка**, се повторува во сите правци на телото или на супстанцата. Затоа, овие супстанции имаат остри рабови, рамни површини и честопати правилни геометриски форми. Ако набљудуваме зрнце од сол, ќе забележиме дека тоа има речиси правилна геометриска форма на квадар. Оваа форма доаѓа од правилниот распоред на градбените единици натриум и хлор во кристалната решетка на солта. Без разлика колку е мало или големо зрнцето сол, јоните на натриумот и на хлорот се распоредени наизменично, како што е прикажано шематски на Слика 3а. Кристална структура



Слика 3. а) Зрнце од сол набљудувано со микроскоп. б) Правилен распоред на јоните на натриум и на хлор во кристалната решетка на солта в) Кристали на кварц

имаат и сите метали, шеќерот, кварцот и дијамантот. Од кристалната структура на супстанцата зависат нејзините физички својства, како што се точно определена температура на топење, тврдост, специфичен топлински капацитет, индекс на прекршување (за прозирни супстанции) и друго.

Аморфните тела немаат ваков правилен распоред на честичките. Градбените честички кај аморфните тела само во мал дел од просторот имаат правилен распоред, но не насекаде. Исто така, не постои периодична подреденост на честичките. На Слика 4а. е даден пример за распоред на честички кај кристално и аморфно тело. Аморфните тела, иако се цврсти, во исто време може да се однесуваат и како цврсти тела и како течности. Графитот, смолата, пластиката, восокот и асфалтот се примери за аморфни тела. Тие немаат точно определена температура на топење; наместо тоа, постепено омекнуваат при загревање. Ако парче смола се искрши на ситни парчиња и се остави во сад, по неколку месеци парчињата ќе се залепат и ќе ја добијат формата на садот, што е својство на течностите. Аморфните тела може и многу бавно да течат, што е уште едно својство слично со својствата на течностите.



Слика 4. а) Споредба на распоредот на честички кај тело со кристална структура и кај тело со аморфна структура. б) Смолата е во цврста агрегатна состојба, но бидејќи има аморфна структура, може бавно да тече



АКТИВНОСТ

1. Кристални и аморфни супстанции

Земи неколку материјали кои секојдневно ги користиш: сол или шеќер, пластична лажица или креда. Стави ги на масата и обиди се од секој од материјалите да скршиш помало парче. Потруди се да ја опишеш нивната форма: дали имаат остри рабови, рамни сидови и дали личат на правилни геометриски структури. Погледни го зрното на солта или на шеќерот со лупа или со микроскоп и ќе забележиш остри граници меѓу рамните површини. Спореди ги овие зрнца со парче пластика? Дали и парчето пластика има остри рабови или рамни страни? Обиди се да формулираш сопствено правило: како ќе препознаеш кристално, а како аморфно тело само врз основа на изгледот на мали парчиња од тоа тело?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

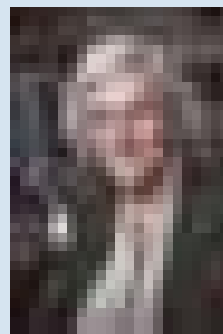
Водата во облаците истовремено може да постои како мраз, течни капки и како водена пареа.



ПОЗНАТА НАУЧНИЧКА

Дороти Кроуфут Хоџкин (Dorothy Crowfoot Hodgkin, 1910–1994)

Дороти Хоџкин била британска хемичарка којашто ја усовршила техниката на испитување на кристалната структура на материјалите со рентгенски зраци (зраци со многу голема енергија) и прва ги одредила атомските структури на неколку значајни биомолекули. Таа ја одредила структурата на холестеролот, на пеницилинот и најпознато – на витаминот В12. Нејзината работа поттикнала голем развој на хемијата и на медицината. За своите откритија, таа ја добила Нобеловата награда за хемија во 1964 година и се смета за една од најважните научнички во 20 век.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто мразот има постојан облик, а водата го зазема обликот на садот?
2. Како се менува движењето на честичките кога телото преминува од цврста во течна состојба?
3. Објасни зошто гасовите се компресираат многу полесно отколку течностите.
4. Наведи пример од секојдневието што докажува постоење на меѓучестичен простор кај гасовите.
5. Зошто свеќата е аморфно тело, а солта кристално тело?



ЗАПОМНИ

- Агрегатната состојба на супстанцата зависи од распоредот, движењето и од заемнодејството на честичките.
- Агрегатната состојба на супстанцата е последица на големината на меѓучестичниот простор и јачината на меѓучестичните сили.
- Во цврстите тела честичките се на мали меѓусебни растојанија и осцилираат околу своите рамнотежни положби.
- Во течностите честичките осцилираат и можат да се движат една покрај друга.
- Кај гасовите честичките се на големи меѓусебни растојанија и слободно се движат во сите правци и насоки.
- Според внатрешната структура, цврстите тела се делат на кристални и аморфни.

2.4. ТЕМПЕРАТУРА. ТЕМПЕРАТУРНИ СКАЛИ

ПОИМИ

температура (t)

Целзиусова температурна скала

Целзиусови степени ($^{\circ}\text{C}$)

Келвинова температурна скала

термометар

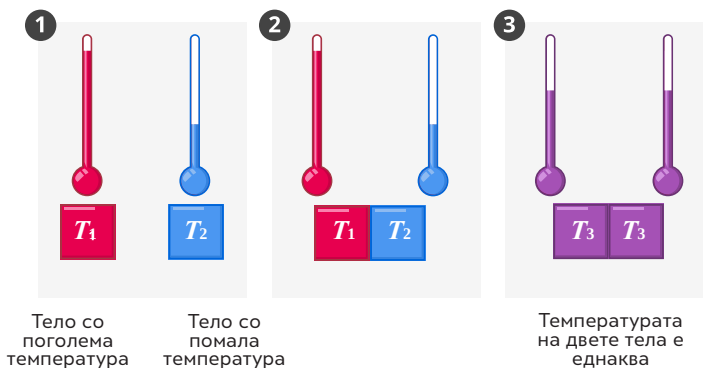
келвин (K)

апсолутна нула (T_0)

апсолутна температура

Секојдневно, без многу да размислуваме, велиме дека водата е топла, воздухот надвор е студен или дека телото „се загрева“. Но, што значи едно тело да биде повеќе или помалку загреано? Дали ако допреме дрвена и метална лажичка, која е поставена на истата маса, се исто загреани или чувствуваме дека дрвената лажичка е позагреана од металната? За да може објективно да ја процениме загреаноста на некое тело, во физиката е воведена физичката величина температура. **Температура** е мерка за степенот на загреаност на телата или на супстанциите. Таа е една од седумте основни физички величини во Меѓународниот систем на единици (SI).

За што е мерка температурата на телото, може да одговориме користејќи ја честичната теорија. Честичките во секое тело (атомите, јоните и молекулите) се во постојано движење. Кај цврстите тела честичките осцилираат околу рамнотежните положби, додека кај течностите и гасовите, честичките може и транслаторно да се движат. Честичките во која било од трите агрегатни состојби имаат кинетичка енергија којашто може да биде различна за секоја честичка. Бидејќи не можеме да ја измериме брзината (а со тоа и да ја пресметаме кинетичката енергија) на секоја честичка, може да сметаме дека сите честички се движат со некоја средна брзина и дека имаат средна кинетичка енергија. Со загревање на телото ја зголемуваме средната кинетичка енергија на честичките и обратно - со негово ладење средната кинетичка енергија на честичките се намалува. Имајќи го предвид ова, може да кажеме дека температурата е мерка за средната кинетичка енергија на граѓбените честички. Со загревање се зголемува средната кинетичка енергија на честичките, а со тоа и температурата на телото, а со ладење се намалува средната кинетичка енергија на честичките, а со тоа се намалува и температурата на телото. Ако загреано тело се постави во допир со поладно тело, доаѓа до ладење на првото тело и до загревање на второто. По извесно време, двете тела ќе имаат иста температура.



Слика 1. Пренесување топлинска енергија од тело со поголема температура на тело со помала температура

Температурни скали

За да ја измериме температурата, ни треба **температурна скала** со која ќе се измери степенот на загреаност на телото. Во науката и во секојдневниот живот, најчесто се користат две температурни скали: **Целзиусова температурна скала** и **Келвинова температурна скала**.

Целзиусовата температурна скала, создадена од шведскиот научник Андерс Целзиус, се базира на карактеристични точки на водата: температурата на замрзнување и температурата на вриење на водата. Целзиус го поделил овој интервал на 100 делови, при што е добиена единицата мерка од еден **Целзиусов степен**. Така, според Целзиусовата скала, температурата на замрзнување на водата (или топењето на мразот) е $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температурата на вриење на водата е $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ измерени при нормален атмосферски притисок. Температурата помала од $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, има негативна бројна вредност. На пример, стандардната температура за замрзнувач е $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сите температури што ги мериме во секојдневниот живот, метеоролошката прогноза на температурата на воздухот и многу научни мерења на температури се дадени во оваа скала. Кога означуваме температура измерена во Целзиусови степени, тогаш ја користиме ознаката t .

Во науката, особено во физиката, потребна е скала што е директно поврзана со енергијата на честичките. Таква скала е **Келвиновата температурна скала**. Таа не започнува од произволна точка, туку од температурата каде што честичките би имале најмала можна енергија. Тоа е температура на којашто движењето на честичките ќе престане. Оваа температура се нарекува **апсолутна нула** (ја означуваме со T_0) и има вредност $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во Келвиновата скала таа температура е дефинирана како нула келвини (0 K). Кога температурата ја изразуваме во келвини, тогаш сме ја измериле **апсолутната температура** на телото и ја користиме ознаката T . Поради ова и основната единица мерка во Меѓународниот систем на единици е келвин (K).

Претворањето на температурата од една на друга температурна скала се врши според следнава формула:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15.$$

Користејќи ја горнава формула, може да пресметаме дека температурата на мрзнење на водата е $273,15\text{ K}$, а температурата на вриење на водата изнесува $373,15\text{ K}$. Од последново може да заклучиме дека **промената на температурата** е иста, независно од тоа дали ќе ја изразиме во Целзиусови степени или во келвини. Ако сме ја загреале водата од температурата на мрзнење до температурата на вриење, ние сме ѝ ја промениле температурата за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, односно за 100 K .



РЕШЕН ПРИМЕР

Дали температура од $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ е поголема или помала од $290,15\text{ K}$?

Дадено:

$$t_1 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 290,15\text{ K}$$

Се бара дали:

$$t_1 > T_2$$

За да ја споредиме температурата, може или t_1 да ја изразиме во келвини или, пак, T_2 да ја изразиме во Целзиусови степени. Подолу се направени двете претворања:

$$T_1(\text{K}) = t_1(^{\circ}\text{C}) + 273,15 = 288,15\text{ K},$$

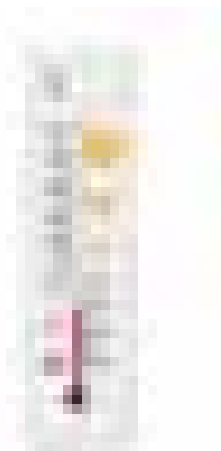
$$t_2(^{\circ}\text{C}) = T_2(\text{K}) - 273,15 = 17\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Може да заклучиме дека $t_1 < t_2$, односно $T_1 < T_2$.

Термометри

Мерните уреди со коишто ја мериме температурата се нарекуваат **термометри**. При конструкцијата на секој термометар (Слика 2а), искористено е некое својство на материјалите што зависи од температурата. Кај живиниот и кај алкохолниот термометар искористено е својството на течностите да го зголемуваат својот волумен со зголемувањето на температурата. Течноста е поставена во тесен стаклен или во пластичен сад кој на дното има резервоар. Кога течноста во резервоарот се загрева, таа се шири и се искачува по цевката. Покрај цевката е поставена градуирана скала каде што секој поделок одговара на одредена температура. Со читање на висината на течниот столб на градуираната скала ја мериме температурата. Денес сè помалку се употребуваат живини термометри бидејќи живините испарувања кои ќе се ослободат при кршење на термометарот се штетни за здравјето на човекот. Од друга страна, алкохолните термометри не може да се користат за мерење на висока температура бидејќи алкохолот испарува на 80°C . Најчесто се користат дигитални термометри каде што температурата се исчитува на екран (Слика 2б), а во состав на дигиталниот термометар има супстанца или тело чиешто електрични својства се менуваат со промена на температурата.

а)



б)



Слика 2. а) Изглед на термометар со течност. Течноста може да биде алкохол или жива.
б) Дигитален термометар со метална сонда



АКТИВНОСТИ

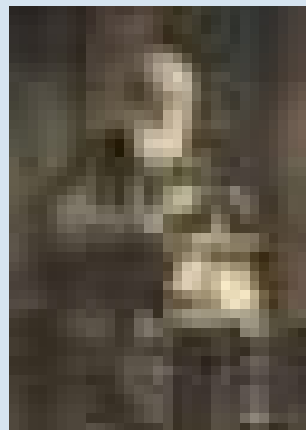
1. Изучување на зависноста на средната кинетичка енергија на честичките од температурата кај гасови со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Дифузија“ (Diffusion) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_all.html каде што и во двата затворени сада има определен број честички од една и од друга супстанца. Температурата во првиот сад нека биде многу голема, а во вториот сад намали ја колку што дозволува симулацијата. Како се смени средната брзина со којашто се движат честичките во првиот и во вториот сад? Каков заклучок можеш да изведеш за врската помеѓу средната кинетичка енергија на честичките и температурата?

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Лорд Келвин (William Thomson, 1824–1907)

Лордот Келвин бил еден од најзначајните физичари на 19 век. Неговиот најголем придонес е поврзан со разбирањето на топлината како форма на енергија и со дефинирањето на концептот апсолутна нула, односно најниската можна температура при којашто кинетичката енергија на честичките е нула. Келвин прв ја сфатил потребата од температурна скала којашто нема да се темели врз својствата на некоја одредена супстанца (како кај Целзиусовата скала), туку на фундаменталните закони на природата. Така ја предложил апсолутната скала на температурата, што започнува од 0 K и што е независна од какви било физички промени на супстанцата. Неговата работа ги постави темелите за модерното поимање на топлината, енергијата и на внатрешните процеси во материјата.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Најниската температура добиена во лабораторија изнесува 38 pK, односно 0,000000000038 K.

ЗА 5+

Фаренхајтовата скала е една од трите најкористени температурни скали во светот (заедно со Целзиусовата и Келвиновата). Ја предложил германскиот физичар Даниел Габриел Фаренхајт во 1724 година. На оваа скала, точката на мрзнење на водата е определена на 32 °F, а точката на вриење на водата на 212 °F при нормален атмосферски притисок. Тоа значи дека помеѓу двете точки има 180 степени, што ја прави погусто поделена од Целзиусовата температурна скала. За да претвориме температура од Целзиусови степени (°C) во Фаренхајтови степени (°F), се користи формулата

$$T_F(F) = \frac{9}{5} \cdot t(^{\circ}C) + 32.$$

Во некои земји Фаренхајтовата скала се користи почесто од Целзиусовата скала.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува температурата?
2. Зошто апсолутната нула се смета за најниска можна температура?
3. Термометарот покажува -5 °C. Колкава е температурата на телото изразена во келвини?
4. Ако еден научен експеримент бара температурата во лабораторијата да биде 250 K, пресметај колкава температура треба да биде во лабораторијата изразена во °C?
5. На планина температурата е -5° C, а во долината е 12 °C. Колкава е разликата во температурата во °C и во K? Што воочуваш од пресметката?



ЗАПОМНИ

- Температурата е мерка за средната кинетичка енергија на честичките во супстанцата.
- Термометарот е уред со којшто се мери температурата.
- Температурата ја изразуваме со Целзиусови степени или во келвини.
- Температурата е една од седумте основни величини во Меѓународниот систем на единици.

2.5. ТОПЛИНСКО ШИРЕЊЕ НА ЦВРСТИ ТЕЛА

ПОИМИ

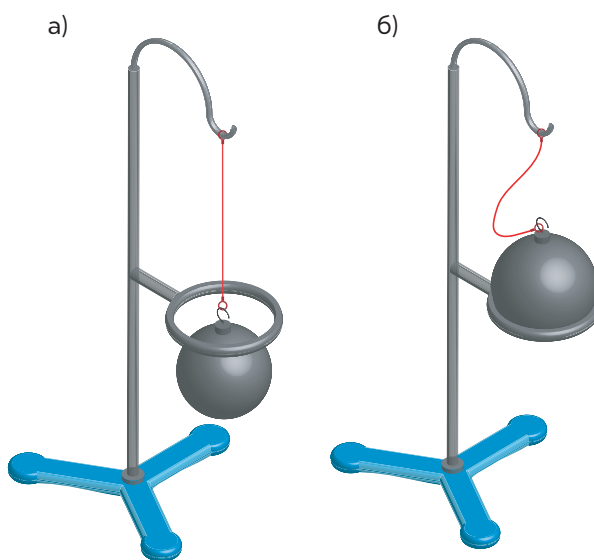
топлинско ширење

Најголем дел од цврстите тела при загревање се шират, односно нивниот волумен се зголемува, а при ладење се собираат, односно нивниот волумен се намалува. Иако кај цврстите тела честичките се многу блиску распоредени една до друга и нивното движење е ограничено, сепак, тие се оддалечуваат една од друга при зголемување на температурата поради зголемување на нивната средна кинетичка енергија. Ова оддалечување доведува до тоа да се зголеми волуменот на телото. Процесот на зголемување на волуменот на телото при зголемување на неговата температура се нарекува **топлинско ширење**.

Топлинското ширење може да предизвика промена на волуменот кај телата или промена на должината кај „издолжени“ предмети, односно предмети кај коишто едната димензија е многу поголема од другите две. Кога телото се загрева, неговиот волумен се зголемува, а при ладење се намалува. Кај предметите како што се жици, цевки или прачки, со загревање се зголемува нивната должина, а при ладење се намалува. Иако овие промени не се многу големи, тие се важни и мора да се земат предвид при многу инженерски конструкции. Во некои случаи, поради топлинското ширење или собирање, може да дојде до кршење или до кинење на материјалите.

Волуменското ширење на телата може да се демонстрира со метално топче и со метален прстен, при што дијаметарот на топчето е малку помал од дијаметарот на прстенот, како што е прикажано на Слика 1. Кога топчето не е загреано, лесно минува низ металниот прстен, но ако го загрееме со помош на шпиритусна ламба или пламеник, тогаш нема да помине низ отворот. Со загревањето градбените честички на топчето добиле енергија, ја зголемиле својата брзина, а со тоа се зголемил и меѓучестичниот простор, што резултира со зголемување на волуменот на топчето. Ако топчето го оставиме да се излади, тоа повторно ќе може слободно да поминува низ металниот прстен.

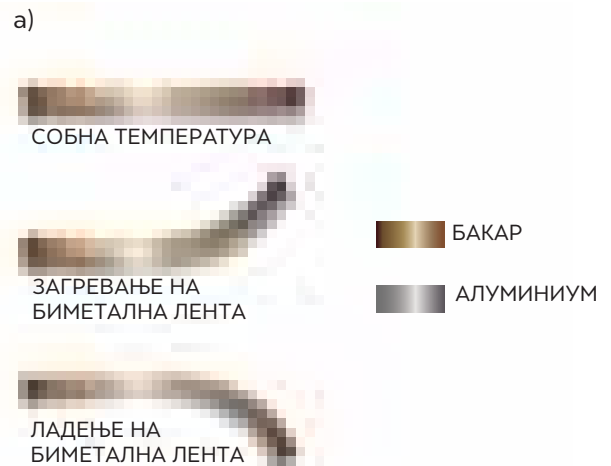
Промената на волуменот на цврсто тело е поврзана и со неговата густина. Густината на телото претставува количник од масата и волуменот на телото. При загревање на телото се зголемува неговиот волумен, а се намалува неговата густина и обратно, со



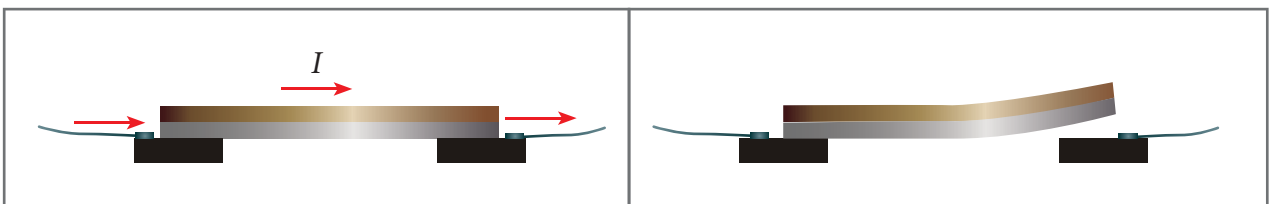
Слика 1. Топчето поминува низ обрачот кога е на собна температура (а), но не и кога ќе се загрее (б)

намалување на температурата се намалува волуменот на телото, а со тоа се зголемува неговата густина.

Ширењето на цврстите тела при загревање наоѓа примена во техниката. Ширењето на металите при загревање и нивното собирање при ладење е искористено кај биметалната лента. Биметалната лента се состои од две метални прачки кои се залепени цврсто по целата нивна должина. На слика 2 е прикажана биметална лента составена од алуминиум и бакар кои различно се издолжуваат при зголемување на температурата. При собна температура, лентата е права. Кога температурата ќе се зголеми, бидејќи алуминиумот се издолжува повеќе од бакарот, лентата се витка нагоре. Ако температурата се намалува, алуминиумот се собира повеќе од бакарот, па лентата се витка надолу. Биметалната лента се користи како прекинувач во струјно коло (Слика 2), во термостати (уреди за автоматско регулирање на температурата), кај грејни тела, како што се греалка електрична рерна или бојлер. Кога ќе се постигне одредена температура, биметалната лента се свиткува и го прекинува струјното коло. Кога температурата ќе се намали, биметалната лента се враќа во првобитната положба и повторно го затвора колото.



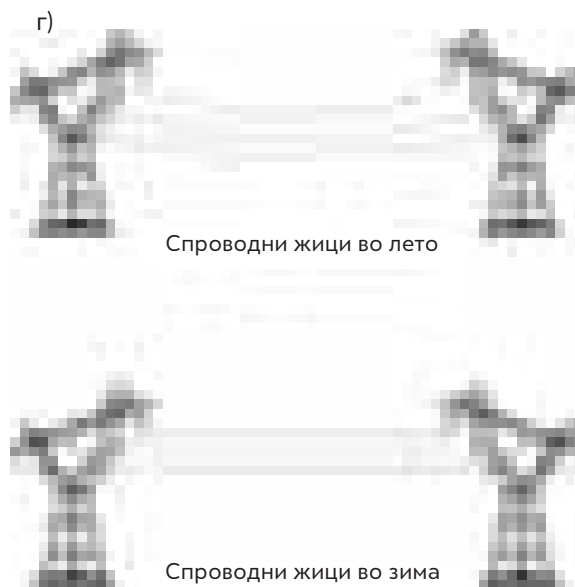
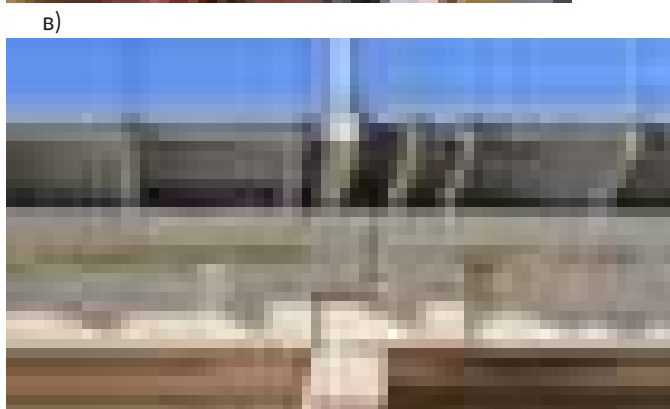
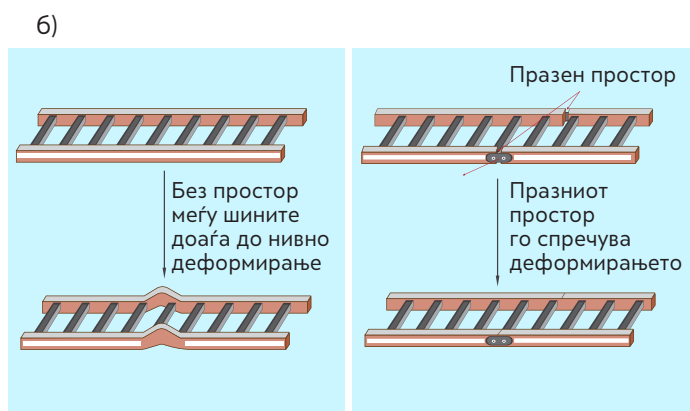
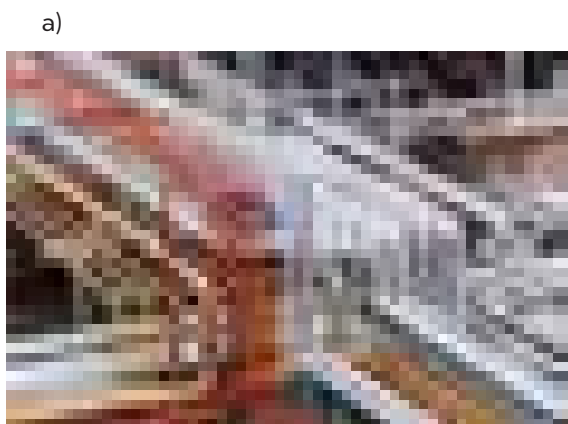
б)



Слика 2. а) Биметална лента од алуминиум и бакар. б) Прекинувач од биметална лента.

Промената на димензиите кај цврстите тела при промена на температурата може да има и штетни последици. Човекот користи најразлични начини за да ги намали негативните последици кои произлегуваат од промената на волуменот на телата. Цевките кои служат за спроведување топла вода или пареа, на одделни места се свиткани (Слика 3а). На тој начин се овозможува слободно издолжување на долгите делови на цевката, без таа да се оштети. Лете, при високи температури, металните шини се шират и може да се искриват. Затоа инженерите оставаат мали празнини меѓу нив, за да има простор за ширење (Слика 3б). Металните шини и цилиндри (Слика 3в) се дел од системот што овозможува мостот да се шири и да се собира без да се оштети. Ако не постои простор за тоа движење, може да дојде до пукнатини, напрегања или до

кинење на конструкцијата. Лете, спроводните жици помеѓу далноводите за пренос на електрична енергија се олабавени затоа што металот се шири. Зиме, кога е студено, тие се затегнуваат бидејќи металот се собира (Слика 3г).



Слика 3. а) Изглед на цевки кои пренесуваат топла вода б) Промена на должината на шините при загревање в) Метални шини и цилиндри поставени на мост со цел да се спречи оштетување на мостот при издолжување на материјалите. г) Должината на жиците кај далноводите се менува лете и зиме.



АКТИВНОСТ

1. Набљудување на топлинско ширење кај метална жица

Затегни метална жица помеѓу два стативи и на средината постави тег со маса од 500 g. Измери ја висината на којашто се наоѓа долниот дел од тегот во однос на површината на масата. Жицата загревај ја со фен или со свеќа (внимателно и под надзор на наставникот) по целата нејзина должина за да не се прегрее на едно место. Внимателно изгасни ги фенот или свеќата и повторно измери ја висината на којашто се наоѓа долниот раб на тегот во однос на површината на масата. Што забележувааш? Дали тегот е на помала висина во однос на масата? Остави ја жицата да се излади и повторно измери ја висината на којашто се наоѓа тегот. Дали таа висина е различна од почетната висина? Каков заклучок можеш да извлечеш?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Ајфеловата кула во летниот период е приближно 15 cm повисока во однос на висината што ја има во зимскиот период.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Жан Пелтие (Jean Peltier 1785–1845)

Пелтие дал значаен придонес во раното проучување на топлинските процеси во металите. Неговите систематски испитувања на загревање, ладење и топлински деформации кај металните споеви ги поставиле темелите за развој на Теоријата за пренос на топлина во цврсти тела. Овие истражувања подоцна се покажале како клучни за објаснување на појави како што се топлинско ширење, промена на електричниот отпор со промена на температурата и однесувањето на материјалите при големи промени на температурата.



ЗА 5+

Ако телото има должина што е многу поголема од преостанатите две димензии, тогаш може точно да ја одредиме неговата должина l , ако ја знаеме должината на телото l_0 на 0°C и температурата t на којашто се загрева телото (изразена во $^\circ\text{C}$), според формулата:

$$l = l_0(1 + \alpha \cdot t).$$

Со α е означен коефициентот на линеарно ширење кој е различен за различни супстанции. Коефициентот на линеарно ширење на бакарот изнесува $1,65 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, додека на алуминиумот изнесува $2,3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Од последниве податоци, може јасно да се забележи зошто алуминиумот се издолжува повеќе од бакарот при загревање на двата метали на иста температура.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто густината на метално топче се намалува кога тоа се загрева?
2. Што се случува со честичките во биметална лента кога температурата расте?
3. Дали сите цврсти тела се шират исто?
4. Метална шипка долга 1 m се загрева и се издолжува за 1,2 mm. Колку изнесува нејзината должина по загревањето?
5. Алуминиумска прачка долга 2 m се загрева, па се издолжила за 0,5 % од својата должина. Колку се издолжила прачката?



ЗАПОМНИ

- Топлинското ширење е последица на зголемената кинетичка енергија на честичките при загревање и при промена на големината на меѓучестичниот простор.
- Цврстите тела ја менуваат својата должина и волумен со промена на температурата.
- При загревање на цврсти тела, волуменот се зголемува, а густината се намалува; при ладење волуменот се намалува, а густината се зголемува.
- Биметалната лента се витка поради различните топлински издолжувања на металите.
- Термостатите користат биметална лента, што служи како прекинувач за автоматско регулирање на температурата.

2.6. ТОПЛИНСКО ШИРЕЊЕ НА ТЕЧНОСТИТЕ. АНОМАЛИЈА НА ВОДАТА

ПОИМИ

аномалија на водата

Како и цврстите супстанции, така и течностите го менуваат својот волумен доколку се загреваат или се ладат. Со едноставен експеримент, може да се демонстрира ширењето на течностите при зголемување на нивната температура. Во две колби ставено е исто количество вода и алкохол, обоени со неколку капки боја, со цел јасно да се разликуваат. Колбите се затворени со тапи низ кои е протната тенка стаклена цевка и се поставени во сад со загреана вода, како што е прикажано на Слика 1. По кратко време, се забележува дека во двете цевки нивото на течностите почнува да се искачува нагоре. Тоа значи дека при загревање нивниот волумен се зголемува, односно дека со зголемување на температурата на течноста, таа се шири. Оваа појава може да биде објаснета со честичната теорија. Со загревањето на течностите во колбите, молекулите на водата и на алкохолот добиваат поголема кинетичка енергија. Како резултат на зголемената кинетичка енергија, тие се движат со поголема брзина и судирајќи се меѓусебно го зголемуваат меѓумолекуларниот простор. Зголемувањето на меѓумолекуларниот простор ние го набљудуваме како зголемување на волуменот на течностите кои се загреваат.

Но дали сите течности се шират исто? Ако внимателно ги споредиш двете колби, ќе забележиш дека волуменот на алкохолот при загревање до иста температура се зголемил повеќе отколку волуменот на водата. Вториот заклучок што може да го извлечеме од овој експеримент е дека различни течности имаат различна способност за топлинско ширење. Ако колбите се остават подолго време, температурата на водата во широкиот сад ќе се намалува, а со тоа и волуменот на водата и на алкохолот во колбите. Може да заклучиме дека течностите се шират при загревање и се собираат при ладење, но не сите течности исто го зголемуваат волуменот при загревање или, пак, го намалуваат при ладење. Ширењето на течностите при загревање е искористено кај термометри со течност.

Како и кај цврстите тела, така и при загревањето на течностите нивниот волумен се зголемува, што значи, нивната густина се намалува. Обратно, ако течноста се лади, волуменот на течноста се намалува, што значи, нејзината густина се зголемува.



Слика 1. Колба со алкохол обоен сино и колба со вода обоена црвено поставени во сад со загреана вода



АКТИВНОСТ

1. Изработка на модел на термометар

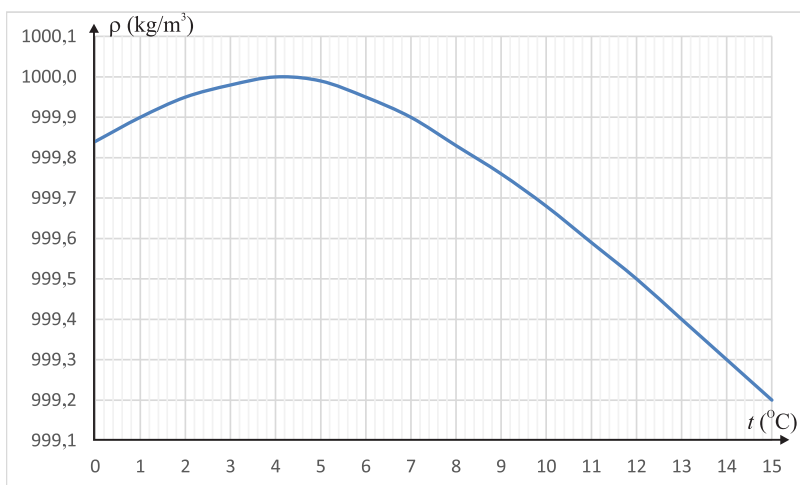
Три четвртини од висината на пластично шише наполни го со вода во којашто претходно си растворил неколку капки прехранбена боја. Шишето затвори го со капаче на коешто е направен отвор. Низ отворот протни пластична цевка за сок и потопи ја во водата околу 2-3 cm. Со пластелин или со силикон, прицврсти ја цевката на местото каде што поминува низ капачето за да нема проток на воздух. Со двете раце допри го шишето во делот со воздух и држи ги рацете на шишето неколку минути. Што забележуваш? Дали водата почна да се искачува во цевката? Дали со користење на потенка цевка ефектот би бил повидлив?

Аномалија на водата - исклучок што го одржува животот

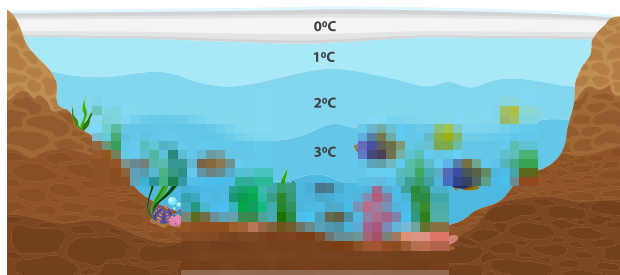
Заклучокот што го изведовме погоре - дека сите течности се шират при загревање, а се собираат при ладење - не е закон, туку правило. Од правилата може да има исклучоци, па и од ова правило може да најдеме еден исклучок кој е од суштинско значење за животот на Земјата.

Кај водата, со намалување на нејзината температура се намалува и нејзиниот волумен, но само до температура од $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поради ова, густината на водата е најголема на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ако се продолжи со намалување на температурата на водата од $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, таа се шири, а нејзината густина се намалува. Оваа појава се нарекува **аномалија на водата**.

Аномалијата на водата може да ја објасниме со тоа што на температура под $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, помеѓу водородните атоми на молекулите вода, се појавуваат интензивни меѓумолекуларни сили. Под дејство на овие сили, молекулите почнуваат да се подредуваат во кристални структури кои зафаќаат поголем простор. Затоа волуменот се зголемува, а густината се намалува. На Слика 2 е даден график на зависноста на густината на водата во зависност од температурата. Од графиконот може да се види дека густината на водата е најголема на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и изнесува 1000 kg/m^3 . На $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ водата се претвора во мраз. Во тој случај, сите молекули се подредени во кристална решетка, па волуменот дополнително се зголемува, што доведува до уште поголемо намалување на густината. Бидејќи мразот има помала густина од водата, тој плива на површината на водата.



Слика 2. Зависност на густината на водата од нејзината температура.



Слика 3. Аномалијата на водата е причина за одржување на водните екосистеми зиме

Ова необично однесување на водата е клучно за животот на Земјата.

Зиме, водата во морињата и во езерата почнува да се лади, при што прво се лади водата на површината. Таа, станувајќи погуста, се спушта надолу, а потоплата вода се крева нагоре. Овој процес се повторува сè додека водата на површината не се излади до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Под $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ водата на површината е со помала густина и не се спушта веќе

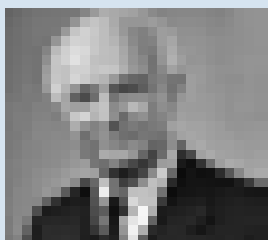
надолу. Ако водата на површината се излади до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, таа замрзнува. Под слојот мраз останува вода во течна агрегатна состојба, при што водата со температура од $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ е на дното на морињата и на езерата. Тоа што дното на морињата и на езерата никогаш не замрзнува, овозможува преживување на водните растенија и животни.

Во природата аномалијата на водата доведува и до други последици. Така, ширењето на водата при намалување на нејзината температура од $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и нејзиното замрзнување предизвикува пукнатини во карпите и нивно ситнење, појава на свлечишта и распаѓање на карпести масиви. Во секојдневниот живот ова може да доведе до оштетувања на водоводните цевки зиме, пукнатини на патиштата, кршење на стаклените шишиња со течности во замрзнувач. Исто така, може да доведе до механички дефекти на системите во автомобилите ако не се користи антифриз за спречување на замрзнување на водата во ладилникот.



Слика 4. а) Оштетување на асфалтен пат при ширење на водата и нејзино замрзнување.
б) Оштетена бетонска ограда поради ширење на водата

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК



Лајнус Полинг (Linus Pauling, 1901–1994)

Лајнус Полинг бил научник со германско-американско потекло и е еден од највлијателните хемичари и научни комуникатори на 20 век. Неговата работа е основа на современото разбирање на хемиските врски и на молекуларната структура. Полинг прв систематски ја објаснил улогата на водородните врски во структурата на водата и мразот, покажувајќи дека овие специфични меѓумолекуларни сили се одговорни за необичните својства на водата. Токму неговите анализи и модели овозможиле да се разбере зошто мразот има кристална структура, па поради тоа и помала густина од водата.

Освен неговите големи научни придонеси, Полинг е еден од ретките научници што добил две Нобелови награди: Нобелова награда за хемија (1954) за неговите истражувања на хемиската врска и структурата на молекулите, како и Нобелова награда за мир (1962) за неговата активна кампања против нуклеарните тестирања. Со ова, Полинг останува единствениот човек во историјата кој самостојно добил две Нобелови награди во различни области.

ЗА 5+

Волуменот на тело или на течност при загревање V , може точно да се одреди ако се знае неговиот волумен V_0 на $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температурата t на којашто се загрева телото (изразена во $^{\circ}\text{C}$) според формулата:

$$V = V_0(1 + \beta \cdot t).$$

Со β е означен коефициентот на волуменско ширење кој е различен за различни супстанции. Колку коефициентот на волуменско ширење на материјалот од којшто е направено телото е поголем, толку повеќе се зголемува волуменот на телото или на течноста при загревање. Од ова правило исклучок е водата во температурниот интервал од $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Коефициентот на волуменско ширење на водата на собна температура изнесува $3 \cdot 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, додека на алкохолот изнесува $1,1 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Од последниве податоци може јасно да се забележи зошто алкохолот се шири повеќе од водата при загревање на двете течности до иста температура.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Ако не постои аномалијата на водата, тогаш езерата, морињата и океаните ќе замрзнуваат целосно и живиот свет во нив никогаш не би се ни создал.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што се случува со волуменот на течноста кога таа се загрева?
2. Како може експериментално да покажеме дека течностите се шират при загревање?
3. Зошто мразот плива на површината на водата наместо да потоне?
4. Зошто не треба да се полни шише со вода до врв пред да се стави во замрзнувач?
5. На графикот на Слика 2 е прикажана зависноста на густината на водата од температурата.
 - а) Одреди на која температура густината на водата е максимална.
 - б) Што се случува со густината на водата кога температурата се намалува под $4\text{ }^{\circ}\text{C}$?
 - в) На кои температура густината на водата изнесува $999,9\text{ kg/m}^3$?
 - г) Колкава е густината на водата на температура од $13\text{ }^{\circ}\text{C}$?



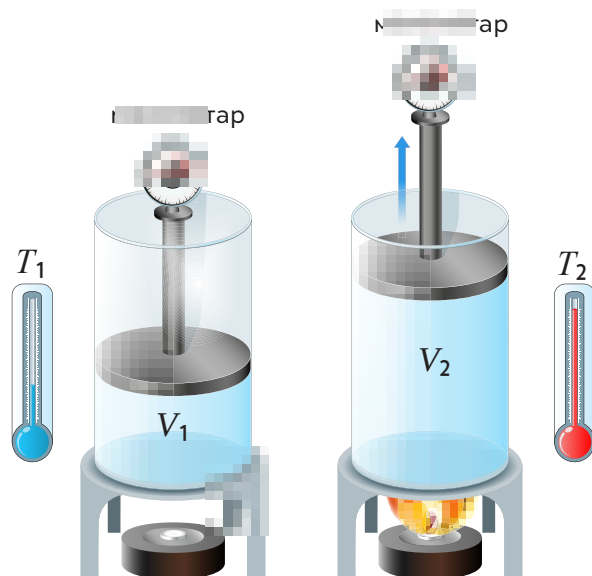
ЗАПОМНИ

- При загревање, течностите го зголемуваат својот волумен. Различни течности различно се шират.
- Зголемувањето на волуменот значи намалување на густината на течноста.
- Аномалија на водата е појава што се јавува кај нејзината густина. За разлика од другите течности, водата има најголема густина при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а не при точката на мрзнење ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Аномалијата на водата е од огромно значење за природата и за животот бидејќи овозможува водните екосистеми да преживеат при ниска температура.

2.7. ТОПЛИНСКИ ПРОМЕНИ КАЈ ГАСОВИТЕ

Промена на волуменот на гасовите со промена на температурата (Шарлов закон)

Гасовите се супстанции кои според својствата многу се разликуваат од цврстите тела и од течностите. Гасовите го заземаат целокупниот простор што им е на располагање, па затоа може лесно да се смени нивниот волумен. Еден гас нека биде затворен со клип што може слободно да се движи. Ако гасот го загреваме како што е прикажано на Слика 1, ќе забележиме дека со зголемувањето на температурата на гасот клипот ќе почне да се движи нагоре, односно ќе дојде до зголемување на волуменот на гасот. Во овој случај, како и кај цврстите тела и течностите, со зголемување на температурата на гасот се зголемува и неговиот волумен. Ако престанеме да го загреваме гасот, со намалување на температурата ќе дојде до намалување и на волуменот на гасот.



Слика 1. Зголемување на волуменот на гасот со зголемување на неговата температура. Притисокот на гасот останува постојан.

Кога гасот се загрева, неговите честички имаат поголема кинетичка енергија и се движат побрзо. Поради побрзото движење, честичките почесто и поинтензивно удираат во ѕидовите на садот и во клипот. Притоа, клипот се движи нагоре, а гасот го зголемува волуменот при постојан (константен) притисок.

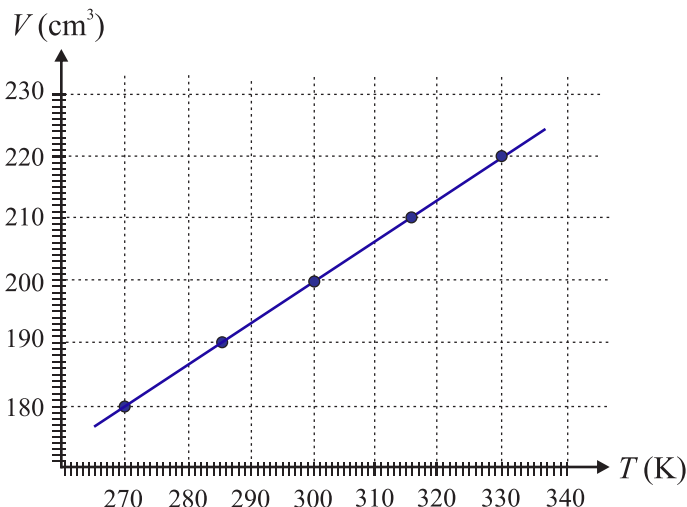
Ако пред загревањето температурата на гасот изнесувала T_1 (изразена во келвини), а волуменот на гасот бил V_1 , по загревањето на гасот на температура $T_2 = 2 \cdot T_1$ се забележува дека гасот ќе има волумен $V_2 = 2 \cdot V_1$. Ако трипати ја зголемиме температурата на гасот, тогаш неговиот волумен ќе се зголеми трипати. Може да се забележи дека количникот на волуменот на гасот и неговата температура при постојан притисок на гасот е константна вредност. Тоа значи дека волуменот на гасот зависи пропорционално од неговата температура (константата на пропорционалност ќе ја означиме со k). Последниов заклучок се нарекува Шарлов закон за топлинско ширење на гасовите при константен притисок. Шарловиот закон може да го запишеме и како:

$$\frac{V}{T} = k \Rightarrow V = k \cdot T .$$

На графикот на Слика 2. е прикажано загревање на гас на температура од 270 K до 330 K. Волуменот на гасот се зголемил од 180 cm³ до 220 cm³. Графикот е права, а тоа е доказ дека волуменот на гасот зависи пропорционално од неговата температура.

Шарловиот закон може да се искористи за одредување на конечниот волумен при загревање на гасот ако се знаат неговиот почетен волумен, почетната температура и крајната температура на којашто сме го загреале гасот според равенката:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

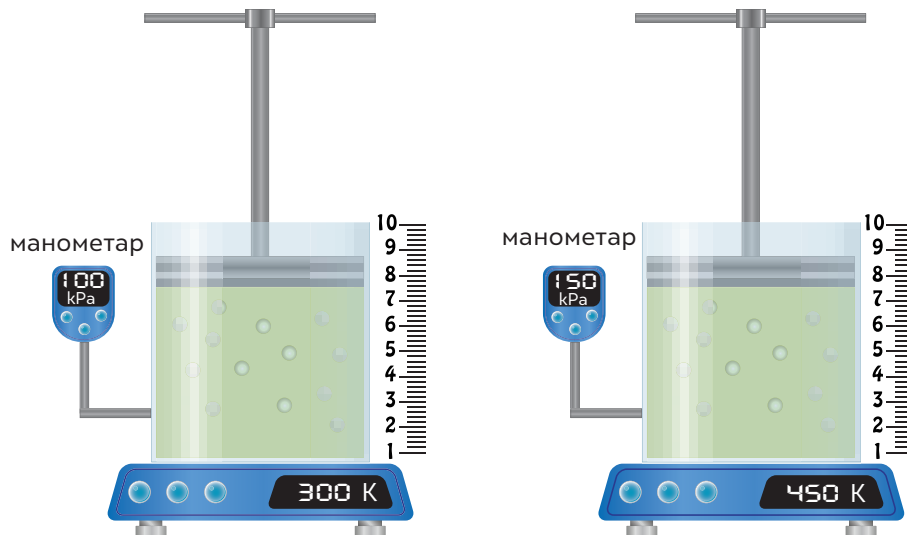


Слика 2. Зависност на волуменот на гасот од неговата температура.

Доказ за топлинското ширење на гасовите е издишана топка оставена на сонце. По извесно време изгледа како сама да се надувала. Кај балоните со корпа, пред да полетаат, балонот се исполнува со загреан воздух.

Промена на притисокот на гасовите со промена на температурата (Геј-Лисаков закон)

Ако гасот е затворен во сад чиј волумен не се менува, тогаш загревањето на гасот или зголемувањето на неговата температура предизвикува зголемување на притисокот на гасот. На Слика 3 е прикажан сад кој е затворен со клип што не може да се движи. Во почетниот момент, кога гасот бил загреан до температура од 300 K, притисокот на гасот што го покажува манометарот изнесувал 100 kPa. По загревањето на гасот на температура од 450 K, притисокот на гасот пораснал на 150 kPa. Бидејќи волуменот на садот е постојан (не може да се смени), а температурата се зголемува, честич-

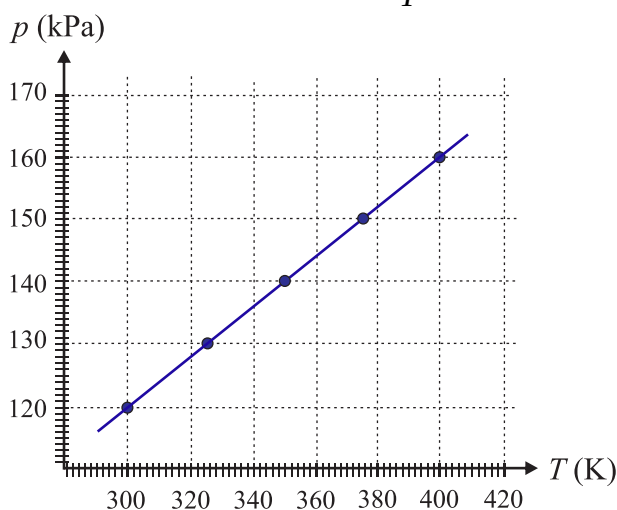


Слика 3. Зголемување на притисокот на гасот со зголемување на неговата температура.

ките повторно добиваат повеќе енергија и се движат побрзо. Бидејќи немаат дополнителен простор за ширење, бројот на удари во клипот и во сидовите се зголемува со што се зголемува и притисокот во садот. Затоа, кога температурата се зголемува, а волуменот е непроменет, притисокот на гасот, исто така, се зголемува.

Ако пред загревањето температурата на гасот изнесувала T_1 (изразена во келвини), а притисокот на гасот бил p_1 , по загревањето на гасот на температура $T_2 = 2 \cdot T_1$ се забележува дека гасот ќе има притисок $p_2 = 2 \cdot p_1$. Може да се забележи дека количникот на притисокот на гасот и неговата температура при постојан волумен е константна вредност (константата на пропорционалност сега ќе ја означиме со K и таа не зависи од температурата и од притисокот на гасот). Или кажано со други зборови, притисокот на гасот зависи правопрпорционално од неговата температура. Последниов заклучок се нарекува Геј-Лисаков закон за промена на притисокот на гасот при загревање во услови на постојан волумен. Геј-Лисаковиот закон може да го запишеме и како:

$$\frac{p}{T} = K \Rightarrow p = K \cdot T.$$



Слика 4. Зависност на притисокот на гасот од неговата температура.

На графикот на Слика 4 е прикажано загревањето на гас на температура од 300 K до 400 K. Притисокот на гасот се зголемил од 120 kPa до 160 kPa. Графикот е права, а тоа е доказ дека притисокот на гасот зависи правопрпорционално од неговата температура.

Геј-Лисаковиот закон може да се искористи за одредување на конечниот притисок при загревање на гасот ако се знаат неговиот почетен притисок, почетната температура и крајната температура на којашто сме го загреале гасот според равенката:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$$

Доказ за зголемувањето на притисокот на гасот со зголемување на температурата се пластичните шишиња кои ако се наполнети со газирани пијалаци се деформираат или ќе експлодираат доколку се оставени на сонце. Притисокот на гумите на автомобилот, ако автомобилот е оставен на сонце, се зголемува. На плинските боци кои се полни со природен гас е запишано да се чуваат подалеку од извори на топлинска енергија.



РЕШЕН ПРИМЕР

Сад затворен со клип содржи воздух со волумен $0,001 \text{ m}^3$ на температура од 270 K.

а) Гасот бил загреан до температура од 540 K. Ако клипот се придвижил нагоре, пресметајте го волуменот на гасот по загревањето?

б) Кога гасот бил на температура од 540 K, неговиот притисок изнесувал 100000 Pa. Гасот бил

изладен до температура од 270 K, при што клипот се заглавил и не се поместувал надолу. Пресметајте колкав бил притисокот на гасот по неговото ладење.

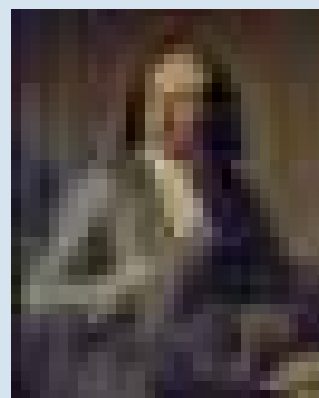
Дадено:	а) Гасот се загрева при постојан притисок, па затоа имаме:
$V_1 = 0,001 \text{ m}^3$ $T_1 = 270 \text{ K}$ $T_2 = 540 \text{ K}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 0,001 \text{ m}^3 \cdot \frac{540 \text{ K}}{270 \text{ K}} = 0,002 \text{ m}^3.$
Се бара:	б) Бидејќи клипот не се движи, не може да дојде до промена на волуменот на гасот, па затоа се менува неговиот притисок. За притисокот во конечната состојба, имаме:
$V_2 = ?$ $p_3 = ?$	$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} \Rightarrow p_3 = p_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 100000 \text{ Pa} \cdot \frac{270 \text{ K}}{540 \text{ K}} = 50000 \text{ Pa}.$

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Жак Шарл (Jacques Charles, 1746–1823)

Францускиот научник Шарл е познат по својата експериментална работа со топол воздух и со гасови. Тој прв систематски ги проучувал промените на волуменот на гасовите со промена на температурата, користејќи прецизно изработени балони и затворени садови исполнети со воздух. Иако самиот не ја објавил формулата за топлинско ширење на гасовите, неговите резултати подоцна биле математички обработени од Геј-Лисак, па така денес Шарловиот закон го носи неговото име.

Освен во физиката, Шарл бил иноватор и во воздухопловството. Тој го конструирал првиот балон наполнет со водороден гас и сам полетал во него, отворајќи го патот кон модерната аеронаутика.



АКТИВНОСТИ

1. Испитување на топлинското ширење на гасовите

На отворот на празно пластично шише стави балон. Шишето стави го во сад со топла вода. Што забележуваш? Дали балонот почна да се надувува? Што покажува тоа за гасот што се загрева? Потоа шишето стави го под млаз вода од чешма. Што се случи? Дали волуменот на балонот се намали со намалување на температурата на гасот?

2. Испитување на Шарловиот и на Геј-Лисаковиот закон со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Својства на гас“ (Gas Properties) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html

и активирај ја симулацијата „Идеален“ (Ideal) Имаш задача да ја истражиш зависноста помеѓу притисокот, волуменот и температурата на гасот. Прво, постави го волуменот на константна вредност и менувај ја температурата на гасот. За секоја температура, во тетратката запиши колкав бил притисокот на гасот. Дали притисокот расте пропорционално со температурата? Колкава е константата на пропорционалност? Смени го бројот на честички од гасот и повторно провери дали важи Геј-Лисаковиот закон.

Потоа, вклучи ја можноста за менување на волуменот и забележи колкав е притисокот на

гасот. Ако го загрееш гасот – односно ако ја зголемиш неговата температура, ќе се зголеми притисокот на гасот. Обиди се да го зголемиш волуменот на садот за манометарот да ја покаже вредноста на притисокот што ја имал гасот пред да го загрееш. Што забележуваш? Дали требаше да го зголемиш волуменот на гасот за притисокот да остане постојан? Повтори ја постапката со различна температура.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Првиот успешен воздухоплов со топол воздух се подигнал од површината на Земјата во 1783 година.

ЗА



Идеален гас е модел на гас кај којшто може да сметаме дека честичките имаат занемарливо мал волумен во однос на меѓучестичниот простор и дека заемнодејствуваат само при судирите. Сите реални гасови, како што се кислородот, азотот или воздухот, може да се сметаат за идеални гасови ако не се загреани на многу висока температура и ако нивниот притисок не е многу поголем од нормалниот атмосферски притисок. Кај гасовите може истовремено да се менуваат и притисокот, волуменот и температурата. На пример, кога балон исполнет со топол воздух се подига во воздух, тогаш температурата на околниот воздух се намалува со висината. Надворешниот притисок, исто така, се намалува со висината, а волуменот на балонот се зголемува.

Во ваков случај, за две состојби на гасот (на пример, за две висини на коишто се наоѓа балонот од примерот) може да ја запишеме следнава равенка:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2},$$

каде што со p_1 , V_1 и T_1 се означени притисокот, волуменот и температурата на гасот во првата состојба, а со p_2 , V_2 и T_2 притисокот, волуменот и температурата на гасот во втората состојба.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е заедничко за цврстите тела, течностите и за гасовите кога тие се загреваат?
2. Гас има волумен 2 L на температура од 300 K. Колкав ќе биде волуменот на гасот ако го загрееме на 600 K при непроменет притисок?
3. Воздушен балон има волумен од 20 L на температура од 10 °C. На која температура гасот ќе има волумен 40 L ако промените се направени при константен притисок?
4. Во сад со постојан волумен притисокот на гасот е 270 kPa на 27 °C. Колкав ќе биде притисокот на 127 °C?
5. Определи за колку пати ќе се зголеми притисокот на гасот при константен волумен ако тој се загрее од 50 °C на 100 °C.



ЗАПОМНИ

- Волуменот на дадено количество гас при константен притисок е правопропорционален со температурата.
- Притисокот на одредено количество гас при константен волумен е правопропорционален на температурата.

2.8. ПРОМЕНИ КАЈ ГАСОВИТЕ ПРИ КОНСТАНТНА ТЕМПЕРАТУРА

Промени кај гасовите при константна температура – Закон на Бојл–Мариот

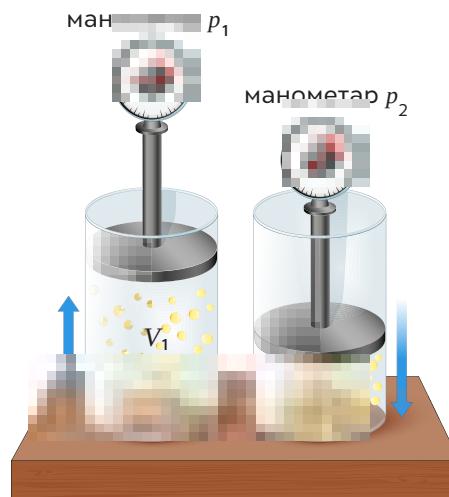
Гасовите се состојат од огромен број молекули кои се движат хаотично во сите насоки, со различни брзини. Тие честички постојано удираат во сидовите на садот во којшто се наоѓа гасот. Токму овие удари на честичките во сидовите го создаваат притисок на гасот кој дејствува во сите правци и насоки. Колку почесто и со поголема брзина молекулите удираат во сидовите, толку е поголем притисокот на гасот. Во претходната лекција видовме што се случува со гасот кога се менува неговата температура: при загревање молекулите добиваат поголема кинетичка енергија и тоа доведува до промена на волуменот или на притисокот. Во оваа лекција ќе разгледаме што се случува кога температурата на гасот е константна или постојана, а го менуваме волуменот на гасот.

Промена на волуменот и на притисокот при константна температура

Одредено количество гас нека биде затворен во цилиндричен сад со подвижен клип, како на Слика 1. Температурата на гасот да сметаме дека е постојана. Во почетната состојба, гасот има волумен V_1 , а притисокот на гасот е p_1 . Потоа полесно го притискам клипот надолу, така што гасот се збива (компримира) и зафаќа помал волумен V_2 .

Бидејќи температурата не се менува, кинетичката енергија на молекулите останува иста, односно нивната средна брзина не се менува. Но, сега волуменот е помал, молекулите имаат помал меѓумолекуларен простор, па тие многу почесто удираат во сидовите на садот и во клипот. Бројот на судири се зголемува, а со тоа се зголемува и притисокот на гасот. Може да заклучиме дека, при константна температура, ако волуменот на гасот се намалува, неговиот притисок се зголемува. Исто така, ако волуменот на гасот се зголемува, притисокот се намалува. Поголем волумен значи и поголем меѓумолекуларен простор. Поради тоа, бројот на судири со клипот се намалува, што значи, и притисокот се намалува.

Првите мерења на зависноста меѓу волуменот и притисокот при константна температура ги направиле Роберт Бојл и Едм Мариот. Тие забележале дека, за дадено



Слика 1. Зголемување на притисокот на гасот со намалување на неговиот волумен при постојана температура.

количество гас на иста температура, производот на притисокот и на волуменот останува константен, односно:

$$p \cdot V = C,$$

каде што C е константа на пропорционалност што не зависи од волуменот или од притисокот на гасот.

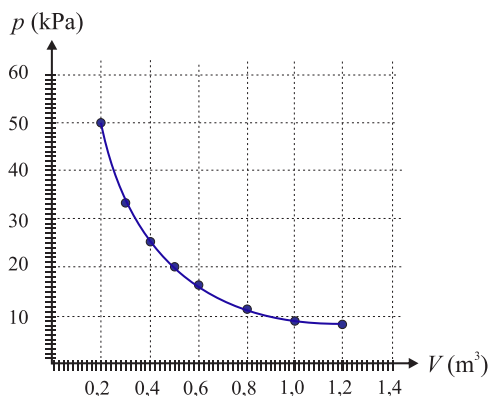
Законот на Бојл-Мариот покажува дека притисокот и волуменот се обратно пропорционални. На графикот на Слика 2. е прикажано намалувањето на притисокот на гасот од 50 kPa до 8,3 kPa. Волуменот на гасот се зголемил од 0,2 m³ до 1,2 m³.

Ако разгледуваме две состојби на истиот гас при иста температура, тогаш имаме:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Со оваа равенка може да го пресметаме крајниот притисок ако се промени волуменот на гасот при константна температура, или обратно – да го најдеме волуменот на гасот ако знаеме како се променил притисокот.

Доказ за промената на притисокот на гасот со промената на волуменот има кај пумпата за гуми кај велосипед: при притискање на клипот го намалуваме волуменот на воздухот внатре во пумпата, па притисокот расте и воздухот влегува во гумата. При нуркање под вода, притисокот врз нуркачот се зголемува, па волуменот на воздухот во белите дробови се намалува. Вториов пример е доказ дека со промената на притисокот се променува и волуменот на гасот.



Слика 2. Зависност на притисокот на гасот од неговиот волумен при постојана температура.



РЕШЕН ПРИМЕР

Гас со волумен 0,15 m³ се компримира сè додека неговиот притисок не се зголеми 2,5 пати. Пресметај го крајниот волумен на гасот ако промената се врши при постојана температура.

Дадено:	Бидејќи промената кај гасот се врши при постојана температура, за волуменот на гасот по компресијата имаме:
$V_1 = 0,15 \text{ m}^3$	
$\frac{p_2}{p_1} = 2,5$	
Се бара:	
$V_2 - ?$	$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = 0,15 \text{ m}^3 \cdot \frac{1}{2,5} = 0,06 \text{ m}^3.$

ЗА 5+

Воздухот е смеса од гасови. Секој гас во смесата има „свој“ притисок. Ова води до еден од најважните закони во физиката на гасовите, познат како Далтонов закон за парцијални притисоци. Според овој закон, вкупниот притисок на смесата од гасови е еднаков на збирот на парцијалните (поединечните) притисоци на сите гасови во неа. Со други зборови, секој гас „придонесува“ за дел од притисокот, а сите заедно го даваат вкупниот притисок. На пример, ако смесата е составена од три гасови, може да запишеме: $p_{\text{вкупно}} = p_1 + p_2 + p_3$ каде што p_1 , p_2 и p_3 се парцијалните притисоци на секој од гасовите.



АКТИВНОСТИ

1. Истражување на зависноста на притисокот од волуменот на гасот

Земи празен шприц и затвори го отворот со прст. Притисни го клипот за да го намалиш волуменот. Честичките се судираат почесто со сидовите и со прстот, односно притисокот се зголемува. Што чувствувааш на прстот? Сега зголеми го волуменот - извлечи го клипот надвор. Што чувствувааш на прстот сега? Во кој случај притисокот беше поголем?

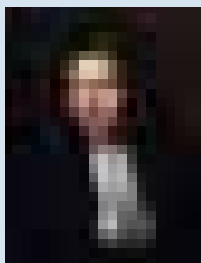
2. Испитување на Законот на Бојл-Мариот со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Својства на гасот“ (Gas Properties) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html и активирај ја симулацијата „Идеален“ (Ideal).

Избери затворен сад со гас. Постави ја температурата на постојана вредност (и не менувај ја!). Со контролата за волумен, намалувај го и зголемувај го волуменот на садот. Набљудувај го манометарот што го покажува притисокот на гасот. Запиши ги вредностите на волуменот и на притисокот за неколку различни волумени на гасот. Податоците внеси ги во табела и нацртај график на зависноста на притисокот од волуменот на гасот. Дали твојот график е сличен на графикот од слика 2?



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Роберт Бојл (Robert Boyle 1627–1691)

Роберт Бојл бил англиски природонаучник кој се смета за еден од основачите на модерната хемија и на експерименталната физика. Неговите експерименти со воздух докажале дека воздухот не е „континуум“ како што се мислело, туку е составен од честички и има определени физички својства. Во своите истражувања Бојл користел пневматска пумпа, со којашто ги испитувал својствата на гасовите под различни притисоци и волумени. Токму преку овие експерименти Бојл ја открил зависноста меѓу притисокот и волуменот на гасот при константна температура – зависност што денес го носи неговото име.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

При нормално дишење, дијафрагмата го менува волуменот на градниот кош и на белите дробови, со што се менува притисокот во белите дробови, па воздухот влегува или излегува од нив.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Каква е зависноста меѓу притисокот и волуменот на гасот при постојана температура?
2. Како ќе се промени притисокот на гасот ако волуменот се намали за два пати, а температурата остане иста?
3. Гас има притисок 100 kPa и волумен 2 L. Колкав ќе биде притисокот на гасот при константна температура ако волуменот се намали на 1 L?
4. Воздушниот меур во езеро има волумен 50 cm³ на површината (притисок 100 kPa). На поголема длабочина притисокот е 150 kPa. Колкав бил волуменот на меурот ако температурата на воздухот во меурот е константна?
5. Гас има притисок 100000 Pa и волумен 600 mL. Колкав ќе биде волуменот ако притисокот се намали за 25 % при константна температура?



ЗАПОМНИ

- Притисокот на гасот е резултат на ударите на неговите честички во сидовите на садот.
- Ако волуменот на гасот се намали, притисокот на гасот при константна температура се зголемува.
- Ако волуменот на гасот се зголеми, притисокот на гасот при константна температура се намалува.

2.9. ВНАТРЕШНА ЕНЕРГИЈА, ТОПЛИНА И ТЕМПЕРАТУРА

ПОИМИ

внатрешна енергија

топлина (Q)

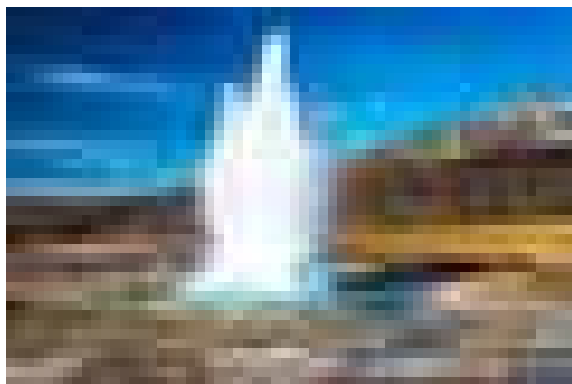
топлинска размена

топлинска рамнотежа

Веќе знаеме дека секоја супстанца е изградена од огромен број градбени честички, атоми, јони или молекули кои се во постојано движење. Независно дали супстанцата или телото е во цврста, течна или во гасовита агрегатна состојба, градбените честички никогаш не мируваат. Токму нивното движење и заемнодејство ја дава една од најважните физички величини во физиката, а тоа е внатрешната енергија.

Внатрешна енергија на едно тело е вкупната енергија на сите негови честички: кинетичка енергија на честичките поради осцилирање или движење и потенцијална

енергија од заемнодејствата меѓу нив. Колку е повисока температурата на телото, толку е поголема средната кинетичка енергија на честичките, а со тоа и внатрешната енергија. Затоа, топлата вода има поголема внатрешна енергија од ладната вода со иста маса.



Слика 1. Поради огромната внатрешна енергија гејзерите исфрлаат вода.

Во внатрешната енергија не влегуваат кинетичката и гравитациската енергија на телото како целина. Ако предметот е на подлога и го подигнеме на некоја висина, ние ја менуваме гравитациската потенцијалната енергија на телото, но не и неговата внатрешна енергија.

Температурата е мерка за степенот на „загреаност“ на телото, односно мерка за средната кинетичка енергија на честичките. Важно е да се разбере дека температурата **не е мерка** за вкупната внатрешна енергија. Така, две тела може да имаат иста температура, но ако немаат иста маса или ако се изградени од различни супстанции, ќе имаат различна внатрешна енергија. Вкупната потенцијална енергија на честичките кај различни супстанции е различна и нејзината вредност зависи од количеството супстанца.

Внатрешната енергија на телото може да се промени на два начина: со вршење на работа или со размена на топлина. Ако на силно вжештена рингла на електричен шпорет се испрскаат капки вода, може да се набљудува како капките потскокнуваат – што значи, внатрешната енергија на ринглата извршила работа, а дел од внатрешната енергија како **топлина** се предала на капките бидејќи тие се загреваат и водата испарува од нив. Во двата случаја доаѓа до намалување на внатрешната енергија на ринглата. Внатрешната енергија на тело може да се зголеми и со вршење на работа. Ако ја истриете едната рака од другата, тогаш механичката работа што сте ја извршиле се претворила во внатрешна енергија.

Топлина (Q) или **топлинска енергија** е енергијата што се пренесува од едно тело на друго поради разлика во температурата на двете тела. Топлинската енергија, спон-

тано, секогаш се пренесува од телото со повисока температура кон телото со пониска температура. Кога помеѓу две тела се врши **топлинска размена**, температурата на телото со поголема температура се намалува, а за сметка на тоа температурата на телото со помала температура се зголемува. Кога двете тела ќе бидат на иста температура, престанува размената на топлинска енергија и се вели дека телата се во **топлинска рамнотежа**.



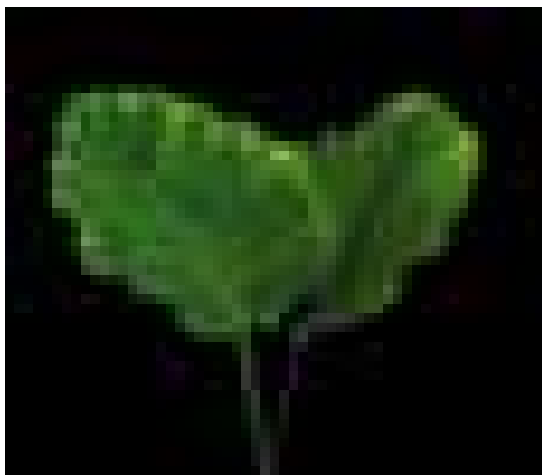
Слика 2. Топлинска размена меѓу две тела со различна температура и постигнување топлинска рамнотежа.

Промената на внатрешната енергија на телото како последица на топлинска размена се запишува со формулата:

$$E_2 - E_1 = Q \text{ или } \Delta E = Q.$$

каде што со E_1 е означена почетната внатрешна енергија на телото, E_2 е конечната внатрешна енергија на телото, а Q е топлинската енергија што ја предало или ја примило телото. Втората равенка е идентична на првата. Со ΔE е означена промената на внатрешната енергија на телото. Во исто време Q е и топлинска енергија што ја примило помалку загреаното тело, како и топлинска енергија што ја предало позагреаното тело. Кога телото прима топлинска енергија, неговата внатрешна енергија се зголемува. Кога предава топлинска енергија, неговата внатрешна енергија се намалува.

Еден едноставен пример го илустрира ова: ако метална лажица се стави во топла супа, топлина се пренесува од супата кон лажицата. Со текот на времето лажицата станува топла, не затоа што супата „преминува“ во лажицата, туку затоа што честичките од супата предаваат преку судири дел од својата енергија на лажицата. На тој начин



Слика 3. Листови на растение што вирее во тропски предели.

внатрешната енергија на лажицата се зголемува, а супата се лади.

Посебно интересен е случајот на ладење при испарување. Кога течноста испарува, најбрзите молекули, односно молекулите со најголема кинетичка енергија ја напуштаат нејзината површина и преминуваат во гасовита состојба. Поради тоа, молекулите кои останале во течноста сега имаат помала средна кинетичка енергија, па температурата на течноста се намалува. Затоа кожата се лади кога потта испарува. Слично, ако ставиме малку алкохол на кожата, површината веднаш станува ладна, затоа што алкохолот испарува многу побрзо од водата и одзема поголемо количество топлина од кожата. Природата

постојано го користи овој механизам: испарувањето од површината на океаните ја намалува средната температура на Земјата, потоа растенијата се „ладат“ со испарување на водата од листовите (Слика 3), а кучињата го исплазуваат јазикот за побрзо ладење со испарување.

Внатрешната енергија, топлината и температурата се три поврзани, но различни поими. Температурата е мерка за средната кинетичка енергија на честичките, внатрешната енергија е збир на вкупната кинетичка и потенцијална енергија на сите честички, а топлината ја опишува енергијата што се пренесува меѓу телата поради разликата во нивната температура. Разбирањето на врската меѓу нив е основа за изучување на сите процеси поврзани со греењето, ладењето и со промените на агрегатната состојба.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Кога дуваме врз топол чај за да се излади, всушност го забрзуваме испарувањето.

ЗА 5+

Ако на гас му се доведе топлинска енергија, таа топлина оди за загревање на гасот, односно за зголемување на внатрешната енергија на гасот, а дел од таа топлинска енергија оди за вршење работа доколку гасот може да го зголеми својот волумен. На пример, ако на гас што е во сад со подвижен клип му донесеме топлинска енергија, таа ќе оди за зголемување на внатрешната енергија (зголемување на температурата на гасот), а дел ќе се потроши за вршење механичка работа, односно за придвижување на клипот. Овој заклучок се нарекува Прв закон на термодинамиката и е даден со следнава формула:

$$Q = \Delta E + A,$$

каде што со Q е означена донесената топлинска енергија на гасот, ΔE е промената на внатрешната енергија, а со A е означена извршената работа.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК



Едм Мариот (Edme Mariotte, околу 1620–1684)

Мариот бил француски физичар и свештеник, член на Француската академија на науки и еден од пионерите во експерименталната физика во Европа. Мариот бил првиот кој експериментално докажал дека воздухот има маса, а ги проучувал и појавите поврзани со движењето на водата во растенијата, како и законите за паѓање на телата во различни средини.

Најзначаен придонес на Мариот е независното откривање на врската меѓу притисокот и волуменот на гасот при константна температура. Иако

Роберт Бојл го објавил истиот закон неколку години претходно во Англија, Мариот го потврдил и го проширил резултатот, совршено формулирајќи дека: при постојана температура производот на притисокот и волуменот на одредено количество гас е константен. Оттаму, законот денес се нарекува Бојл–Мариотов закон. Овој закон е директно поврзан со внатрешната енергија на гасот, бидејќи температурата е мерка за средната кинетичка енергија на честичките. Законот важи само ако температурата е константна.



АКТИВНОСТ

1. Ладење при испарување

Натопа две парчиња памук: едно со вода, другото со алкохол. Памукчињата постави ги на стаклени плочки и со термометар мери ја температурата на плочката. Кај која стаклена плочка температурата побрзо се намалува? Што можеш да заклучиш од резултатите од мерењата?



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто две тела со различна маса на иста температура имаат различна внатрешна енергија?
2. Што ќе се случи со температурата на водата ако магично може да ги „задржиме“ сите молекули што инаку би испариле?
3. Како се воспоставува топлинска рамнотежа меѓу две тела со различна температура?
4. Тело со почетна внатрешна енергија 2000 J прима 800 J топлина, а потоа предава 300 J на околината. Определи ја неговата внатрешна енергија по овие промени.
5. Чаша со топол чај од 70 °C се остава во просторија во којашто температурата е 20 °C. Опиши го процесот на топлинска рамнотежа и наведи што се случува со внатрешната енергија на чајот.



ЗАПОМНИ

- Внатрешна енергија е вкупната енергија на сите честички во телото.
- Внатрешната енергија се зголемува со зголемување на температурата.
- Топлина е енергијата што се пренесува меѓу телата поради разлика во нивните температури.
- Топлината, спонтано, секогаш се пренесува од потоплото кон поладното тело сè додека не се воспостави топлинска рамнотежа.
- При испарување, течноста се лади бидејќи најбрзите молекули ја напуштаат површината.

2.10. ПРЕНЕСУВАЊЕ НА ТОПЛИНАТА. КОНДУКЦИЈА (ТОПЛОСПРОВОДЛИВОСТ)

ПОИМИ

топлоспроводливост/кондукција

топлински спроводници

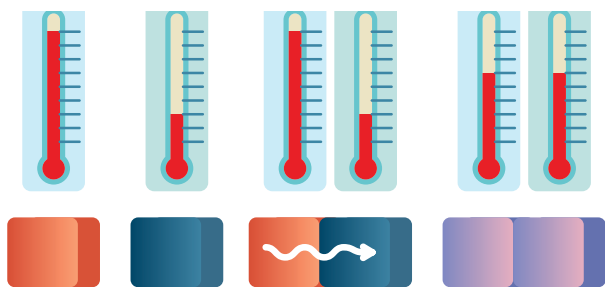
топлински изолатори

Топлина претставува енергијата којашто секогаш се пренесува од телото со повисока кон телото со пониска температура, сè додека не се воспостави топлинска рамнотежа. Во природата и во технологијата постојат три основни начини за пренесување на топлината: **кондукција (топлоспроводливост)**, **конвекција (струење)** и **радијација (зрачење)**. Иако на сите три начини се пренесува енергија, тие се одвиваат на различен начин и зависат од својствата на супстанцата. Овде подетално ќе се задржиме само на топлоспроводливоста.

Топлинска кондукција (топлоспроводливост)

Кондукција претставува пренесување на топлината без да се пренесува супстанцата од едно место на друго. Кога едниот крај од метална лажичка ќе се стави во топол чај, чувствуваме дека полека се загрева целата лажичка до другиот нејзин крај

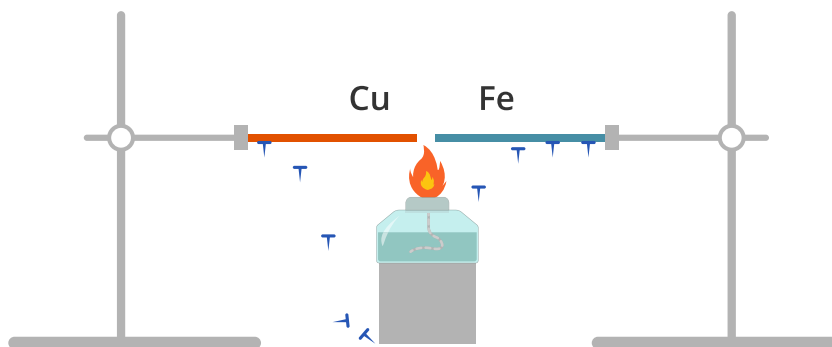
што го држиме во рака. Причината е што честичките на топлиот крај на лажичката добиваат топлинска енергија од чајот и ја зголемуваат својата средна кинетичка енергија. Таа енергија преку судири со соседните честички во кристалната решетка се пренесува до сите честички по целата должина на лажичката. Колку подолго лажичката стои во чајот, толку повеќе ќе се загрее. Пренесувањето на топлинската енергија престанува кога телата ќе имаат иста температура. На Слика 1 е прикажано пренесување топлинска енергија меѓу два тела загреани на различна температура.



Слика 1. Пренесување топлинска енергија со кондукција.

Топлоспроводливоста лесно ќе ја покажеме со следниов експеримент прикажан на Слика 2. На стативи се прицврстени метални прачки на коишто со помош на восок се прикрупени метални шајчиња на исти растојанија. Краевите на прачките ги загреваме со свеќа. Двете прачки се поставени на иста висина и на исто растојание од свеќата. Кратко време по загревањето се забележува дека восокот почнува да се топи и шајчињата почнуваат да паѓаат. Прво паѓаат оние што се најблиску до пламенот, а потоа едно по друго и преостанатите. Слободните краев на прачките што се во непосреден допир со пламенот се загреваат најмногу. Во тие делови од прачките молекулите почнуваат побрзо да се движат, нивната средна кинетичка енергија се зголемува и се пренесува на соседните честички. Температурата се зголемува по целата должина на прачките. Во

овој експеримент може да се забележи дека побрзо ќе паднат шајчињата од бакарната прачка. Овој факт е доказ дека материјалите не ја пренесуваат топлината исто.



Слика 2.Топлоспроводливост кај две метални прачки од бакар и од железо.

Топлински спроводници и топлински изолатори

Материјалите значително се разликуваат според тоа колку добро ја спроведуваат топлината.

Топлински спроводници се материјали кои пренесуваат топлина. Најдобри спроводници се металите: сребро, бакар, алуминиум, челик. Затоа некои од нив се користат за правење садови за готвење, радијатори и за разменувачи на топлина.

Топлински изолатори се материјали кои лошо спроведуваат топлина. Материјалите како што се дрво, пластика и гума имаат многу слаба топлоспроводливост и затоа се користат како изолатори. Исто така, воздухот и гасовите се добри топлински изолатори, бидејќи помеѓу честичките постои големо меѓучестично растојание, па тие ретко се судираат. Материјали како што се волна, пердуви и стиропор задржуваат воздух во мали пори и служат за топлинска изолација. Затоа дршките на садовите за готвење се прават од пластика или од дрво, а зимските јакни се исполнети со пердуви.

Топлинските изолатори и климатските промени

Едни од најголемите потрошувачи на енергија во домаќинствата се грејните тела. Кога објектите немаат добра топлинска изолација, загубите на топлина се големи, што доведува до зголемена потрошувачка на електрична енергија или на фосилни горива. Ова не само што ја зголемува потрошувачката, туку ја зголемува и емисијата на јаглероден диоксид – гас којшто придонесува за глобално затоплување.

Поради ова, употребата на квалитетни топлински изолатори се смета за една од значајните мерки за намалување на климатските промени. Поставувањето стиропор од надворешната страна на домовите, како и прозорци со двојно стакло разделено со слој од воздух се само некои од начините да се намали топлинската загуба. Енергетски ефикасните домови не само што трошат помалку енергија, туку имаат и подобра внатрешна микроклима, што директно влијае на здравјето и на удобноста на луѓето.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Среброто е метал којшто е најдобар топлински спроводник, но ретко се користи поради неговата висока цена.



АКТИВНОСТ

1. Парче мраз на различни материјали

Стави парче мраз врз плочка од метал (бакар или железо), дрво, пластика, стакло и од стиропор. Парчињата мраз да бидат приближно со иста форма и големина. Набљудувај како се топат парчињата мраз. Кое од нив се стопи прво, а кое последно? Според добиените резултати, класифицирај ги материјалите на топлински спроводници и топлински изолатори.

ЗА 5+

Количеството топлина што со кондукција ќе се пренесе преку материјал со дебелина d може да се опише со следнава формула: $Q = k \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{d} \cdot t$, каде што Q е топлинската енергија којашто поминала низ материјалот за време t , S е големината на површината низ којашто се пренесува топлината, ΔT е разликата на температурата од двете страни на материјалот, а k се нарекува коефициент на топлоспроводливост на материјалот. Коефициентот на топлоспроводливост е различен за различни материјали. Колку неговата вредност е поголема, толку материјалот е подобар топлоспроводник.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Жан-Батист Жозеф Фурие (Jean-Baptiste Joseph Fourier 1768–1830)



Фурие бил француски математичар и физичар кој ја истражувал топлоспроводливоста. Уште како млад покажал голем интерес за физиката и математиката. Во 1822 година ја објавил книгата Аналитичка теорија на топлината, во која го формулирал Законот за топлоспроводливост, со кој објаснил како топлината се пренесува низ различни материјали. Фурие прв го објаснал и ефектот на стаклена градина на Земјата.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува кондукција и како се пренесува топлината кај цврсти тела?
2. Во едната рака имаш парче дрво, а во другата парче метал. Ако двете тела претходно биле во иста просторија (на иста температура), зошто парчето метал чувствува дека е поладно?
3. Зиме луѓето носат повеќеслојна облека. Кој процес на пренесување топлина е намален со оваа постапка и зошто воздухот меѓу слоевите е толку важен?
4. Метална прачка е загреана на едниот крај до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. По неколку минути, другиот крај достигнува $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Како се одвива пренесувањето топлинска енергија низ прачката?
5. Како двојното стакло на прозорците ја намалува кондукцијата и ја зголемува енергетската ефикасност?



ЗАПОМНИ

- Кондукција (топлоспроводливост) е процес на пренесување топлина од едно на друго место на телото или од едно на друго тело, ако телата се во контакт.
- При кондукција се пренесува енергија, но не и супстанца.
- Топлинските спроводници овозможуваат пренесување топлинска енергија, а топлинските изолатори го спречуваат пренесувањето топлина.

2.11. ПРЕНЕСУВАЊЕ ТОПЛИНА СО КОНВЕКЦИЈА (СТРУЕЊЕ) И СО РАДИЈАЦИЈА (ЗРАЧЕЊЕ)

ПОИМИ

струење/конвекција

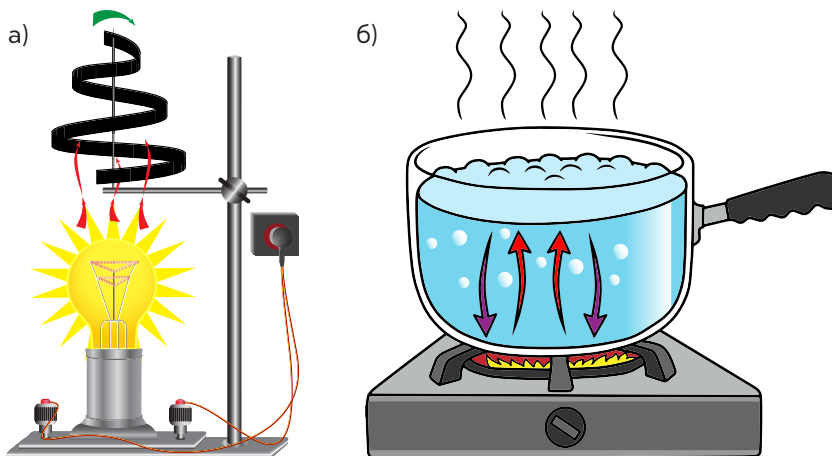
зрачење/радијација

апсорпција

Топлината од едно тело на друго може да се пренесува на повеќе начини, зависно од тоа дали честичките во супстанцата може да се движат или не, и дали меѓу телата постои материјална средина. Кај цврстите материјали топлината најчесто се пренесува со топлоспроводливост. Но, во течностите и во гасовите, каде што честичките може да се движат, пренесувањето топлинска енергија најчесто се врши со **струење**, односно **конвекција**. Освен овие два начини, постои и трет начин за пренесување топлина, а тоа е **зрачење**, односно **радијација**. Топлинската енергија со зрачење може да се пренесе и во вакуум. Разбирањето на овие два процеси е важно за објаснување на природните појави, климата, како и за разбирање на современата технолошка опрема.

Конвекција (струење)

Кога некој дел од гас или од течност ќе се загрее, честичките во тој дел добиваат поголема кинетичка енергија, почнуваат да се движат побрзо и се оддалечуваат една од друга. Поради зголемувањето на волуменот, густината на топлиот дел од течноста или од гасот се намалува, па тој се крева нагоре. На негово место доаѓа постудена, погуста течност (или гас) која, пак, се загрева и продолжува да се движи нагоре. Така се добива кружно движење на гасот или на течноста. **Струење или конвекција** е процес на пренесување топлина со преместување на честичките на супстанцата од едно место на друго.

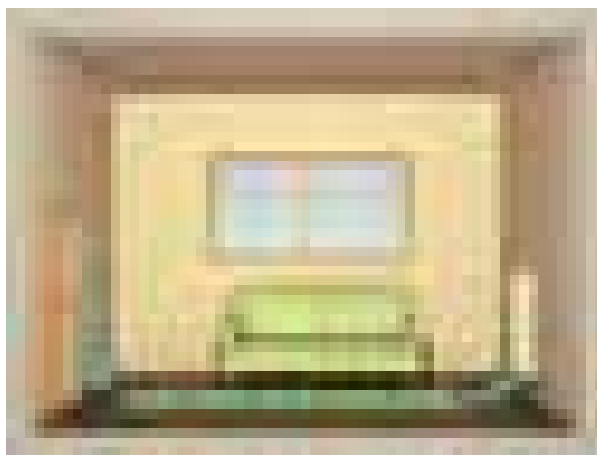


Слика 1. Конвекција на топлина а) Во воздух б) Во вода.

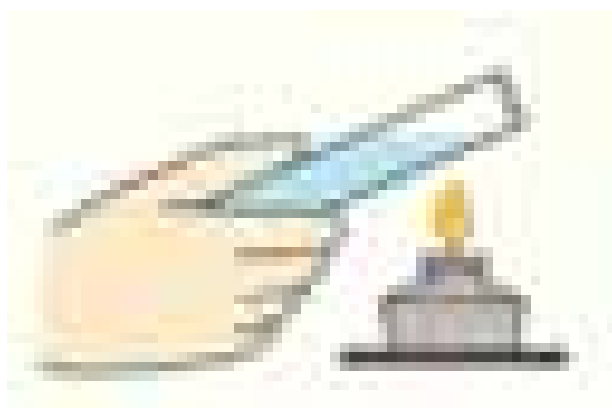
Овој процес може да се набљудува секојдневно. Ако раката ја приближиме над пламенот од свеќа, веднаш ќе почувствуваме топли струи воздух кои се креваат нагоре. Ако над електрична светилка поставиме лесна хартиена спирала, таа ќе почне да се врти бидејќи топлиот воздух се движи

нагоре и ја придвижува хартијата. Слично се одвива и пренесувањето топлина во сад со вода. Кога го загреваме садот на дното, топлата вода се движи нагоре, а студената се спушта надолу, создавајќи јасно видливи струи доколку во водата се стави малку боја или ако во неа ставиме дрвени струготини.

Конвекцијата има огромно значење и во природата. Ветерот е резултат на струење на огромна маса воздух. Топлите слоеви воздух се креваат нагоре, а студентите се спуштаат на површината на Земјата. Во морињата и во океаните постојат конвективни струи кои пренесуваат топлина и овозможуваат биолошка рамнотежа. Најпознат пример за конвективно движење е Голфската струја, којашто претставува движење на топла вода покрај брегот на Западна Европа, правејќи ја климата во овие области многу потопла и попогодна за живот. Во домаќинствата, централното греење функционира со помош на конвекција: радијаторите ја загреваат околината така што топлиот воздух се крева нагоре, а студениот се спушта и повторно се загрева.



Слика 2. Конвекција на топлинска енергија во домот.



Слика 3. Ако течноста се загрева во горниот дел од епруветата, топлинската енергија нема да се пренесе кон дното на епруветата.

Важно е да разбереме дека конвекцијата може да се појави само кај течности и кај гасови, бидејќи кај нив честичките може транслаторно да се движат. Ако течностите или гасовите се загреваат одозгора, тогаш горните слоеви, откако ќе се загреат, остануваат горе поради малата густина, а студентите слоеви остануваат долу и не можат да се подигнат. При вакво загревање топлината не се пренесува рамномерно, па затоа течностите и гасовите секогаш треба да се загреваат одоздола за да се овозможи струење.



АКТИВНОСТИ

1. Конвекција кај течностите

Во поширок просирен сад наполни вода на собна температура. На едниот крај од садот стави пластично шише со топла вода. На спротивниот крај стави пластично шише со мраз. Во близина на шишето со топла вода капни неколку капки црвена прехранбена боја. Во водата кај шишето со мраз капни неколку капки сина прехранбена боја. Набљудувај го движењето на боите. Како се движи црвената боја, а како сината? Што можеш да заклучиш за густината на топлата и на ладната вода?

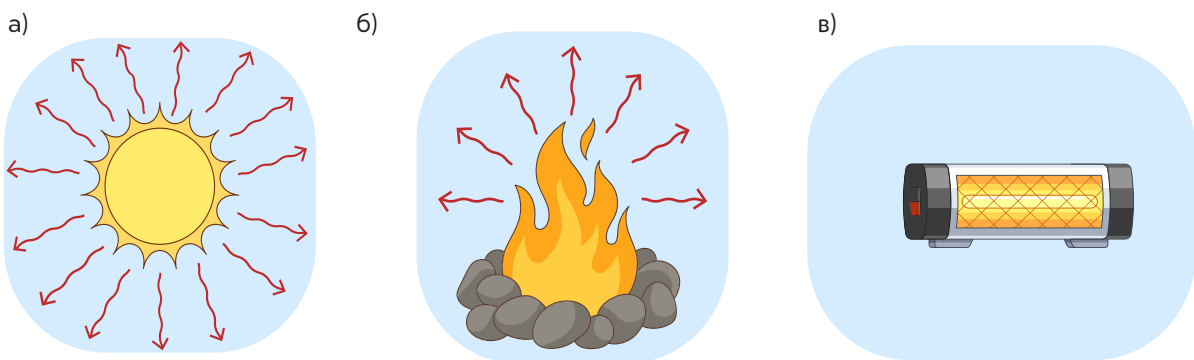
2. Конвекција кај гасовите

На растојание од речиси 40 cm постави два сада, при што во едниот има мраз, а во другиот жешка вода. Наставникот нека запали мирисливи стапчиња за да создаде чад. Доближи ги стапчињата до садовите без да ги допреш. Какво е движењето на чадот кога стапчето е во близина на топлиот сад, а какво кога е во близина на ладниот сад? Што можеш да заклучиш за густината на воздухот во близина на топлиот и на ладниот сад?

Радијација (зрачење)

Постојат ситуации кога топлината се пренесува иако меѓу телата нема воздух, друга средина или, пак, телата не се во контакт. Ова е возможно благодарение на **зрачењето** или **радијацијата**, процес при кој топлината се пренесува преку **топлински зраци**. Пренесувањето на дел од внатрешната енергија од едно тело на друго со топлински зраци се нарекува зрачење. Зрачењето може да се одвива и во вакуум. На пример, Сонцето ја загрева Земјата со зрачење.

Зрачењето лесно може да се почувствува и во секојдневието. Кога стоиме покрај логорски оган или покрај термопечка, топлината стигнува до нас, иако воздухот меѓу нас и изворот не е загреан и е лош топлоспроводник.

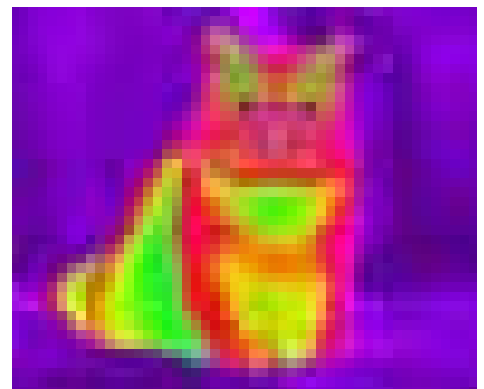


Слика 4. Пренесување топлина со зрачење а) Од сонцето
б) Од логорски оган в) Од греалка.

Сите загреани тела емитираат топлински зраци, како што се Сонцето, електричната светилка, печката, па дури и нашето тело. Колку е поголема температурата на некое телото, толку е поголемо и количеството на светлина и топлина што ги зрачи. Површината на телото исто така има голема улога во процесот на зрачење. Темните и рапави површини ја **апсорбираат** топлинската енергија многу побрзо од светлите и мазни. Затоа резервоарите за гориво се бојадисуваат со светли бои за да апсорбираат помалку топлина, а луѓето лете носат светла облека за да избегнат прегревање.

Зрачењето е корисно и кога сакаме да ја задржиме топлината. Термосот има дупли ѕидови и меѓу нив се наоѓа разреден воздух за да се спречи топлоспроводливоста, а внатрешната површина е огледална, што ја намалува апсорпцијата на топлинските зраци. Така се спречува губење на топлината и течностите долго остануваат топли.

Термалните камери се уреди што овозможуваат да ја „видиме“ топлината, односно топлинското зрачење што го емитираат телата. Тие се користат во медицината, градежништвото и во безбедноста. Секое



Слика 5. Слика добиена со термална камера.

тело емитура топлинско зрачење. Термалната камера ги регистрира овие зраци и ги претвора во термална слика со различни бои според температурата. Топлите делови се прикажуваат во црвено/жолто, а студените во сино/виолетово (Слика 5).



АКТИВНОСТИ

3. Влијание на бојата врз загревањето

Наполни со вода две исти лименки. Обвиткај ја едната лименка со бела хартија, а другата со црна хартија. Постави ги лименките на сончево место или осветли ги со светилка. Измери ја температурата на водата во двете лименки на почетокот. На секои 5 минути изврши мерење на температурата во двете лименки. Направи пет мерења. Графички претстави ја зависноста на температурата од времето за белата и за црната лименка. Што можеш да заклучиш? Која од лименките побрзо се загрева?

4. Мерење температура кај различни материјали

Истовремено, на сончева светлина или под светлината на електрична ламба, изложи парчиња од асфалт, бетон, песок, трева, земја, стакло, лим и слично. Во исти временски интервали измери ја температурата на секој материјал. Истите материјали стави ги на сенка и повторно измери ја нивната температура. Добиените вредности среди ги табеларно и графички. Анализирај ги резултатите и поврзи ги топлинските својства на различните градежни материјали со нивното влијание врз глобалното затоплување и врз климатските промени.

ЗА 5+

Кога едно топло тело зрачи енергија, таа енергија се шири во сите насоки и се распределува на сè поголема површина како што се оддалечуваме од изворот. Колку подалеку се наоѓа набљудувачот или другото тело, толку помал дел од вкупната емитирана енергија ќе стигне до него. Затоа, интензитетот на зрачење, којшто претставува топлинска енергија што ја прима едно тело на единица од својата површина, во единица време се намалува пропорционално со реципрочната вредност на растојанието на квадрат. Математички, зависноста меѓу интензитетот на зрачењето I и растојанието од изворот r се опишува со формулата:

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2} ,$$

каде што P е вкупната емитирана енергија во секунда (моќност) од телото, а $\pi = 3,14$. Од формулава може да се види дека ако растојанието од изворот го зголемиме два пати, интензитетот станува четири пати помал.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Темните песочни пустини преку ден може да се загреваат над 70 °C дење, а во текот на ноќта температурата се намалува и до 10 °C.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Јозеф Стефан (Josef Stefan 1835–1893)

Словенечкиот физичар Јозеф Стефан е еден од основачите на современата Теорија за топлинско зрачење. Тој експериментално утврдил дека моќноста на зрачењето што ја емитира едно загреано тело од единица површина е пропорционална на четвртиот степен на неговата апсолутна температура. Ова откритие денес е познато како Штефан-Болцманов закон, бидејќи во објаснувањето на топлинското зрачење значаен придонес дал и австрискиот научник Лудвиг Болцман. Стефан со својата работа помогнал да се разбере природата на топлинските зраци и улогата на површината и на температурата на телото при зрачењето. Неговото истражување е основа за развој на термосите, термичката изолација, топлинските и климатските модели. Се користи и денес за пресметка на зрачењето на ѕвездите, вклучително и на Сонцето.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто конвекцијата не може да се појави кај железна прачка, но може кај вода?
2. Зошто воздухот во собата поблиску до таванот е потопол, а поблиску до подот е постуден?
3. Во пустина, температурата на воздухот во текот на денот достигнува 45°C , а навечер паѓа под 10°C . Објасни како зрачењето и конвекцијата влијаат на овие екстремни температурни разлики.
4. Зошто радијаторот брзо го загрева воздухот во просторијата и покрај тоа што воздухот е слаб спроводник на топлина?
5. Опиши ги начините на пренесување топлинска енергија во ситуацијата прикажана на сликата.



ЗАПОМНИ

- Струење или конвекција е процес на пренесување топлина со преместување на честичките на супстанцата од едно место на друго.
- Пренесување топлина преку струење се појавува кај течностите и кај гасовите.
- Пренесувањето топлинска енергија од едно тело на друго со топлински зраци се вика зрачење.
- Зрачењето на топлинските зраци зависи од температурата на телото и од својствата на неговата површина.

2.12. СПЕЦИФИЧЕН ТОПЛИНСКИ КАПАЦИТЕТ

ПОИМИ

специфичен топлински капацитет (c)

Секое тело може да ја зголеми или да ја намали температурата со примање или со предавање топлина. Но, тела направени од различни супстанции не се загреваат со иста брзина. Ако исто количество топлина се донесе на две тела кои се на иста почетна температура, тие ќе се загреат до различна температура. На пример, лете, на плажа, може да забележиме разлика на температурата меѓу песокот и водата. Иако песокот и водата во езерото од изутрина ги грее сонцето, песокот е многу позагреан од водата. Причината за ова е што водата има голем специфичен топлински капацитет, а песокот мал.

Специфичен топлински капацитет е физичка величина што покажува колку топлина е потребна за да се промени температурата на 1 kg маса од некоја супстанца за 1 °C. На пример, за да се зголеми температурата на 1 kg вода за 1 °C, потребни се 4190 J топлина, а за 1 kg железо за истата промена на температурата, потребни се само 450 J. Ако водата, односно железото се ладат за 1 °C, тогаш тие ќе оддадат исто толкава енергија колку што примиле при загревањето. Основна единица мерка за специфичниот топлински капацитет е $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ или $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$ (потсетете се дека температурна разлика од 1 K е еднаква на температурна разлика од 1 °C).

Големиот специфичен топлински капацитет на водата, има огромно влијание врз климата. Океаните, морињата и езерата, со својот голем топлински капацитет, ја намалуваат разликата меѓу дневната и ноќната температура на копното во нивна близина. Во секојдневниот живот, пак, забележуваме дека металните садови брзо се загреваат, но на водата во нив ѝ треба многу повеќе време да зоврие, што е уште еден доказ дека потребното количество топлина зависи и од видот на супстанцата. Во табелава подолу дадени се вредностите за специфичните топлински капацитети на некои супстанции. Забележуваме дека водата, поради големиот специфичен топлински капацитет, има исклучително голема способност да складира топлина во вид на внатрешна енергија, а железото многу мала.

Супстанца	Специфичен топлински капацитет c изразен во $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ \text{C})$
Вода	4190
Масло	2000
Железо	450
Алуминиум	900
Бетон	800

Табела 1. Специфични топлински капацитети на некои супстанции.

Потребната топлина Q за загревање на едно тело (или на супстанца) зависи од неговата маса, од тоа колку сакаме да ја зголемиме неговата температура и од тоа од

каква супстанца е направено. Ова е дадено со формулава:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) ,$$

каде што m е масата на телото, c е специфичниот топлински капацитет на супстанцата од којшто е направено телото, t_1 е почетната температура на телото, а t_2 е температурата на којашто ќе се загрее телото. Исто количество топлина ќе треба да предаде телото за да се излади од температура t_2 до температура t_1 . Формулата може да се запише и во следниов облик:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t ,$$

каде што Δt е промената на температурата на телото: $\Delta t = t_2 - t_1$.

Во експериментални услови, формулата може лесно да се провери. Ако на електрично решо истовремено загреваме 250 g вода и 500 g вода во исти садови, ќе забележиме дека водата со поголема маса се загрева побавно, односно нејзината температура побавно расте. Согласно со формулата, за постигнување иста температура, водата со поголема маса треба да прими поголемо количество топлинска енергија.

Ако, пак, го измериме времето потребно за водата да се загрее од собна температура до 50 °C и од 50 °C до 100 °C, ќе видиме дека треба повеќе време за водата да се загрее на втората температурна разлика. Ова потврдува дека топлинската енергија што треба да се донесе зависи и од големината на температурната промена.

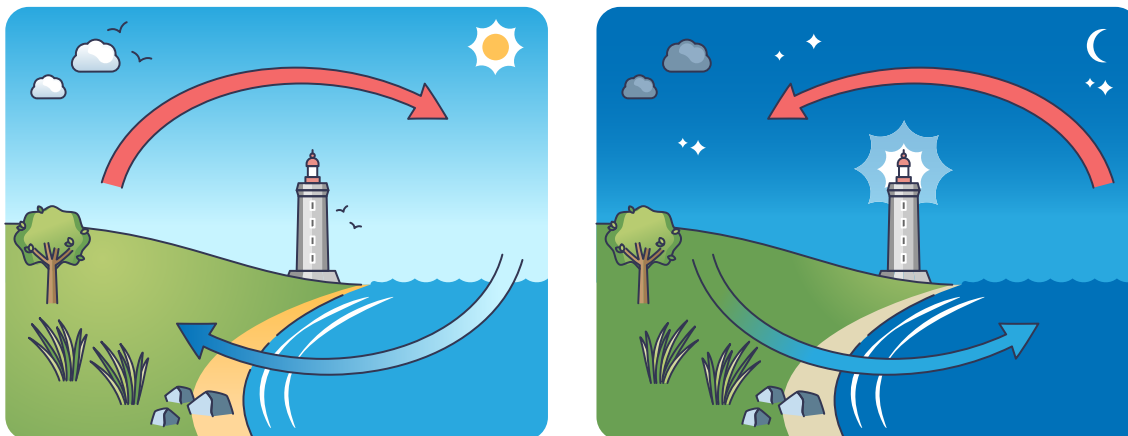
Ако на електрично решо поставиме два сада со иста маса на вода и масло, кои биле на собна температура, и постојано ја мериме температурата, ќе забележиме дека маслото многу побрзо се загрева од водата. Ова води до заклучок дека промената на температурата зависи и од видот на супстанцата. Иста маса на вода и масло прима исто количество топлина, но маслото достигнува повисока температура побрзо бидејќи има помал специфичен топлински капацитет.



РЕШЕН ПРИМЕР

Пресметај колкава топлинска енергија треба да се донесе на вода со маса од 250 g за таа да се загрее од собна температура којашто изнесува 20 °C до 90 °C. Специфичниот топлински капацитет на водата земи го од табелата на претходната страница.

Дадено:	Количеството топлина што треба да се донесе на водата е: $Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 0,25 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot (90 ^\circ \text{C} - 20 ^\circ \text{C}) = 73325 \text{ J} .$
$m = 250 \text{ g} = 0,25 \text{ kg}$	
$t_1 = 20 ^\circ \text{C}$	
$t_2 = 90 ^\circ \text{C}$	
$c = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$	
Се бара:	
$Q - ?$	



Слика 1. Струење на воздухот од копно кон море и обратно, дење и ноќе.

Брзината на загревање на супстанците има важна улога во природата. Пример за тоа е струењето на воздухот во близина на морскиот брег, што се појавува поради разликата во загревањето и ладењето на копното и морето. Бидејќи копното дење се загрева побрзо од водата, воздухот над копното се крева, а постудениот воздух од морето дува кон копното. Ноќе се случува спротивното. Бидејќи водата во морето побавно се лади, воздухот над морето се крева, а студениот воздух од копното се движи кон морето, односно студен ветер дува кон морето. Ваква појава може да се забележи и во близина на езерата. Поради својот голем специфичен топлински капацитет, водата има важна улога во регулирање на климата. Струењето на воздухот е директна последица на нерамномерното загревање и ладење на копното и морето.

Значењето на специфичниот топлински капацитет е огромно во техниката, енергетиката и во секојдневниот живот. Во домаќинствата се знае дека маслото ќе се загрее побрзо од водата, па затоа внимаваме кога готвиме. Во индустријата, системите за ладење мора да се дизајнираат прецизно - според топлинскиот капацитет на течностите што се користат. Во енергетиката, пак, се вршат детални пресметки за тоа колку топлинска енергија е потребна за да се зголеми температурата на големи количества вода во термоцентралите или во индустриските капацитети.



АКТИВНОСТИ

1. Брзината на загревање на супстанцата зависи од нејзината маса.

Загревај две маси вода (250 g и 500 g) во исти садови на електрично решо. На секои две минути прочитај ја температурата на водата во садовите. Резултатите внеси ги во табела. Направи пет мерења и нацртај график на зависноста на температурата на водата од времето на загревање. Што можеш да заклучиш од добиените резултати?

2. Загревање на различни супстанции

Загревај еднаква маса вода и масло во исти садови на електрично решо. На секои две минути прочитај ја температурата на водата и маслото. Резултатите внеси ги во табела. Направи пет мерења и нацртај график на зависноста на температурата на водата и маслото од времето на загревање. Што можеш да заклучиш од добиените резултати? Дали графикот е идентичен со тој од првата активност или има некои разлики. Постави хипотеза зошто се разликуваат резултатите.

ЗА 5+

Честопати за различни тела се дефинира и топлински капацитет на тело што покажува колкаво количество топлина е потребно за да се загрее целото тело. Според тоа, топлинскиот капацитет за дадено тело е производ на специфичниот топлински капацитет на супстанцата c од којшто е изградено телото и неговата маса, односно $C = c \cdot m$. Потребната топлина за да се загрее телото за температурна разлика од Δt , кога е даден топлинскиот капацитет, се пресметува со формулава:

$$Q = C \cdot \Delta t.$$

Топлинскиот капацитет на некое тело кажува колку топлинска енергија треба да прими или да оддаде тоа тело за неговата температура да се промени за 1°C .



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Најголем специфичен топлински капацитет има водородот (H_2), па затоа е и еден од најдобрите топлински изолатори. Специфичниот топлински капацитет на водородот е $14300 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Џозеф Блек (Joseph Black, 1728–1799)

Џозеф Блек бил шкотско-ирски лекар и хемичар кој прв го вовел поимот специфичен топлински капацитет. Тој дошол до заклучок дека на различни супстанции треба да им се донесе различно количество топлинска енергија за да се постигне иста промена на температурата. Неговите експерименти покажале дека водата има исклучително голем специфичен топлински капацитет, што подоцна станало основа за да се разберат климатските процеси и системите за греење.

Исто така, Блек го открил и концептот на латентна топлина, опишувајќи дека при топење или при испарување супстанца може да прими големи количества топлина без да се менува нејзината температура. Овие откритија имале огромно влијание врз развојот на машинството, медицината и индустријата.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува специфичниот топлински капацитет?
2. Од кои величини зависи количеството топлина што го прима или предава едно тело за соодветна промена на неговата температура?
3. Колку топлина е потребна за 1 kg вода да ја зголеми температурата за 5°C ?
4. Железна коцка со маса од 2 kg се загрева од 20°C на 80°C . Пресметај ја примената топлина.
5. Еден метален блок со маса од $0,5 \text{ kg}$ има специфичен топлински капацитет $c = 500 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$. Колку ќе се промени неговата температура ако апсорбира 5000 J топлина?



ЗАПОМНИ

- Специфичен топлински капацитет е физичка величина што покажува колку топлина е потребна за на 1 kg од некоја супстанца да се промени температурата за 1°C .
- Потребната топлинска енергија за загревање на едно тело зависи од масата на телото m , од промената на температурата Δt и од специфичниот топлински капацитет c на супстанцата од којашто е направено телото. Се пресметува со формулата $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$.

2.13. ТОПЛИНСКА РАМНОТЕЖА. ЗАКОН ЗА ЗАПАЗУВАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА

ПОИМИ

калориметар

Кога две тела со различна температура ќе се доведат во контакт, започнува пренесувањето топлина од телото со повисока температура кон телото со пониска температура сè додека не се изедначи нивната температура. Оваа состојба, во којашто веќе нема пренесување топлинска енергија меѓу телата, се нарекува **топлинска рамнотежа**. Температурата што ја имаат телата во моментот на изедначување се нарекува **температура на топлинска рамнотежа**.

Процесот на изедначување на температурата се одвива согласно со **Законот за запазување на енергијата**, кој гласи: Количеството топлина што го предава потоплото тело е еднакво на количеството топлина што го прима поладното тело, односно:

$$Q_1 = Q_2 ,$$

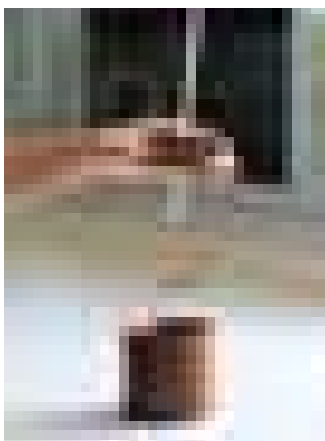
каде што со Q_1 е означена топлината што ја предава потоплото тело, а Q_2 е топлината што ја прима поладното тело.

Имаме тело со маса m_1 што е загреано на температура t_1 и има специфичен топлински капацитет c_1 . Тоа тело предава топлинска енергија на второ тело со маса m_2 што е на температура $t_2 < t_1$ и има специфичен топлински капацитет c_2 . Ќе сметаме дека енергијата се пренесува само од првото на второто тело и дека нема загуба на топлинска енергија во околната средина. По воспоставувањето топлинска рамнотежа, двете тела ќе бидат на температура t ($t_2 < t < t_1$) што може да ја определиме користејќи го Законот за запазување на енергијата. Ако предадената топлина од првото тело изнесува $Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t)$, а топлината што ја прима второто тело е $Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$, може да запишеме:

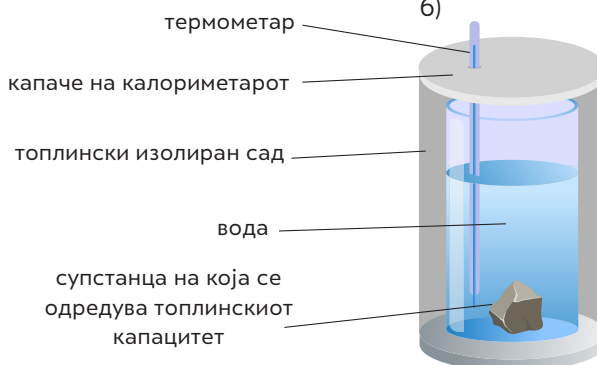
$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2) .$$

Процесите на предавање, примање топлина и на изедначување на температурата може да се следат и експериментално со помош на **калориметар**. Тоа е изолиран сад наменет за мерење топлински разлики без да се губи енергија во околината. Во калориметарот се мешаат супстанции (течности или течност и цврста супстанца) со различна температура, при што измерената температура на топлинска рамнотежа овозможува да се пресмета-

а)



б)



Слика 1. а) Калориметар со мешалка б) Одредување топлински капацитет на цврсто тело со калориметар

ат топлината, масата или специфичниот топлински капацитет на некоја од супстанциите. При работа со калориметарот во него се поставува термометар за да се следи промената на температурата на течноста, а вообичаено калориметрите имаат и мешалка за да може да се постигне рамномерна распределба на топлината во течноста (Слика 1).



РЕШЕН ПРИМЕР

Во калориметар има 0,25 kg вода на температура од 20 °C. Во калориметарот се внесува метално топче со маса од 0,15 kg на температура од 70 °C. Температурата на топлинската рамнотежа била 23 °C. Пресметај го специфичниот топлински капацитет на металот од којшто е направено топчето. Специфичниот топлински капацитет на водата изнесува $4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

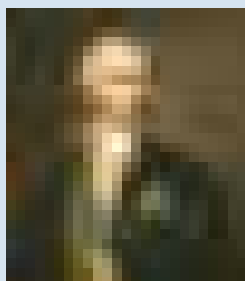
Дадено:	Бидејќи топчето е на повисока температура од водата, тоа предава топлина, а водата ја прима таа топлина. Користејќи го Законот за запазување на енергијата, имаме:
$m_1 = 0,15 \text{ kg}$	$Q_1 = Q_2,$
$m_2 = 0,25 \text{ kg}$	$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2),$
$t_1 = 70 ^\circ\text{C}$	$c_1 = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)}{m_1 \cdot (t_1 - t)},$
$t_2 = 20 ^\circ\text{C}$	
$t = 23 ^\circ\text{C}$	
$c_2 = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	
Се бара:	$c_1 = \frac{0,25 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (23 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C})}{0,15 \text{ kg} \cdot (70 ^\circ\text{C} - 23 ^\circ\text{C})} = 446 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}.$
$c_1 - ?$	

Топлинската рамнотежа е процес што се случува постојано околу нас. Кога чаша со топла вода ќе се остави на масата, таа оддава топлина на околниот воздух додека нејзината температура не се изедначи со температурата на просторијата, при што воздухот незначително ќе се загрее. Телата постојано разменуваат топлина со околината сè до постигнување на топлинска рамнотежа.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Пјер-Симон Лаплас (Pierre-Simon Laplace, 1749–1827)



Пјер-Симон Лаплас бил француски математичар и физичар, познат по огромниот придонес во механиката, астрономијата и во термодинамиката. Заедно со Антоан Лавоазје, тој го развил првиот леден калориметар, уред кој ја мерел топлината што ја ослободува телото при хемиски реакции преку количеството стопен мраз. Овој уред претставува почеток на модерната калориметрија. Лаплас прв покажал дека топлината може да се измери. Исто така, тој работел на математичко формулирање на топлинските процеси, оставајќи траен белег во развојот на науката.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Мразот додаден во чаша со сок прима големо количество топлина додека се топи, а неговата температура се одржува приближно на 0 °C.

ЗА 5+

Кога едно тело преминува од цврста во течна состојба (топење) или од течна во гасовита состојба (испарување), неговата температура може да остане непроменета, иако телото се загрева, односно постојано му се доведува топлина. Енергијата што се користи за раскинување на врските меѓу честичките, а не за зголемување на температурата ја викаме латентна топлина или скриена топлина. Латентна топлина на топење е количеството енергија потребно да се стопи единица маса од супстанцата без промена на температурата. Латентната топлина на испарување е уште поголема бидејќи треба целосно да се ослободат честичките од течноста за да преминат во гас.

Латентната топлина на топење или на испарување може да се пресмета со формулата:

$$Q = m\lambda,$$

каде што Q е топлината што телото ја прима при топење или при испарување, m е масата на супстанцата, а λ е специфичната латентна топлина на топење или на испарување изразена во J/kg. Латентната топлина на топење на мразот изнесува 334000 J/kg, а латентната топлина на испарување на водата изнесува 2260000 J/kg.


АКТИВНОСТ
1. Изработка на калориметар и одредување на специфичниот топлински капацитет на тело или на течност

За да изработиш едноставен калориметар, земи две тегли со различна големина така што помалата да може да влезе во поголемата. Во просторот меѓу двете тегли постави изолационен материјал, како што се стиропор, памук или ткаенина, за да се намали топлинската загуба. На капаците од теглите направи мали отвори низ којшто ќе можеш да протнеш термометар за да ја мериш температурата. Во внатрешната тегла стави вода со позната маса, чијашто температура ќе ја измериш со термометар. Потоа во калориметарот стави топол или ладен предмет (метална коцка), со позната маса, чијашто температура пред ставањето во калориметарот, исто така, ќе ја измериш. Капаците на двете тегли нека бидат затворени за време на мерењата. Измери ја температурата на топлинска рамнотежа и пресметај го специфичниот топлински капацитет на телото. Специфичниот топлински капацитет на водата е познат.


ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува топлинска рамнотежа?
2. Како се пренесува топлината меѓу две тела со различна температура?
3. Како гласи Законот за запазување на енергијата во процесот на топлинска рамнотежа?
4. Во калориметар има 200 g вода на температура од 80 °C во којашто се става 100 g вода на температура од 20 °C. Пресметај ја температурата на топлинска рамнотежа. Притоа, претпоставуваме дека нема топлинска загуба во околната средина.
5. Ако непознат метал со маса од 120 g, загреан на 100 °C, се стави во 200 g вода на 20 °C, а рамнотежната температура е 24 °C, пресметај го специфичниот топлински капацитет на металот. Притоа, да се смета дека нема топлинска загуба во околната средина.

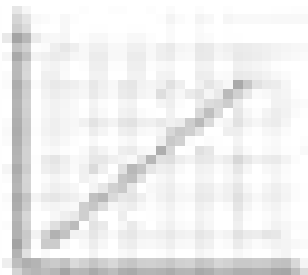
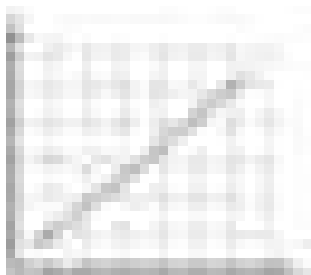

ЗАПОМНИ

- Кога две тела загреани до различна температура ќе се доведат во контакт, топлината се пренесува од потоплото кон поладното тело, односно од тело со повисока кон тело со пониска температура.
- Преносот на топлинска енергија трае сè додека двете тела не постигнат топлинска рамнотежа.
- Количеството топлина што ја оддава потоплото тело е еднакво на количеството топлина што ја прима поладното тело, ако нема загуби во околната средина.

ТЕМА 2. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ

1. Наброј три супстанци изградени од атоми и три од молекули.
2. Ако двете супстанци имаат еднаква маса и различна густина, што може да се каже за нивниот волумен? Објасни со помош на честичниот модел.
3. Зошто гасовите може да се компресираат, а течностите и цврстите тела не?
4. Објасни како мирисот на храна брзо се шири низ кујната?
5. Зошто медот тече „побавно“ од водата? Како е поврзано тоа со меѓумолекуларните сили?
6. Како се менуваат распоредот и движењето на честичките кога цврсто тело преминува во течност?
7. Една супстанца се топи на точно определена температура, а друга омекнува со зголемување на температурата и во исто време може да се најде и во течна и во цврста агрегатна состојба. Што може да се каже за внатрешната структура на материјалите.
8. Објасни зошто температурата во $^{\circ}\text{C}$ може да биде негативна, а во K не може.
9. Во лабораторија температурата се зголемила од 298 K на 308 K .
 - а) За колку K се зголемила температурата?
 - б) Колку изнесува ова зголемување во $^{\circ}\text{C}$?
10. Во експеримент се следи ладење на вода од $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Измерено е дека водата губи $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на секои 10 минути. Нацртај график на зависноста на температурата на водата во зависност од времето. Што претставува наклонот на графикот.
11. Точката на топење на живата е $234,32\text{ K}$, додека пак точката на вриење изнесува $629,85\text{ K}$. Во каква агрегатна состојба се наоѓа живата на температура од $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во каква на $370\text{ }^{\circ}\text{C}$?
12. Зошто стаклените шишиња може да пукнат ако се наполнат со врела вода?
13. Должината на бакарна жица со загревање се зголемила од $50,00\text{ cm}$ на $50,06\text{ cm}$. Колку изнесува промената во должината?
14. Челичен цилиндар со маса од 2 kg и со волумен $0,00025\text{ m}^3$ се загрева и волуменот се зголемува за $0,2\%$.
 - а) Колкав е волуменот на цилиндарот по неговото загревање?
 - б) Како се менува густината на цилиндарот со неговото загревање?
15. Зошто различни течности не се шират еднакво при иста промена на температурата?
16. Како топлинското ширење на течностите се користи во течните термометри?
17. Сад содржи 1 L вода на $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Колку ќе изнесува волуменот на водата ако по нејзиното загревање тој се зголемил за $0,2\%$
18. Во клип има воздух со волумен $1,2\text{ L}$ на температура 300 K . Температурата на гасот се зголемува на 450 K при константен притисок.
 - а) Пресметај го новиот волумен.
 - б) Пресметај колку пати се променила густината на воздухот.
19. Притисокот на автомобилска гума е 220 kPa при температура од 15°C . По возење, температурата на воздухот во гумата се зголемил на 75°C .
 - а) Колкав ќе биде притисокот?
 - б) Дали е безбедно да се вози ако гумата може да издржи максимален притисок од 300 kPa ?

20. Гас има почетен притисок од 100 kPa и волумен 3 L. Колкав ќе биде волуменот ако притисокот се зголеми на 150 kPa при константна температура?
21. Во цилиндар со клип има 500 cm^3 гас под притисок 80 kPa. Клипот се движи така што волуменот станува 125 cm^3 . Колкав ќе биде притисокот на гасот?
22. На кој од графицие подолу е прикажан процес при што волуменот на гасот не се менува?



23. Зошто повеќе ни студи кога маицата што ја носиме е влажна?
24. Две тела имаат еднаква температура. Дали телата имаат еднаква внатрешна енергија?
25. За испарување на 1 g вода потребни се 2260 J енергија. Пресметај го намалувањето на внатрешната енергија на ученик од чијашто кожа испариле 2 g вода.
26. Зошто лете е подобро да носиме светла облека, а зиме темна?
27. Во две мали шишиња се става исто количество вода на температура од 50°C . Првото шише го виткаме во алуминиумска фолија, а второто во волнена ткаенина. По 15 минути, температурата на водата во првото шише се намалила за 15°C , а во второто за 5°C . Кој материјал е подобар топлински изолатор и зошто?
28. Во соба со висина 3 m температурата на воздухот на подот е 22°C , а под таванот 27°C . Како конвекцијата создава таква распределба на температурата. Што ќе се смени ако радијаторите со коишто се загревава просторијата се поставени повисоко?
29. Дали во вакуум може да се пренесува топлина со конвекција?
30. Во стаклена градина измерена е температура од 25°C кога температурата надвор од стаклената градина била 4°C . Објасни како радијацијата и конвекцијата заедно ја создаваат оваа разлика. Зошто топлината „останува заробена“ внатре?
31. Пресметај ја топлинската енергија што ќе ја ослободи коцка мраз со страна 5 cm ако нејзината температура се зголеми од -20°C до -5°C . Густината на мразот изнесува 990 kg/m^3 , а специфичниот топлински капацитет на мразот $210 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$.
32. Метално тело со маса од 0,5 kg се лади од 150°C на 50°C . Специфичниот топлински капацитет на супстанцата од којашто е изградено телото е $380 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$.
 - а) Колку топлина изгубило телото?
 - б) За колку му се намалила внатрешната енергија?
33. Кое тело складира повеќе топлина: 1 kg вода или 1 kg железо, загреани до иста температура?
34. Зошто климата во крајбрежните области е поблага отколку во внатрешноста на континентите?
35. Истражувач загрева 0,2 kg течност А и 0,2 kg течност Б со иста електрична плочка. По 3 минути, температурата на А се зголемила за 18°C , а температурата на течноста Б за 9°C . Која течност има поголем специфичен топлински капацитет и за колку пати?
36. Во 300 g вода на 25°C се става метален предмет со маса од 150 g на 100°C . По извесно време се постигнува рамнотежна температура од 32°C . Пресметај го специфичниот топлински капацитет на металот ако е познат специфичниот топлински капацитет на водата.

Тема 3:

ЕЛЕКТРИЦИТЕТ И МАГНЕТИЗАМ

Со оваа тема ќе изучиш како телата се електризираат и како меѓусебно дејствуваат преку електрично поле. Ќе разбереш дека електричната струја не е само „жичка што свети“, туку движење на честички што може да се јави во некои цврсти тела, течности и гасови, и ќе научиш да ја препознаваш преку нејзините ефекти – светлина, топлина, магнетизам. Ќе знаеш да ја одредиш насоката на струјата во струјно коло и ќе објасниш како се создава и тече.

Ќе стекнеш знаење за тоа како да се заштитиш од струен удар, бидејќи физиката се грижи и за нашата безбедноста. Ќе ги разгледаш својствата на магнетите, нивните полови и заемните дејства со магнетното поле, и ќе откриеш дека магнетните сили се исто толку реални и важни како електростатските.

Ќе научиш да ги поврзуваш електричните и магнетните појави и да правиш споредби меѓу нив, откривајќи дека тие се дел од една голема приказна, електромагнетизмот, кој е основа на современата технологија. Од компасот што го покажува север, до моторите што го движат светот, ќе разбереш дека овие невидливи сили се секогаш околу нас и постојано го обликуваат нашето секојдневие.

Резултати од учењето

Ученикот/ученичката ќе биде способен/способна:

- да ги објаснува промените при електризирање на телата и нивното заемнодејство преку електрично поле;
- да го идентификува течењето на електричната струја кај: метали, течности и гасови преку нејзините ефекти, одредува насока на електрична струја во струен круг и го објаснува нејзиното протекување/создавање;
- да презема мерки за заштита од струен удар;
- да ги објаснува својствата на магнетите и постоењето на магнетните сили преку нивните заемнидејства во магнетно поле;
- да ги поврзува електричните и магнетните појави и да прави споредба меѓу нив.

3.1. ГРАДБА НА АТОМОТ. ЕЛЕКТРИЧНИ ПОЛНЕЖИ

ПОИМИ

атом

електронска обвивка

електрон

неутрон

елементарен електричен полнеж

атомско јадро

јон

протон

кулон

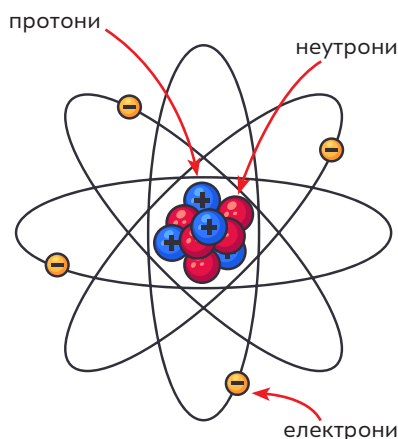
количество електричество

позитивен јон-катјон

негативен јон-анјон

Градба на атомот

До крајот на 19 век **атомите** се сметале за најмали градбени честички на материјата, односно честички од кои се составени хемиските елементи. Секој хемиски елемент има карактеристичен атом со уникатни карактеристики. Според наједноставниот



Слика 1. Наједноставен графички приказ на атомот - во јадрото се наоѓаат протоните и неутроните, а електроните кружат околу јадрото.

модел, атомите може да се замислат како многу мали честички со топчест облик. Подоцна, кон крајот на 19 и почетокот на 20 век, било откриено дека атомот, иако исклучително мал, не е неделив, туку има сопствена внатрешна структура. Денес знаеме дека секој атом се состои од централен дел наречен **јадро** и од **електрони** кои се движат околу него. Просторот во којшто може да се најдат електроните околу јадрото се нарекува **електронска обвивка**. Јадрото има голема густина и маса и во него се наоѓаат **протоните** и **неутроните**. Протоните и неутроните со заедничко име ги нарекуваме **нуклеони** („nucleus“ на латински значи јадро). Карактеристично е тоа што за секој атом бројот на протоните е еднаков на бројот на електроните.

Атомите на различни елементи се разликуваат според бројот на протони во јадрото, а со тоа и според бројот на електрони во електронската обвивка. Така, на пример, атомот на водород има еден протон во јадрото и еден електрон во електронската обвивка, атомот на кислород има точно осум протони и осум електрони. На Слика 1 е прикажан атом со четири протони во јадрото и четири електрони во обвивката. Тоа е атомот на берилиум (Be). Секој елемент во Периодниот систем има атоми со точно определен број протони во јадрото, односно електрони во електронската обвивка.



АКТИВНОСТ

1. Истражување за атомите

За градбата на Периодниот систем на елементите учеше на часовите по хемија. Редниот број на елементот во Периодниот систем е еднаков на бројот на протоните во јадрото на атомот на тој елемент. Разгледај колку протони имаат различните елементи. Кој елемент има атом со најголем број протони во своето јадро? Обиди се да илустрираш некои од атомите на полесните јадра, како што се Li, C, N, O. Бројот на неутрони во јадрата да биде еднаков на бројот на протоните.

Два вида полнежи

Полнежот е карактеристика, односно својство на некои честички, слично како масата. Некои честички го поседуваат тоа својство, а други не. Честичките што имаат полнеж ги нарекуваме **наелектризирани честички**. Честопати наелектризираните честички се нарекуваат и **носители на полнеж**. Експериментално е утврдено дека во природата се среќаваат само два вида полнежи и за нив е прифатено да ги нарекуваме **позитивен полнеж** и **негативен полнеж**. Протоните имаат позитивен полнеж, електроните негативен, а неутроните немаат полнеж и за нив велиме дека се **електронеутрални**.

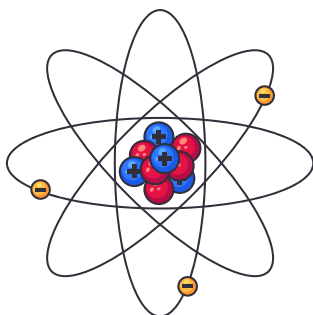
Електричниот полнеж претставува физичка величина којашто може да се измери. Се користи и друг термин, а тоа е **количество електричество (електрицитет)**. Симболот за количество електричество е q , а основна единица мерка е еден **кулон** (1 C). Со прецизни експериментални мерења, утврдено е дека во природата најмалото можно количество електричество е полнежот на електронот и на протонот и утврдено е дека изнесува $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Ова количество електричество е наречено **елементарен електричен полнеж**. Полнежот е скаларна величина. Ако телото е наелектризирано позитивно, неговото количество електричество го запишуваме како позитивна величина, но ако телото е негативно наелектризирано, неговото количество електричество го запишуваме како негативна величина. Така, за полнежот на протонот може да запишеме $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C, а за полнежот на електронот може да запишеме $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Не постои друг вид електричен полнеж во природата.

Бидејќи бројот на протоните и на електроните кај атомот е ист, може да заклучиме дека атомот како целина е електронеутрален. Затоа супстанците и телата во природата се електронеутрални, како што се воздухот, водата, балонот, косата, облеката, чешелот и многу други. Кога едно тело е електронеутрално, тоа не значи дека во телото нема полнежи, напротив, во него постојат и позитивни и негативни полнежи, само што тие се во рамнотежа.

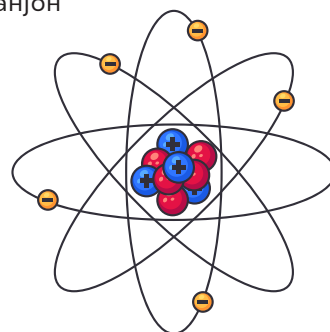
Честичките во составот на атомот се држат заедно како позитивни и негативни преку дејството на силите меѓу нив. Во јадрото помеѓу протон и протон, протон и неутрон и помеѓу неутрон и неутрон дејствуваат јаки привлечни нуклеарни (јадрени) сили и затоа протоните или неутроните не може лесно да го напуштат јадрото. Од друга страна, силите што ги држат електроните околу јадрото се послаби од нуклеарните сили. Затоа, многу е полесно еден или повеќе електрони да го напуштат атомот. Електроните што се најдалеку од јадрото најлесно може да го напуштат атомот, бидејќи за нивното отстранување е потребна најмала енергија.

Кога еден или повеќе електрони ќе го напуштат атомот, тогаш тој атом станува **позитивен јон (катјон)**. Откинатите електрони може да се врзат со неутрален атом и тогаш тој атом станува **негативен јон (анјон)**. Значи, наелектризиран атом што има недостиг или вишок електрони го викаме **јон**. Процесот при којшто од неутрален атом се добива јон го нарекуваме **јонизација**.

а) катјон



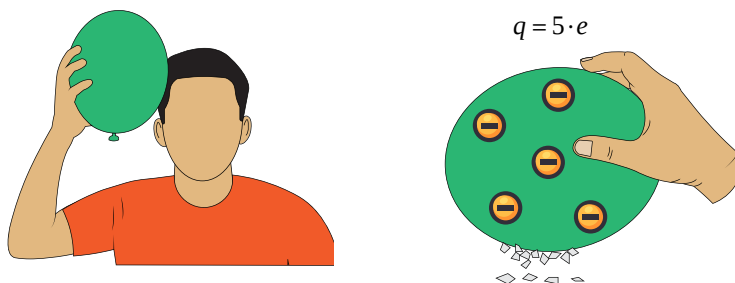
б) анјон



Слика 2.

а) Катјон - бројот на електрони е помал од бројот на протони
б) Анјон - бројот на електрони е поголем од бројот на протони.

Освен тоа што електроните може да го напуштат атомот, тие може да напуштат едно тело и да преминат на друго тело. На таков начин добиваме наелектризирани тела. **Наелектризирано тело** има или вишок електрони или недостиг на електрони. Ако има вишок електрони, телото е негативно наелектризирано. Ако има недостиг на електрони, тоа е позитивно наелектризирано.



Слика 3. По триењето на балонот од косата, на него преминале 5 негативни елементарни електрични полнежи.

Од експериментот прикажан на Слика 3 може да заклучиме дека полнежот на кое било тело може да го изразиме со формулата:

$$q = n \cdot e,$$

при што n е бројот на елементарни електрични полнежи (позитивен цел број), а e е големината на елементарниот електричен полнеж.



РЕШЕН ПРИМЕР

Колку елементарни полнежи се содржат во количество електричество од 1 C.

Дадено:

$$q = 1\text{C}$$

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

Се бара:

$n = ?$

а. Бројот на елементарни електрични полнежи кои се наоѓаат на тело што е наелектризирано со полнеж 1 C е:

$$q = n \cdot e \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{1\text{C}}{1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 6,25 \cdot 10^{18}$$



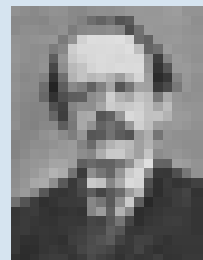
ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Повеќе од 99,9 % од масата на атомот се наоѓа во јадрото. Електронот има маса што е приближно 1836 пати помала од масата на протонот и приближно 1839 пати помала од масата на неутронот.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Џозеф Џон Томсон (Joseph John Thomson, 1856–1940)

Томсон бил англиски физичар кој оставил длабока трага во развојот на модерната атомска физика. Тој во 1897 година спровел серија експерименти со кои покажал дека атомот не е неделива честичка. Во своите експерименти забележал честички со многу мала маса и со негативен електричен полнеж. Овие честички денес се нарекуваат електрони и се првите градебни честички на атомите што ги открил човекот. Томсон со своето откритие го разбил митот за атомот како неделива честичка и ја отвори вратата кон модерната Теорија за атомот.



Освен што го открил електронот, Томсон предложил еден од првите модели на структурата на атомот – познатиот модел на атомот „пудинг со суво грозје“, во којшто електроните се вградени во позитивно наелектризирано јадро со големина колку и на атомот, слично на зрна од суво грозје ставени на површината на пудинг. Томсон добил Нобелова награда за физика во 1906 година за неговите истражувања на електричната спроводливост кај гасовите.

ЗА 5+

Ако едно тело е наелектризирано со позитивен, а друго со негативен полнеж, при меѓусебен допир доаѓа до прераспределување на тој полнеж. Ако двете тела се наелектризирани со исто количество полнеж, но со спротивен знак, по допирот двете тела стануваат електронеутрални. Ако допреме две тела со исти димензии, при што првото тело има полнеж q_1 а второто тело q_2 , секое од телата по допирот ќе има полнеж кој може да се пресмета со равенката:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2}.$$

Последнава равенка важи само ако телата имаат исти димензии. Ако телата се разноимено наелектризирани, полнежот на позитивно наелектризираните тела треба да се земе како позитивна величина, а полнежот на негативно наелектризираните тела како негативна величина. Прераспределбата на полнеж во затворен систем настанува според Законот за запазување на електричниот полнеж, според кој вкупниот полнеж во изолиран систем не се менува.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Ако бројот на протони во јадрото на атомот и бројот на електрони во електронската обвивка е ист, колкав е вкупниот полнеж на атомот?
2. Која честичка во јадрото нема електричен полнеж?
3. Едно тело има недостиг од $5 \cdot 10^{12}$ електрони. Дали е позитивно или негативно наелектризирано?
4. Колку елементарни полнежи содржи електричен полнеж од $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$?
5. Пресметај го електричниот полнеж ако телото има вишок од $5 \cdot 10^{12}$ електрони.



ЗАПОМНИ

- Атомот е изграден од атомско јадро (протони и неутрони) околу коешто се движат електроните.
- Најголем дел од масата на атомот е во атомското јадро.
- Во природата постојат два вида полнежи (позитивен и негативен).
- Основна единица мерка за количество електричество е еден кулон (1C).
- Полнежот на електронот се нарекува елементарен електричен полнеж.

3.2 ЕЛЕКТРИЗИРАЊЕ НА ТЕЛАТА

ПОИМИ

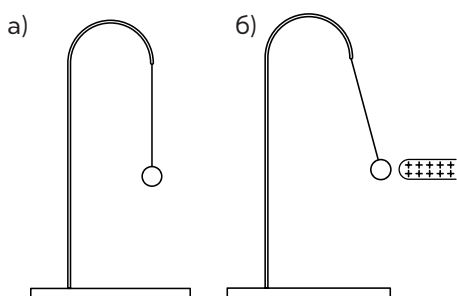
електрична инфлуенција/индукција

електроскоп

електрометар

Наелектризирани тела

Една од силите кои дејствуваат на далечина е електростатската сила којашто дејствува помеѓу тела кои се наелектризирани. Ако две тела се наелектризирани со ист вид полнеж (велиме истоимено наелектризирани), тие се одбиваат, а ако се наелектризирани со спротивен електричен полнеж (велиме разноимено наелектризирани), телата се привлекуваат. За да се одреди дали некое тело е наелектризирано, користиме заемнодејство со друго наелектризирано тело.



Слика 1. а) Електростатско нишало во рамнотежна положба, б) При доближување на наелектризирано тело до електростатското нишало, топчето се отклонува од рамнотежната положба.

Дали телото е наелектризирано, наједноставно може да се провери со електростатско нишало (Слика 1а). Електростатското нишало е лесно топче направено од стиропор, плута или од срцевината на растението бозел, што е обесено на конец кој не спроведува полнеж. При доближување на наелектризирано тело до топчето, тоа се поместува, односно телото го привлекува топчето, како што е прикажано на Слика 1б). Ако до топчето од електростатското нишало доближиме ненаелектризирано тело, тоа не се поместува од рамнотежната положба.

Друг уред за утврдување дали некое тело е наелектризирано е **електроскопот**. Тој се состои од два метални дела кои не се во допир. Првиот дел е внатрешната прачка со метално топче на врвот (глава на електроскопот), која на долниот дел завршува со две тенки метални ливчиња, како што е прикажано на Слика 2а. За да се избегнат надворешни влијанија, металните ливчиња се сместени во цилиндрична метална кутија којашто од двете страни е затворена со стакло. Оваа кутија е поставена на изолаторска основа. Кога електроскопот не е наелектризиран, ливчињата не се раширени. Ако до главата на електроскопот е допрено електронеутрално тело, положбата на ливчињата ќе остане непроменета. Ако на електроскопот донесеме полнеж допирајќи до главата на електризирано тело, полнежот се распределува по внатрешната прачка и по ливчињата. Бидејќи металните ливчиња истоимено се електризираат, тие се одбиваат, како што е прикажано на Слика 2б. Ако ливчињата се отклонети од почетната положба, може да заклучиме дека телото што сме го допреле до главата на електроскопот е наелектризирано.

Електроскопот со скала го нарекуваме **електрометар**. Со него не само што може да одредиме дали некое тело е наелектризирано, туку може да ја определиме и големината на полнежот на телото што ќе го допреме до главата на електрометарот. На Слика 3 е

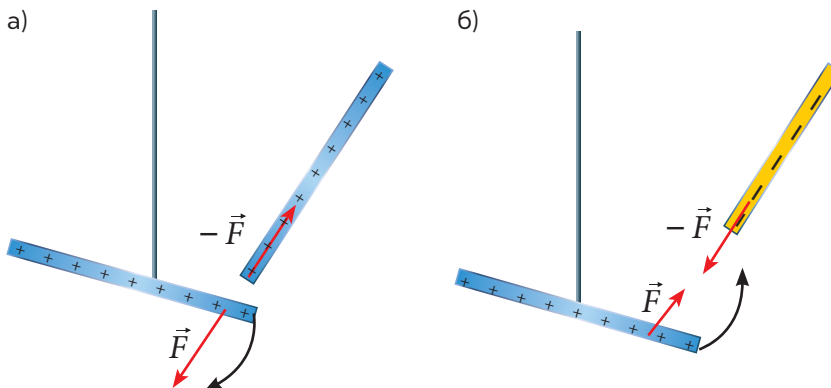
прикажан електрометар кога бил допрен со тело што е позитивно наелектризирано. Електрометарот покажува отклонување на стрелката. На градуираната скала може да се исчита големината на полнежот.

Електризирање на телата

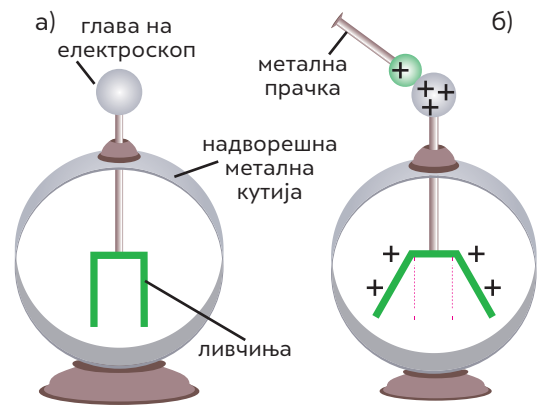
Телата може да се наелектризираат на неколку начини: со триење на две тела, со допир на наелектризирано тело со ненаелектризирано и со електростатска инфлуенца.

Електризирање на телата со триење

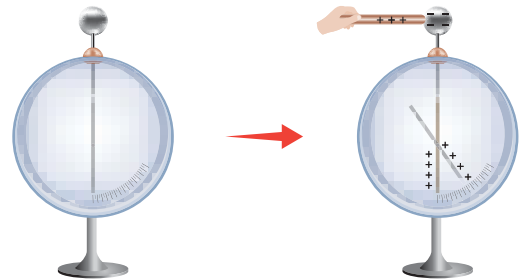
Ако протриеме пластична или стаклена прачка со волнена крпа и прачката ја доближиме до ситни листови хартија или до коса, тогаш ливчињата хартија и косата ќе се привлечат кон прачката. Ако две стаклени прачки ги протриеме со волнена крпа и едната ја обесиме на конец така што може слободно да ротира, а потоа ја доближиме другата стаклена прачка, ќе забележиме дека тие се одбиваат (Слика 4а). Но, ако кон стаклената прачка што е обесена на конец приближиме пластична прачка, исто така протриена со волнена крпа, ќе забележиме спротивен ефект, односно прачките се привлекуваат (Слика 4б).



Слика 4. а) Одбивање на две наелектризиани стаклени прачки
б) Привлекување на наелектризирана стаклена и пластична прачка.



Слика 2. а) Електроскоп б) Телото со коешто сме ја допреле главата на електроскопот е наелектризирано – металните ливчиња се разделени.



Слика 3. Електроскоп и одредување на големината на полнежот на тело со коешто сме ја допреле главата на електрометарот.

Со триење електро-неутралните тела може да се наелектризираат. Стаклената и пластичната прачка се наелектризиран со разноимени полнежи. Стаклената прачка протриена со волнена крпа се електризира позитивно, бидејќи дел од електроните при триењето од ста-

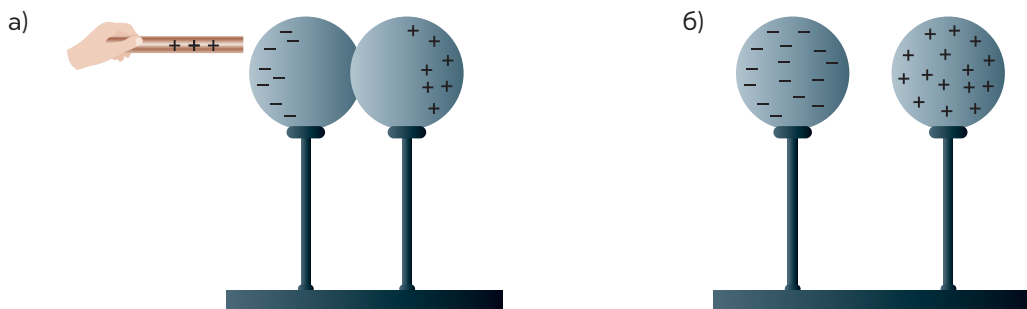
клото преминале на волнената крпа. Пластичната прачка протриена со волнена крпа се наелектризира негативно бидејќи дел од електроните од волнената крпа преминале на пластичната прачка.

Електризирање на телата со допир

Ако допреме ненаелектризирано тело со тело што веќе сме го наелектризираме, тогаш полнежот ќе се распредели на двете тела, така што по одвојувањето на телата дел од полнежот ќе остане на едното тело, а дел на другото. Ако до ненаелектризирана стаклена прачка, поставена на крајот како во претходниот случај, допреме друга наелектризирана прачка и потоа ги одвоиме, двете прачки ќе бидат позитивно наелектризирани. Ако се обидеме да ја приближиме едната прачка до другата, ќе забележиме дека тие меѓусебно ќе се одбиваат.

Електризирање на тела со електрична инфлуенца

Ако кон две допрени метални топки поставени на изолаторска статива приближиме тело коешто, на пример, е наелектризирано позитивно, тогаш слободните електрони под дејство на привлечната електростатска сила ќе се движат кон позитивно наелектризираното тело. На таков начин металната топка што е поблиску до телото ќе има вишок електрони, а подалечната топка ќе има недостиг на електрони. Додека го држиме наелектризираното тело во близина на првата топка и малку ги разделиме споените метални топки, тогаш првата топка ќе биде наелектризирана негативно, а втората топка ќе биде позитивно наелектризирана. Ваквиот начин на електризирање е можен само кај металите и се нарекува електризирање со електрична инфлуенца или електрична индукција.



Слика 5. Електризирање со електрична инфлуенца; а) До првата топка е приближено позитивно наелектризирано тело, па доаѓа до електризирање на телата;
б) Со разделување на топките, телата постојано се наелектризирани еднакво и спротивно според знакот на полнежи.



АКТИВНОСТ

1. Електризирање на електроскоп на два начина

Протриј стаклена прачка со волнена крпа и допри ја до главата на ненаелектризиран електроскоп? Што забележуваш? Со каков полнеж е наелектризиран електрокопот? Разелектризирај го електрокопот на тој начин што ќе го допреш со прст. Сега, наелектризирај го електрокопот со инфлуенца. Доближи ја стаклената прачка, којашто повторно си ја протрило со волнена крпа, до главата на електрокопот. Ќе забележиш дека ливчињата се раздвоија. Објасни ја појавата. Каде се собрал негативниот полнеж на електрокопот, а каде има недостиг од негативни полнежи? Додека прачката е во близина на главата, допри ја главата на електрокопот со прст. На тој начин негативните полнежи се пренесуваат во Земјата. Тргни ги прстот и стаклената прачка. Како е сега наелектризиран електрокопот?

ЗА 5+

Кога две наелектризирани точкести тела се наоѓаат во вакуум, силата со којашто тие меѓусебно дејствуваат зависи од нивните полнежи и од растојанието меѓу нив. Силата со којашто дејствуваат полнежите се нарекува Кулонова сила и нејзината големина може да се пресмета со формулата:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} ,$$

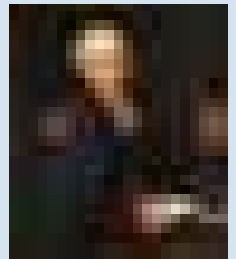
каде што со F е означена силата со којашто заемно дејствуваат телата, q_1 и q_2 се големината на полнежите, а r е растојанието меѓу двата полнежи. Со k ја означуваме константата на пропорционалност, што за вакуум изнесува $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$. Бидејќи секоја сила е заемнодејство меѓу две тела, може да заклучиме дека Кулоновата сила дејствува на двата полнежа.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Шарл-Огистен Кулон (Charles-Augustin de Coulomb 1736–1806)

Кулон бил француски инженер и физичар чиешто истражувања ги поставиле темелите на електростатиката. Со создавањето на својата позната торзиона вага, Кулон прв успеал да открие од што зависи силата на заемнодејство меѓу наелектризирани тела. Врз основа на овие мерења го формулирал Кулоновиот закон, според кој силата меѓу два наелектризирани објекти е пропорционална на производот од нивните полнежи и обратнопропорционална на квадратот од растојанието меѓу нив. Овој закон е фундаментален за разбирање на сите електростатски појави. Во чест на неговата работа, основната SI единица за електричен полнеж е наречена кулон (C).



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Електроскопот бил создаден пред повеќе од 400 години и сè уште се користи на ист начин.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто металните ливчиња кај електроскопот се раздвојуваат кога доближуваме полнеж?
2. Како можеш да утврдиш дали непознато тело е позитивно или негативно наелектризирано?
3. Две метални топки се во контакт. Донесуваме позитивно наелектризирано тело до првата, а потоа ги раздвојуваме топките. Опиши ги полнежите на двете топки по раздвојувањето.
4. Објасни ја разликата меѓу електрометар и електроскоп.
5. На кои три начини може да се наелектризираат телата?



ЗАПОМНИ

- Наелектризирано тело е тело што има вишок или недостиг на електрони.
- Истоимените полнежи се одбиваат, разноимените се привлекуваат.
- Електроскопот е инструмент со кој може да се провери дали телото е наелектризирано.
- Телата може да се наелектризираат со триење, со допир и со инфлуенца.

3.3. ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ

ПОИМИ

електрично поле

електрична сила

електрични силиви линии

Присуството на некој полнеж во дадена точка ги менува средината или просторот околу тој полнеж. Иако со нашите сетила не можеме да го почувствуваме тоа, сепак преку експерименти и истражувања можеме да откриеме што се случува во просторот околу даден електричен полнеж.

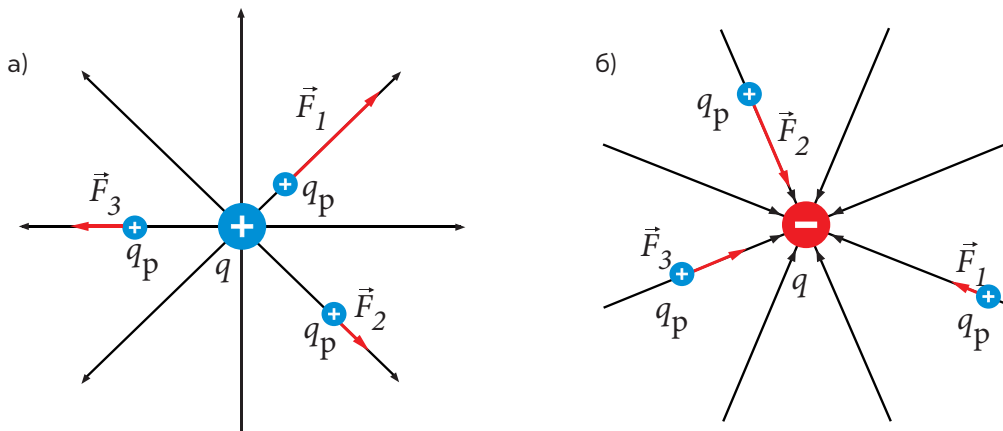


Слика 1. Правец и насока на дејство на гравитациската сила на Земјата.

Може да почнеме со споредба и да разгледаме појава што веќе ја сретнавте. На секое тело што е во близина на Земјата му дејствува гравитациска сила насочена вертикално надолу. Таа сила нема да дејствува доколку не постои Земјата. Просторот околу Земјата има различни својства од просторот во Вселената, каде што нема ѕвезди или планети. Велиме, околу Земјата постои гравитациско поле (Слика 1). Поради гравитациското поле на Земјата, телата се привлекуваат кон нејзината површина. Иако гравитациско поле постои во просторот околу секое тело што има маса, во близина на Земјата, гравитациското поле на Земјата е најголемо. На Слика 1 е прикажана насоката на гравитациската сила која дејствува на тело што се наоѓа во гравитациското поле на Земјата. Нацртаните вектори се насочени кон центарот на Земјата, односно во радијален правец (векторите се нормални на површината на Земјата).

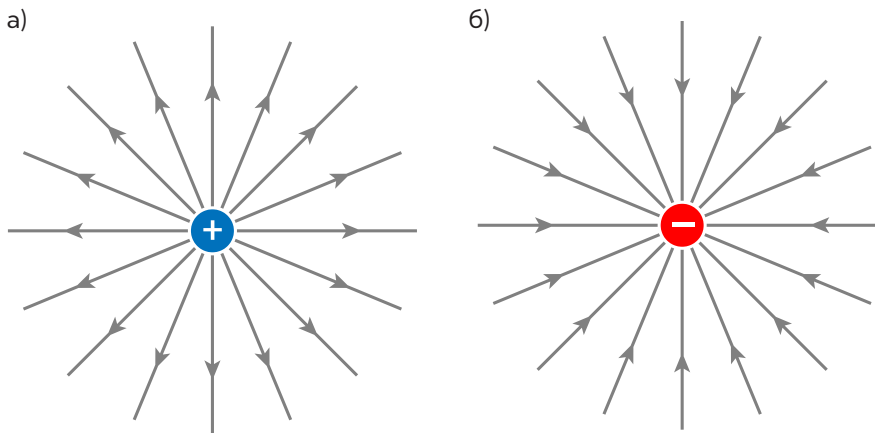
Слично на создавањето на гравитациското поле околу Земјата и околу секој полнеж или наелектризирано тело се менува просторот, односно велиме дека постои електрично поле. За истражување на електричното поле користиме пробен полнеж. Тоа е точкест полнеж, по договор позитивен. Сега, ако во просторот каде што има електрично поле донесеме пробен полнеж, на тој полнеж ќе дејствува сила што ја нарекуваме електростатска сила. Ако во просторот во којшто ќе го донесеме пробниот полнеж нема електрично поле, тогаш на него не дејствува електростатска сила. Ако до позитивно наелектризирано тело донесеме позитивен пробен полнеж, тогаш на тој полнеж ќе дејствува одбивна електростатска сила и тој ќе настојува да се оддалечи од телото. Обратно, ако до негативно наелектризирано тело донесеме пробен полнеж, на него ќе дејствува привлечна електростатска сила и тој ќе биде привлечен кон негативно наелектризираното тело. На слика 2а е прикажан пробен полнеж (q_p) донесен до позитивно наелектризирано тело, а на слика 2б ист пробен полнеж донесен до негативно наелектризирано тело. На сликата се прикажани и правецот и насоката на силите кои

дејствуваат на полнежот. Електростатските сили кои во двата случаи дејствуваат на пробниот полнеж, како и гравитациските сили кои дејствуваат на тело во близина на Земјината површина се во радијален правец.



Слика 2. Правец и насока на електростатска сила која дејствува на пробен полнеж ако телото е наелектризирано а) Позитивно, б) Негативно.

За опишување на електростатско поле користиме електрични силиви линии. Тоа се замислени линии по чијшто правец и насока дејствува електричната сила на пробен полнеж. Според тоа, електричните силиви линии се во радијални правци од телото и

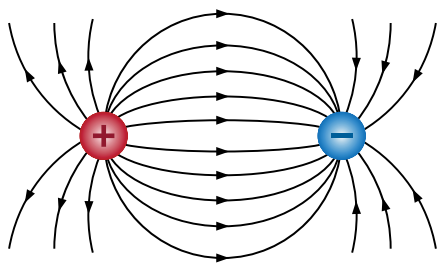


Слика 3. Електрични силиви линии кај
а) Позитивен полнеж б) Негативен полнеж.

излегуваат од површината на позитивен, а завршуваат на површината на негативен полнеж, како што е прикажано на Слика 3.

Електричните силиви линии се отворени линии и може да бидат прави и криви линии. Од густината на линиите може да одредиме каде електричното поле е појакано. Поголема густина на линии значи и поголема јачина на полето. Бројот на силиви линии што минуваат низ единица плоштина во дадено место од просторот ја одредува јачината на електричното поле. На Слика 4 се прикажани силивите линии на систем од два полнежи донесени на мало меѓусебно растојание. Може да се забележи дека силивите линии имаат насока од позитивниот кон негативниот полнеж и се криви линии. Во близина на полнежите јачината на електричното поле е најголема (затоа што има најмногу силиви линии на единица плоштина во просторот), а колку се оди подалеку од полнежите, јачината на електричното поле се намалува.

густина на линии значи и поголема јачина на полето. Бројот на силиви линии што минуваат низ единица плоштина во дадено место од просторот ја одредува јачината на електричното поле. На Слика 4 се прикажани силивите линии на систем од два полнежи донесени на мало меѓусебно растојание. Може да се забележи дека силивите линии имаат насока од позитивниот кон негативниот полнеж и се криви линии. Во близина на полнежите јачината на електричното поле е најголема (затоа што има најмногу силиви линии на единица плоштина во просторот), а колку се оди подалеку од полнежите, јачината на електричното поле се намалува.



Слика 4. Силови линии кај систем од два разноимени полнежи.

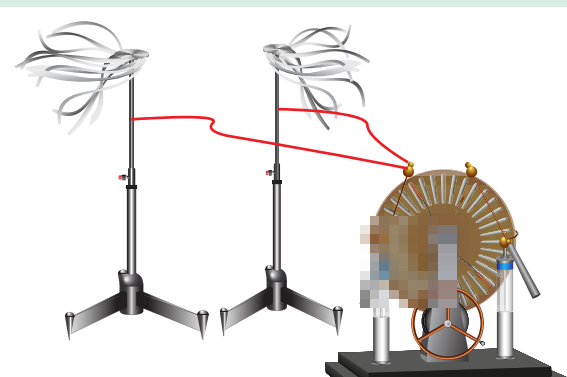
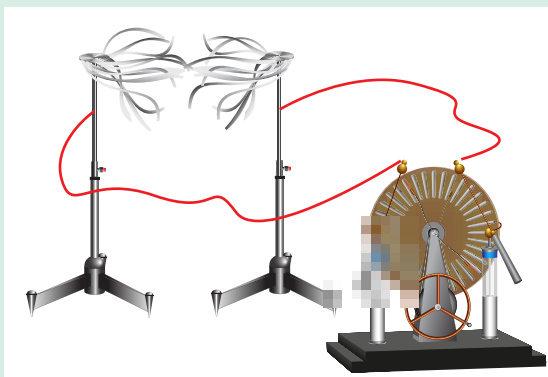
Електричното поле околу точкест полнеж не е хомогено, односно нема иста јачина во секоја точка околу полнежот. Во местата поблиску до полнежот, полето има поголема јачина. Колку се оддалечуваме од полнежот, полето слабеа.



АКТИВНОСТ

1. Изучување на електричните силиви линии

Постави две хартиени китки на основа од изолатор. Забележи какви се хартиените ленти кога металната топка на китката не е наелектризирана. Потоа, металните топкы од двете киткы спои ги со краевите на инфлуентна машина или Ван-Дер Граф-ов генератор, ако има во училиштето. Набљудувај ја поставеноста на хартиените ливчиња кога двете киткы се разноимено наелектризираны. Наместо хартиени ливчиња, китките можат да бидат од текстил, на пример волница. Потоа двете киткы спои ги со ист пол на инфлуентната машина. Набљудувај ја поставеноста на хартиените ливчиња кога двете киткы се истоимено наелектризираны.

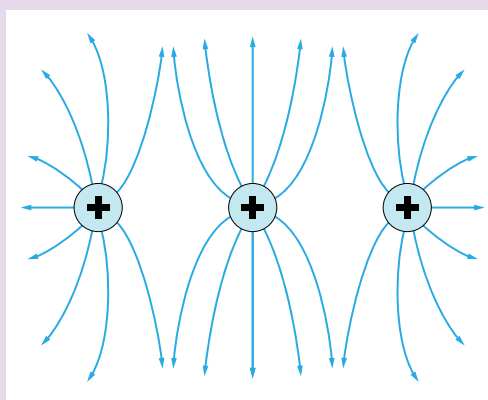


РЕШЕН ПРИМЕР

Скицирај електрични силиви линии на систем од три точки позитивно наелектризираны полнежи. Полнежите се поставены на права.

Решение: Бидејќи сите полнежи се позитивно наелектризираны, електричните силиви линии треба да излегуваат од нив.

Понатаму, бидејќи сметаме дека во близина на овој систем нема негативны полнежи, овие линии треба да продолжуваат надалеку. Исто така, треба да имаш предвид дека линиите не се сечат една со друга, како што е прикажано на сликата.



Електричните силиви линии не постојат како вистински линии во просторот, туку се модел што ни помага да го прикажеме полето. Силите линии сепак можеме да ги визуелизираме, на пример, како во активноста со наелектризирани китки.



АКТИВНОСТ

2. Изучување на јачината на електричното поле со интерактивна интернет -страница

Отвори ја симулацијата „Полнежи и полиња“ (Charges and Fields) на интернет-страницата: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/charges-and-fields>

Стави еден позитивен точкест полнеж и прикажи ги силите линии. Набљудувај ги правците и насоките на електричните силиви линии. Додај уште еден позитивен полнеж и забележи како се менуваат електричните силиви линии. Додај еден негативен полнеж меѓу двата полнежи и објасни како се сменило полето со ставањето на третиот полнеж. Обиди се да создадеш ситуација во којашто полето е приближно хомогено. Создај електрични полиња на системи од полнежи кои се со различни големини.

ЗА



Јачината на електричното поле E во некоја точка е еднаква на силата F , која дејствува на единичен пробен полнеж q_p . Според тоа, јачината на електричното поле може да ја пресметаме со формулата:

$$E = \frac{F}{q_p}.$$

Единицата за јачина на електрично поле е њутн на кулон (N/C). Ако во последнава равенка се замени равенката со којашто се пресметува Кулоновата сила на заемнодејство помеѓу два полнежи кои се наоѓаат во вакуум, за јачината на електричното поле што го создава полнеж q на растојание r од полнежот добиваме

$$E = k \cdot \frac{q}{r^2}.$$

Друг начин да се опише електричното поле е со електричен потенцијал. Потенцијалот во една точка покажува колкава потенцијална енергија има единичен пробен полнеж кога е поставен на растојание r од полнежот што го создава полето. Според тоа, за потенцијалната енергија што ја има пробниот полнеж, може да запишеме

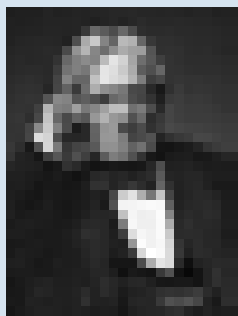
$$E_p = q_p \cdot \varphi.$$

Потенцијалот кој го создава полнежот q на растојание r од него се пресметува со формулава:

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r}.$$

Единица за електричен потенцијал е 1 џул на кулон (1 J/C). Во чест на големиот италијански физичар Александро Волта, оваа единица се нарекува и волт ($1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \text{ V}$). Во двете равенки со k ја означуваме константата на пропорционалност, која за вакуум изнесува $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$. Јачината на полето и потенцијалот се два различни, но поврзани начини за да се опише електричното поле што го создава даден полнеж. Јачината на полето, како и силата, е векторска величина, а потенцијалот е скаларна величина.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

**Мајкл Фарадеј (Michael Faraday 1791–1867)**

Мајкл Фарадеј бил англиски физичар и хемичар кој оставил огромен печат врз развојот на електрицитетот и магнетизмот. Потекнува од сиромашно семејство и немал формално високо образование, но со голема љубопитност и упорност станал еден од најголемите експериментатори во историјата на науката. Тој прв систематски ги изучувал магнетните и електричните појави и покажал дека тие се длабоко поврзани.

Фарадеј го вовел поимот поле за да објасни како дејствуваат силите во просторот околу полнежите и магнетите. Наместо да замислува „мистично“ дејство на далечина, тој замислувал силиви линии, односно линии по кои силата ќе дејствува на мал пробен полнеж или на магнет. Овој поим денес е основа на целата наука за електрицитетот и многу уреди (електромотори, трансформатори, генератори) се засноваат на закони кои Фарадеј ги открил експериментално.

**ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ**

Електростатските филтри во фабричките оџаци создаваат јаки електрични полиња за да ги „уловат“ наелектризираните честички прав и чад.

**ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ**

1. Како се остварува бесконтактно заемнодејство меѓу два полнежи?
2. Што претставуваат електричните силиви линии?
3. Објасни зошто земаме дека електричните силиви линии излегуваат од позитивен полнеж, а влегуваат во негативен.
4. Како ја одредуваме јачината на полето со помош на електричните силиви линии?
5. Три точкисти полнежи се поставени на права, при што од лево на десно полнежите се:
 $q_1 = +q$, $q_2 = +q$, и $q_3 = -q$.
 а) Нацртај како би изгледале силивите линии на системот од полнежи.
 б) Во кој дел од просторот полето има најголема јачина?

**ЗАПОМНИ**

- Секое наелектризирано тело создава електрично поле во просторот околу себе.
- Електричните силиви линии се замислени линии по кои е насочена електричната сила која дејствува на пробен позитивен полнеж.
- Ако на пробен полнеж не дејствува електростатската сила, во тој дел од просторот нема електрично поле.
- Силивите линии излегуваат од површината на позитивен полнеж и завршуваат на површината на негативен полнеж.
- Колку силивите линии се погусты, толку електричното поле е појако во тој дел од просторот.
- Електричното поле што го создава точкест полнеж е нехомогено.

3.4. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА И ИЗВОРИ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

ПОИМИ

слободни електрони

електрична струја

насочено движење

спроводливост

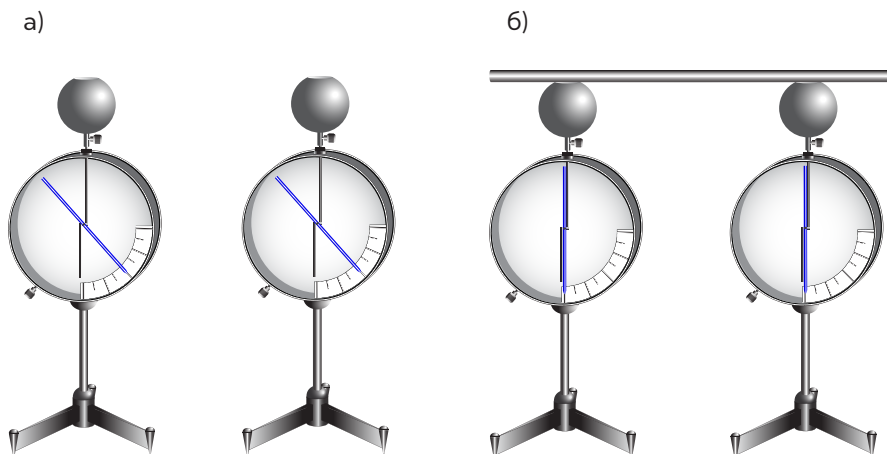
еднонасочна струја

наизменична струја

струјно коло

насока на струја

Во секојдневниот живот постојано се среќаваме со електричната струја. Електричните уреди и апарати, како што се светилките, фрижидерите и компјутерите, можат да функционираат само доколку се поврзани на електричната мрежа и низ нив тече струја. За да разбереме што претставува електричната струја, треба прво да ги разгледаме електричните полнежи и нивното движење.



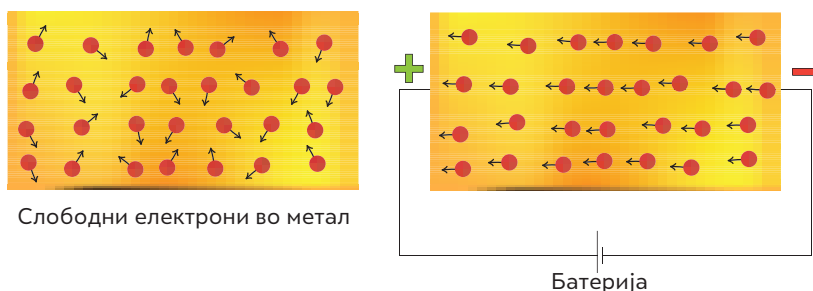
Слика 1. Течење на електрична струја
а) Електрометрите биле наелектризирали со исто количество разноимени полнежи
б) По спојувањето со метална прачка тие не се наелектризирали.

Ако два електрометри се наелектризираат со исто количество електричен полнеж, но со спротивен знак, нивните стрелки ќе покажуваат исто отклонување. Едниот електрометар има вишок електрони, а другиот недостиг на електрони. Кога главите на двата електрометри ќе се спојат со метална прачка, стрелките се враќаат во почетната положба, односно

но двата електрометри се електронеутрални. Ова покажува дека електричните полнежи се придвижиле низ металот и тоа движење престанува кога ниту на првиот електроскоп нема вишок на електрони, ниту на вториот има недостиг на електрони. Со ова се покажува дека низ металот **тече електрична струја**.

Кај металите постојат голем број **слободни електрони**, односно електрони кои не се врзани за некој атом и слободно може да се движат. Под дејство на електричните полиња создадени од електрометрите, слободните електрони од металната прачка почнуваат да се движат од електрометарот со вишок електрони кон електрометарот каде што има недостиг на електрони. Затоа низ металите можно е да тече електрична струја. Супстанциите низ кои може да тече електрична струја велиме дека имаат својство на **електрична спроводливост**.

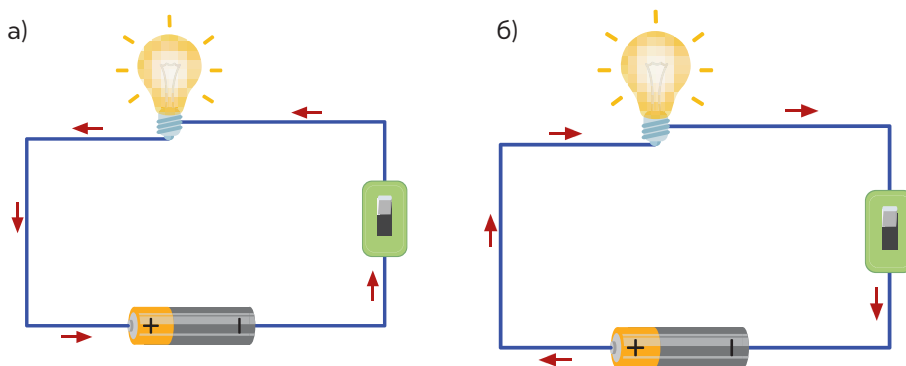
Кога металот не е во електрично поле тогаш слободните електрони во него се движат во сите правци (таканаречено хаотично или топлинско движење). Кога металот ќе се внесе во електрично поле, тогаш електроните почнуваат да се движат насочено, како што е прикажано на Слика 2. Токму ова насочено движење на електроните во металите претставува течење на **електрична струја**.



Слика 2. а) Хаотично движење на слободни електрони кај метал б) Насочено движење на слободните електрони под дејство на електричното поле создадено од батерија.

Струјно коло и насока на електрична струја

Наједноставното **струјно коло** (Слика 3) е составено од електричен извор (на пример, батерија), метални жици низ кои се движат електричните полнежи, прекинувач на струјата во колото и потрошувач на електрична енергија (како што се светилка, мотор или ЛЕД-диода). Бидејќи кај металите слободните електрони се носители на полнеж кои насочено се движат, во такво коло, струјата тече од негативниот пол на изворот кон позитивниот пол. Меѓутоа, одамна, кога се започнало со истражувањето на електричната струја, малку се знаело за носителите на полнеж кои насочено се движат.



Слика 3. Едноставно струјно коло а) Со стрелки е прикажано насочено движење на електроните б) Со стрелки е прикажана насоката на техничката струја.

Првата хипотеза била дека позитивните полнежи насочено се движат низ супстанциите. Денес иако знаеме дека тоа не е случај во многу ситуации, при изучување за течењето на струјата во струјните кола земаме дека **насоката** на течење на струјата е од позитивниот кон негативниот пол на батеријата. Оваа насока се нарекува **договорена насока на струјата** или **техничка насока на струјата** и одговара на насоката на движење на позитивните полнежи.

За да тече електрична струја во струјно коло, треба да бидат исполнети неколку услови. Најнапред, струјното коло треба да биде затворено, без прекини. Потоа, супстанциите низ кои тече струјата во струјното коло треба да имаат слободни полнежи. И конечно, мора да постои извор кој на своите краеве ќе одржува постојано електрично поле.

Струја не тече само низ тела во цврста агрегатна состојба. Спроводната средина низ која тече електричната струја може да биде во течна или во гасовита агрегатна состојба. Металните жици се примери за супстанции низ кои тече струја, а се во цврста агрегатна состојба. Растворите на соли, киселини и бази се примери за супстанции во течна агрегатна состојба кои имаат електрична спроводливост. Под одредени услови, струја може да тече и низ гасови, како што е случај при електрично празнење или молња низ воздухот.

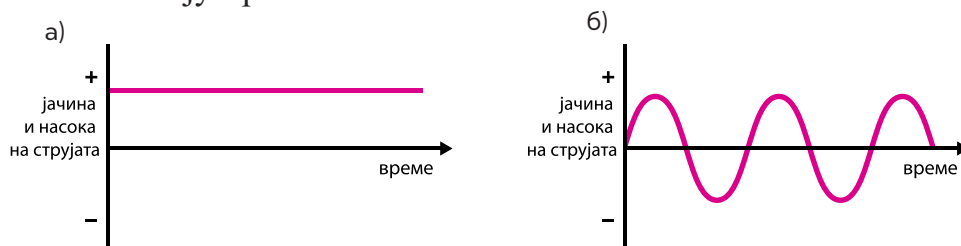
Еднонасочна и наизменична струја

Во зависност од начинот на кој изворот создава електрично поле, разликуваме **еднонасочна** (или **права струја**) и **наизменична струја**. Еднонасочната струја потекува во струјниот круг кога во него ќе поврземе батерија. Полнежите постојано се движат во една насока. Ако еднонасочната струја има иста јачина, со текот на времето величине дека станува збор за постојана струја.

Наизменичната струја, што ја добиваме со вклучување на потрошувач во електричната мрежа, периодично ја менува и големината и насоката на течење. Електричните централи произведуваат наизменична струја, додека батериите и соларните панели овозможуваат течење на еднонасочна струја. Каква струја ќе создава некој извор зависи од начинот на кој еден вид енергија (механичка, топлинска, светлинска или хемиска), се претвора во електрична.

Потрошувачите на електрична енергија вообичаено се поделени на електрични уреди низ кои може да тече еднонасочна струја, како што се ЛЕД-светилки, тротинети, електрични автомобили и електрични уреди кои функционираат на наизменична струја, како што се фрижидер и електричен бојлер. Постојат и многу електрични уреди кои користат наизменична струја од мрежата, но внатрешно ја претвораат во еднонасочна струја, како што се компјутерите.

Слика 4.
Графички приказ на
а) Постојана
еднонасочна струја
б) Наизменична
струја.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Светилката светнува речиси моментално бидејќи електричното поле во спроводниците се воспоставува многу брзо, иако брзината на електроните е од неколку милиметри до неколку сантиметри во секунда.



АКТИВНОСТ

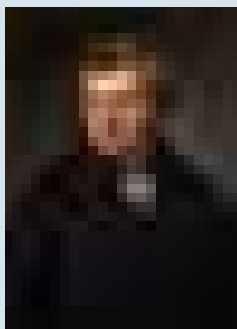
1. Изучување за јачината и насоката на течење на струјата со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Поврзување струјни кола AC-Виртуелна лабораторија“ (Circuit Construction Kit: AC - Virtual Lab) на интернет-страницата <https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>

Со помош на жици, поврзи потрошувач (светилка) со извор на права струја (батерија). Дали светилката свети? Во десниот агол на апликацијата постави да биде видлива струјата и потоа во еден случај набљудувај го движењето на електроните (одберете ја опцијата „electrons“), а во другиот случај одберете техничка насока на струјата (одбери ја опцијата „conventional“). Што забележуваш? Какви се насоките на движење на електроните во струјното коло, а каква е насоката на техничката струја?



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Георг Ом (Georg Ohm 1789–1854)

Ом бил германски физичар кој значајно придонел за разбирањето на електричните појави. Тој внимателно го проучувал течењето на електричната струја низ различни спроводници и прв експериментално ја утврдил математичката врска меѓу електричното поле во спроводникот изразено преку падот на напонот, јачината на струјата и електричниот отпор – врска којашто денес е позната како Омов закон. Неговите откритија овозможиле правилно да се проектираат електрични кола и уреди, а во негова чест основната мерна единица за електричен отпор го носи името ом (Ω).

ЗА

5+

Јачината на електричната струја I претставува количник од количеството на полнеж q што поминува низ напречен пресек на спроводник за одреден временски интервал t . Јачината на струјата може да ја пресметаме со формулата: $I = \frac{q}{t}$.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е електрична струја?
2. Која е разликата меѓу топлинско и насочено движење на електроните?
3. Која насока ја земаме за насока на електричната струја?
4. Наведи два уреди што работат на еднонасочна и два што работат на наизменична струја.
5. Наведи два примери за течење на струја низ гасови.



ЗАПОМНИ

- Во отсуство на електрично поле, полнежите во спроводник се движат хаотично.
- Кога на краевите на спроводникот ќе се создаде електрично поле, полнежите се движат насочено.
- Во струјно коло електроните се движат од негативниот кон позитивниот пол на изворот.
- Техничката насока на струјата е земена по договор и тоа е насоката на течење од позитивниот кон негативниот пол на изворот.
- Електричната струја може да биде еднонасочна и наизменична.

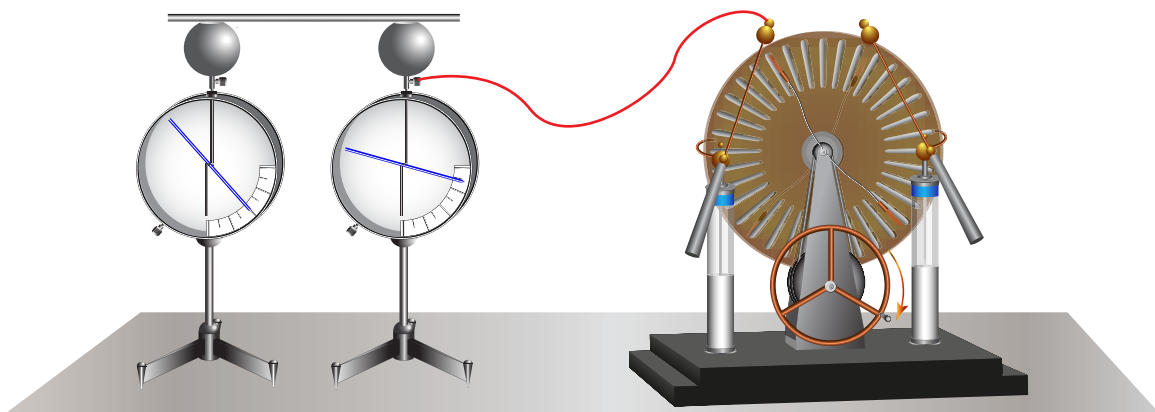
3.5. ИЗВОРИ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

ПОИМИ

електричен извор

галански елемент

Во претходната лекција разгледавме течење на електрична струја низ метална прачка по поврзување на електрометрите кои беа разноимено наелектризирани. Меѓутоа, течењето на струјата беше краткотрајно, што може да се забележи по тоа што стрелката на електрометарот веднаш се спушти во положба којашто покажува дека електрометарот не е наелектризиран. Вишокот негативни полнежи од едниот електрометар брзо поминаа низ металната прачка на другиот електрометар. По прераспределбата на полнежите, нема електрично поле во спроводникот, по што струјата престанува да тече. Ако на едниот крај од металната прачка нема вишок полнежи, тогаш нема што да го создава тоа поле. Кога има електрично поле во спроводникот, тоа овозможува движење на полнежите од едниот на другиот крај на спроводникот.



Слика 1. Создавање постојано електрично поле со инфлуентна машина.

За да продолжи да тече електричната струја низ спроводникот, треба да се одржува постојано електричното поле. Еден начин за да се постигне тоа е на едниот електрометар постојано да донесуваме електричен полнеж. На пример, едниот електрометар да го поврземе со едниот крај на инфлуентна машина. Со вртење на рачката на машината создаваме електрони кои преку спроводникот се пренесуваат на другиот електрометар и струјата постојано тече. Всушност, на тој начин механичката работа ја претвораме во електрична енергија. Инфлуентната машина служи само за демонстрација на создавање електрично поле и струја, но не е практичен извор на електрична струја.

Во реалноста, за да се одржува течењето на струјата, користиме уреди во кои е складирана хемиска енергија. Таквите уреди, поврзани во струјно коло, овозможуваат струјата постојано да тече. Ваквиот уред се нарекува **електричен извор**, односно **извор на електрична струја**. Во секој електричен извор, некој вид енергија се претвора во електрична енергија. Тоа претворање може да биде од механичка во електрична, од топлинска во електрична, од светлинска во електрична, од хемиска во електрична и слично.

Галвански елемент

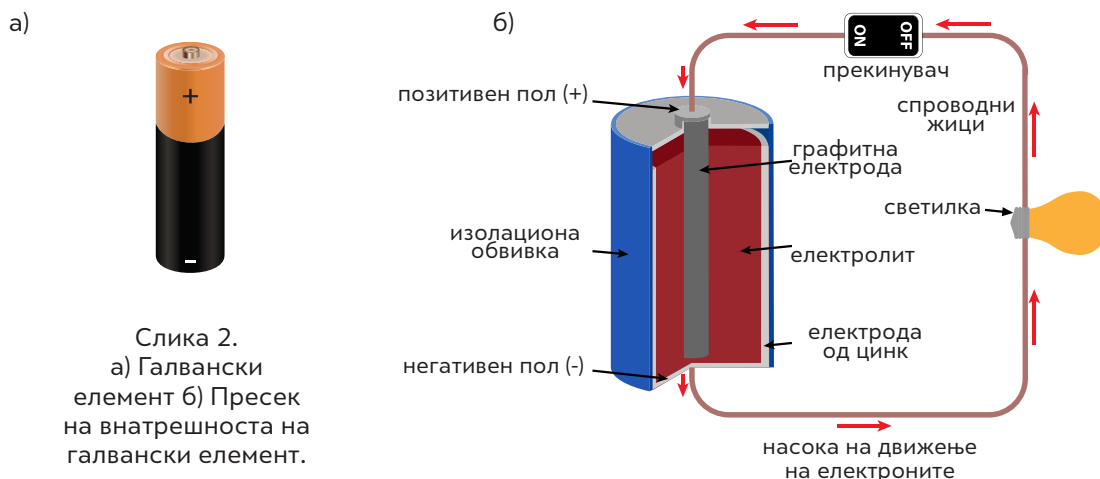
Батериите се дел од нашето секојдневие. Ги има кај далечинскиот управувач, глумчето од компјутерот, сидниот часовник, кај многу детски играчки, во мобилниот телефон, компјутерот, електричниот тротинет, електричниот автомобил, роботите и во многу други уреди.

Во природата постојат само неколку извори на електрична струја, како што се, на пример, молњата и некои подводни животни, како што е електричната јагула. Но, за човекот овие извори се недостапни, краткотрајни и непрактични за користење. Затоа, потребата од извори на струја, кои се направени од човекот, била очигледна. Првите успешни обиди се поврзани со работата на двајца италијански научници Луиџи Галвани и Алесандро Волта во втората половина на 18 век. Со текот на времето, изворите на еднонасочна струја биле подобрувани, но основниот принцип останал ист, а тоа е претворање на хемиската енергија во електрична енергија. Со заедничко име, ваквите извори ги нарекуваме галвански елементи или хемиски извори на струја.

Галвански елемент е уред во којшто хемиската енергија спонтано се претвора во електрична енергија. Со други зборови, тоа е извор на електрична струја што работи благодарение на контролирани хемиски реакции меѓу различни супстанции.

На Слика 2 е прикажан галвански елемент (електрохемиска ќелија) кој најчесто има цилиндричен облик. Галванскиот елемент е уред што служи како извор на еднонасочна електрична струја, а нејзината конструкција е таква што овозможува да се одвиваат хемиски реакции. Таа има **два пола: позитивен и негативен**. Во најчесто користените галвански елементи, надворешната метална кутија е изработена од цинк и таа е негативната електрода, а во средината на батеријата се наоѓа јаглеродна (графитна) прачка која служи како позитивна електрода. Меѓу двете електроди се наоѓа електролит кој овозможува проток на јони. Овие делови заедно овозможуваат хемиски реакции без да дојде до директен контакт на електродите. Секој галвански елемент од надворешна страна е обвиткан со изолационен материјал.

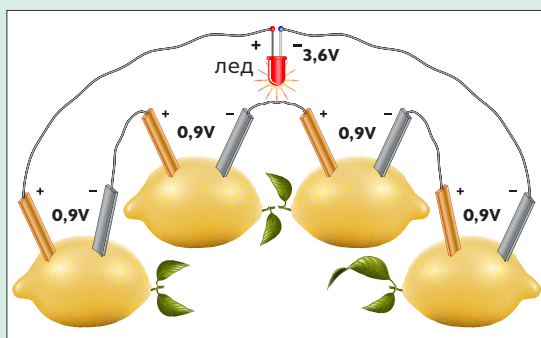
Кога галванскиот елемент е поврзан во струјно коло, во електролитот започнува хемиска реакција, при што цинкот (негативната електрода) ослободува **електрони**. Овие



електрони не можат да поминат низ внатрешноста на батеријата, па затоа се движат низ струјното коло, односно од негативниот кон позитивниот пол, притоа пренесувајќи му енергија на потрошувачот што е поврзан во колото. Во исто време, електролитот овозможува внатрешно движење на јоните (атоми од кои се ослободиле електрони), со што се затвора колото и внатре во галванскиот елемент се овозможува непречено течење на струја во струјното коло. Така, галванскиот елемент создава постојан проток на електрони сè додека има доволно хемиска енергија да се ослободуваат електрони од атомите во електролитот. Кога во галванскиот елемент нема веќе хемиска енергија, велиме дека тој се испразнил.



АКТИВНОСТ



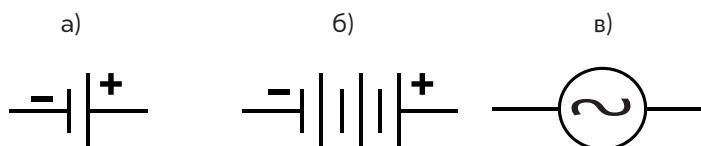
1. Поделете се во групи. Секоја група има по неколку ЛЕД-светилки во различни бои, 4 лимони, 4 бакарни и 4 цинкови плочки и спроводни жици. Со овие материјали за работа, секоја група треба да изработи батерија, односно систем од четири галвански елементи поврзани сериски. Електричната шема за поврзување на колото е дадена на сликата. Ваквиот систем претставува извор на струја и ЛЕД-светилката ќе свети. Истражете зошто тече струја низ вака добиеното коло? Во колото врзете различен број лимони. Во кој случај светилката свети најсилно?

Галвански елемент и батерија

Извор на струја што содржи два или повеќе поврзани галвански елементи го нарекуваме **батерија**. Сигурно забележувате дека поимите што ги користиме во научната терминологија и оние во секојдневниот говор понекогаш немаат исто значење. На пример, за еден галвански елемент од 1,5 V, ние несоодветно го користиме називот батерија. На Слика 3а даден е симбол за галвански елемент како извор на еднонасочна електрична струја, на Слика 3б даден е симбол за батерија, односно систем од два или повеќе галвански елементи сврзани сериски, и на Слика 3в даден е симбол за извор на наизменична струја.

Денес развојот на батериите е во полн ек. Многу научници работат на создавање батерии кои ќе можат да складираат големи количества електрична енергија во форма на хемиска енергија. Потребата за такви батерии произлегува од сè поголемото користење на соларната енергија за производство на електрична енергија. Соларните панели произведуваат електрична енергија во текот на денот, која ако се складира во вид на хемиска енергија во батерии, ќе може да се користи и во текот на ноќта.

Слика 3. а) Симбол со којшто се означува галвански елемент
б) Симбол за батерија в) Симбол за извор на наизменична струја.

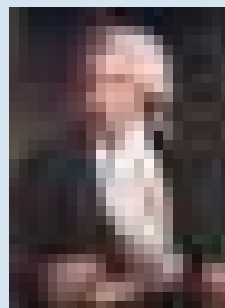


Дополнително се истражуваат и нови супстанции за производство на батерии коишто нема да ја загадуваат природата. Дел од батериите што се користат денес содржат отровни супстанции, па затоа нивното прекумерно користење и несоодветно отстранување во отпад, може да има штетни последици врз здравјето на човекот. Затоа, батериите никогаш не треба да се расклопуваат, ниту кога се празни, а секогаш кога ќе се потрошат, треба да се складираат во посебни контејнери наменети за батерии.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Луиџи Галвани (Luigi Galvani 1737–1798)

Галвани бил италијански лекар, анатом и природонаучник кој одиграл клучна улога во откривањето на физиолошкото дејство на електричната струја. Работејќи како професор по анатомија во Болоња, Галвани изведувал експерименти со мускули и со нерви кај жаби и забележал дека нивните мускули се грчат кога се допираат со метални предмети. Тој заклучил дека во живите организми постои посебен вид електрицитет, кој го нарекол „животна електрична енергија“, сметајќи дека нервниот систем создава и пренесува електрични сигнали. Иако подоцна Алесандро Волта поинаку ја објаснил улогата на изворот на електричната струја во овие експерименти, работата на Галвани била пресудна за развој на електрофизиологијата – наука што ги проучува електричните појави во живите ткива.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Првиот електролитен галвански елемент во историјата се смета дека е направен во древен Вавилон. „Багдадска батерија“ е археолошки артефакт стар 2000 години, за кој се смета дека бил прв извор на електрична струја направен од човекот.

ЗА 5+

Во галванскиот елемент се создава електромоторна сила (ЕМС) – физичка величина што ја карактеризира способноста на изворот да придвижува електрични полнежи. Оваа величина е запишана на секој галвански елемент и се изразува во волти (V). Истражи која е врска меѓу електромоторната сила на изворот и јачината на струјата во струјното коло.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Зошто струјата која тече меѓу два електрометри е краткотрајна?
2. Зошто во струјно коло има потреба од извор на електрична струја?
3. Која е улогата на електролитот кај галванскиот елемент?
4. Која е разликата меѓу галвански елемент и батерија?
5. Наведи два примери на извори на еднонасочна струја.



ЗАПОМНИ

- Извор на електрична струја е уред кој овозможува струјата постојано да тече низ колото.
- Галвански елемент е уред во кој хемиската енергија се претвора во електрична енергија.
- Галванскиот елемент е извор на еднонасочна струја.
- Батерија е систем од два или повеќе галвански елементи.

3.6. СПРОВОДНИЦИ, ПОЛУСПРОВОДНИЦИ И ИЗОЛАТОРИ

ПОИМИ

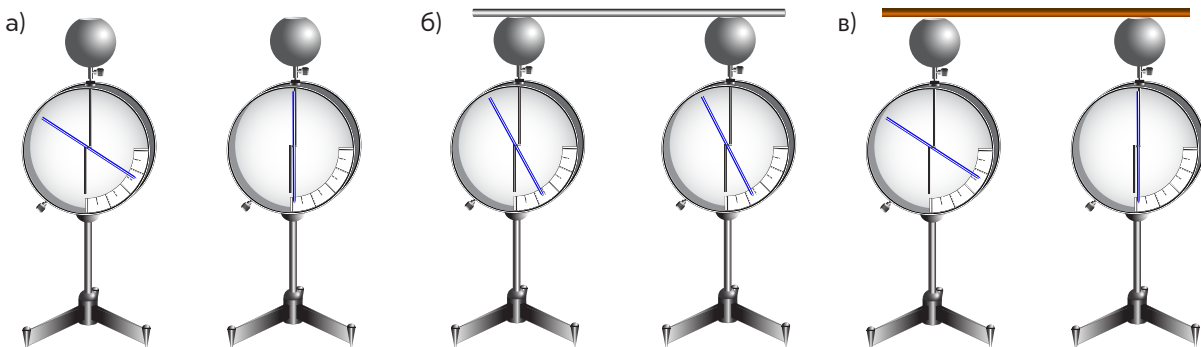
спроводник

галански елемент

изолатор

Различни супстанции имаат различни физички својства кои зависат од хемискиот состав, внатрешната структура и од врските меѓу атомите. Едно од најважните својства на супстанците е нивната способност да спроведуваат полнежи.

Ако наелектризираме електрометар и со метална прачка го споиме со друг ненаелектризиран електрометар, ќе забележиме дека отклонувањето на стрелката на првиот електрометар ќе се намали, а отклонувањето на стрелката на вториот електрометар ќе се зголеми, како што е прикажано на Слика 1. Ако првиот електрометар бил негативно наелектризиран, тогаш дел од тие електрони, преку металната прачка, ќе поминат на вториот електрометар. Ако, пак, првиот електрометар бил позитивно наелектризиран, дел од слободните електрони од вториот електрометар ќе поминат на првиот. И во двата случаи велиме дека тече електрична струја низ металот. Ако го повториме експериментот, но спојувајќи ги сега електрометрите со дрвена или со пластична прачка, ќе видиме дека вториот електрометар не се електризира, што значи, низ овие материјали не тече електрична струја.



Слика 1. а) Наелектризиран и ненаелектризиран електрометар
б) Слободните електрони насочено се движат низ металната прачка
в) Низ пластичната прачка нема насочено движење на електроните.

Според електричната спроводливост, супстанците се делат на **спроводници**, **полупроводници** и **изолатори**.

Спроводници и изолатори

Спроводници се супстанции кои спроведуваат електрична струја. Такви се металите кои имаат голем број слободни електрони и добро спроведуваат електрична струја. Најдобри спроводници од металите се среброто, златото и бакарот. Кај металните спроводници, преносители на полнеж се слободните електрони. Металите имаат кристална структура. Некои електрони, особено оние кои се подалеку од јадрото, не се врзани

цврсто со јадрото. Тоа значи дека во јазлите на кристалната решетка има позитивни јони, односно атоми на кои им недостигаат еден или повеќе електрони. Тие електрони се однесуваат како слободни и можат да се движат меѓу атомите. Кога на краевите на металниот спроводник ќе се создаде електрично поле, слободните електрони во металот почнуваат насочено да се движат.

Спроводници се и електролитите, односно растворите на солите, базите и на киселините, при што носители на полнеж се позитивните и негативните јони. Јоните кај електролитите настануваат како резултат на заемнодејството меѓу честичките на водата и на растворената супстанца во водата.

Гасовите во нормални услови не се спроводници, но во нив може да се создадат слободни електрони и позитивни јони, со чиешто насочено движење може да тече електрична струја низ гасовите.

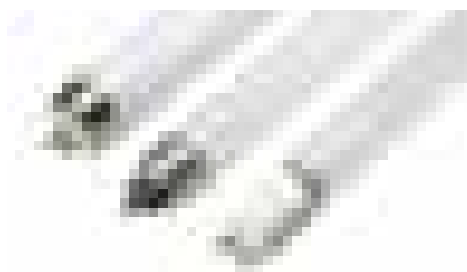
Изолаторите, како што се пластика, гума, порцелан, керамика, стакло, хартија и суво дрво, не спроведуваат електрична струја. Во нив нема слободни преносители на полнеж. Таквите супстанции, и да имаат слободни полнежи (на пример, сме ги наелектризираме со триење), тие не можат слободно да се движат. Изолатори се и гасовите, како и воздухот во нормални услови. Сепак, треба да се спомене дека при јаки електрични полиња или доколку гасовите се донесат на висока температура, низ нив може да тече електрична струја.



Слика 2. Спроводните жици кои се користат во електротехниката се направени од метал (најчесто бакар) и се изолирани од надворешноста со изолатор.

Полупроводници

Некои супстанции под одредени услови може да се однесуваат како изолатор, а под други услови како спроводник. На пример, суво дрво е изолатор, но влажно дрво може да биде спроводник. Стаклото при нормални услови е изолатор, но при висока температура се однесува како спроводник. Поради ваквите промени при надворешни услови, не можеме да повлечеме остра граница меѓу спроводниците и изолаторите. При поволни надворешни услови, кај одредени супстанции може да се зголеми бројот на слободни носители на полнеж.



Слика 3. Флуоресцентните светилки, општопознати како „неонки“, се извори на светлина, при што електричната струја тече низ разреден гас.

Полупроводниците, како што се силициум и германиум, имаат електрична спроводливост, што зависи од температурата, од примесите (или од нечистотиите) во нивниот состав, па имаат голема примена во електрониката. Овие супстанции се изолатори при ниска температура, но нивната спроводливост се зголемува со зголемување на температурата, бидејќи на тој начин се зголемува бројот на слободни носители на полнеж. Полупроводниците се основа на индустриската електроника, автоматика и роботика. Полупроводничките уреди (диоди, транзистори, интегрални кола) имаат

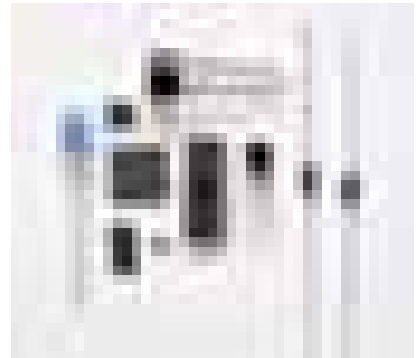
мала потрошувачка на енергија, а се основен дел речиси во секој електричен уред.



АКТИВНОСТ

1. Изолатор или спроводник

Материјалите што ги гледаш во твојата училница, подели ги на спроводници и на изолатори. Спореди ги твоите резултати со резултатите што ги добиле другите соученици. Во кои електронски уреди што ги има во училницата сметаш дека има полупроводници. Дискутирај го твојот одговор.



Слика 4. Полупроводнички струјни елементи: диоди, транзистори и интегрални кола.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Ако металот е добар електричен спроводник најчесто е и добар топлински спроводник.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Вилијам Шокли (William Shockley 1910–1989)

Шокли бил американски физичар и инженер кој направил револуција во светот на електрониката. Заедно со Џон Бардин и со Волтер Братен, тој го создал првиот транзистор во 1947 година, кој претставува мал полупроводнички уред кој може да ја засилува или да ја вклучува/исклучува електричната струја. Оваа иновација ја заменила големата, брзо расиплива и енергетски неефикасна електронска ламба што дотогаш се користела во радиоапаратите и во електронските уреди. За нивната заедничка работа, Шокли и неговите колеги ја добиле Нобеловата награда за физика во 1956 година, што претставувало признание за еден од најважните пронајдоци

на 20 век. Влијанието на транзисторот е огромно: тој е основен градбен елемент во интегралните кола, микрочиповите и во процесорите што денес ги користиме во секој компјутер, мобилен телефон, калкулатор, робот или во паметен уред.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што се спроводници и каде се користат?
2. Во кои случаи изолатор може да стане спроводник?
3. Зошто воздухот во нормални услови е изолатор?
4. Зошто велиме дека молњата е течење на струја низ гас?
5. Зошто се важни полупроводниците?



ЗАПОМНИ

- Супстанците што добро ја пренесуваат електричната струја се наречени електрични спроводници.
- Супстанците кои не пренесуваат електрична струја се наречени електрични изолатори.
- Полупроводници се супстанции кај коишто при одредени надворешни услови може да се зголеми бројот на слободни носители на полнеж.

3.7 МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ПРИ КОРИСТЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА

ПОИМИ

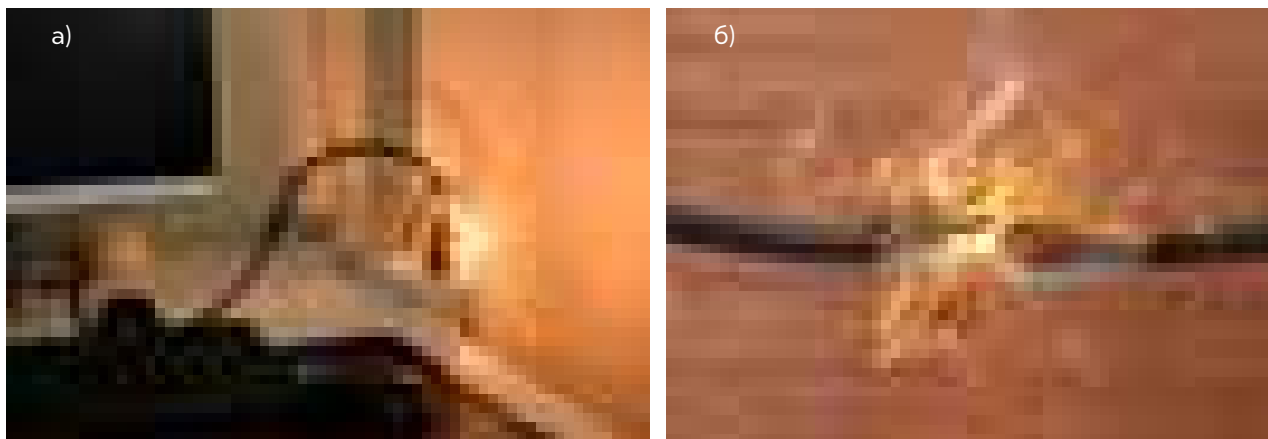
струен удар

краток спој

Електричната струја има големо значење во домаќинствата, индустријата, здравството и во комуникациите. Таа овозможува осветлување, греење, работа на електрични апарати и развој на современата технологија. Меѓутоа, иако е многу корисна, електричната струја може да биде и опасна доколку не се користи правилно. Поради тоа, треба да се почитуваат соодветни мерки за заштита при нејзино користење.

Заштита при користење електрична струја

Најголемата опасност од електричната струја е струен удар, кој може да предизвика сериозни повреди, изгореници, па дури и смрт. При **струен удар** електричната струја поминува низ човечкото тело. Струен удар може да настане при допир на оштетени електрични уреди, неизолирани спроводници или при користење електрични апарати во влажна средина. Освен тоа, со неправилна употреба на електричната струја може да настанат и пожари. Причините може да бидат различни. На пример, **краток спој** настанува кога два спроводници поврзани со двата пола на изворот ќе дојдат во директен



Слика 1. а) Краток спој поради преоптовареност на електричната инсталација.
б) Краток спој како резултат на изолацискиот материјал со кој се обложени спроводните кабли.

контакт без да биде поврзан некој потрошувач меѓу нив. Краток спој може да настане и ако дојде до допир на два спроводници поврзани со двата пола на изворот поради оштетување на изолацискиот материјал со којшто се обложени. Во вакви случаи доаѓа до течење на многу голема струја, при што може да се запалат заштитните изолациски слоеви на спроводниците. Друга причина за пожар може да биде преоптоварување на електричната инсталација, односно поради вклучување многу потрошувачи истовремено на ист приклучок или на ист продолжен кабел.

Една од најважните мерки за заштита е добра изолација на електричните спроводници. Спроводните жици треба да се обложени со изолациски материјали кои спречуваат директен допир со металот. Исто така, во електричните инсталации се користат осигурувачи и автоматски прекинувачи кои ја прекинуваат струјата во случај на преоптоварување или краток спој. Многу важна мерка за заштита е заземјувањето. Со заземјување, металните делови на електричните уреди се поврзуваат со земјата, со што се овозможува, доколку низ уредот протече голема струја, таа да се спроведе во земјата и да се спречи електричен удар.



Слика 3. Предупредувачки знак за подрачје каде што е можна појава на струен удар (вообичаено во близина на далноводи, големи трансформатори, железнички пруги).



Слика 2. Осигурувачи – автоматски прекинувачи на електрична струја при краток спој во домовите.



Слика 4. Ризик од струен удар на места со голем број далноводи е многу голем и забрането е движење во тие области.

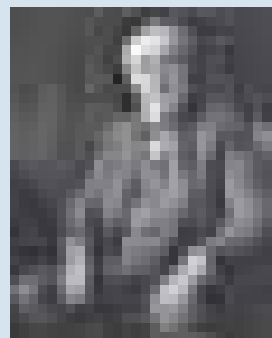
При користење електрични уреди во домаќинството, неопходно е да се почитуваат одредени правила. Не треба да се допираат електрични уреди со влажни раце, ниту, пак, да се користат во близина на вода. Оштетените кабли и приклучоци не треба да се употребуваат и веднаш треба да се заменат, а апаратите секогаш да се исклучуваат од струја кога не се користат или кога не сме во домот. Не е дозволено преоптоварување на приклучоците со вклучување премногу уреди, бидејќи тоа може да предизвика прегревање и пожар.

Лицата што работат со електрични инсталации и уреди мора да користат заштитна опрема, како што се изолациски ракавици, гумени обувки и соодветни изолирани алати. Пред секоја интервенција или поправка на електричен уред, задолжително е исклучување од изворот на струја и проверка дали навистина нема струја. Работата со електрични инсталации и поправка на електрични уреди задолжително треба да ја извршуваат само стручно обучени лица.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Томас Едисон (Thomas Edison 1847–1931)

Едисон бил американски пронаоѓач кој имал огромно влијание во развојот на електричните системи. Тој ја усовршил електричната светилка и создал прв практичен систем за дистрибуција на електрична енергија во градовите. Така, електричната струја безбедно можела да се користи во домовите и во работилниците, што претставувало пресврт во секојдневниот живот. Исто така, Едисон развил осигурувачи, прекинувачи и стандарди за заштита од струен удар и од пожари. Неговата работа довела до создавање на првите електрични куќни инсталации со јасни безбедносни правила.



АКТИВНОСТ

1. Опасности од струен удар

Анализирај неколку секојдневни ситуации: користење фен за коса во бања, допирање штекер со влажни раце, користење оштетен продолжен кабел. За секоја ситуација дискутирај со соучениците, дали постои опасност од струен удар и зошто. Кои мерки на претпазливост треба да се преземат за да се избегне струен удар во наведените ситуации?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Птиците може да одмораат на електрични кабли без да доживеат струен удар сè додека двете нозе им се на еден електричен кабел.

ЗА

5+

Човечкото тело содржи големо количество вода и растворени соли, па може да спроведува електрична струја. Кога струјата поминува низ телото, таа може да предизвика грчеви на мускулите, нарушување на работата на срцето и оштетување на нервниот систем. Истражи за електричната спроводливост на човечкото тело, како и за работата на дефибрилаторот кој со струен удар може да го врати нормалното работење на срцето кај пациенти со срцев застој.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Како краткиот спој може да предизвика пожар?
2. Каква улога има изолацијата на електричните жици?
3. Зошто заземјувањето ги штити луѓето од струен удар?
4. Зошто не треба да се поврзуваат многу потрошувачи на ист продолжен кабел?
5. Каква опрема треба да носат работниците кои вршат поправка на електричните уреди или на електричните инсталации?



ЗАПОМНИ

- Струен удар настанува кога електрична струја поминува низ човечкото тело.
- Краток спој предизвикува течење на многу голема струја и може да доведе до пожар.
- Изолацијата, осигурувачите и заземјувањето се основни мерки за заштита.

3.8. ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА НИЗ ТЕЧНОСТИ

ПОИМИ

електролитна
дисоцијација

анјон

анода

катода

електролит

јон

электрода

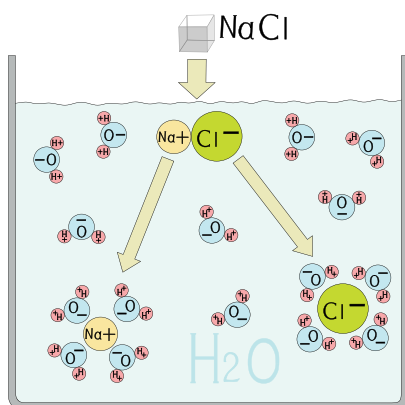
катјон

электролиза

гальванизација

Електрична струја може да тече и низ течности, со таа разлика што во течностите носители на полнеж се **позитивно наелектризиранни јони (катјони)** и **негативно наелектризиранни јони (анјони)**.

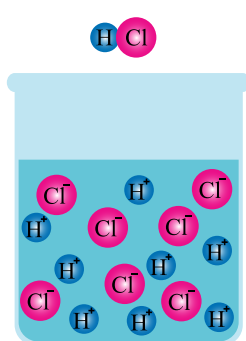
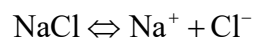
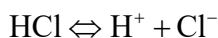
Некои од чистите течности, како дестилираната вода, се изолатори, а течностите што може да спроведуваат електрична струја се водени раствори на соли, бази и киселини. Воден раствор на сол, база или киселина се нарекува **електролит**. При растворање на сол, база или киселина во вода, растворената супстанца се разложува на јони. Тој процес се нарекува **електролитна дисоцијација**.



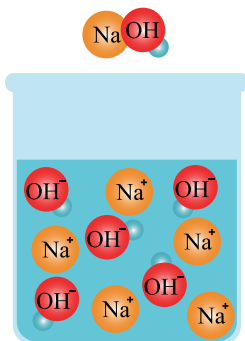
1. Электролитна дисоцијација на честичка на натриум хлорид во вода.

На пример, ако во вода се стави готварска сол (натриум хлорид, NaCl), тогаш солта дисоцира на позитивни јони на натриум и на негативни јони на хлор. На Слика 1 е прикажана електролитна дисоцијација на честичка од натриум хлорид. Движењето на јоните во растворот е хаотично.

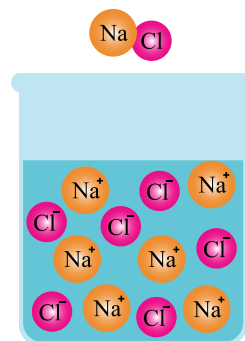
Исто така, базите и киселините во вода дисоцираат на јони. Подолу се дадени хемиските равенки за електролитна дисоцијација на хлороводородна киселина (HCl), натриум хидроксид (NaOH), што претставува база, и на натриум хлорид (NaCl), што е сол.



киселина



база



сол

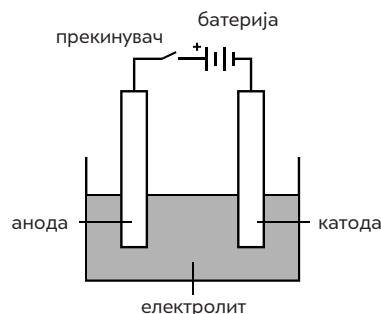
Слика 2. Электролитна дисоцијација на киселина, база и на сол во вода.

Растворот што содржи јони – **електролитот** - може да спроведува електрична струја. Колку повеќе јони има во даден електролит, толку подобро ќе спроведува

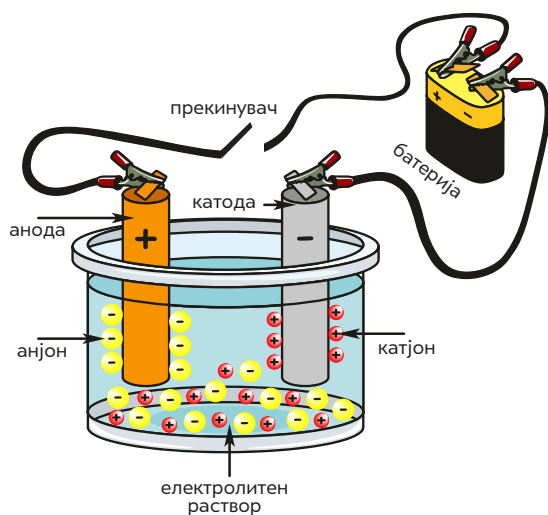
струја. На пример, морската вода поради присуството на повеќе минерали и соли кои создаваат јони, спроведува струја подобро во споредба со водата од чешма.

Во сад во кој има електролит да ставиме две метални или графитни прачки (Слика 3. (прачките не смеат да се допираат). Прачките да ги поврземе во струјно коло со извор на струја (батерија) и прекинувач. Вака ставените прачки во електролитот се нарекуваат **електроди**.

Електродата што е поврзана на позитивниот пол на батеријата се нарекува **позитивна електрода (анода)**, а електродата поврзана на негативниот пол на батеријата е **негативна електрода (катода)**. Ако го затвориме надворешниот дел од струјното коло, тогаш меѓу електродите во електролитот ќе се создаде електрично поле. Под дејство на тоа поле **позитивните јони (катјони)** се движат кон катодата, која е негативно наелектризирана (има вишок електрони), а негативните јони (**анјони**) се движат кон анодата. Тоа претставува електрична струја низ течности, односно насочено движење на позитивни и негативни јони во електрично поле. Насоката на струјата, како и кај металните спроводници, по договор се зема од позитивниот кон негативниот пол на изворот. Кога јоните ќе стигнат до електродите, тие ќе се неутрализираат. Позитивните јони ќе примат електрони од катодата, а негативните јони ќе ѝ дадат електрони на анодата. Добиените честички може да се наталожат на електродите или да учествуваат во друга (секундарна) реакција со електродата или, пак, со електролитот. На катодата најчесто се издвојуваат метални јони или водород, а на анодата може да се издвојат неметали или кислород, во зависност од видот на електролитот. Ваквото насочено движење на јоните во електролит претставува електрична струја во течност (Слика 4).



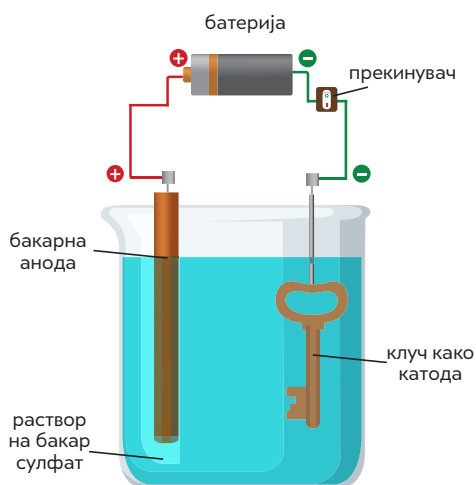
Слика 3. Течење на струја низ електролит.



Слика 4. Течење на електрична струја низ електролит.

При течењето на електрична струја низ електролит, освен електрично, се јавува и хемиско дејство на струјата. Ова дејство се нарекува **електролиза**. За време на електролизата врз електродите се одвиваат хемиски реакции при кои одредени супстанции се издвојуваат или се таложат. Така, со електролиза на хлороводородната киселина на катодата се издвојува водород, а на анодата хлор. Со електролиза на бакар сулфат ($\text{CuSO}_4 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$), на катодата се таложат бакар, а на анодата, ако таа е од бакар, доаѓа до формирање нови честички на бакар сулфат, односно велиме дека анодата се раствора.

Важна практична примена на електролизата е галванизација. **Галванизација** е процес при кој на површината на еден метал се нанесува тенок слој од друг метал со помош на електрична струја. Галванизацијата се користи за да се заштитат металите од корозија, да добие декоративен ефект и за да се зголеми нивната цврстина. На пример, железни предмети се обложуваат со цинк за да не 'рѓосуваат или со хром за да бидат сјајни. Предметот што сакаме да го обложиме се поврзува како катода, а металот со кој се врши обложувањето се поврзува како анода. Двете електроди се потопуваат во електролит кој содржи јони од истиот метал со којшто сакаме да обложуваме. Кога низ растворот ќе протече електрична струја, јоните на металот од анодата се движат кон катодата и се таложат на нејзината површина, создавајќи заштитен или декоративен слој. На слика 5 е прикажана галванизација на клуч со бакар. Клучот е поврзан како катода додека, пак анодата е бакарна плочка. Двете електроди се потопени во бакар сулфат. Позитивните јони на бакарот од анодата се таложат на клучот, со што клучот се обложува со слој од бакар.



Слика 5.
Галванизација со бакар.

Електролизата се користи и за добивање важни супстанции – на пример, од солена вода со електролиза се добиваат хлор и натриум хидроксид, супстанции кои се основа на многу индустриски процеси. Во производството на алуминиум електролизата е единствениот начин да се добие металот од неговата руда. Од акумулаторите во автомобилите, па сè до литиум-јонските батерии во мобилните телефони, електролитот е делот што овозможува складирање на хемиската енергија, а потоа и насочено движење на носителите на полнеж.



АКТИВНОСТИ

1. Течење на електрична струја низ електролит

Во стаклена чаша стави дестилирана вода. Во водата потопи две графитни или метални електроди кои ќе ги поврзеш со батерија, прекинувач и со мала светилка. Дали светилката светнува кога прекинувачот е вклучен. Што ќе заклучиш за течењето на струјата низ дестилирана вода. Потоа, наместо во дестилираната вода, додади малку обична сол и измешај со лажичка. Вклучи го прекинувачот. Дали светилката светнува? Што ќе заклучиш од светењето на светилката за течењето на струјата низ раствор?

2. Побакрување на предмет

Потопи метален предмет (на пример, клуч) поврзан како катода и парче бакар како анода во раствор од бакар сулфат. Електродите поврзи ги во струјно коло со батерија и со прекинувач. Вклучи ја струјата со прекинувачот и остави ја да тече во колото 20 минути. Што забележуваш? Дали на клучот се наталожил бакар? За што може да се искористи галванизацијата?

ЗА 5+

Масата на наталожениот метал m на катодата е пропорционална на јачината на струјата I и на времето за коешто се врши галванизацијата. Таа може да се пресмета според формулава: $m = k \cdot I \cdot t$, каде што k е константа на пропорционалност што има различна вредност за различни растворени супстанции.

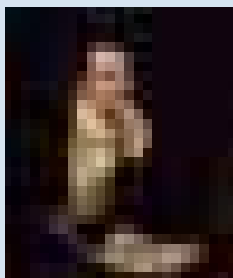


ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Галванизацијата е откриена во XIX век.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Хамфри Дејви (Humphry Davy, 1778–1829)

Хамфри Дејви бил англиски хемичар и физичар, еден од пионерите на електрохемијата и на експерименталната примена на електролизата. Тој прв покажал дека електричната струја може да се користи за разложување на соединенија на нивните основни компоненти. Со примена на електролиза, Дејви успеал да изолира неколку нови хемиски елементи, меѓу кои натриум, калиум, калциум, магнезиум и бариум – метали кои дотогаш биле непознати во чиста форма. Со неговата работа покажал дека хемиските врски може да се прекинат со електрична струја, што било клучен чекор во разбирањето на електролизата како процес. Истражувањата на Дејви ја поставиле основата за развој на индустриската електролиза и силно влијаеле врз понатамошната работа на Мајкл Фарадеј, кој бил негов ученик.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што се електролити и зошто можат да пренесуваат електрична струја?
2. Како се викаат електродите поврзани со позитивниот и негативниот пол на изворот на струја?
3. Ако сакаме да направиме побакрување на метален предмет, каде треба да го поставиме тој предмет (на анодата или на катодата) и зошто?
4. Зошто електричната струја низ течности претставува врска меѓу физиката и хемијата?
5. Што ќе се случи со процесот на електролиза ако наместо еднонасочна струја (од батерија) употребиме наизменична струја од штекер? Дали јоните ќе може трајно да се таложат на едната електрода?



ЗАПОМНИ

- Процесот на создавање слободни електрични полнежи (позитивни и негативни јони) во раствор се вика електролитна дисоцијација.
- Течноста што содржи јони и спроведува електрична струја е електролит.
- Позитивните јони (катјони) во затворено струјно коло се движат кон негативната електрода (катада).
- Негативните јони (анјони) во затворено струјно коло се движат кон позитивната електрода (анода).
- Процесот на разложување супстанции со помош на електрична струја е познат како електролиза.
- Галванизација е технолошки процес на обложување метален предмет со друг метал.

3.9. СТРУЈА НИЗ ГАСОВИ И ЕЛЕКТРИЧНИ ПОЈАВИ ВО АТМОСФЕРАТА

ПОИМИ

јонизација

јонизатори

слободни
електрони

јони

молња

гром

громобран

Струја низ гасови

Електричната струја може да тече низ цврсти супстанции, како што се металните спроводници, и низ течности (електролити). Носители на полнеж кај металите се слободните електрони, а кај електролитите јоните. Но, дали струја може да тече и низ гасови?

Познато е дека гасовите се изградени од молекули и атоми кои се електронеутрални. Со други зборови, гасовите не содржат слободни носители на полнеж. Затоа, при нормални услови, низ нив не тече струја. Овој заклучок е во согласност и со нашето искуство. Имено, ако во некој дел од струјно коло има прекин, тогаш низ него не тече струја. Каде и да настане прекин, просторот меѓу двата контакти е исполнет со воздух кој е добар изолатор.

Слично на воздухот, сите гасови при нормални услови се изолатори. Сепак, можни се и такви услови при коишто во гасот ќе се создадат слободни носители на полнеж. Сè што треба е да има доволно енергија за од неутралните атоми или од молекулите се избијат електрони. Атом или молекул од којшто е откинат електрон, станува позитивен јон. Но, електрон може да се присоедини и кон неутрален атом или кон молекула и така да се добие негативен јон. На тој начин се добиваат **јони и слободни електрони**. Тој процес на добивање јони и електрони од неутрални атоми или молекули се нарекува **јонизација**. Енергија за јонизација може да се добие со загревање на гасот на висока температура, при зрачење со голема енергија што поминува низ гасот, силно електрично поле, судири со брзи честички и слично. Секој уред или извор што обезбедува енергија потребна за јонизација на гасовите се нарекува **јонизатор**.



АКТИВНОСТ

1. Термички јонизатор

Електрометарот наелектризирај го со негативен полнеж. Во близина на главата на електрометарот доближи запалена свеќа. Полека и внимателно дувај во свеќата (без да ја изгаснеш) така што пламенот да се насочи кон главата на електрометарот. Набудувај што се случува со отклонувањето на стрелката на електрометарот? Објасни го експерименталниот факт што го забележа. Сега размисли што ќе се случи со отклонувањето на електрометарот ако тој наместо со негативен бил наелектризиран со позитивен полнеж?

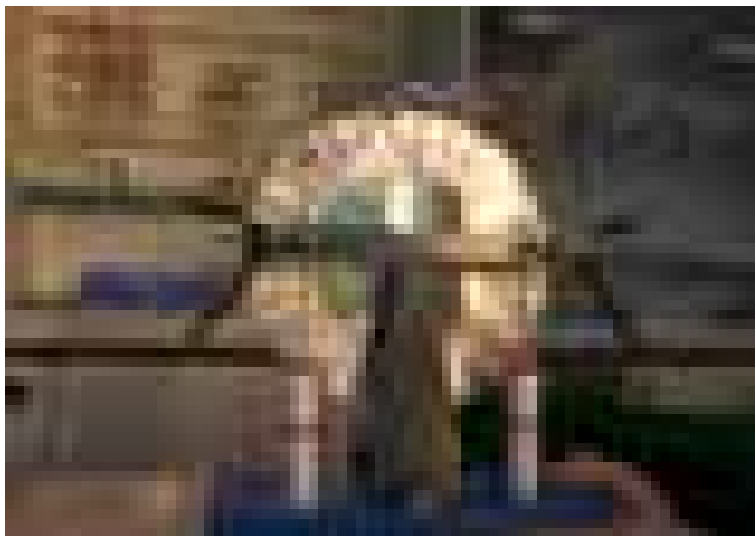


Во Активност 1, поради високата температура на пламенот, воздухот во негова близина е јонизиран. Во тој простор блиску до главата на електрометарот има јони (позитивни и негативни) и електрони. Позитивните јони се привлекуваат со негативниот полнеж од главата на електрометарот, при што тој се разелектризира. Намалувањето на отклонот на стрелката покажува дека низ воздухот тече електрична струја. Во вториот случај, електрометарот повторно ќе се разелектризира. Во тој случај, негативните јони ќе бидат привлечени кон главата на електрометарот, а позитивните ќе бидат одбиени.

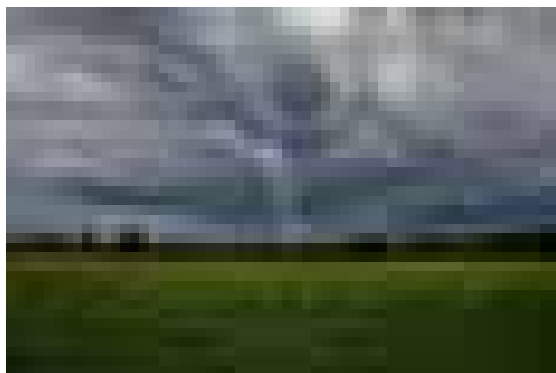
Многу технички уреди и апарати во својата работа вклучуваат течење на струја низ гасови. Осветлувањето на домовите и на институциите честопати се прави преку течењето на струјата низ гасови. За таа намена се користат гасови затворени во соодветни цевки или светилки во кои притисокот е намален. Такви се рекламните светилки, кај кои бојата на светлината е одредена од видот на гасот во цевката, потоа „неонските“ светилки, како и штедливите флуоресцентни светилки.

Електрични појави во атмосферата

Кога воздухот е јонизиран, тој станува спроводник и низ него може да тече струја. На пример, при доближување на топчињата од електростатската машина, додека ја вртиме рачката со којашто создаваме полнежи, меѓу нив искри. Таа е вештачки создадена искра, односно течење на струјата во лабораториски услови. Примери за течење на струја низ гасови во атмосферата се молњата, поларната светлина, емисијата на светлина при вулканска ерупција.



Слика 1. Електрична искра кај инфлуентна машина.

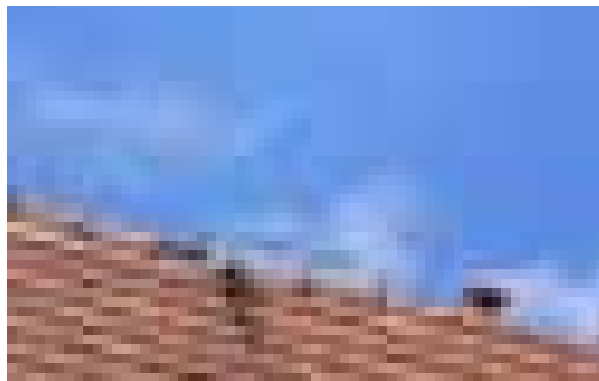


Слика 2. Електрична струја низ воздух – молња.

Типичен пример за струја низ гасови во природата е **молњата**. Таа претставува електрично празнење меѓу облак и Земјата или меѓу облаци и тоа трае многу кратко. Струјата што протекува низ воздухот ние ја гледаме како светла лента, односно како краток блесок на небото. Таа струја го загрева воздухот до висока температура, поголема и од температурата на површината на Сонцето. Воздухот многу брзо се загрева и се шири и тоа создава силен звук. Тој звук што го слушаме по појавата на молњата се нарекува **грмотевица**. Елек-

тричното празнење што настанува помеѓу облак и некој објект на Земјата се нарекува уште и **гром**. Светлината се шири со многу поголема брзина од звукот, па поради тоа прво ја забележуваме молњата, а потоа го слушаме звукот на грмотевицата.

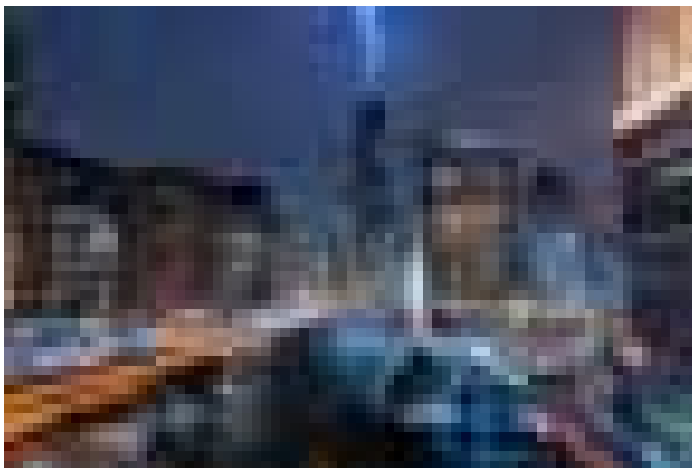
Ударот на гром и неговите ефекти може да бидат многу опасни и разорни за човекот, животните и природата. Често од удар на гром настануваат и пожари. Затоа човекот барал начин да ја скроти оваа незгодна природна појава. Бенџамин Френклин истражувал и открил начин како да се заштитиме од гром. Френклин открил дека струјата од громот треба да се одведе на спроводник со големи димензии, при што таа струја нема многу да влијае. Таков спроводник е Земјата. Со тоа, тој ја дал идејата за **громобран**. Тоа е метална прачка зашилена на врвот и се поставува на врвот на објект. Прачката е поврзана со метален спроводник кој води до неколку метри во земјата. Таквиот систем ја носи струјата на безбеден начин до земјата, без опасност од пожар или од оштетување.



Слика 3. Громобран поставен на покрив.

Освен инсталација на громобран, некои од препораките за заштита од гром во случај на невреме вклучуваат:

- Не задржувај се на отворен простор (поле, рид, игралиште).
- Избегнувај високи и изолирани објекти (дрвја, столбови).
- Засолни се во затворен простор или во возило со метална каросерија.
- Во затворен простор избегнувај допирање метални предмети, користење електрични уреди и стоење до прозорци, бидејќи електричната енергија од молњата може да се пренесе преку металните делови на електричните и на водоводните инсталации во домот.



Слика 4. Удар на гром во громобран.



АКТИВНОСТ

1. Истражување – громобрани во околината

Истражи дали твоето училиште има громобран и зошто е поставен на тоа место. Истражи дали има громобран на твојот дом или на зграда, но и на кои згради во околината има поставено громобрани.

ЗА 5+

Местото каде што поминува молњата, или како што уште се нарекува и канал на молњата, е пример за јонизиран гас, кој во физиката се нарекува плазма. Плазмата се смета дека е четврта агрегатна состојба на материјата. Во плазмата постојат слободни електрони и јони, па таа одлично спроведува електрична струја. Ист ваков принцип се користи и во неонските светилки, флуоресцентните цевки и во плазма-екраните. Истражи каде уште се користи јонизиран гас во техниката.

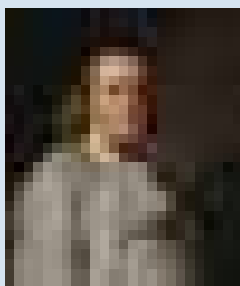


ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Воздухот каде што поминува молњата може да се загрее и до 30000 °C, што е повеќе од 5 пати поголема температура од температурата на површината на Сонцето.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Бенџамин Френклин (Benjamin Franklin 1706–1790)

Френклин бил американски научник, политичар и еден од најпознатите пронаоѓачи на 18 век. Иако немал формално научно образование, Френклин имал огромна љубопитност и експериментален дух, особено во областа на електрицитетот. Тој прв претпоставил дека молњата е всушност огромна електрична искра во атмосферата. За да ја докаже својата идеја, тој го извел познатиот експеримент со летачки змеј во 1752 година, со кој покажал дека облаците се наелектризирани. Френклин го конструирал громобранот. Овој едноставен, но генијален уред спасил илјадници животи и објекти, а и денес се користи во иста форма како во времето на Френклин. Со создавањето на громобранот, тој ја покажал применливоста на научните откритија во заштитата на луѓето.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Кога гасовите се изолатори, а кога спроводници на електрична струја?
2. Што е јонизација?
3. Наброј неколку начини како може да се предизвика јонизација.
4. Дали светилките со влакно работат врз основа на течење на струја низ гасови?
5. По молњата, луѓето го очекуваат звукот од грмотевицата и обично тоа ги плаши. Размисли и објасни дали по молњата има потреба да се плашине.



ЗАПОМНИ

- При нормални услови гасовите не спроведуваат струја, односно се изолатори.
- Преку процесот на јонизација, гасот од изолатор станува спроводник.
- Молњата е типичен пример за струја низ гасови во природата.
- Громобранот е метална прачка со шилец на врвот кој се поставува на највисоката точка на објект. Таа е поврзана со метален спроводник кој води до земјата.

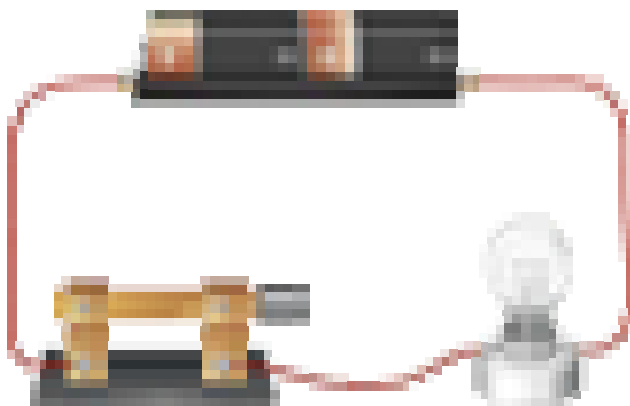
3.10. ЕФЕКТИ НА ЕЛЕКТРИЧНАТА СТРУЈА

ПОИМИ

светлинско
дејствотоплинско
дејствомеханичко
дејствохемиско
дејствомагнетно
дејство

Електричната струја е насочено движење на електрични полнежи низ метален спроводник, електролит или гас. Кога струјата тече низ различни уреди и супстанции, таа предизвикува низа промени, односно **ефекти (дејства)**. Всушност, ефектите се појави, процеси или последици настанати од течењето на електричната струја. Преку овие ефекти електричната енергија се претвора во други видови енергија и овозможува да работат најразлични уреди во секојдневниот живот, индустријата, медицината и во науката.

Во зависност од тоа каква промена предизвикува, разликуваме **светлинско, топлинско, механичко, хемиско и магнетно дејство на електричната струја**. Овие ефекти или дејства не се појавуваат изолирано, туку се тесно поврзани и најчесто се појавуваат истовремено. Во еден електричен уред може да се појават повеќе ефекти одеднаш, иако вообичаено еден од нив е доминантен и соодветно искористен. Сите ефекти од течењето на електричната струја се во согласност со природните закони, а пред сè со Законот за запазување на енергијата.



Слика 1. Струјно коло за истражување на ефектите на електричната струја.

Светлинско дејство на електричната струја

Светлинско дејство на електричната струја се појавува кога течењето на струјата предизвикува емитирање на светлина, односно кога електричната енергија се претвора во светлинска енергија. Овој ефект е добро познат од секојдневието, бидејќи најчесто го среќаваме кај електричните светилки. Кај класичната светилка со влакно од волфрам, електричната струја поминува низ тенка жица. Материјалот е

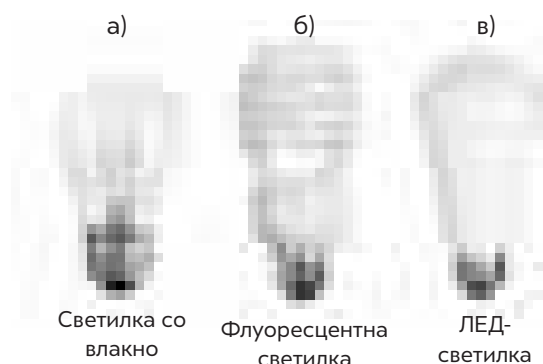


АКТИВНОСТ 1.

1. Истражување на ефектите на електричната струја со струјно коло

Поделени во мали групи/парови, поврзете елементи во едноставно струјно коло со извор на струја (користете батерии од 1,5 V), прекинувач, потрошувач и спроводни жици. Користете различни потрошувачи, како што се светилка, отпорна жица или електромагнет. Со помош на светилата (око, уво) или со мерен инструмент, истражувајте за ефектите на електричната струја. Дискутирајте и изведете заклучок за претворањето на електричната енергија од еден во друг вид.

така одбран значително да се спротивставува на течењето на струјата. Поради тоа, жицата се загрева до многу висока температура и почнува да свети. Светлината што ја гледаме е последица на силното загревање на влакното. Овој начин на добивање светлина е едноставен, но не е многу ефикасен, бидејќи голем дел од електричната енергија се претвора во топлина, а помал дел во светлина.



Слика 2. Различни видови светилки
а) Светилка со влакно, б) Флуоресцентна светилка и в) ЛЕД-светилка.

Освен класичните светилки, ова дејство на електричната струја се користи и кај други видови извори на светлина, како што се флуоресцентните светилки, неонските светилки, светлинските диоди (лед), ласерите и други видови. Кај светлинските диоди светлината настанува како резултат на процесите во полупроводнички материјали, при што електричната енергија многу поефикасно се претвора во светлинска енергија. Светлинското дејство овозможува осветлување на простории, улици, сигнални уреди, дисплеи и друго.

Топлинско дејство на електричната струја

Топлинското дејство на електричната струја е еден од најраспространетите и најважни ефекти. Кога електричната струја поминува низ спроводник, честичките што ја пренесуваат струјата се судираат со атомите и со јоните од материјалот. При тие судири, дел од енергијата на струјата се претвора во внатрешна енергија на материјалот, односно во топлина. Како резултат на тоа, температурата на спроводникот се зголемува. Топлинската енергија ослободена во спроводникот ја нарекуваме Џулова топлина. Може да се каже дека топлинското дејство се појавува истовремено со сите други ефекти на електричната струја.

Топлинското дејство на електричната струја има огромна практична примена. Грејните тела, како што се електрична греалка, бојлер, шпорет, пегла, фен за коса и многу други, работат токму на ова дејство. Во нив струјата минува низ спроводници од одбран материјал кој силно се спротивставува на течењето на струјата. Судирите на носителите на полнеж со честичките од материјалот предизвикуваат негово загревање. Топлината потоа се предава на околната средина. Иако во некои уреди топлината е посакуван ефект, во други случаи таа може да биде непожелна. На пример, во електронските уреди, прекумерното загревање може да доведе до оштетување, па затоа се користат ладилници и вентилатори.

Топлинското дејство има и заштитна улога во електричните инсталации. Осигурувачите и автоматските прекинувачи се уреди кои ја користат топлината што се развива при преголема јачина на струја. Кога струјата ќе надмине дозволена вредност, спроводникот во осигурувачот се загрева и се топи, со што колото се прекинува и се спречуваат поголеми оштетувања или пожари.

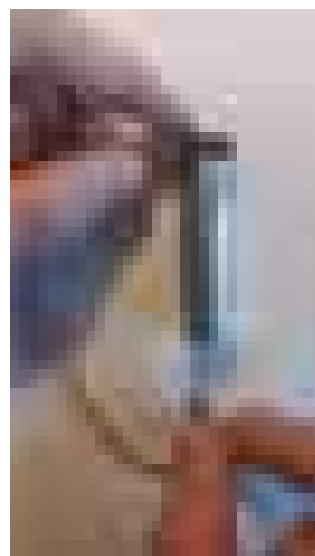


Слика 3. Уреди што го користат топлинското дејство на електричната струја (пегла, греалка и осигурувач за прекинување на струјата).

Механичко дејство на електричната струја

Механичкото дејство на електричната струја се појавува кога струјата предизвикува движење на некој уред или негов дел. Овој ефект најчесто се појавува како последица на заемнодејство меѓу електричната струја и магнетното поле. Кога низ спроводник тече струја и тој се наоѓа во магнетно поле, на спроводникот дејствува сила којашто може да го раздвиги. Оваа појава е основа за работата на електричните мотори.

Електричните мотори се уреди кои ја претвораат електричната енергија во механика. Тие се користат во огромен број апарати, како што се вентилатори, машини за перење, миксери, електрични алати и индустриски машини. Во моторот, струјата поминува низ намотки кои се наоѓаат во магнетно поле. Поради силата што се појавува при механичкото дејство на струјата, намотките почнуваат да се вртат. При тоа движење тие, електромоторите, можат да вршат механичка работа.



Слика 4. Едноставен електричен мотор - пример за механичко дејство на струјата.



АКТИВНОСТ

2. Едноставен електромотор

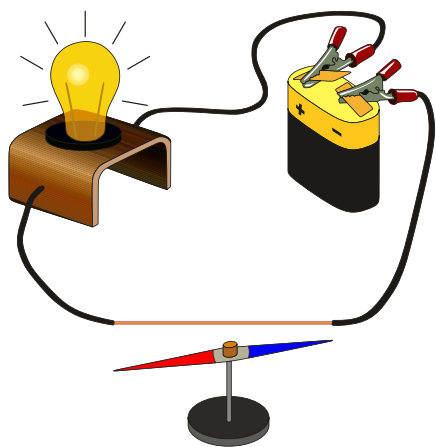
Со помош на мал неодиумски магнет, кој ќе го прицврстиш за негативниот пол на галвански елемент, спроводна жица и метално шрафче, состави електромотор, како што е прикажано на сликата 4. Дискутирај за механичкото дејство на струјата кај овој мотор. Дали моторот ќе работи без да користиш магнет? Истражи и за други варијанти на вака едноставен мотор.

Хемиско дејство на електричната струја

Кога електричната струја поминува низ течности-електролити таа може да предизвика хемиски промени. Ова се нарекува **хемиско дејство** на електричната струја. При тоа, супстанците во растворот се разложуваат, а јоните се движат кон електродите.

Хемиското дејство се користи при електролиза и при галванизација. Преку хемиското дејство на електричната струја се добиваат чисти хемиски елементи, како што се водородот и кислородот од водата или алуминиумот од неговите минерали. Хемиското дејство на електричната струја е основа за работа на галванските елементи и на батериите.

Магнетно дејство на електричната струја



Слика 5. Магнетно дејство на електричната струја.

Основа на **магнетното дејство** на електричната струја е откритието на данскиот физичар Ерстед. Тој пред двесте години утврдил дека околу секој спроводник низ кој тече струја се создава магнетно поле. Ова откритие е едно од најважните во историјата на физиката, бидејќи покажува длабока врска меѓу електричните и магнетните појави. Магнетното дејство на струјата има огромно практично значење. Електромагнетите, трансформаторите, електричните мотори и генератори се уреди кои се темелат токму на ова дејство. Кај електромагнетот, кога низ калем тече струја, се создава магнетно поле коешто може да се вклучи или да се исклучи по потреба. Ова својство се користи кај крановите за подигање метални предмети, кај електричните уреди и кај различни автоматизирани системи. Магнетното дејство има важна улога и при пренесување на електричната енергија.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

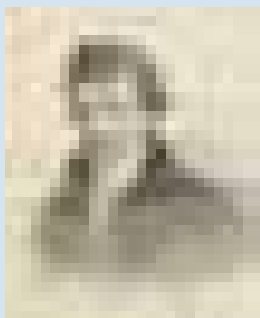
Физиолошко дејство на електричната струја е влијанието што електричната струја го има врз органите, ткивата и врз функциите на живиот организам кога ќе помине низ него.

ЗА 5+

Пелтиевот ефект е интересен пример како електричната струја може да предизвика и ладење на металите. Истражи како може да се направи Пелтие-модул и како овие модули може да се користат во мали фрижидери, ладилници и кај компјутерските процесори за ладење без користење на фреон.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Џовани Алдини (Giovanni Aldini 1762–1834)

Алдини бил италијански физичар. Тој е еден од првите научници кои систематски го проучувале влијанието на електричната струја врз живите ткива и врз нервниот систем. Алдини експериментирал со примена на електрична струја на мускули и на нерви и открил дека дури и мал електричен импулс може да предизвика видливи контракции кај мускулите. Неговите демонстрации, во тоа време, биле клучен доказ дека електричната енергија може да има директно физиолошко дејство врз телото.

Со своите истражувања, Алдини ги поставил темелите за развој на медицински уреди, како што се дефибрилаторите, електростимулаторите и уредите за невродијагностика. Неговата работа придонесла подлабоко да се разбере како електричните сигнали патуваат низ нервниот систем, што е основа за денешна медицина и за третманите кои се засноваат на електрична стимулација. Алдини се смета за еден од пионерите за поврзување на електрицитетот и биологијата.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Направи список од пет електрични уреди и за секој од нив одреди кои ефекти ги предизвикува струјата.
2. Побарај на интернет илустрација на електричен бојлер и објасни го топлинското дејство на струјата кај него?
3. Наброј три уреди кај кои истовремено се појавуваат барем два ефекта од струјата.
4. Наброј неколку уреди кај кои се забележува топлинското и светлинското дејство на струјата.
5. Анализирај кои ефекти на електричната струја се појавуваат кај електричен автомобил.



ЗАПОМНИ

- Електричната струја има повеќе дејства: светлинско, топлинско, механичко, хемиско и магнетно дејство.
- Преку дејствата, електричната енергија се претвора во други видови енергија.
- Кај електричните уреди најчесто се појавуваат повеќе дејства истовремено.

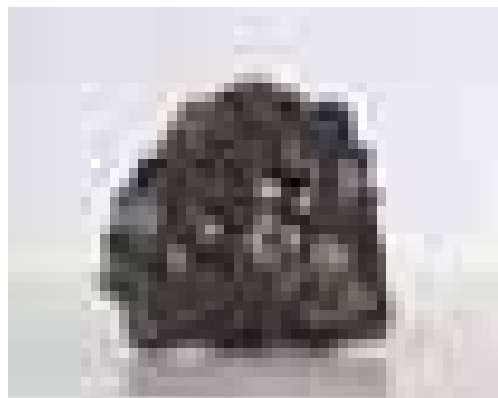
3.11. МАГНЕТИ И МАГНЕТНО ПОЛЕ

ПОИМИ

магнетно поле

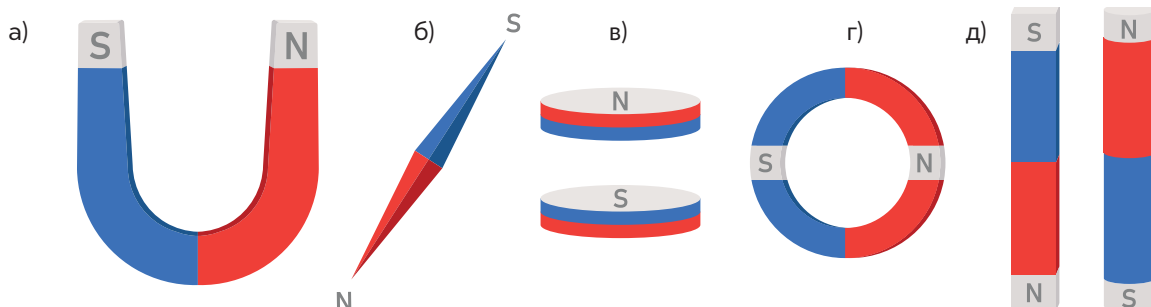
магнетни
силови линиихомогено
магнетно полемагнетно поле
на Земјата

Магнетизмот бил откриен уште во античко време во Магнезија, област во денешна Турција. Луѓето во оваа област забележале дека одредени камења имаат необично својство да привлекуваат железо. Токму од името на оваа област потекнува и зборот **магнет**. Природниот магнетизам е откриен кај рудата наречена **магнетит** (Fe_3O_4), која е железен оксид. Магнетитот е единствена руда што **природно е магнетна**, односно сама по себе создава магнетно поле и може да привлекува железни предмети.



Слика 1. Магнетит.

Денес ретко користиме природни магнети бидејќи нивната сила е релативно слаба. Наместо нив, користиме вештачки магнети направени од челик или од посебни легури. За различни намени, магнетите се изработуваат во различни форми, пример прачкаст магнет кој има форма на прачка. Потоа, потковичав магнет (во форма на буквата U) – кај оваа форма магнетното поле е многу јако во просторот, каде што двата пола се блиску еден до друг. Магнетна игла, најчесто се користи кај компасите, а прстенести и цилиндрични магнети, најчесто се користат кај звучниците.



Слика 2. а) Потковичест магнет (магнет во форма на потковица), б) Магнетна игла, в) Цилиндричен магнет, г) Прстенест магнет, д) Прачкаст магнет (магнет во форма на прачка).

Секој магнет има два магнетни пола, северен, кој е означен со N (од англиски „North“) и јужен S (од англиски „South“). Ако магнетот го скршиме на два дела, ќе добиеме два магнета со по два магнетни пола. Не постои магнет само со еден магнетен пол, на пример магнет само со северен или само со јужен магнетен пол. Истоимените магнетни полови се одбиваат, а разноимените се привлекуваат. Ова заемнодејство е доказ дека околу магнетите постои **магнетно поле**, односно просторот околу магнетите има карактеристични особини. Како и електричното заемнодејство, така и магнетното заемнодејство е дејство на далечина.



АКТИВНОСТ

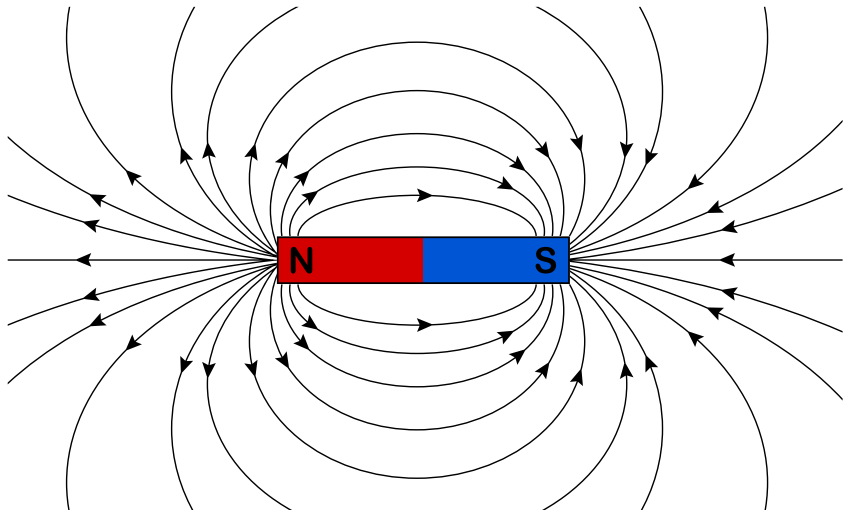
1. Истражување на магнетното заемнодејство

Земете два магнети и приближувајте ги со истоимените полови (север-север, југ-југ), а потоа со разноимените (север-југ). Потоа приближете магнет до железни предмети (спојници, клуч).

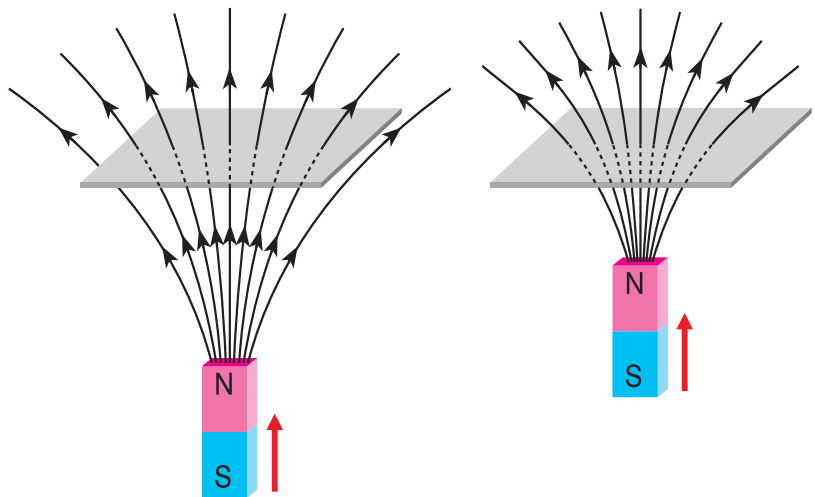
Што забележувате? Дали магнетот мора да го допре предметот за да почне да го привлекува?

Иако магнетното поле е недостапно за нашите сетила, ние може да го визуелизираме со помош на **магнетни силиви линии**. Тоа се затворени линии кои излегуваат од северниот пол на магнетот, а влегуваат во јужниот. Магнетните линии го определуваат правецот и насоката на магнетното поле во секоја негова точка.

Бројот на магнетни силиви линии кои пресекуваат одредена површина ја дава нивната густина. На местата каде што густината на силивите линии е поголема, таму и јачината на магнетното поле е поголема. На Слика 4 е прикажана рамна површина што ја сечат магнетните силиви линии. Колку површината е поблиску до магнетот, толку повеќе магнетни силиви линии ја сечат рамнината, што значи, густината на силивите линии е поголема, односно јачината на магнетното поле е поголема.



Слика 3. Магнетни силиви линии кај магнет во форма на прачка.



Слика 4. Според густината на силивите линии ја одредуваме јачината на магнетното поле во просторот.

Со помош на железните струганици, може да се визуелизираат магнетните силиви линии. Се забележува дека тие имаат најголема густина на краевите на магнетот, односно на неговите полови. Во тие точки магнетното поле е најјако. Како што се оддалечуваме од магнетот, така магнетното поле слабее.



АКТИВНОСТ

1. Поставете магнет во форма на прачка на рамна површина. Врз него поставете плоча од плексиглас. Внимателно посипете железни струганици врз плочата и нежно потчукнете ја плочата со прстот. Струганиците ќе се подредат во правилни линии. Што забележувате? Каде се најгусте струганиците?

Магнетното поле не секогаш има иста јачина во сите точки. Кај прачкаст магнет, полето во различни точки од просторот има различна јачина, односно величине дека е нехомогено. **Хомогено магнетно поле** е магнетно поле што има иста јачина, правец и насока во секоја точка од просторот. Такво поле може приближно да се создаде во просторот меѓу два паралелно поставени магнетни полови.

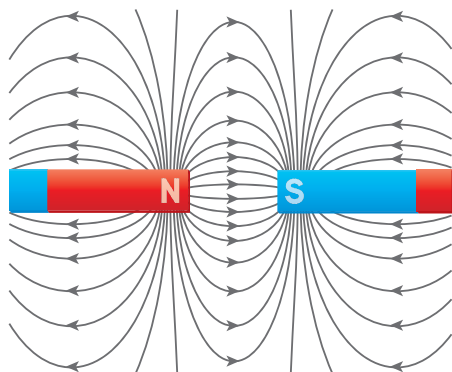
Земјата како магнет

Од искуство знаеме дека, иглата на компасот секогаш покажува правец север-југ. Тоа е така бидејќи самата планета Земја се однесува како огромен магнет во форма на прачка, (Слика 7). Исто како кај секој магнет, така и околу Земјата постои магнетно поле кое го нарекуваме **магнетно поле на Земјата**. Притоа, северниот магнетен пол на Земјата е кај јужниот географски пол и обратно, јужниот

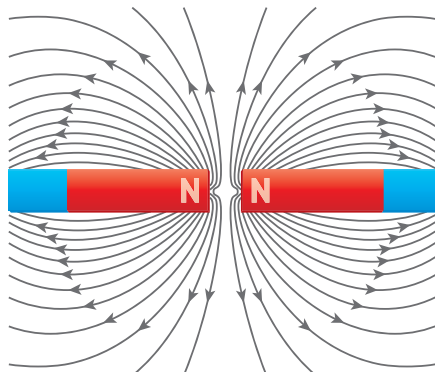


Слика 5. Магнетни силиви линии прикажани со железни струганици.

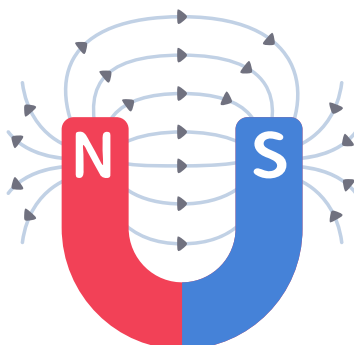
а)



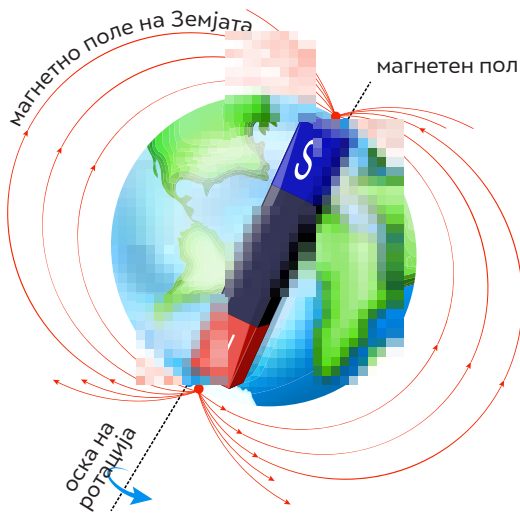
б)



в)



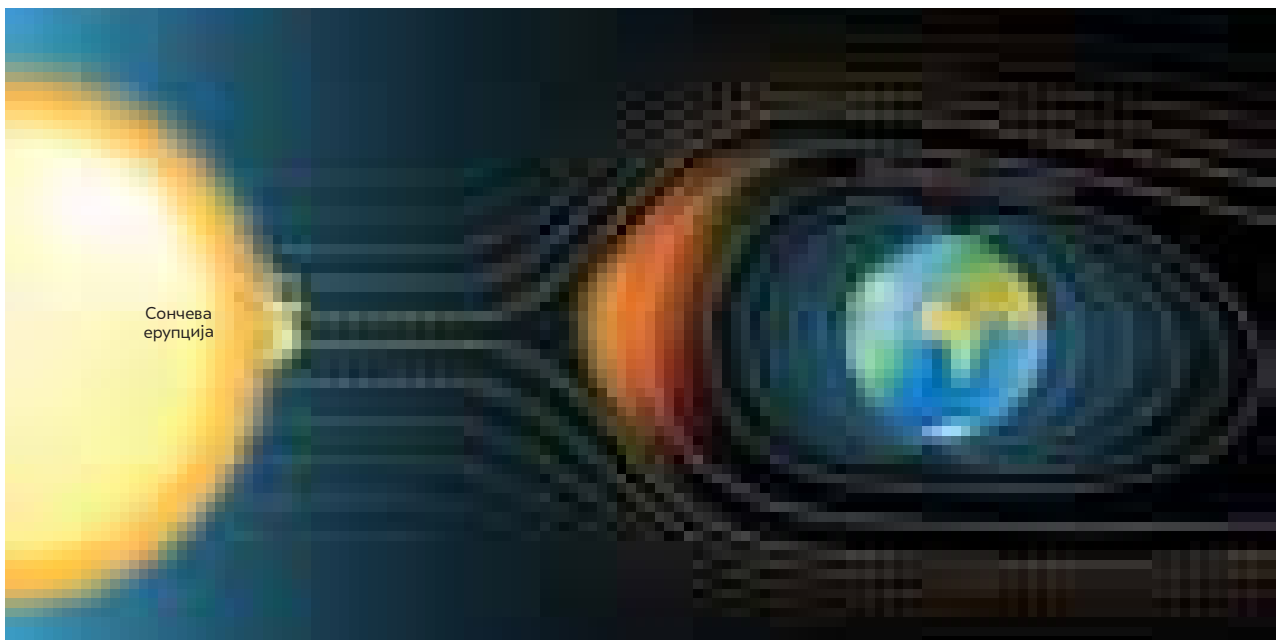
Слика 6. а) и б) Магнетни силиви линии при заемнодејство на два магнети; в) Магнетни силиви линии кај потковичест магнет.



Слика 7. Земјата како магнет во форма на прачка и магнетно поле на Земјата.

магнетен пол на Земјата е кај географскиот северен пол. Поради заемнодејството со магнетното поле на Земјата, магнетната игла на компас секогаш приближно го покажува правецот север-југ.

Магнетните полови на Земјата не се совпаѓаат точно со географските полови, но се доволно блиску за да го користиме компасот за ориентација. Магнетното поле на Земјата претставува природна заштита од штетните зрачења при сончева ерупција, одбивајќи ги кон меѓупланетарниот простор, како што е прикажано на Слика 8.



Слика 8. Заштитна функција на магнетното поле на Земјата од штетните зрачења кои доаѓаат од Сонцето.



АКТИВНОСТИ

2. Направи сам свој компас (како на сликата десно)

Земи игла за шиене и со едниот пол на магнетот поминувајте по неа само во една насока (од почетокот кон врвот) околу 30 пати. Протнете ја иглата низ парчето плута или залепете ја врз стиропорот. Внимателно спуштете го стиропорот да плива во сад со вода. Иглата ќе се заврти и ќе застане во правец север-југ. Споредете го правецот што го покажува иглата со правецот што го покажува магнетната игла или фабрички произведен компас.



3. Користејќи компас, одредете каде е правецот север-југ и насоката кон север. Како ќе бидете сигурни дека компасот навистина го покажува тој правец?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Птиците преселници и морските желки го чувствуваат магнетното поле на Земјата и го користат како природен систем за глобално позиционирање (GPS).

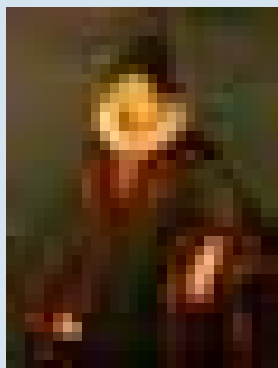
ЗА



Истражи зошто магнетното поле на Земјата со текот на времето се менува и зошто магнетните полови не се фиксни, туку постепено се поместуваат. Размисли какви последици би имало тоа за навигацијата и за животот на Земјата.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Вилијам Гилберт (William Gilbert 1544–1603)

Гилберт бил англиски лекар, физичар и природонаучник, кој се смета за основач на науката за магнетизмот. Гилберт прв применил систематски експериментален пристап при истражувањето на магнетите. Тој открил дека Земјата се однесува како огромен магнет, со што може да се објасни зошто иглата на компасот секогаш се ориентира во правец север–југ.

Своите резултати ги објавил во познатото дело „За магнетите“ (De Magnete) објавено во 1600 година, што претставува прва современа научна книга посветена на магнетизмот. Во ова дело, Гилберт направил јасна разлика меѓу магнетните појави и електричните појави (како привлекувањето кај наелектризирани тела), со што ги поставил темелите за понатамошниот развој на електрицитетот и за магнетизмот како посебни области на физиката. Неговата работа имала големо влијание врз подоцнежните научници и го означила почетокот на современиот, експериментално заснован пристап во физиката.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува магнетно поле?
2. Како заемнодејствуваат истоимени, а како разноимени магнетни полови?
3. Што се магнетните силиви линии и што може да одредиме преку нивната густина?
4. Зошто Земјата има магнетно поле?
5. Дали географскиот северен пол на Земјата и северниот магнетен пол на Земјата се блиску еден до друг? Образложи го одговорот.



ЗАПОМНИ

- Магнетите заемнодејствуваат преку создавање магнетно поле во просторот околу нив.
- Магнетното поле графички се претставува со магнетни силиви линии.
- Јачината на магнетното поле зависи од густината на силивите линии.
- Земјата претставува голем магнет со магнетни полови поставени блиску до географските полови.
- Компас е навигациски инструмент кој го користи магнетното поле на Земјата за одредување на правецот север - југ.

3.12. МАГНЕТНО ПОЛЕ НА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА. ЕЛЕКТРОМАГНЕТ

ПОИМИ

праволиниски
спроводник

калем/соленоид

железно јадро

електромагнет

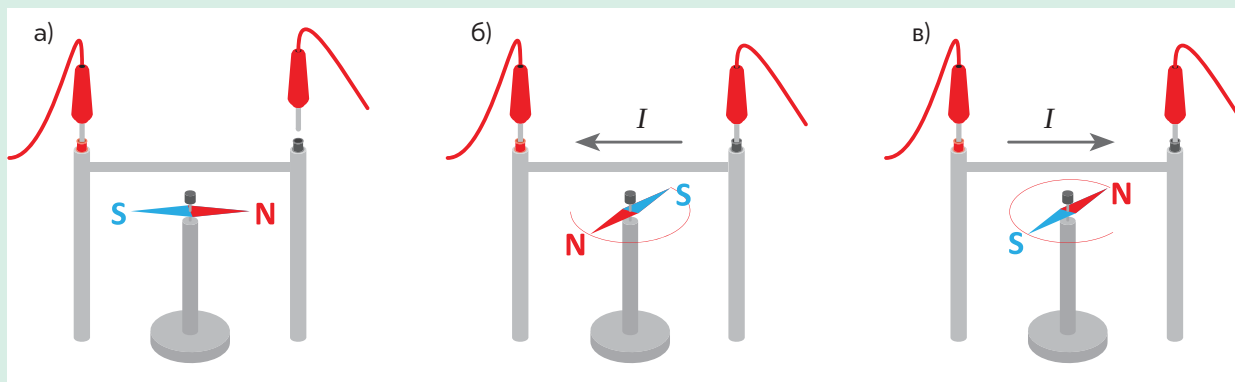
магнетизирање

Долго време електричните и магнетните појави биле изучувани како посебни природни појави. Сепак, експериментите покажале дека меѓу нив постои длабока поврзаност. Во 1820 година, научникот Ханс Кристијан Ерстед забележал дека иглата на компасот се отклонила од правецот север - југ кога низ електричен спроводник, кој се наоѓал во близина на иглата, протекла електрична струја. Така, Ерстед открил дека кога низ **праволиниски спроводник** тече електрична струја, околу него се создава магнетно поле. Со ова откритие за првпат се покажала поврзаноста меѓу електричните и магнетните појави, со што електричната енергија била поврзана со магнетизмот.



АКТИВНОСТ

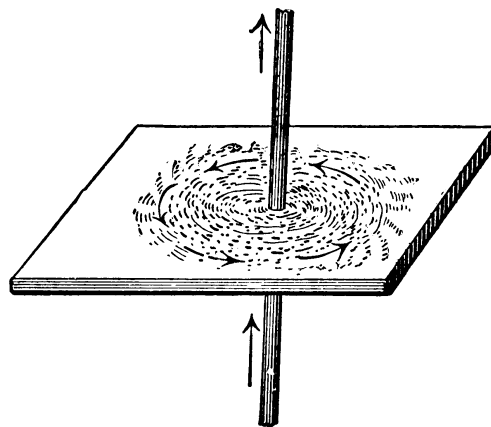
1. Поврзи едноставно струјно коло (батерија, прекинувач, долга жица и мала светилка). Постави го компасот и откако тој ќе го покаже правецот север-југ над компасот постави една спроводна жица од колото во истиот правец. Што се случува со иглата на компасот кога ќе се вклучи струјното коло? Што се случува ако ја смениме насоката на течење на струјата (со менување на половите на батеријата)? Како може да се зголеми јачината на магнетното поле околу жицата?



Слика 1. Отклонување на магнетната игла од правецот север-југ кога над неа ќе се донесе спроводник низ кој тече електрична струја. а) Низ спроводникот не тече струја б) Во спроводникот тече струја кон лево в) Во спроводникот тече струја кон десно.

Магнетното поле на електричната струја заемнодејствува со магнетното поле на иглата од компасот. Поради тоа заемнодејство магнетната игла се ориентира во просторот и зафаќа одреден агол со спроводникот. Со зголемување на јачината на струјата, тој агол се зголемува. Магнетната игла се стреми да застане нормално во правецот на спроводникот. Ако ја промениме насоката на струјата, тогаш ќе се промени и ориентацијата на иглата. Тоа значи дека насоката и јачината на магнетното поле околу спроводникот зависат од насоката и од јачината на струјата што тече низ него. Поради заемнодејството на спроводникот и магнетната игла, може да заклучиме дека спроводник низ кој тече струја се однесува како магнет.

Магнетното поле на прав спроводник низ кој тече јака електрична струја може да се демонстрира со помош на едноставен експеримент. Спроводникот се поставува вертикално, така што поминува низ средината на хоризонтално поставен картон, како што е прикажано на Слика 2. Магнетните силиви линии околу спроводникот може јасно да се набљудуваат со помош на ситни железни струганици. Во магнетното поле, овие струганици се однесуваат како многу мали магнетни игли кои се подредуваат во насока на самото поле. Ако на хоризонталниот картон посипеме железни струганици, по вклучувањето на струјата тие ќе се подредат во концентрични кружници околу спроводникот. Всушност, овие кружници ни ја покажуваат формата на магнетното поле кај праволиниски спроводник и неговата јачина. Магнетното поле околу праволиниски спроводник е нехомогено. Неговата јачина е најголема во близина на спроводникот бидејќи струганиците се најгусто распоредени во негова близина. Овој факт јасно покажува дека електричната струја има магнетно дејство и дека магнетното поле не е својство само на постојаните магнети.



Слика 2. Магнетни силиви линии околу спроводник низ кој тече струја видливи со помош на железни струганици.

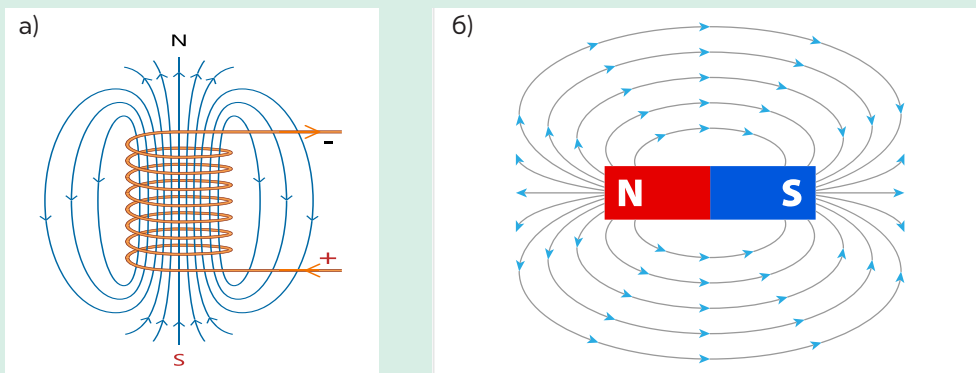
Магнетно поле на калем (Соленоид)

Ако праволинискиот спроводник го свиткаме во форма на спирала (навивки), добиваме **калем** или **соленоид**, како што е прикажано на Слика 3. Магнетното поле на соленоидот е многу посилно отколку на обична права жица (праволиниски спроводник).



АКТИВНОСТ

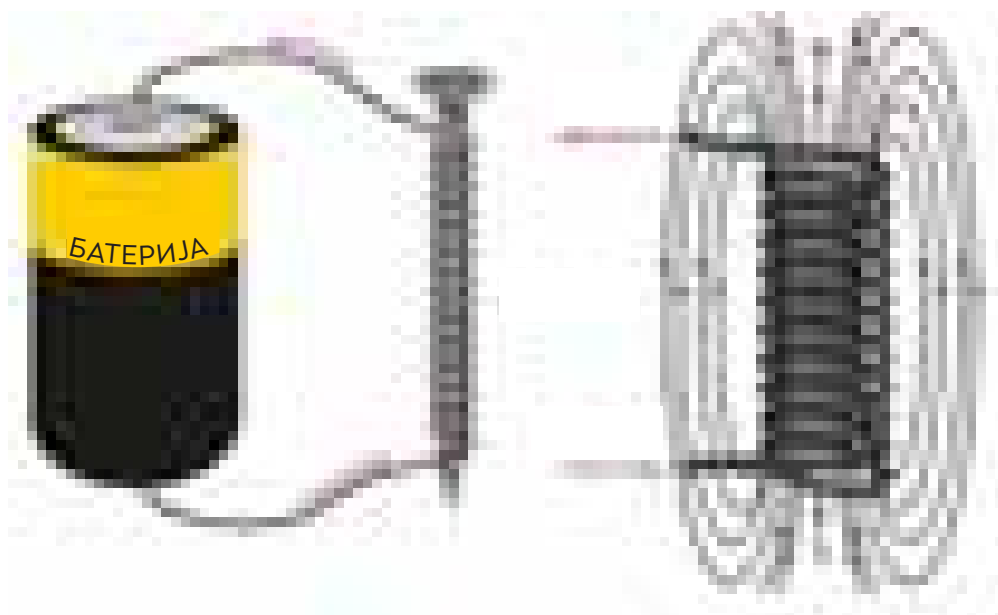
2. Споредба на магнетните полиња на магнет во форма на прачка и соленоид. Погледни ги илустрациите на магнетното поле на магнет во форма на прачка и на соленоид дадени на Слика 4. Што им е слично на магнетните полиња на магнет во форма на прачка и соленоид? Која е разликата меѓу нив? Дали секогаш соленоидот создава магнетно поле како и магнетот во форма на прачка?



Слика 3. Магнетно поле на: а) Соленоид низ кој тече еднонасочна струја
б) Магнет во форма на прачка.

Магнетното поле на соленоидот, според изгледот, е многу слично на магнетното поле на магнетот во форма на прачка. Соленоидот има два краја кои се однесуваат како северен и јужен магнетен пол. Надвор од калемот, магнетните силиви линии излегуваат од северниот пол и влегуваат во јужниот, а внатре во калемот, тие се речиси паралелни, што укажува, на хомогено магнетно поле.

Електромагнет



Слика 4. Едноставен електромагнет.

Електромагнет е калем со железно јадро поставено во внатрешноста меѓу навивките. Железото во јадрото дополнително се магнетизира и значително го засилува магнетното поле на калемот кога низ него тече струја. Едноставен електромагнет е прикажан на Слика 4. Кога низ соленоидот тече струја, во него и околу него се создава магнетно поле. Во внатрешноста на соленоидот магнетното поле е хомогено. Железното јадро, што е внатре во калемот, се **магнетизира**, односно станува магнет и дополнително ја зголемува јачината на магнетното поле.

Јачината на магнетното поле на електромагнетот зависи од бројот на навивките (колку повеќе пати е намотана жицата околу јадрото, толку е појакано магнетното поле) и од јачината на струјата што тече низ соленоидот.

Електромагнетите се многу корисни бидејќи нивното магнетно поле може да се контролира со вклучување и исклучување на струјата или со менување на големината и насоката на струјата. Тие се користат во електрични звона, телефони и во звучници, каде што магнетното поле предизвику-



Слика 5. Електромагнети кои може да се најдат во различни електрични уреди.

ва движење на металните делови и создавање звук. Во индустријата електромагнетите служат за подигање и за преместување масивни железни предмети, овозможувајќи ефикасна работа во фабриките и во складиштата (Слика 6).

Во медицината јаките електромагнети се составен дел од апаратите за магнетна резонанца, кои овозможуваат добивање прецизни слики од внатрешноста на човечкото тело со создавање силно магнетно поле (Слика 7). Во секојдневните апарати, како што се машините за перење и електричните мотори, електромагнетите ја претвораат електричната енергија во механичка работа.

Во железничкиот транспорт се користат моќни електромагнети кај таканаречените Меглев возови кои „лебдат“ над шините, со што кај овие возови нема триење со шините и се овозможува постигнување на голема брзина (Слика 8).



Слика 6. Магнетен кран.



Слика 7. Снимање со магнетна резонанца.



Слика 8. Меглев воз кој лебди над шините.

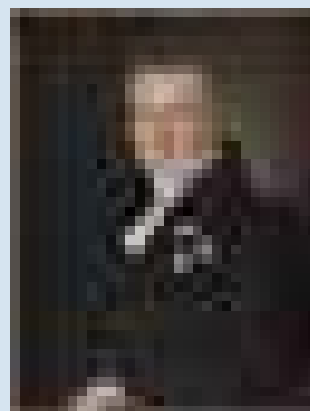
Затоа, електромагнетите се важна врска меѓу електричната струја и практичната примена на магнетните сили, обезбедувајќи напредок во технологијата и подобрување на квалитетот на животот.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Ханс Кристијан Ерстед (1777–1851)

Ерстед бил дански физичар, хемичар и професор кој одиграл клучна улога во развојот на современата физика. Работејќи како професор на Универзитетот во Копенхаген, тој се занимавал со проучување на електричните и на магнетните појави во време кога тие се сметале за целосно одделни. Во 1820 година, за време на едно предавање, Ерстед забележал дека магнетна игла поставена близу до жица се отклонува кога низ жицата тече електрична струја. Ова едноставно, но исклучително важно откритие било прв јасен експериментален доказ дека електричната струја создава магнетно поле.

Со ова откритие Ерстед ја воспоставил длабоката врска меѓу електрицитетот и магнетизмот и го означил почетокот на електромагнетизмот како обединета област на физиката. Неговата работа имала огромно влијание врз подоцнежните научници, како што се Ампер, Фарадеј и Максвел, кои ги развиле основните закони на Електромагнетната теорија. Денес, примената на откритието на Ерстед е присутна во електричните мотори, генератори, трансформатори и во безброј технолошки уреди.



ЗА 5+

Истражи како се отклонува магнетна игла (во кој правец) во зависност од насоката на течење на струјата и каква е насоката на магнетните силини линии кај прав спроводник низ кој тече струја.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Во звучниците електромагнетите ги претвораат електричните сигнали во звук.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Како се манифестира магнетното поле околу праволиниски спроводник низ кој тече електрична струја?
2. Кои промени може да ги направиме кај електромагнет за да го контролираме неговото магнетното дејство?
3. Наброј две сличности и две разлики меѓу магнетното поле на магнет во форма на прачка и магнетното поле на соленоид (калем).
4. Што е електромагнет и на кој начин железното јадро го подобрува неговото дејство?
5. Зошто е корисно електромагнетите да можат да се вклучуваат и исклучуваат за разлика од обичните (трајни) магнети?

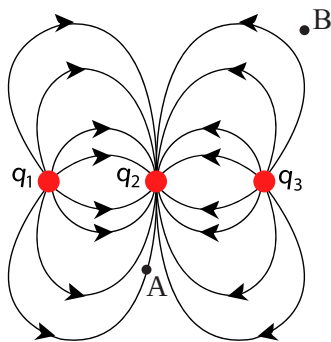
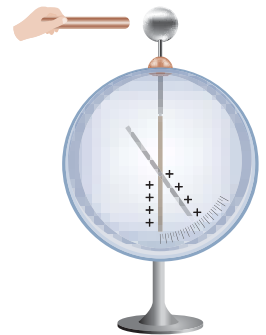


ЗАПОМНИ

- Секој спроводник низ кој тече електрична струја создава околу себе магнетно поле. Оваа појава е основа на електромагнетизмот.
- Магнетното поле околу праволиниски спроводник зависи од насоката на струјата; ако се смени насоката на струјата, се менува и насоката на магнетно поле околу спроводникот.
- Магнетното поле на соленоид е слично на полето на магнет во форма на прачка.
- Соленоидот се однесува како магнет само додека низ него тече струја, а магнетот во форма на прачка е постојан магнет.
- Електромагнет е калем со железно јадро вметнато во неговата внатрешност што го засилува магнетното дејство.

ТЕМА 3. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ

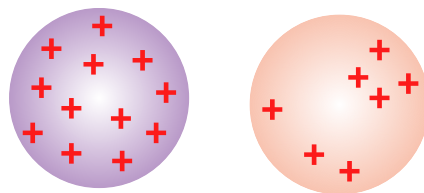
1. Што претставува атомот и кои се неговите градбени честички?
2. Што се случува со атомот кога ќе изгуби електрон?
3. Дали може при електризирање со триење на две тела да се наелектризира само едно од телата? Образложи го одговорот.
4. Каков вид заемнодејство настанува меѓу наелектризирани тела?
 - а) гравитациско
 - б) магнетно
 - в) електростатско
 - г) нуклеарно
5. До ненаелектризиран електрометар доближена е наелектризирана прачка. Преку електростатска инфлуенција електрометарот се електризира и стрелката се отклонува. Според прикажаното на сликава, определи со каков полнеж е наелектризирана прачката?
6. Околу кои тела постои електрично поле?
7. Што претставуваат електричните силиви линии и која е нивната улога во опишување на полето?



8. На сликава е прикажано електрично поле создадено од три полнежи q_1 , q_2 и q_3 .
 - а) Со каков вид количество електричество е наелектризиран секој од полнежите?
 - б) Во која точка од просторот електричното поле има поголема јачина, во А или во В?
9. За што е мерка густината на електричните силиви линии во даден простор?
 - а) температурата на просторот
 - б) насоката на струјата
 - в) јачината на електричното поле
 - г) видот на полнежот
10. Што е електрична струја?
11. Која е разликата меѓу еднонасочна и наизменична струја?
12. За кој уред велиме дека е галвански елемент?
13. Кои честички се носители на електричната струја во металите?
 - а) протони
 - б) неутрони
 - в) позитивни јони
 - г) слободни електрони
14. Наведи три примери на материјали кои се добри електрични спроводници.
15. Што се изолатори и зошто се користат во електричните инсталации?

16. Што се полупроводници?

17. На сликава се прикажани две топчиња изработени од различен материјал. Кое од нив е направено од спроводен материјал, а кое од изолатор? Образложи го одговорот преку разликата во сликите кај двете топчиња.



18. Зошто електричната струја може да биде опасна за човекот?

19. Наведи три основни мерки за заштита при користење на електричните уреди.

20. Што е осигурувач и која е неговата улога?

21. Дали чистата дестилирана вода спроведува струја? Зошто?

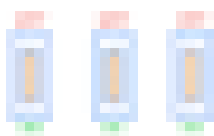
22. Кои честички ја пренесуваат струјата низ течности?

23. Кога гасовите се изолатори, а кога спроводници на електрична струја?

24. Наброј неколку начини како може да се предизвика јонизација кај гасовите.

25. Кои мерки ќе ги преземеш за заштита од гром во случај на невреме?

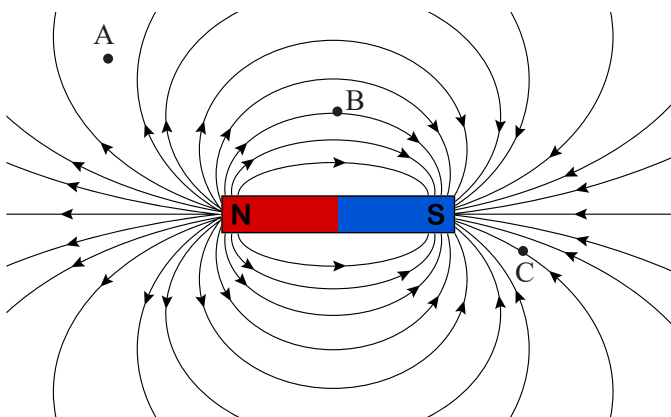
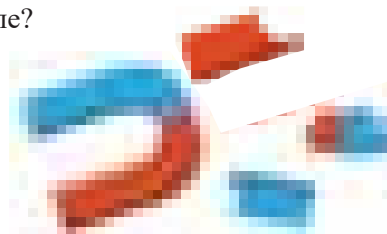
26. Какво дејство има електричната струја кога тече низ електролит?



27. На сидот во просторијата има три прекинувачи, од кои еден е вистински, а два се лажни. Може да ги вклучуваш и да ги исклучуваш прекинувачите колку сакаш. Одреди кој прекинувач е вистинскиот за ламбата на бирото, само со едно влегување во соседната просторија каде се наоѓа ламбата.

28. Размисли и спореди ги електричното и магнетното поле. Кои се сличностите и разликите во однос на создавање, заемнодејството, силиви линии, јачина на поле?

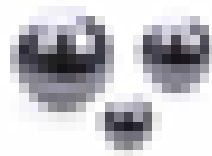
29. Магнет во форма на потковица паднал на подот од лабораторијата и се скршил на три парчиња. Нацртај ја сликата во тетратка и означи ги половите на секое парче магнет.



30. Нацртај магнет во форма на прачка и означи ги неговите магнетни полови. Сега, замисли дека магнетот е поделен на два дела. Нацртај соодветна слика и означи ги половите.

31. Во просторот околу магнет во форма на прачка се означени три точки: A, B и C. Во која од тие точки магнетното поле на магнетот има најголема јачина, а во која најмала?

32. Имаш три метални топчиња направени од железо. Предложи нешто креативно како да ги поставиш топчињата едно врз друго, но да се одржат во таа вертикална положба. Не смееш да користиш лепак.



Тема 4:

СВЕТЛИНА

Со оваа тема ќе изучиш како светлината се простира и зошто создава сенки и полусенки. Ќе разбереш дека сенката не е само „темнина“, туку резултат на пречка што ја блокира светлината, и дека истите појави имаат големи последици во Сончевиот систем – од затемнувањето на Месечината до помрачувањето на Сонцето.

Ќе научиш што значи одбивање на светлината и да го применуваш законот за одбивање на светлината при конструкција на ликови. Ќе можеш да конструираш ликови со сферно огледало и да решаваш проблеми од секојдневието, како функционираат ретровизорите или зошто огледалата во продавници даваат деформирани слики.

Ќе ја запознаеш и дисперзијата на белата светлина, која ја претвора во спектар од бои, како во виножито. Ќе научиш за мешањето на боите, за тоа како светлината се рефлектира и апсорбира, и зошто предметите околу нас имаат различни бои.

Со оваа тема ќе откриеш дека светлината е повеќе од нешто што ни овозможува да гледаме – таа е клуч за разбирање на природата, технологијата и уметноста околу нас.

Резултати од учењето

Ученикот/ученичката ќе биде способен/способна:

- да ги објаснува: простирањето на светлината, причината за формирање сенка и полусенка како и последиците од нивното формирање во вселената;
- да го објаснува одбивањето на светлината и да го применува законот за одбивање при конструкција на ликови;
- да конструира/формира ликови со сферно огледало и решава проблемски ситуации од секојдневниот живот со примена на знаењата за одбивање на светлината со сферно огледало;
- да го објаснува прекршувањето на светлината и да го претставува со дијаграм;
- да конструира/формира ликови со леќи и решава проблеми со леќи од секојдневието;
- да ја објаснува дисперзијата на белата светлина, мешањето на бои, рефлексијата и апсорпцијата на светлината во разни бои.

4.1. ШИРЕЊЕ НА СВЕТЛИНАТА

ПОИМИ

примарен и секундарен
светлински извор

светлински сноп

светлински
зракбрзина на ширење
на светлината

светлински извор

праволиниско ширење на
светлинататочкест светлински
извор

Светлината е една од најважните појави во природата, бидејќи благодарение на неа го гледаме и го восприемаме светот околу нас. Делот од физиката што ја изучува светлината се нарекува оптика. Секое тело што емитира или зрачи светлина се нарекува **светлински извор**. Некои светлински извори ја создаваат светлината самостојно, а други светат само заради тоа што ја одбиваат светлината што паѓа врз нив.

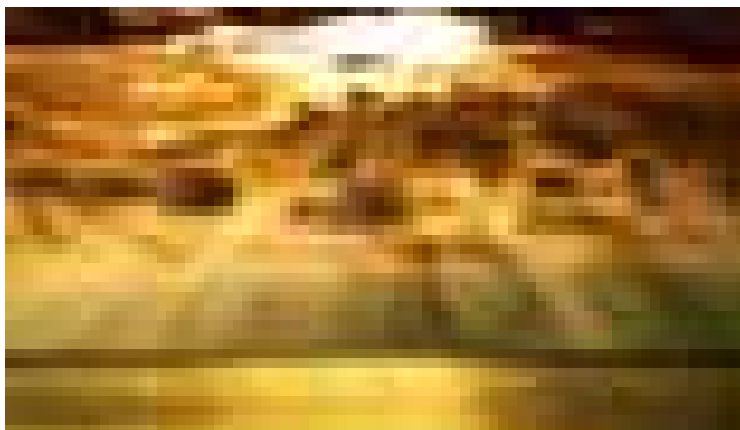
Разликуваме два вида извори на светлина: **Примарни светлински извори** се извори коишто сами произведуваат светлина како: ѕвездите сонцето, поларната светлина, молњата, пламенот на свеќа, светилки, ласери, инсектот светулка и некои морски животни. **Секундарни светлински извори** се нарекуваат објектите и изворите коишто не создаваат сами светлина, туку ја рефлектираат, односно ја одбиваат светлината што паднала на нивната површина, а потекнува од примарни извори на светлина како што се на пример Месечината и планетите. Месечината е типичен пример за секундарен извор. Таа свети на ноќното небо, но не создава светлина, туку само одбива дел од сончевото зрачење што паѓа на неа.



Слика 1. Примарни извори на светлина а) поларна светлина, б) молња, в) светулка.

Ширењето или патот на светлината од изворот го претставуваме со светлински зрак.

Светлинскиот зрак е замислена линија што го покажува правецот на ширење или на простирање на светлината. Но, во реалноста од еден светлински извор излегуваат многу зраци кои заедно создаваат **светлински сноп**. Светлински сноп е збир од голем број светлински зраци кои се движат во иста насока и ја пренесуваат светлинската енергија. Со други зборови, може да се каже дека светлинскиот зрак претставува светлински сноп со многу мала ширина. Светлинските снопови и зраци



Слика 2. Светлински сноп и светлински зраци.

може да ги видиме кога Сончевата светлина се пробива низ облаците (Слика 2).

Светлинските извори можат да бидат и точкести, односно толку мали што светлината изгледа како да потекнува од една единствена точка. Извор на светлина чиито димензии се многу помали од површината што ја осветлува или, пак, неговите димензии се многу помали од растојанието до

осветлениот предмет го викаме **точкест извор на светлина**. Малата светилка на велосипедот кој е далеку од нас или далечна ѕвезда на ноќното небо се примери каде што изворот за нас изгледа доволно мал и го сметаме за точкест. Светлината од точкестите извори ќе сметаме дека се шири рамномерно во сите правци.

Кога светлината патува низ некоја хомогена и провидна средина, како што се воздух, вода или стакло, таа се **шири праволиниски**. Ова значи дека, ако на патот на светлинскиот зрак нема непровидна препрека, светлинскиот зрак ќе продолжи да се шири по права линија. Доказ за тоа е формирањето сенки од непровидните предмети. Непровидниот предмет го спречува ширењето на светлинскиот зрак. Бидејќи светлинските зраци не можат да го заобиколат предметот, зад него се појавува темна површина.

Светлината се шири со многу голема брзина. **Брзината на ширење на светлината** во вакуум е приближно 300000 километри во секунда или $3 \cdot 10^8$ m/s и се смета за најголемата можна брзина во природата. Тоа значи дека светлината само за една секунда поминува растојание доволно да ја обиколи Земјата по Екваторот приближно осум пати. Брзината на светлината во воздух, вода или во стакло е помала од брзината на светлината во вакуум.



АКТИВНОСТИ

1. Праволиниско ширење на светлината

Исечи на два картони мали кружни отвори. Картоните постави ги еден зад друг така што кружните отвори ќе лежат на иста права. Трет картон без отвор нека ти послужи како екран на којшто ќе ги набљудуваш светлинските зраци. Првиот картон осветли го со батериска светилка. Дали светлината поминува низ двата отвори? Што ќе се случи ако првиот отвор го поместиш во однос на вториот. Дали светлината повторно паѓа на екранот? Што се докажува со оваа активност? Повтори го експериментот со ласер. Дискутирај дали има разлика кога првиот отвор го осветли со батериска светилка и кога го осветли со ласер.

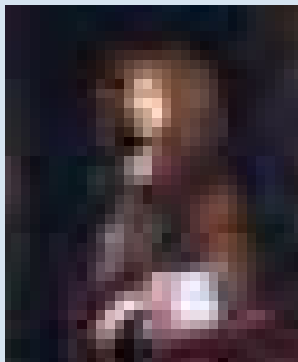
2. Видливост на светлинските зраци во темна просторија

Вклучи мала батериска светилка во замрачена просторија и распрскај малку прашина од креда во воздухот. Што забележуваш? Каков е правецот на ширење на светлинските зраци? Повтори го експериментот со ласер. Дали и ласерските зраци како и зраците кај батериската светилка се шират во сите правци? Светлинскиот зрак од ласерот можеш да го набљудуваш и во вода ако во водата додадеш неколку капки млеко.

3. Примарен и секундарен извор на светлина

Осветли бела алуминиумска фолија со светлина од батериска светилка во темна просторија. Сега, наместо со алуминиумска фолија, истото направи го и со рамно огледало. Изгасни ја батериската светилка и провери дали предметите светат. Повторно вклучи ја светилката. Дали може да кажеме дека овие предмети се секундарни извори на светлина?

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК



Кристијан Хајгенс (Christiaan Huygens 1629–1695)

Хајгенс бил еден од најзначајните европски научници од 17 век. Хајгенс го предложил она што денес го нарекуваме бранова теорија на светлината, во којашто светлината не се разгледува како поток од честички, туку како бран што се шири низ просторот. Ова било спротивно на тогаш доминантната идеја на Исак Њутн, кој тврдел дека светлината е составена од мали честички. Според Хајгенс, секоја точка на брановиот фронт може да се смета како извор на нови, мали бранови. Тие мали бранови се нарекуваат Хајгенсови бранови, а овој принцип, формулиран во 1678 година, денес е основа на брановата оптика. Теоријата на Хајгенс на едноставен и јасен начин објаснила многу појави кои претходно биле тешко разбирливи, како што се одбивањето на светлината, нејзиното прекршување при премин од една средина во друга и создавањето сенки со јасни и остри рабови. Освен откритијата поврзани со светлината, Хајгенс дал значителен придонес и во други области. Тој прв ја пресметал приближната големина на прстените на Сатурн и открил една од неговите месечини (Титан). Исто така, тој изработил еден од најточните часовници на своето време, часовникот со нишало. Со тоа била подобрена прецизноста за мерење време на глобално ниво.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Од Сонцето до Земјата светлината пристигнува за 8 минути и 20 секунди.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е светлински извор? Наведи неколку примери од секојдневието.
2. Која е разликата меѓу примарен и секундарен светлински извор?
3. Дали Месечината е примарен или секундарен извор? Објасни зошто.
4. Што претставува светлински зрак, а што светлински сноп?
5. Освен со прашина од креда, предложи друг начин светлинските зраци да ги направиш видливи.



ЗАПОМНИ

- Светлината потекнува од светлински извори. Тие можат да бидат примарни (сами создаваат светлина) или секундарни (ја одбиваат светлината од примарните извори).
- Замислена линија што го покажува правецот на ширење или на простирање на светлината се вика светлински зрак.
- Голем број светлински зраци што се движат во иста насока и ја пренесуваат светлинската енергија претставуваат светлински сноп.
- Во хомогена средина светлината се шири праволиниски во сите правци.
- Извор на светлина чишто димензии се многу помали од површината што ја осветлува или, пак, неговите димензии се многу помали од растојанието до осветлениот предмет се нарекува точкест извор на светлина.
- Најголема брзина во природата е брзината на светлината.

4.2. СЕНКИ И ПОЛУСЕНКИ

ПОИМИ

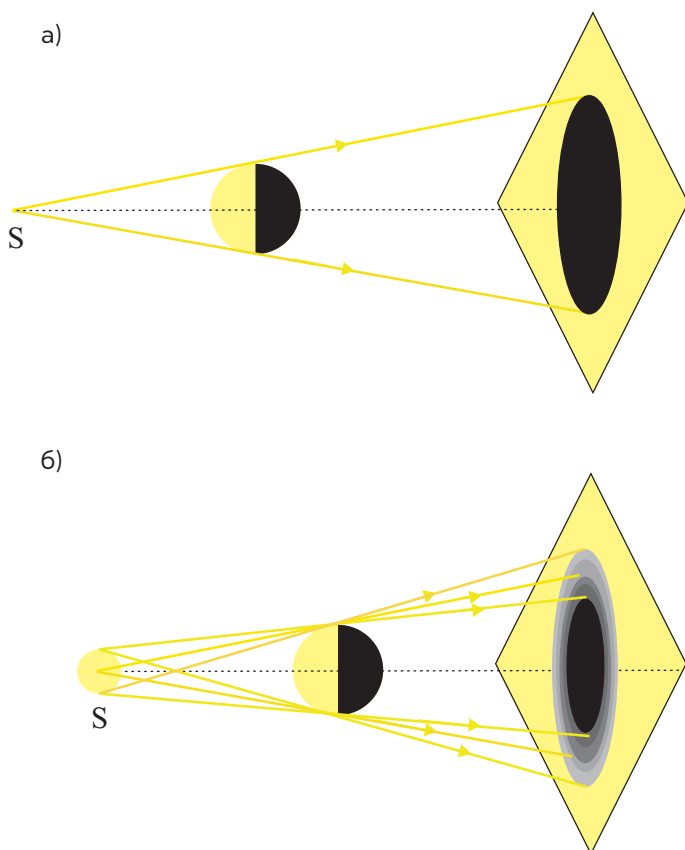
сенка

полусенка

Низ хомогена провидна средина светлината се шири праволиниски. Затоа во природата настануваат многу интересни појави. Една од нив се **сенките** кои претставуваат темни површини што се појавуваат кога едно тело или еден предмет ќе им го попречи патот на светлинските зраци. Иако на прв поглед изгледаат едноставно, сенките даваат многу важни сознанија за ширењето на светлината, поврзани со димензиите на изворот и предметот како и со растојанијата меѓу изворот, предметот и површината врз која се проектира сенката.

Кога врз едно тело паѓа светлина од точкест светлински извор, телото го попречува простирањето на дел од зраците и зад телото се создава темна област наречена **сенка**. Велиме, сенката е дел од просторот каде што не поминува ниту еден светлински зрак. Меѓутоа, ако изворот на светлина не е точкест, туку има димензии споредливи со димензиите на телото што го осветлуваме, тогаш не добиваме само сенка.

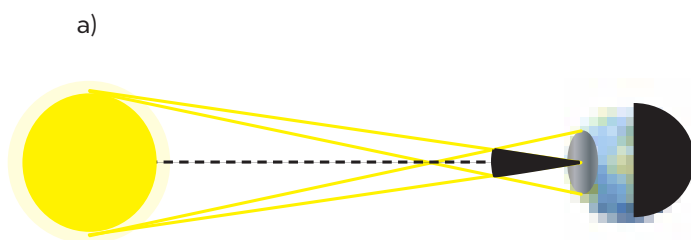
Светлината што паѓа на телото потекнува од различни делови на светлинскиот извор, односно врз телото паѓа од различни правци. Затоа некои зраци се попречени од телото, а некои успеваат да поминат покрај неговиот раб. Во овие случаи зад телото не се создава само една темна област, туку две: целосно темна област и посветла област околу неа. Темната централна област, каде што не паѓа ниту еден светлински зрак, се нарекува **сенка**, а околната област, каде што стигнува дел од светлината, се нарекува **полусенка**. Полусенката секогаш е посветла од сенката. На Слика 1. е прикажано формирањето на сенка од точкест извор кој осветлува непровидна сфера, како и сенка и полусенка добиени од истиот предмет кога тој е осветлен со извор кој не е точкест.



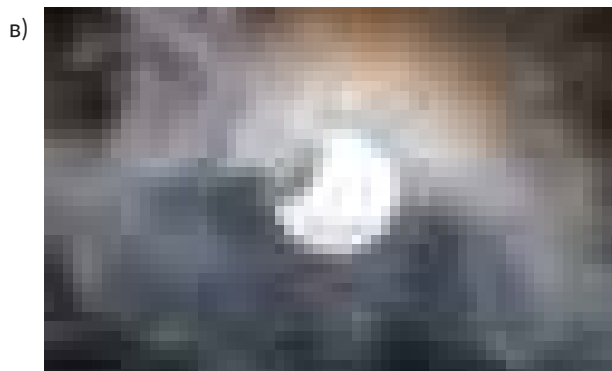
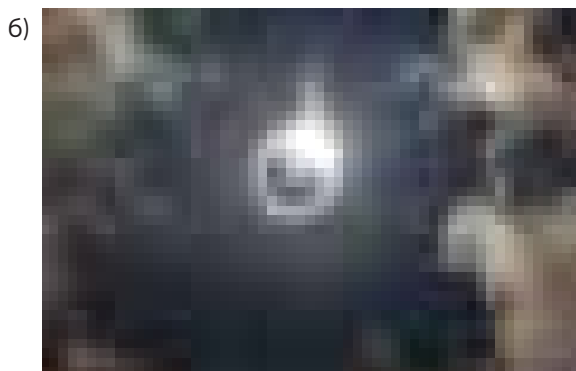
Слика 1. а) Формирање сенка кога телото е осветлено со точкест извор и б) формирање сенка и полусенка од истото тело кога е осветлено од извор кој не е точкест.

Кога имаме точкест извор на светлина, зраците кои потекнуваат од него, а се тангенти на површината на сферата се зраци коишто ја означуваат границата на сенката, па затоа таа е остра. Во вториот случај, освен формирањето сенка, постои област околу сенката до којашто доаѓаат само дел од зраците од различни делови на изворот. Границата меѓу сенката и полусенката не е остра.

Сенките и полусенките се јасно видливи во секојдневниот живот, пример сенка под дрво. Во сончев ден, рабовите на сенката се заматени, бидејќи Сонцето е голем извор и создава полусенка. Но, ако користиме мала светилка во темна просторија, може да добиеме сенка со многу остра граница.



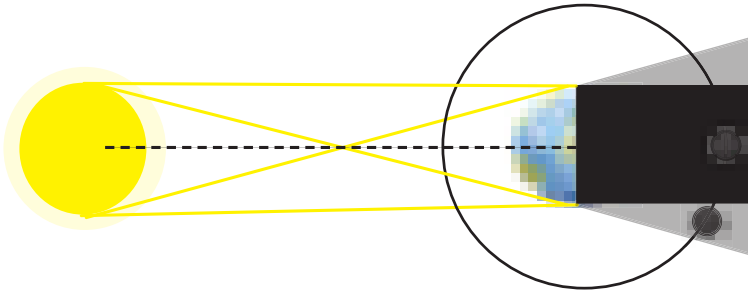
Поради создавањето сенки и полусенки настануваат природните појави **ноќ**, **затемнување на Сонцето**, **затемнување на Месечината** и **фазите на Месечината**. Денот и ноќта се менуваат бидејќи Земјата се врти околу својата оска. Делот од Земјата што е свртен кон Сонцето е



Слика 2. а) Сенка и полусенка од Месечината на Земјата, б) Изглед на Сонцето при негово целосно затемнување (го гледаат луѓето кои се во сенката на Месечината) в) Изглед на Сонцето при негово делумно затемнување (го гледаат луѓето кои се во полусенка на Месечината)

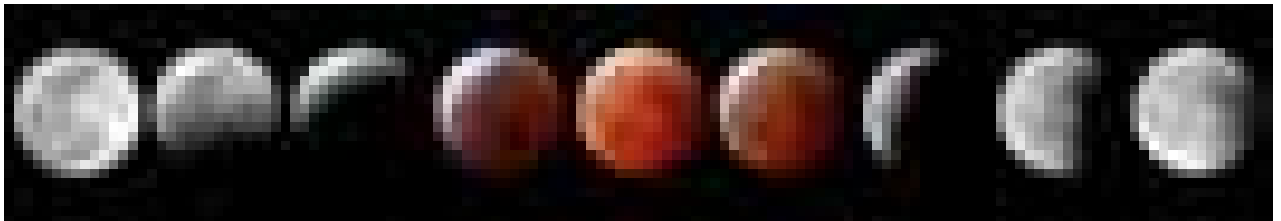
осветлен и таму е ден, а делот од Земјата што не го осветлува Сонцето е во сенка и таму е ноќ. На секои 24 часа, речиси секое место на Земјата, со исклучок на крајно северните и крајно јужните делови од Земјата, дел од деноноќието е во сенка, а дел од деноноќието е осветлено од сончевите зраци. Замислете дека сферата на Слика 1б е Земјата, а изворот кој не е точкест е Сонцето. Забележувате дека половина од сферата е во сенка на другата половината од сферата којашто е осветлена.

Затемнувањето на Сонцето е уште поинтересно. Тоа се случува кога Месечината се наоѓа меѓу Земјата и Сонцето и го попречува праволиниското простирање на сончевите зраци. Месечината создава мала област на целосна сенка на Земјата во којашто Сонцето е целосно покриено. Ваквата појава се нарекува **целосно затемнување на Сонцето**. Околу сенката се појавува и полусенка, област на Земјата



Слика 3. Сенка и полусенка од Земјата.

во којашто стигнуваат само дел од сончевите зраци. Во тие области на Земјата се гледа **делумно затемнување на Сонцето**. Поради тоа, не сите луѓе на Земјата можат истовремено да го набљудуваат затемнувањето на Сонцето, бидејќи сенката на Месечината е многу помала од големината на Земјата.



Слика 4. Делумно и целосно затемнување на Месечината набљудувано од Земјата при движење на Месечината низ полусенката и сенката создадени од Земјата.

Кога Земјата се наоѓа точно меѓу Сонцето и Месечината, велиме дека настанува **затемнување на Месечината** Слика 3. Во тој случај, Месечината влегува во сенката на Земјата. Ако целата Месечина влезе во сенката на Земјата, гледаме **целосно затемнување на Месечината**. Ако Месечината е во сенката или во полусенката, тогаш гледаме **делумно затемнување на Месечината**. Ако Месечината се наоѓа целосно во полусенката, тогаш светлината што таа ја одбива од својата површина е намалена. Бидејќи Земјата е поголема од Месечината, сенката што ја создава е поголема, па затемнувањето на Месечината може да се види од голем дел на планетата Слика 4.



Слика 5. Месечеви мени набљудувани од Земјата

Фазите на Месечината се појавуваат затоа што Месечината се движи околу Земјата, а Сонцето ја осветлува само едната нејзина половина. Од Земјата ние во секој момент гледаме различен дел од осветлената половина, па затоа Месечината го „менува обликот“. Промените на „обликот“ на Месечината во текот на секои 29,5 дена се нарекуваат **фази на Месечината** или **Месечеви мени**. Тие не настануваат затоа што Месечината навистина го менува својот облик, туку затоа што ја гледаме нејзината осветлена страна под различни агли додека се движи околу Земјата. Кога Месечината е меѓу нас и Сонцето, не ја гледаме нејзината осветлена половина – тоа е млада Месечина. Кога, пак, Земјата е меѓу Месечината и Сонцето и целата осветлена половина на Месечината

е свртена кон Земјата, гледаме полна Месечина. Меѓу овие две положби се појавуваат различни меѓуфази, како прва четвртина и последна четвртина, кои се резултат на тоа колкав дел од осветлената површина на Месечината може да се види од Земјата.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Ако Сонцето беше точкест извор, немаше да постои полусенка. Сите сенки ќе беа остри како сенките кои ги создава ласерската светлина.



АКТИВНОСТИ

1. Истражување за големината и границата на сенката

Во оваа активност ќе откриеш како се менуваат големината и границата на сенката кога изворот на светлина се постави поблиску или подалеку од предметот. Постави вертикално бел лист хартија што ќе ти претставува екран на којшто ќе ја добиеш сенката од осветлен предмет. На растојание од приближно 30 cm пред листот хартија постави непровиден предмет, на пример молив или пенкало. Потоа, со батериска светилка поставена на растојание 1 m пред моливот, осветли го моливот. Набљудувај ја сенката што ќе се појави на листот. Измери ја висината, односно должината на сенката со линијар.

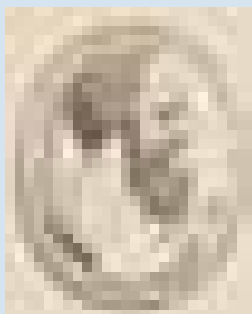
Потоа приближи ја светилката за 10 cm поблиску до предметот и повторно измери ја должината на сенката. Продолжи така сè додека не направиш неколку мерења. Забележувај ги сите резултати во табела. Кога ќе ги собереш податоците, нацртај график: на хоризонталната оска постави го растојанието од светилката до предметот, а на вертикалната висина на сенката. Што забележуваш? Дали големината на сенката зависи пропорционално од растојанието меѓу изворот на светлина и предметот? Дали со приближувањето на изворот на светлина до непровидниот предмет неговата сенка станува поголема? Што се случува со големината на сенката кога изворот го оддалечуваш од предметот? Какви се границите на сенката кога изворот на светлина е многу далеку, а какви се кога изворот е блиску до предметот?

2. Цртање дијаграми за сенка и за полусенка

Во тетратката нацртај непровидни тела со различна форма, на пример мала топка, коцка или квадар. Нацртај екран, а потоа нацртај различни светлински извори: еден точкест и еден поголем, како што е прикажано на Слика 1. Светлината од нив до предметот ја претставуваш со зраци. Нацртај ги зраците од изворот до рабовите на предметот. Таму каде што зраците не можат да поминат, ќе се создаде сенка. Таму каде што дел од зраците допираат до екранот, а дел не, ќе се појави полусенка. Нацртај неколку различни примери, при што за секој предмет нацртај ги зраците кои стигнуваат до него, ако е осветлен со точкест извор. Потоа направи друга скица кога изворот на светлина не е точкест. Што забележуваш? Кога има само сенка од предметите, а кога има и сенка и полусенка?



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Хипарх од Никеја (Hipparchus 190–120 п.н.е.)

Хипарх од Никеја бил еден од најважните антички астрономи и еден од првите научници кој системски ги проучувал сенките што ги создаваат небесните тела. Хипарх бил првиот кој точно ги објаснил фазите на Месечината, разликувајќи ги од затемнувањата и покажувајќи дека фазите се резултат на различниот агол во однос на којшто се гледа осветлената страна на Месечината, а не на сенката и на полусенката што ја создава Земјата. Тој развил методи за предвидување на затемнувањата на Месечината, знаење што било од огромна важност за старите цивилизации.

ЗА

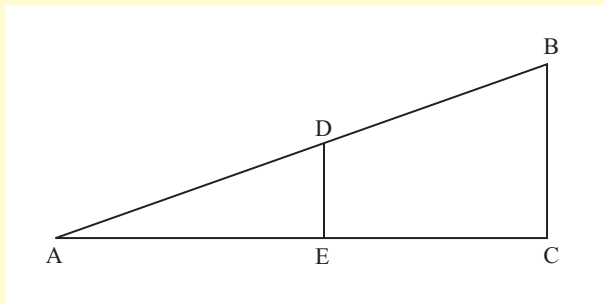


Формата и големината на сенка создадена од точкест извор може прецизно да се пресметаат со помош на слични триаголници. Во геометријата се вели дека два триаголници се слични ако имаат два исти агли. Во тој случај, нивните соодветни страни се пропорционални. Тоа значи дека едниот може да биде поголем или помал, но формата е иста. Триаголниците ABC и ADE прикажани на Слика 6. се слични.

За овие триаголници важи:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{AE}}{\overline{DE}}.$$

Сличните триаголници може да се искористат за одредување на големината на сенката. Предметот со висина $\overline{DE}$ нека биде поставен пред точкест светлински извор кој е поставен во точката A . Ако го знаеме растојанието од изворот до предметот $\overline{AE}$ и растојанието од изворот до екранот $\overline{AC}$, тогаш лесно може да ја пресметаме големината на сенката $\overline{BC}$.



Слика 6. Слични триаголници.
Геометриска скица на добивање сенка на предмет од точкест извор.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Какви разлики постојат помеѓу сенка и полусенка.
2. Зошто сенките во сончев ден немаат остри граници?
3. Постојат планети во Сончевиот систем кои немаат природни сателити, како што е Месечината. Дали на овие планети може да се набљудува затемнување на Сонцето?
4. Зошто затемнувањето на Месечината може да се гледа од голем дел на Земјата?
5. Зошто ако изворот е голем, сенката е мала, а полусенката поголема.



ЗАПОМНИ

- Сенката е целосно темна област каде што не стигнува ниту еден светлински зрак од изворот на светлина ако е поставен пред непровиден предмет.
- Полусенката е делумно осветлена област каде што стигнуваат само дел од светлинските зраци.
- Мал, точкест извор создава остра и јасна сенка, а светлински извор со поголеми димензии создава сенка и полусенка.
- Многу појави во природата, како што се затемнувањето на Сонцето и на Месечината и Месечевите фази, се објаснуваат со создавањето сенки и полусенки.

4.3. ОДБИВАЊЕ НА СВЕТЛИНАТА

ПОИМИ

одбивање (рефлексија)
на светлинатапаралелен
светлински сноп

упаден агол

агол на одбивање

нормала

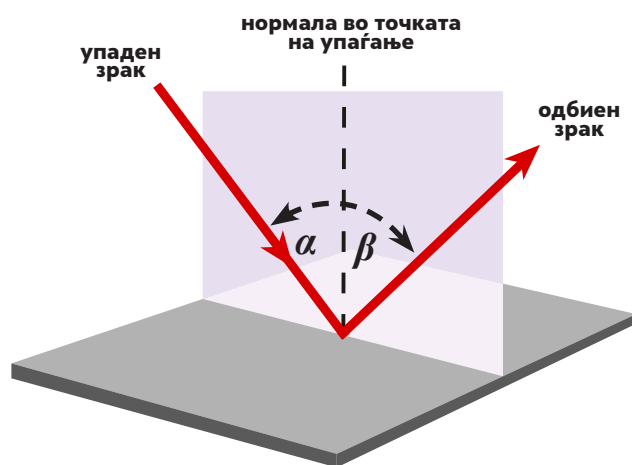
упаден зрак

одбиен
(рефлектиран) зракдифузно
одбивањеЗакон за одбивање
на светлината

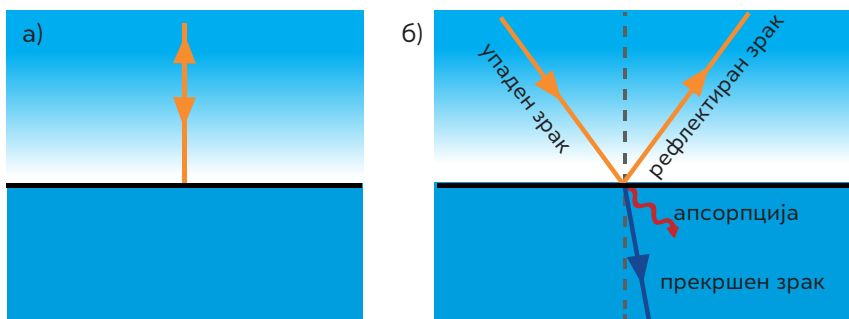
Ако пуштиме слободно да паѓа еластично топче на тврда подлога, топчето по одбивањето од подлогата ќе ја смени насоката на движење и ќе се движи вертикално нагоре. Ако топчето го фрлиме кон подлогата под некој агол по одбивањето од подлогата, тоа ќе го смени правецот на

движење. Светлината, исто како и топчето, кога паѓа на некоја површина, ја менува насоката или правецот на ширење. Оваа појава се нарекува **одбивање (рефлексија) на светлината**. Кога светлинскиот зрак паѓа на границата помеѓу две провидни средини, може да се случи една или повеќе од следниве појави: светлината да се одбие (рефлектира) од површината, да се впије (апсорбира) на границата или, пак, да продолжи да се простира во другата средина. При рефлексија светлината може да ги смени или насоката на простирање или правецот.

За да ја опишеме рефлексијата, ќе воведеме неколку основни поими. Замисли светлински зрак што паѓа на површината – тоа е **упадниот зрак**. Во точката каде што



Слика 2. Закон за одбивање на светлината.

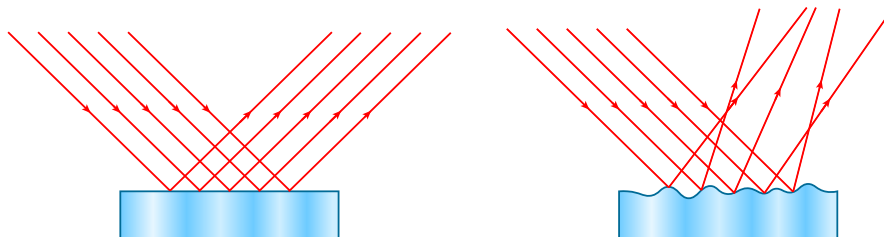


Слика 1. Светлина од воздух паѓа на површина на вода.
а) По одбивање од површината на водата, светлината ја менува само насоката на ширење б) По одбивање од површината, светлината го менува правецот на ширење.

зракот ја допира површината, замислуваме полуправа, поставена нормално (под прав агол) на површината. Таа полуправа се нарекува **нормала**. Аглите секогаш се мерат во однос на нормалата повлечена од точката на упаѓање. Кога светлината ќе се одбие од површината, таа се одбива под одреден агол. Овој зрак се нарекува **одбиен (рефлектиран) зрак** (Слика 2). Аголот помеѓу упадниот зрак и нормалата се нарекува **упаден агол**, а аголот меѓу одбиениот зрак и нормалата е **агол на одбивање** или **агол на рефлексија**.

Според **Законот за одбивање на светлината**, светлината се одбива на границата меѓу две средини така што упадниот агол е еднаков на аголот на одбивање ($\alpha = \beta$). Притоа, упадниот зрак, одбиениот зрак и нормалата лежат во иста рамнина.

Ако изворот на светлина емитура зраци само во еден правец, тогаш имаме **паралелен сноп од зраци**. Сите светлински зраци во снопот се движат во иста насока и нивното меѓусебно растојание останува постојано по должината на ширењето. Кога паралелен сноп од зраци ќе падне на рамна површина, сите зраци паѓаат на површината под ист агол и се одбиваат под истиот агол според Законот за одбивање на светлината. Тоа значи дека зраците во снопот по одбивањето остануваат паралелни. Ако површината на којашто паѓа паралелен светлински сноп не е рамна, тогаш, поради малите нерамнини, секој зрак од паралелниот сноп паѓа под различен агол на површината и под различен агол се одбива од површината. Одбиените зраци не се веќе паралелни, туку велиме дека **дифузно** се одбиваат.



Слика 3. Одбивање на паралелен сноп зраци од рамна и од нерамна површина.

Дифузното одбивање ни овозможува да ги гледаме предметите околу нас. Секоја точка од кој било предмет околу нас дифузно ја рефлектира светлината во различни правци, па дел од таа светлина стигнува до нашите очи и ни овозможува да го видиме целиот предмет.

Појавата одбивање на светлината е од големо значење за разбирање на огледалата, оптичките инструменти, перископот, ласерите и за многу други уреди во секојдневниот живот.



АКТИВНОСТ

1. Дифузно одбивање од рамни и од нерамни површини

Земи две различни површини, едната мазна (плочка од стакло со паралелни страни), а другата нерамна (квадар направен од дрво). Постави ги на лист хартија така што ќе можеш да ги осветлуваш нивните површини со ласер кој исто така лежи на хартијата. За да можеш да го гледаш ласерскиот сноп во воздухот, расфрли малку прашинка од креда. Осветли ја прво стаклената плочка. На листот хартија нацртај ја нормалата во точката каде што паѓа ласерскиот зрак и со агломер измери ги упадниот и аголот на рефлексija. Дали двата агли се еднакви по големина? Без да го поместуваш ласерот, помести ја плочката налево или надесно. Повторно измери ги упадниот и аголот на рефлексija? Дали резултатите од двете мерења се идентични? Сега осветли ја дрвената плочка со ласерот. Повлечи нормала во точката во којашто паѓа светлината и повторно измери ги упадниот и аголот на рефлексija. Помести го дрвениот блок малку налево или надесно без да го поиместуваш ласерот. Повторно измери ги упадниот и аголот на рефлексija. Дали резултатите од двете мерења за дрвениот квадар се идентични?



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Ласерите се светлински извори што зрачат паралелни светлински снопови.

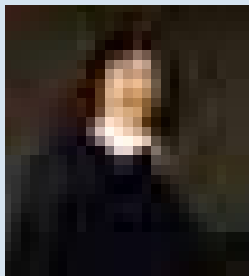
ЗА



Истражете за колку се менува аголот на рефлексија доколку при ист упаден агол огледалото се заврти околу нормалата за одреден агол.



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Рене Декарт (René Descartes 1596–1650)

Декарт бил француски филозоф, математичар и научник кој значајно придонел за развојот на оптиката. Тој прв математички го формулирал Законот за одбивање на светлината. Декарт прв забележал дека брзината на светлината не е иста во различни средини. Неговите описи на светлинските зраци, нормалата и геометријата на рефлексијата ги поставиле темелите на современата оптика.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Објасни што претставува одбивањето на светлината.
2. Зошто дифузното одбивање ни овозможува да ги гледаме предметите околу нас?
3. Замисли дека си на морски брег и сончевите зраци се одбиваат од водата. Зошто ликот (одразот) на сонцето на водената површина изгледа „размачкан“, односно не е целосно кружен?
4. Ласерски зрак паѓа на рамна површина под агол од 65° . Изведи ја активноста практично, потоа нацртај цртеж и објасни во кој правец ќе се одбие зракот. Колкав е аголот на одбивање?
5. Светлински зрак паѓа на рамна површина под агол од 40° во однос на нормалата.
 - а) Колкав агол зафаќа упадниот зрак со рамната површина?
 - б) Колкав е аголот помеѓу упадниот и рефлектираниот зрак?
 - в) Колкав агол зафаќа рефлектираниот зрак со рамната површина?



ЗАПОМНИ

- Одбивањето или рефлексијата на светлината е појава при којашто светлинскиот зрак ја менува насоката или правецот на ширење кога паѓа на граница помеѓу две средини.
- Упадн зрак е светлинскиот зрак што паѓа на границата помеѓу две средини.
- Нормала е замислена полуправа поставена под прав агол на површината во точката во којашто паѓа упадниот зрак.
- Одбиен (рефлектиран) зрак е зракот што по одбивањето се шири во друг правец.
- Упадн агол е аголот што ги зафаќа упадниот зрак и нормалата.
- Агол на одбивање е аголот што ги зафаќа одбиениот зрак и нормалата.
- Упадниот агол е еднаков на аголот на одбивање.
- Паралелни зраци по одбивањето од рамна површина остануваат паралелни.
- Паралелни зраци по одбивањето од нерамна површина дифузно се рефлектираат.

4.4. РАМНО ОГЛЕДАЛО И ЛИК КАЈ РАМНО ОГЛЕДАЛО

ПОИМИ

лик/слика на предмет

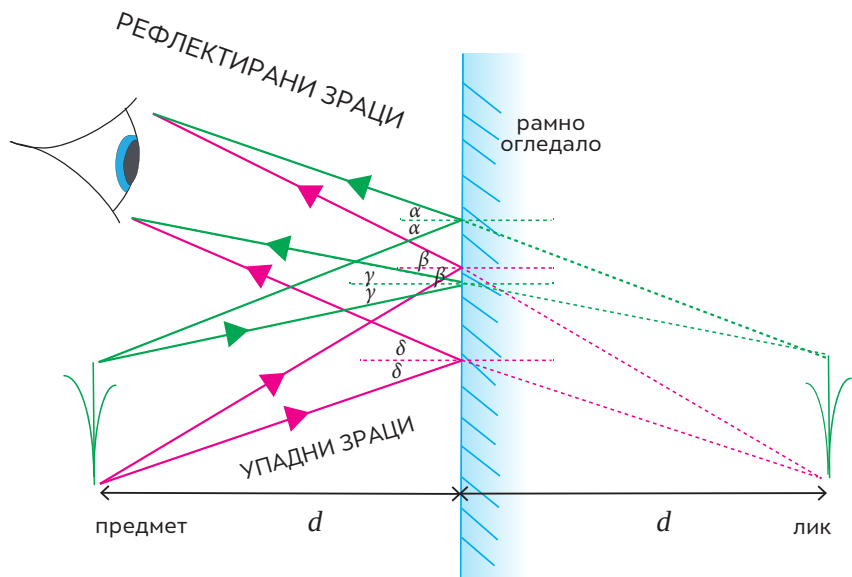
огледална симтерија

имагинарен лик

реален лик

Секојдневно кога се гледаме во огледало, навидум гледаме слика или лик што изгледа идентично на нас, но се наоѓа „зад“ стаклената површина. Како настанува овој лик? Одговорот се крие во појавата одбивање на светлината и во начинот на кој одбиените светлински зраци од огледалото паѓаат во нашите очи.

Рамно огледало е мазна, рамна површина којашто целосно ја одбива светлината. Кога светлинските зраци што доаѓаат од некој предмет паѓаат на огледалото, тие се одбиваат според Законот за одбивање на светлината. Одбиените зраци од огледалото паѓаат во нашите очи. Очите и мозокот имаат осет само за праволиниско простирање на светлината, па поради тоа добиваме информација дека светлината потекнува од точка којашто се наоѓа во пресекот на продолжението на одбиените зраци внатре во огледалото. На тој начин имаме чувство дека предметот се наоѓа зад површината на огледалото. Тоа што го гледаме се нарекува **лик** или **слика на предметот** во рамно огледало. На Слика 1. е прикажано формирање на лик во рамно огледало со помош на зраци што се одбиваат од огледалото согласно со Законот за одбивање на светлината. Заради поедноставување на сликата, дадено е формирањето на лик само од две точки на растението. Забележете дека упадниот агол и аголот на одбивање се еднакви за сите зраци.



Слика 1. Формирање лик кај рамно огледало со помош на дијаграм на зраци. Од секоја точка се цртаат два зрака кои по одбивањето од огледалото влегуваат во окото на набљудувачот. Во продолжението на тие зраци зад огледалото се формира имагинарен лик.

Ликот што го гледаме се вели дека е **имагинарен лик**, создаден во продолжението на одбиените зраци зад огледалото. Имагинарниот лик има ист облик и големина како и предметот. Тој е на иста оддалеченост од огледалото како и предметот. Ликот на предметот кај рамно огледало секогаш е имагинарен. Имагинарен лик, за разлика од **реален лик** (на пример, како проекција на лик во кино), не може да се проектира на екран.

Ликот во рамното огледало има **огледална симетрија** со предметот. Тоа значи дека левата страна на предметот станува десна страна на ликот. Ова е причината што буквите изгледаат „наопаку“ кога ги гледаме во огледало.

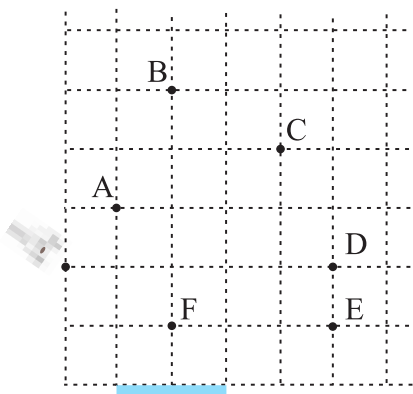


Слика 2. а) Десната рака на девојката е лева рака кај ликот во огледало б) Зборот ЭСИΛΙUВМА (AMBULANCE) може да го прочита правилно возачот гледајќи во огледалото пред себе. Текстот на предниот дел од возилото за Брза помош и неговиот лик во огледалото имаат огледална симетрија.



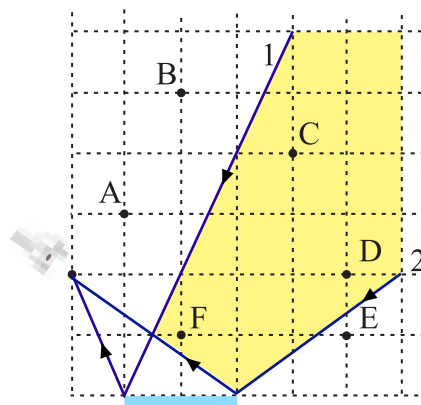
РЕШЕН ПРИМЕР

Кои од точките A, B, C, D, E и F прикажани на сликава подолу може да ги види окото гледајќи во огледалото?

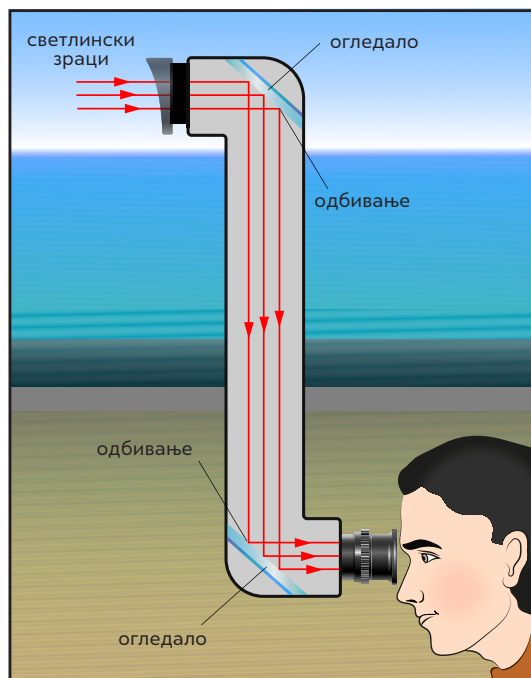


Решение:

На двата краја од огледалото ги цртаме зраците кои кога ќе се одбијат од огледалото може да паднат во окото како што е пражано на сликата подолу. Користејќи го Законот за одбивање на светлината, упадниот и одбиениот зрак треба да зафаќаат ист агол со нормалата во точката во којашто паѓа светлинскиот зрак. Зраците 1 и 2 се такви гранични зраци. Целокупниот простор помеѓу овие два зрака се нарекува видно поле и секоја точка во видното поле окото може да ја види. Според тоа, за окото видливи се точките C, D и F.



Рамните огледала се користат насекаде: во бањи, перископи, оптички инструменти, па дури и во архитектурата и уметноста, односно секаде каде што треба да се смени правецот на ширење на светлинските зраци.



Слика 3. Перископ е уред којшто им овозможува на морнарите во подморниците да гледаат над површината на водата. Зраците што доаѓаат од предметите над водата со две рамни огледала се насочуваат кон окото на морнарот.



АКТИВНОСТИ

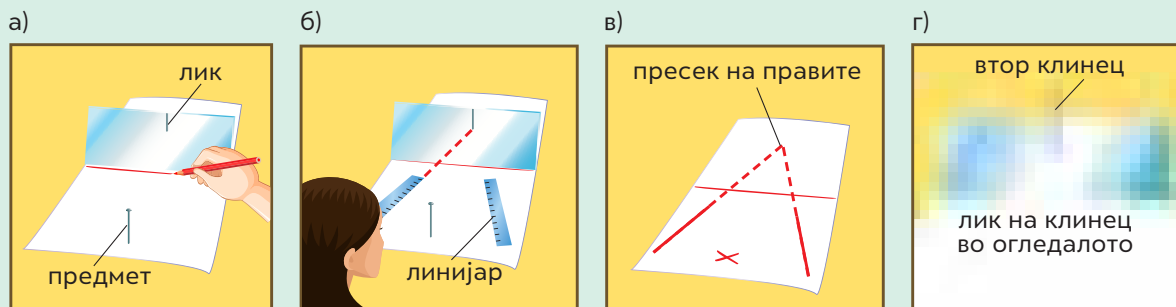
1. Експериментално одредување на положбата на ликот кај рамно огледало

Прв начин: Земи мало рамно огледало и лист бела хартија. Постави го огледалото вертикално така што неговиот долен раб да лежи точно на средината на листот. Постави предмет, на пример, клинец пред огледалото, приближно на 10 cm растојание. Додека го држиш огледалото стабилно, погледни го предметот. Набљудувај: гледаш дека ликот на предметот се појавува зад огледалото, како да стои на некоја замислена хоризонтална површина во внатрешноста, како што е прикажано на Слика 4а. На колкаво растојание се наоѓа имагинарниот лик од огледалото? Додека го држиш погледот во огледалото, забележи ја точната положба на ликот, односно на листот хартија, од страната зад огледалото обиди се да означиш едно место каде што сметаш дека би се наоѓал ликот ако огледалото е просирно. Не подигај ја главата. Остани во иста положба за да бидеш сигурен дека точката ја бележиш од истата перспектива на гледање.

Кога ќе ја означиш оваа точка, тргни го огледалото. Сега можеш да ја измериш оддалеченоста меѓу предметот и огледалото и оддалеченоста меѓу огледалото и точката што јазначи како положба на

ликот. Ќе откриеш дека растојанието е приближно исто. Повтори го експериментот со предмет на различни растојанија: 5 cm, 15 cm, 20 cm... Секојпат треба да добиеш ист резултат - ликот во рамно огледало секогаш се појавува на исто растојание зад огледалото како и предметот пред него.

Втор начин: Како и во претходниот дел, постави предмет пред вертикално поставено огледало врз лист хартија, како што е прикажано на Слика 4а. На листот хартија постави два линијари кои ќе бидат насочени кон ликот на предметот во огледалото, како што е прикажано на Слика 4б. Сега повлечи прави, користејќи ги линијарите до огледалото. Отстрани го огледалото и продолжи ги правите до нивниот пресек, како што е прикажано на Слика 4в. Во пресечната точка на правите е положбата на ликот во огледалото. Дали растојанието од предметот до огледалото и од огледалото до ликот е еднакво? Забележи дека продолженијата на одбиените зраци зад огледалото точно се сечат во точката каде што јазначи положбата на ликот.



Слика 4 а) Поставување предмет пред вертикално огледало и означување на положбата на огледалото, б) Поставување два линијари насочени кон предметот в) Повлекување прави со линијарите до точката на нивниот пресек г) Проверка на точноста на добиените резултати.

Доколку сакаш да ја провериш точноста на експериментот, на местото каде што се сечат правите, зад огледалото, постави друг ист таков предмет, како што е прикажано на слика 4г. Ако вториот клинец се постави во истата положба во којашто се наоѓа ликот на првиот клинец, без разлика на положбата од којашто набљудуваш, тогаш точно е определено местото на коешто се наоѓа ликот

Овој едноставен, експеримент ти покажува дека ликот во рамно огледало не постои реално зад него, туку се создава на местото каде што замислено се сечат продолженијата на одбиените зраци. Затоа, велиме дека ликот е имагинарен, но неговата положба може точно да се одреди.

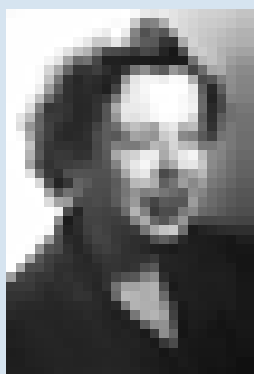
2. Изучување на формирање лик од рамно огледало со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Геометрика оптика: Основи“ (Geometric Optics: Basics) на интернет- страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html и истражи го формирањето ликови кај рамно огледало. На симулацијата ќе забележиш предмет, најчесто свеќа или стрелка, и рамно огледало поставено пред неа. Твојата задача е да го разбереш патот на зраците и да откриеш каде и како се создава ликот на предметот што го гледаш во огледалото.

Почни така што внимателно ќе ги набљудуваш светлосните зраци што се шират од предметот. Ако ја вклучиш опцијата за прикажување на зраците, ќе видиш дека тие се движат во различни правци, но само дел од нив ќе стигнат до огледалото и ќе се одбијат. Дали зраците кои паѓаат на огледалото се одбиваат под ист агол под којшто паѓаат на него? Дали ова правило важи за сите зраци, без разлика каде ќе ја допрат површината на огледалото? Потоа почни да го движиш предметот поблиску и подалеку од огледалото. Притоа, набљудувај го ликот што се појавува „зад“ огледалото. Забележи дали ликот се поместува при поместување на предметот и дали се наоѓа на исто растојание зад огледалото како и предметот пред него. Дали овој лик е реален или имагинарен. Дали светлината навистина доаѓа од местото каде што го гледаш ликот или твојот мозок го создава во продолженијата на рефлектираните зраци?

Сега накоси го огледалото малку налево или надесно. Внимавај како се менуваат правците на одбиените зраци. Ликот на предметот исто така ќе се премести, па ќе можеш да видиш дека при промена на положбата на огледалото се менува и положбата на ликот. Дали и во овој случај важи Законот за одбивање на светлината од рамно огледало?

★ ПОЗНАТА НАУЧНИЧКА



Марија Геперт-Мајер (Maria Goeppert-Mayer, 1906–1972)

Геперт-Мајер била германско-американска физичарка која својата научна кариера ја започнала со истражувања во оптиката. Во раните години работела со сложени системи составени од рамни огледала за прецизно насочување на светлината во лабораториски услови, со што придонела за развој на методите за проучување на светлината и нејзиното одбивање. Таа ги проучувала процесите на апсорпција и движење на светлината во оптички системи, што ја поврзува директно со принципите на рефлексија и одбивање на светлинските зраци. Подоцна, Геперт-Мајер за објаснувањето на структурата на атомското јадро во 1963 година ја добила Нобеловата награда за физика, станувајќи втората жена во историјата со вакво признание.



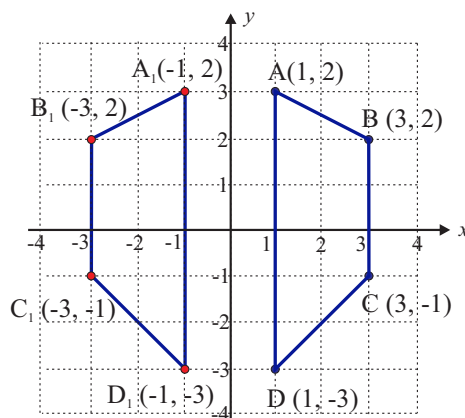
ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Огледалата се клучни за оптичките илузии во театар. Понекогаш цели сцени се создаваат со едно големо рамно огледало.

ЗА 5+

Ако огледалото го замислиме како вертикална рамнина, тогаш секоја точка на предметот има своја симетрична точка зад огледалото. Постојат и математички трансформации што го опишуваат ова однесување. Во геометрија, секоја точка со координати (x, y) има огледално (осно) симетрична точка $(-x, y)$ во однос на y -оската во Декартов правоаголен координатен систем. Овој принцип стои зад сите огледала и објаснува зошто десната страна на предметот е лева страна на ликот.

Истражи какви други симетрии постојат во геометријата и во физиката.



Слика 5. Сликата при осна симетрија во однос на y -оската на трапезот ADCB е трапезот $A_1D_1C_1B_1$. Точката со координати (x, y) преминува во точка со координати $(-x, y)$.

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

- Опиши ги карактеристиките на лик од предмет што се добива со рамно огледало.
- Буквата „Ф“ велиме дека има огледална симетрија. Кои други букви во македонската забака имаат огледална симетрија?
- Стоиш 40 cm пред рамно огледало. На кое растојание зад огледалото се наоѓа твојот лик?
- Пред рамно огледало на растојание од 25 cm од огледалото е поставена свеќа. Нацртај дијаграм на светлински зраци и конструирај го ликот на свеќата во огледалото.
- На 1,35 m пред рамно огледало стои ученик. Пресметај го растојанието помеѓу човекот и неговиот лик ако човекот:
 - Се доближи за 15 cm до огледалото,
 - Се оддалечи за 35 cm од огледалото.

ЗАПОМНИ

- При одбивање од рамно огледало, светлинските зраци се одбиваат според Законот за рефлексција, па затоа може точно да предвидиме и да конструираме каде ќе биде ликот.
- Предметот и ликот во рамно огледало се еднакви по големина.
- Рамно огледало секогаш дава имагинарен лик.
- Ликот е симетричен со предметот во однос на рамнината на огледалото, односно велиме дека постои огледална симетрија.
- Ликот на предмет добиен со рамно огледало е на исто растојание од огледалото како и предметот.

4.5. СФЕРНИ ОГЛЕДАЛА

ПОИМИ

сферно огледало

вдлабнато/конкавно

теме и фокус
на сферно огледалокарактеристични
зраци

испакнато/конвексно

центар

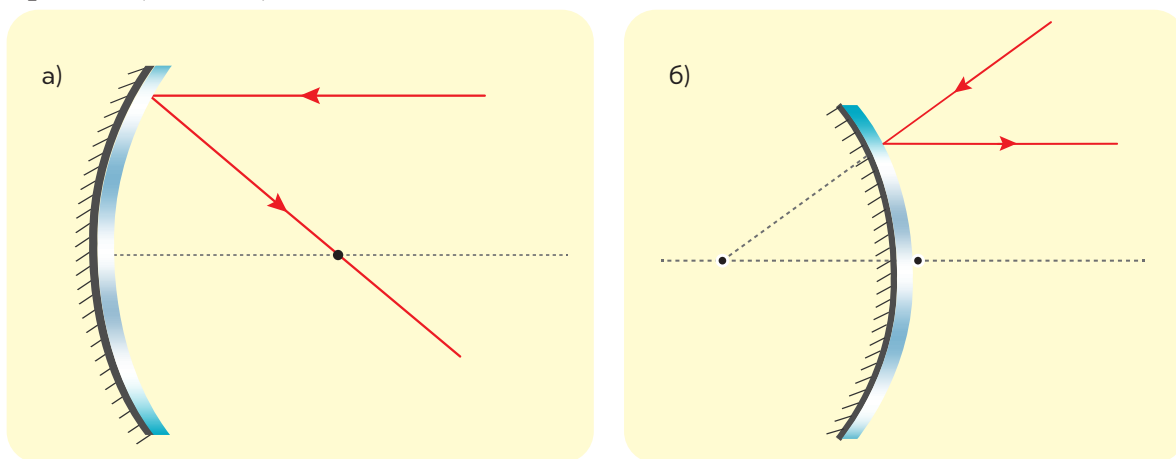
оптичка оска

радиус на
закривеност

фокусно растојание

Повеќето огледала што ги среќаваме во секојдневниот живот се рамни огледала. Во науката, индустријата и во секојдневието многу важни се и таканаречените **сферни огледала**. Сферните огледала претставуваат делови од сферна површина кои имаат способност да ја рефлектираат светлината.

Сферното огледало може да биде **вдлабнато (конкавно)**, ако рефлектирачката, односно огледалната страна е во внатршноста на сферната површина, или **испакнато (конвексно)**, ако рефлектирачката површина се наоѓа на надворешноста од сферната површина (Слика 1).

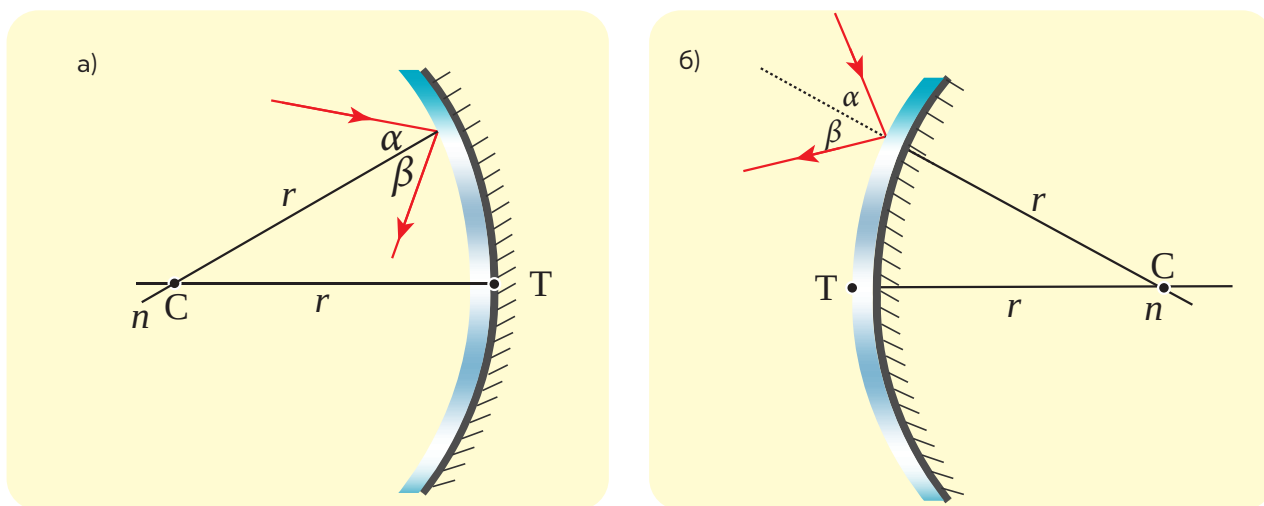


Слика 1. а) Вдлабнато (конкавно) огледало б) Испакнато (конвексно) огледало.

Секое сферно огледало може едноставно да го опишеме со неколку точки и линии кои ги нарекуваме **елементи на сферно огледало**. Тие се важни за разбирање на тоа како се одбива светлината и како се добива лик кај сферно огледало.

Да замислиме сфера од којашто е „исечено“ огледалото, како што е прикажано на Слика 2. Центарот на таа сфера се нарекува **центар на закривеност** (означен со C), а растојанието од центарот на замислената сфера до површината на огледалото се нарекува **радиус на закривеност** (означен со r). **Теме** на огледалото е најиспакнатата точка на конвексното огледало или највдлабнатата точка кај конкавното огледало (означена со T). **Главна оптичка оска** е правата што поминува низ темето на огледалото и центарот на закривеност (права TC) и таа претставува најважната замислена линија кај сферните огледала.

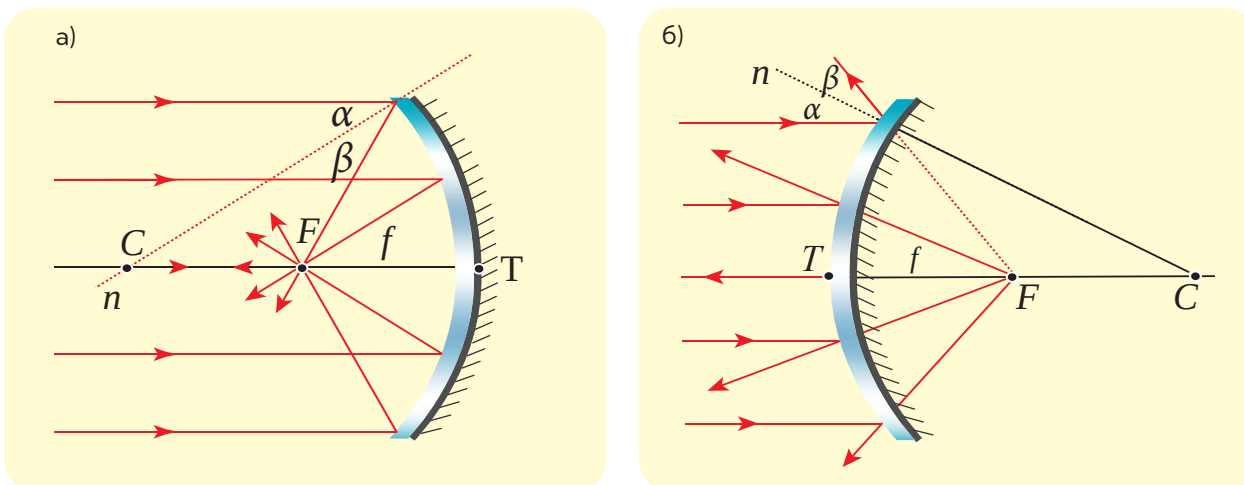
Законот за одбивање на светлината важи и кај сферните огледала. Зракот што паѓа под одреден агол на површината на огледалото се одбива под истиот агол ($\alpha = \beta$). Радиусот повлечен од центарот на огледалото до точката во којашто паѓа зракот ја претставува нормалата во таа точка.



Слика 2. Елементи на а) вдлабнато и на б) испакнати сферно огледало.

Еден од најкарактеристичните елементи на сферното огледало е неговиот **фокус**. Кога врз вдлабнато огледало паѓаат зраци кои се паралелни со главната оптичка оска, по одбивањето се собираат во една точка на оптичката оска (Слика 3а). Таа точка се нарекува фокус на вдлабнато огледало. Поради оваа карактеристика, паралелните зраци со главната оптичка оска да се собираат во една точка, вдлабнатите огледала се нарекуваат уште и **собирни огледала**. Фокусот кај вдлабнатите огледала велиме дека е **реален**.

Кај испакнатите огледала, паралелните зраци со оптичката оска кои паѓаат врз огледалото се одбиваат и не се собираат во една точка, туку се растураат во просторот. Продолженијата на овие зраци се сечат во точка зад огледалото, којашто е фокус на испакнатото огледало (Слика 3б). Затоа, фокусот кај испакнатото огледало велиме дека е **имагинарен**. Поради растурањето на паралелните снопови зраци по одбивањето од површината на испакнато огледало, овие огледала се нарекуваат уште и **растурни огледала**. Растојанието од темето до фокусот се нарекува **фокусно растојание**, а за сферните огледала се покажува дека тоа растојание е еднакво на половина од радиусот на закривеност, односно: $f = \frac{r}{2}$.



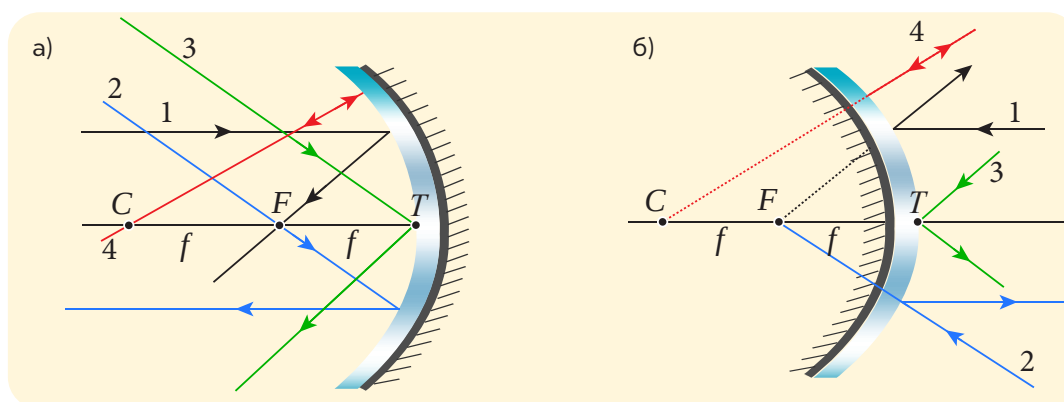
Слика 3. Фокус кај а) Вдлабнато или собирно огледало и б) Испакнато или растурно огледало.

За полесно конструирање ликови кај сферните огледала, користиме **карактеристични зраци**. Тие може лесно да се следат и да се предвиди нивниот пат, без разлика на тоа каде се наоѓа предметот. Кај вдлабнатото огледало карактеристични зраци се:

1. зрак што се простира паралелно со главната оптичка оска по одбивањето од огледалото минува низ фокусот на огледалото (зрак 1 на слика 4а)
2. зрак што поминува низ фокусот по одбивањето од огледалото е паралелен со главната оптичка оска (зрак 2 на слика 4а)
3. зрак што паѓа во темето на огледалото под одреден агол во однос на главната оптичка оска се одбива под ист по големина агол со упадниот агол, (зрак 3 на слика 4а)
4. зрак што поминува низ центарот на закривеност по одбивањето од огледалото не го менува својот правец, туку само насоката на простирање (зрак 4 на слика 4а)

Карактеристични зраци кај испакнатото огледало се:

1. зрак што оди паралелно со главната оптичка оска се одбива од огледалото како да доаѓа од имагинарниот фокус (зрак 1 на слика 4б)
2. зрак што паѓа кон имагинарниот фокус по одбивањето од огледалото е паралелен со оптичката оска (зрак 2 на слика 4б)
3. зрак што паѓа во темето под одреден агол во однос на главната оптичка оска се одбива под ист по големина агол со упадниот агол (зрак 3 на слика 4б)
4. зрак што паѓа кон центарот на закривеност по одбивањето од огледалото не го менува својот правец, туку само насоката на простирање. (зрак 4 на слика 4б)



Слика 4. Карактеристични зраци кај а) Вдлабнатото огледало и б) Испакнатото огледало.

Со користење на овие зраци, може едноставно да се конструира лик на предмет поставен пред сферно огледало.



Слични триаголници во најопшт случај се триаголници кои имаат два исти агли. Идентификувај кои триаголници се слични ако нацрташ точкест извор и од него карактеристични зраци кои се одбиваат од вдлабнатото огледало, по што се сечат во една точка.



АКТИВНОСТ

1. Лик на точкест извор кај сферно огледало

Пред вдлабнато и испакнат огледало нацртајте точкест светлински извор кој не е поставен на главната оптичка оска. Нацртајте карактеристични зраци кои излегуваат од изворот и одредете каде се сечат по одбивањето од сферните огледала. Дискусирајте што претставува точката на сечење на тие зраци. Дискусирајте дали сите ученици добија идентични резултати. Дали карактеристичните зраци кај испакнатото огледало се сечат во една точка? Продолжете ги рефлектираните зраци кај испакнатото огледало зад огледалото. Дали тие се сечат?



ПОЗНАТ НАУЧНИК



Алхазен или Ибн ал-Хајтхам (Ibn al-Haytham 965–1040)

Ибн ал-Хајтхам бил арапски физичар и математичар кој прв систематски ги изучувал сферните огледала, нивните фокусни растојанија и однесувањето на светлинските зраци при одбивање од сферни огледала. Тој детално ја анализираше геометријата на вдлабнатите огледала и ја објаснил појавата на фокусирање на паралелен сноп од светлински зраци. Неговото најголемо дело „Книга за оптика“ претставува основа на модерното изучување на светлината. Многу од методите што ги вовел, вклучувајќи ја и употребата на карактеристични светлински зраци и геометриски конструкции на ликови, и денес се користат при изучување и при цртање на ликови кај сферните огледала.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Лажицата е одличен пример за сферно огледало: едната страна е конвексна, другата конкавна.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува центар на закривеност и каде се наоѓа кај сферно огледало?
2. Во што се состои разликата меѓу оптичка оска и фокусно растојание?
3. Ако радиусот на закривеност на едно огледало е 60 cm, одреди го фокусното растојание.
4. Вдлабнато огледало има фокусно растојание од 25 cm. Колкав е радиусот на закривеност?
5. На вдлабнато сферно огледало паѓаат 4 паралелни зраци кои со главната оптичка оска зафаќаат агол α . Нацртај го простирањето на овие зраци по одбивањето од огледалото и одреди кои од зраците се сечат во една точка.



ЗАПОМНИ

- Постојат два вида: вдлабнато (конкавно) и испакнато (конвексно) огледало.
- Теме е највдлабнатата точка кај вдлабнатото огледало или најиспакнатата точка кај испакнатото огледало.
- Центар на закривеност е центар на сфера од којашто е „исечено“ огледалото.
- Главна оптичка оска е права што поминува низ темето и низ центарот на закривеност.
- Фокус е точката во којашто се сечат одбиените зраци што паднале на огледалото, паралелно со главната оптичка оска.
- Фокусното растојание е еднакво на половина од радиусот на закривеност.

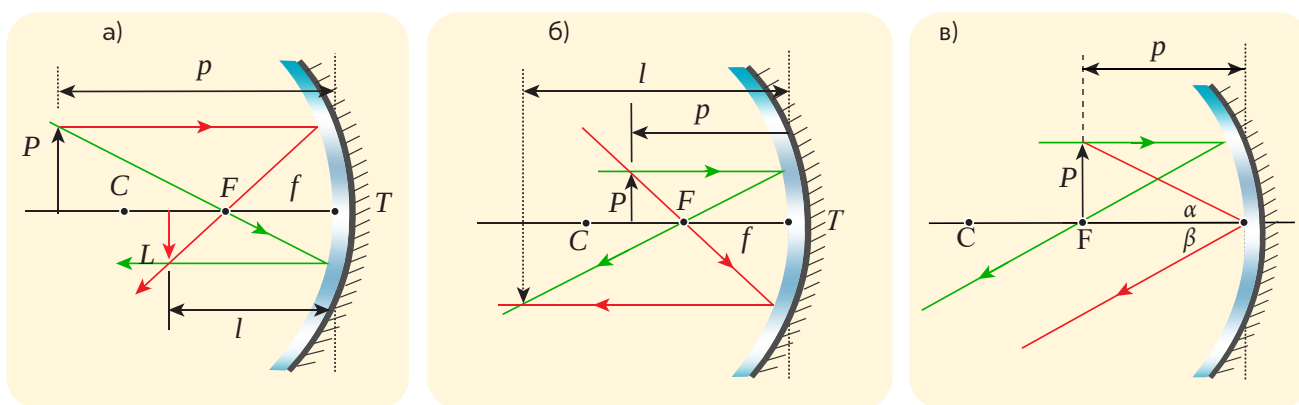
4.6. КОНСТРУКЦИЈА НА ЛИКОВИ КАЈ СФЕРНИ ОГЛЕДАЛА

Положбата и карактеристиките на ликовите кои се добиваат со сферни огледала ќе ги разгледаме за наједноставен случај, кога предметот е во облик на стрелка. Во ваков случај потребно е да го одредиме ликот само на најоддалечената точка на предметот од оптичката оска. Сите преостанати точки се наоѓаат на нормалата повлечена од оваа точка до оптичката оска.

Лик кај вдлабнатото огледало

Кога предметот е поставен пред вдлабнатото огледало, зависно од неговата положба во однос на фокусот и центарот, може да се добијат различни ликови.

1. Предметот е поставен подалеку од центарот на закривеност (C), односно на растојание поголемо од радиусот на огледалото ($p > r$), како што е прикажано на Слика 1а. Добиениот лик е намален, превртен и реален, а се наоѓа помеѓу центарот на закривеност и фокусот ($f < l < r$).
2. Ако предметот се наоѓа во центарот на закривеност, тогаш ликот ќе биде ист по големина со предметот, реален и превртен.
3. Ако предметот се наоѓа меѓу центарот на закривеност (C) и фокусот (F), ($f < p < r$), како што е прикажано на Слика 1б, ликот ќе биде зголемен, превртен и реален, и ќе се наоѓа на растојание поголемо од радиусот на закривеност на сферното огледало ($l > r$).
4. Ако предметот е поставен во фокусот на огледалото ($p = f$), како што е прикажано на Слика 1в, тогаш по одбивањето на зраците од огледалото тие не се сечат, односно се паралелни, па велиме дека ликот се формира бесконечно далеку од огледалото (велиме дека ликот е во бесконечност).



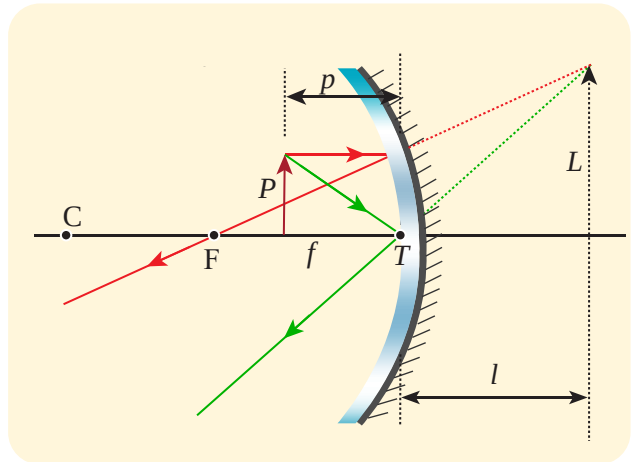
Слика 1. Конструкција на ликови кај вдлабнатото огледало а) Предметот е на поголемо растојание од радиусот на огледалото б) Предметот е на растојание поголемо од фокусното растојание, но помало од радиусот на огледалото в) Предметот е поставен во фокусот на огледалото. На секоја од сликите со p е означено растојанието од предметот до огледалото, со l е означено растојанието од огледалото до ликот, r е радиусот на огледалото, а со f е означено фокусното растојание. Висината на предметот е означена со P , а висината на ликот со L . Овие ознаки ќе бидат користени и во следните слики.

На Слика 1 е прикажана конструкција на ликовите во секој од трите случаи. Заради прегледност на секоја слика, нацртани се само по два карактеристични зраци.

Реалните ликовите добиени со вдлабнато огледало може да се добијат на екран (на пример, бел лист хартија), поставен на иста страна на која е поставен и предметот пред огледалото. Друг начин да се види ликот е да се постави окото во положба каде што се формира ликот.

Со вдлабнато огледало може да се добие и имагинарен лик.

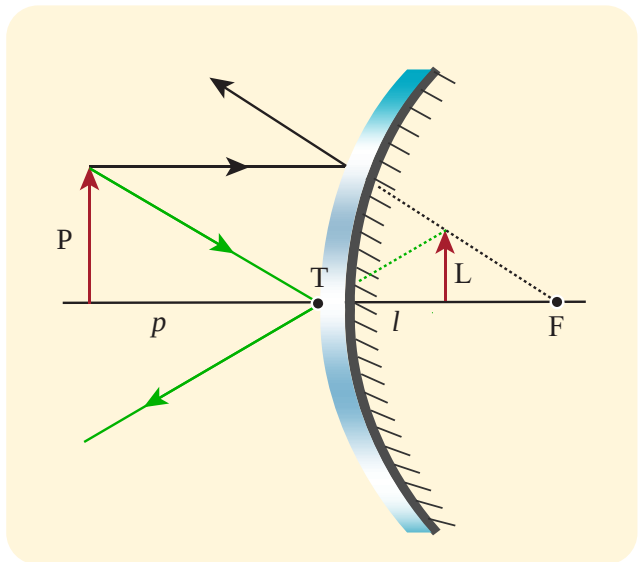
5. Ако предметот е поставен помеѓу темето и фокусот ($p < f$), како што е прикажано на Слика 2, тогаш одбиените зраци не се сечат пред огледалото. Ако ги продолжиме со испрекинати линии, тие ќе се сечат зад огледалото. Вака добиениот лик велиме дека е имагинарен. Зраците што доаѓаат во нашето око изгледаат како да потекнуваат од точка зад огледалото. Имагинарниот лик кај вдлабнатото огледало секогаш е поголем од предметот и за разлика од реалните ликови, овој лик не е превртен. Конструкцијата на имагинарен лик на предмет со вдлабнато огледало е прикажана на Слика 2.



Слика 2. Конструкција на имагинарен лик на предмет кај вдлабнато огледало. Предметот е поставен на растојание помало од фокусното растојание.

Лик кај испакнато огледало

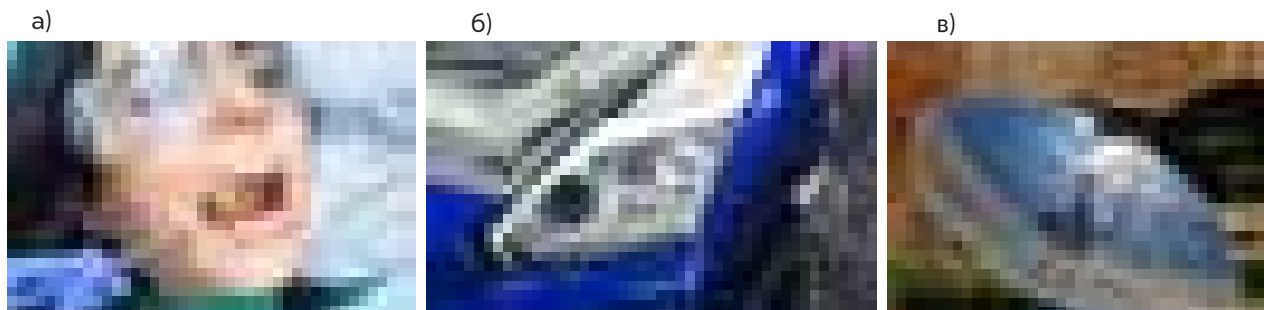
Ликовите кај испакнато огледало секогаш се имагинарни, исправени и намалени, без разлика каде е поставен предметот. Колку предметот се оддалечува од огледалото, толку неговиот лик се намалува, а неговата положба се приближува кон фокусот. Ако предметот е во бесконечност, тогаш ликот е во фокусот. На Слика 3 е прикажана конструкција на лик кај испакнато сферно огледало со карактеристични зраци. Ликот се формира во продолжението на одбиените зраци.



Слика 3. Конструкција на лик кај испакнато огледало.

Примена на сферните огледала

Вдлабнатите огледала играат важна улога на места каде што е потребно собирање или фокусирање на светлината. Бидејќи можат да формираат зголемен и јасен имагинарен лик кога предметот е блиску до огледалото, тие се користат во стоматологијата, каде што стоматологот треба прецизно да ги види ситните детали на забот. Истата способност за создавање зголемен имагинарен лик ги прави корисни за изработка на огледала што се користат во козметиката, каде што лицето се гледа поголемо и појасно. Вдлабнатите огледала се неопходни и во техничките уреди: автомобилските рефлектори ги насочуваат светлосните зраци во паралелен сноп со цел да се осветли поголемо растојание пред автомобилот.



Слика 4. Вдлабнати сферни огледала во а) стоматологијата, б) кај светлата на автомобилите и во в) техниката за собирање (фокусирање) на светлинските зраци во една точка и природно загревање на предмети до висока температура

Испакнатите огледала се употребуваат таму каде што треба да се добие намален лик на предметот, односно да се постигне широко видно поле. Бидејќи зраците што паѓаат врз нив даваат намален, но исправен имагинарен лик, овие огледала создаваат ликови на многу предмети кои се поставени пред нив. Затоа ги среќаваме во автомобилските странични ретровизори, каде што возачот треба да има целосен поглед на патот зад себе, како и на крстосници, гаражи и супермаркети, каде што дополнителната прегледност значи поголема безбедност.



Слика 5. Испакнати сферни огледала а) Поставено за возачот да има јасен поглед при излегување со возилото од паркинг-местото б) Ретровизор на автомобил



АКТИВНОСТИ

1. Истражување на лик добиен со вдлабнато огледало

Постави вдлабнато огледало на држач и пред него свеќа или мал предмет (молив или стрелка направена од картон). Постави лист хартија што ќе служи како екран спроти огледалото. Постави го предметот далеку од огледалото, подалеку од центарот на закривеност. Полека приближувај го предметот по оптичката оска кон огледалото. Набљудувај како се менува ликот што се создава на екранот. Дали ликот е реален и поголем, помал или ист со предметот? Кога ликот е помал, поголем или ист во однос на големината на предметот? Кога престанува да се формира лик на екранот? Постави го предметот помеѓу неговиот фокус и огледалото и забележи каков лик се гледа во огледалото. Дали може да го добиеш ликот на екран? Сега постави го предметот во фокусот на огледалото. Дали може да добиеш лик на екранот или да го видиш во огледалото?

2. Истражување на лик добиен со испакнато огледало

Земете испакнато огледало (може да биде и ретровизор на автомобил) и постави мал предмет пред него. Приближувај го и оддалечувај го предметот од огледалото и набљудувај го ликот. Дали ликот е реален – дали можеш да го добиеш на екран? Дали неговата големина значително се менува со зголемување на растојанието од предметот до огледалото? Дали ликот е зголемен или намален во однос на големината на предметот.

3. Изучување за формирање лик од сферни огледала со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Геометриска оптика“ (Geometric Optics) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html и истражи го формирањето ликови кај сферните огледала. На екранот ќе забележиш предмет (свеќа или стрелка) и можност да избираш меѓу вдлабнато и испакнато огледало. Твојата задача е да ги истражиш карактеристичните зраци, да откриеш како се создава ликот во зависност од тоа какво сферно огледало користиш и на кое растојание се наоѓа предметот од огледалото.

Почни така што ќе избереш вдлабнато огледало. Вклучи ги зраците за да можеш да го следиш нивниот пат. Набљудувај ги трите карактеристични зраци што ги прикажува симулацијата. Забележи каде се сечат одбиените зраци и каде се создава ликот. Помести го предметот поблиску до огледалото, па подалеку. Дали големината и положбата на ликот се менува? Дали е реален или имагинарен? Дали е исправен или превртен?

Потоа избори испакнато огледало и набљудувај како секој од карактеристичните зраци што паѓа на огледалото се одбива така што изгледа како да потекнува од точка зад огледалото. Помести го предметот на различни растојанија и забележи дали ликот станува поголем, помал или останува со иста големина. Дали во испакнато огледало некогаш може да се добие реален лик?

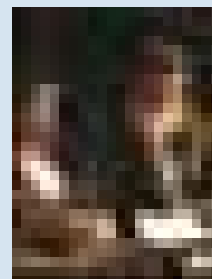
Смени го радиусот на закривеност на огледалото и забележи како се менува фокусното растојание на огледалото. Размисли што значи ова за формирање на ликот и како ова сознание се применува кај секојдневните огледала, фаровите, телескопите и кај оптичките инструменти.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Архимед (Archimedes 287–212 пр.н.е.)

Архимед е еден од најголемите научници од античкиот свет, познат по своите откритија во математиката и во физиката (во 7 одделение учеше за Архимедовиот закон за лост и за Архимедовата сила на потисок). Помалку е познат фактот дека тој го проучувал и одбивањето на светлината. Според легендата, Архимед користел големи вдлабнати огледала за да ја фокусира сончевата светлина и да ги запали непријателските бродови при опсадата на Сиракуза. Иако историската вистинитост на оваа легенда не е целосно потврдена, денес знаеме дека вдлабнатите огледала може да ја собираат сончевата светлина во една точка, односно во фокусот на огледалото, и значително да го зголемат нејзиниот интензитет во таа точка.





ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Вдлабнатите огледала се користат кај телескопите за собирање многу слаба светлина која што потекнува од далечни галаксии.

ЗА 5+

Еден од важните заклучоци во оптиката на сферните огледала е математичката врска меѓу фокусното растојание (f), растојанието од предметот до огледалото (p) и растојанието од ликот до огледалото (l). Таа врска се нарекува равенка на сферно огледало:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$$

Во горнава равенка фокусното растојание се зема како негативно ако огледалото е испакнато. Ако ликот што се добива со огледалото е имагинарен, тогаш за растојанието од ликот до огледалото се добива негативна вредност. Оваа равенка овозможува пресметување на положбата на ликот без негова графичка конструкција.

Количникот од големината на ликот и големината на предметот е зголемување на огледалото u . Зголемувањето на огледалото може да се пресмета и како количник на растојанието од ликот до огледалото и од предметот до огледалото:

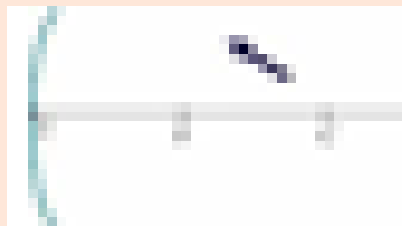
$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p},$$

каде што L е висината на ликот, а P е висината на предметот. Растојанието од предметот до огледалото е p , а растојанието од ликот до огледалото е l . Ако количникот L/P (или l/p) е поголем од 1, тогаш ликот е зголемен, а ако е помал од 1, ликот е намален во однос на предметот. Ако овој количник е еднаков на 1, тогаш предметот и ликот се со иста висина.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Во тетратка конструирај лик на предмети кои се наоѓаат на растојание од 5 cm, 10 cm и 15 cm пред испакнатото огледало. Фокусното растојание на испакнатото огледало е 5 cm. Што се случува со големината на ликот ако предметот е поставен на поголемо растојание од огледалото. Огледалото нацртај го со шестар.
2. Предмет висок 2 cm дава реален лик висок 4 cm со вдлабнато огледало. Дали предметот е поблиску или подалеку од фокусното растојание? Образложи го својот одговор!
3. Предмет се наоѓа на 8 cm пред вдлабнато огледало, со фокусно растојание од 5 cm. Со помош на карактеристични зраци, одреди каде ќе се формира ликот.
4. Предмет висок 5 cm стои на растојание од 15 cm пред испакнатото огледало со фокусно растојание од 10 cm. Конструирај го ликот и одреди ја неговата висина.
5. Конструирај го ликот на предметот во форма на стрелка кој е поставен пред вдлабнато огледало, како што е прикажано на сликата.



ЗАПОМНИ

- Ликот кај вдлабнатото огледало може да биде реален или имагинарен, во зависност од растојанието на предметот до огледалото.
- Испакнатото огледало секогаш дава исправен и намален лик кој е имагинарен, без разлика каде е поставен предметот.

4.7. ПРЕКРШУВАЊЕ НА СВЕТЛИНАТА

ПОИМИ

прекршување/
рефракција на
светлината

непрозрачна средина

прозрачна средина

транспарентност/
пропустливост на
светлината

оптичка средина

брзина на
светлинатаагол на
прекршувањепрекршен
зракиндекс на
прекршувањепланпаралелна
плочка

Светлината може да помине низ некои материјали, а низ некои не може. Познато е дека воздухот, стаклото, водата и некои видови пластика се **прозрачни** или **провидни** бидејќи низ нив поминува светлина. Од друга страна, дрвото, металот, ткаенината се **непрозрачни** или **непровидни** бидејќи низ нив не може да помине светлина. Материјалите кои ја пропуштаат светлината ги нарекуваме **транспарентни** или **пропустливи за светлина**.

Брзината на светлината во вакуум (c) изнесува приближно 300000 km/s. Меѓутоа, брзината на светлината не е иста во секоја прозрачна средина. Секој материјал низ кој светлината може да помине се нарекува **оптичка средина**. Брзината на светлината во различни оптички средини е различна. Во секоја оптичка средина, различна од вакуум, брзината на светлината има помала вредност од c . Колку брзината на светлината е помала во дадена оптичка средина, велиме дека таа средина е **оптички погуста**. За да се опише ова однесување, во физиката се користи физичката величина **индекс на прекршување** (n). Тој се дефинира како количник од брзината на светлината во вакуум (c) и брзината на светлината во некоја оптичка средина (v).

$$n = \frac{c}{v}$$

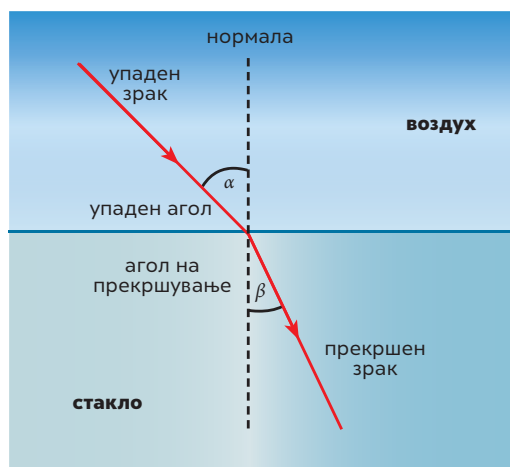
Индексот на прекршување е бездимензионална величина и покажува колку пати брзината на светлината во некоја оптичка средина е помала од брзината на светлината во вакуум.

Оптичка средина	Индекс на прекршување (n)
Воздух (0°C)	1,0003
Воздух (40°C)	1,0002
Вода	1,33
Масло	1,46
Стакло	1,50
Дијамант	2,42

Табела 1. Индекс на прекршување на светлината за некои супстанции.

Кога тенок светлински сноп ќе падне на границата меѓу две оптички средини, под упаден агол α мерен во однос на нормалата, дел од тој сноп се рефлектира назад во средината од којашто дошол под истиот агол, но дел од снопот преминува во втората средина, односно велиме дека зракот се **прекршил**. Тој зрак продолжил да се движи под **агол на прекршување** β мерен во однос на нормалата (Слика 1). Оваа промена на правецот на простирање на светлината се нарекува **прекршување** или **рефракција на светлината**.

Причина за прекршување на светлината е тоа што низ различните оптички средини светлината се движи со различни брзини, односно различните оптички средини имаат различен индекс на прекршување.



Слика 1. Прекршување на светлината на границата помеѓу две средини.

1. Ако светлината доаѓа од оптички поретка средина (со помал индекс на прекршување n_1) во оптички погуста средина (со поголем индекс на прекршување n_2), таа се прекршува **кон нормалата**. Во ваков случај, може да кажеме дека $\alpha > \beta$ (Слика 2а).

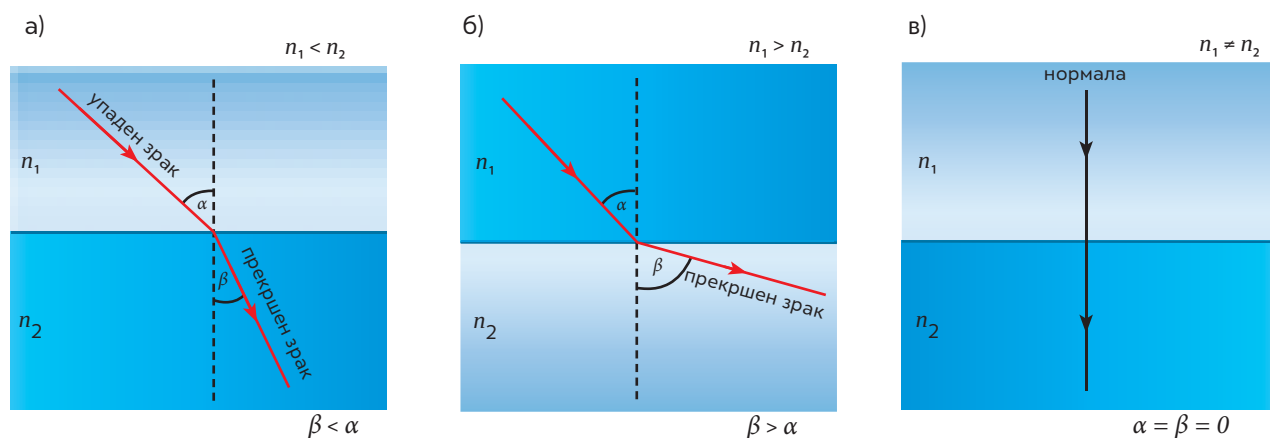
2. Во обратен случај, ако светлината преминува од оптички погуста во оптички поретка средина, тогаш светлината се прекршува **од нормалата** $\alpha < \beta$ (Слика 2в).

3. Ако светлината паѓа нормално на границата на две оптички средини со различни индекси на прекршување, тогаш светлината не го менува правецот на простирање, без разлика дали паѓа од оптички поретка во оптички погуста средина или обратно (Слика 2в).

За прекршувањето на светлината важи: упадниот зрак, нормалата и прекршениот зрак лежат во иста рамнина.

Со овие тврдења е даден **Законот за прекршување на светлината**.

Прекршувањето на светлината лесно може да се набљудува во секојдневниот живот. Ако потопиме лажица во вода и погледнеме од горе или од страна, таа изгледа како да е „скршена“ или свиткана (Слика 3а). Кога гледаме предмети под вода, нашиот мо-



Слика 2. а) Прекршување на светлината помеѓу две оптички средини, при што првата оптичка средина е оптички поретка од втората. б) Прекршување на светлината помеѓу две оптички средини, при што првата оптичка средина е погуста од втората. в) Премин на светлината на границата помеѓу две оптички средини кога паѓа под упаден агол од нула степени во однос на нормалата.

зок ги продолжува прекршените зраци по права линија и создава погрешен впечаток - дека предметите се на помала длабочина од нивната реална положба. Затоа дното на базен изгледа поплатко, а предметите под вода изгледаат на помала длабочина отколку што навистина се, како што е прикажано на Слика 3б.

а)



Слика 3. а) Лажичка потопена во сад со вода. б) Ученикот ја гледа рибата во продолжение на зраците кои доаѓаат до неговото око по прекршување на границата вода-воздух. Затоа рибата привидно изгледа дека е на помала длабочина.

б)



АКТИВНОСТИ

1. Прекршување на светлина кај планпаралелна плочка

Транспарентна плочка со две рамни паралелни страни претставува планпаралелна плочка. Таа може да биде изработена од стакло или од пластика. Светлински зрак од ласер нека ја осветлува едната паралелна страна од плочката. Нацртај ја правата по којашто се движи упадниот зрак и правата по којашто продолжува да се движи прекршениот зрак во плочката. Нацртај нормала на местото каде што светлината паѓа на плочката и внимателно разгледај како се менува правецот на зракот кога минува од воздух во стакло. Обиди се да го смениш аголот под кој светлината паѓа на планпаралелната плочка и повторно нацртај ги правите по коишто се движела светлината пред да влезе во плочката. Дали со зголемувањето на упадниот агол се зголемил аголот под којшто се прекршила светлината. За различни упадни агли измери ги аглите на прекршување и резултатите претстави ги табеларно. На крај, ласерската светлина нека паѓа под прав агол на површината на плочката. Што се случува со прекршениот зрак. Дали светлинскиот зрак и во овој случај го менува правецот на движење.

2. Изучување прекршување на светлината со интерактивна интернет - страница.

Отвори ја симулацијата „Свиткување на светлината“ (Bending Light) и избери го делот „Вовед“ (Intro) на интернет-страницата <https://phet.colorado.edu/en/simulations/bending-light>. На екранот ќе видиш ласерски зрак што можеш да го движиш нагоре-надолу, како и гранична површина помеѓу две транспарентни оптички средини. Твојата задача е да истражиш што точно се случува со светлината кога таа ќе премине од една во друга оптичка средина и зошто зракот го менува правецот на ширење кога ја менува средината. Почни со тоа што ќе избереш воздух како горна средина, а под него постави вода. Насочи го ласерскиот зрак така што ќе паѓа под произволен агол во однос на нормалата на граничната површина. Набљудувај како дел од зракот се рефлектира, а дел влегува во втората оптичка средина, при што го менува правецот на простирање. Со агомер измери ги упадниот и аголот на прекршување. Смени го упадниот агол на зракот. Дали се смени и аголот на прекршување. Постапката повтори ја барем за 5 упадни агли и резултатите запиши ги во табела. Што забележуваш и каков заклучок можеш да изведеш? Индексите на прекршување на материјалите коишто ги користиш може да ги прочиташ во десниот агол на симулацијата.

Сега замени ги оптичките средини. Нека горната средина е стакло, а долната вода? Како и во првиот дел од активността, насочувај ги упадните зраци под различни упадни агли и измери ги аглите на прекршување. Резултатите повторно внеси ги во табела. Каков заклучок можеш да изведеш сега?

Обиди се да поставиш различни комбинации на оптички супстанции и секогаш пред да го насочиш зракот, запиши ја својата претпоставка: дали прекршениот зрак ќе се отклони кон нормалата или од неа? Потоа провери дали симулацијата го покажува тоа што го очекуваше.

Со помош на симулација, провери дали ако зракот паѓа нормално на границата помеѓу две оптички средини не доаѓа до прекршување на светлината, но и дали настанува прекршување на границата помеѓу две оптички средини ако нивните индекси на прекршување се исти.


РЕШЕН ПРИМЕР 1.

Пресметај ја брзината на простирање на светлината во дијамант чиј индекс на прекршување е 2,42.

Дадено:	За брзината на простирање на светлината во дијамантот имаме:
$n = 2,42$	
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	
Се бара:	
$v = ?$	

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,42} = 1,24 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$


РЕШЕН ПРИМЕР 2.

На сликава е прикажано простирање на светлина низ три средини. Од воздух со индекс на прекршување n_1 , таа преминува во две оптички средини со индекси на прекршување n_2 и n_3 . По минување на зракот низ оптичката средина со индекс на прекршување n_3 , тој повторно излегува во воздух.

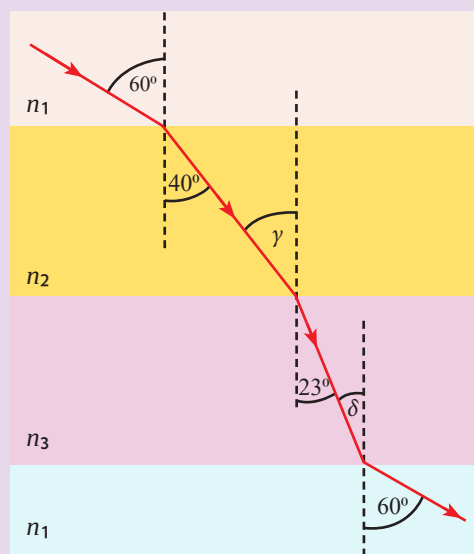
- Одреди која од оптичките средини има најголем, а која најмал индекс на прекршување?
- Одреди во која од оптичките средини брзината на светлината е најголема, а во која најмала?
- Одреди ги агли γ и δ ако знаеш дека граничните површини се паралелни.

Решение:

а) Од сликата може да се забележи дека при премин од првата средина (воздух) во втората средина зракот се прекршува кон нормалата, па затоа $n_2 > n_1$. Исто така, при премин на зракот од втората во третата, бидејќи $\gamma > 23^\circ$ следува $n_3 > n_2$. Конечно, заклучуваме дека: $n_1 < n_2 < n_3$.

б) Ако со v_1 , v_2 и v_3 ги означиме брзините на светлините во воздух и во другите две средини, поради начинот на кој се прекршува зракот, може да заклучиме $v_1 > v_2 > v_3$.

в) Бидејќи граничните површини на оптичките средини се паралелни, следува дека нормалите на местата каде што паѓа зракот се паралелни. Од својството за еднаквост на наизменични агли при трансферзала на паралелни прави, следува $\gamma = 40^\circ$ и $\delta = 23^\circ$.


ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Поради прекршувањето на светлината од нејзината атмосфера, Сонцето го гледаме неколку минути пред навистина да изгрее на хоризонтот и неколку минути по неговото заоѓање зад хоризонтот.

ЗА 5+

Прекршувањето математички се искажува со Законот на Снелиус и Декарт, кој ги поврзува индексите на прекршување на средините на чијашто граница се прекршуваат светлината и соодветните агли. За мал упаден агол (до неколку степени), овој закон може да се запише на следниов начин:

$$\frac{n_1}{n_2} \approx \frac{\beta}{\alpha},$$

каде што n_1 е индексот на прекршување на средината од којашто упаѓа зракот на граничната површина, n_2 е индексот на прекршување на средината во којашто се прекршува зракот, α е упадниот агол, а β е аголот на прекршување.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

Вилеброрд Снелиус (Willebrord Snellius 1580–1626)

Вилеброрд Снелиус бил холандски математичар, астроном и геодет познат по својата способност да ги применува математичките методи при изучување на природните појави. Неговиот најголем придонес во науката е формулирањето на врската помеѓу упадниот и аголот на прекршување на светлината при премин од една во друга оптичка средина, што денес е познато како Закон на Снелиус и Декарт. Иако Законот не бил објавен за време на неговиот живот, неговата работа подоцна станала основа на современата оптика. Освен во оптиката, Снелиус дал важен придонес и во развојот на тригонометријата, воведувајќи го методот на „триангулација“ (одредување положба на предмет, знаејќи ги аглите во две точки под кои се гледа предметот и знаејќи го растојанието помеѓу тие точки), кој и денес се користи во геодезијата за мерење големи растојанија и во мобилната телефонија. Со оваа метода, тој го пресметал радиусот на Земјата со голема точност.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува индексот на прекршување и зошто е бездимензионална величина?
2. Како се прекршува светлината кога преминува од воздух во вода?
3. Како се прекршува светлината кога преминува од стакло во вода?
4. Колкава е брзината на простирање на светлината во оптичка средина која има двапати поголем индекс на прекршување од индексот на прекршување на водата.
5. Светлински зрак паѓа под кос агол во однос на нормалата на стаклена плочка со индекс на прекршување 1,50. Стаклената плочка е поставена врз површина на вода чиј индекс на прекршување е 1,33 и зракот од стаклената плочка директно поминува во водата. Нацртај го патот на светлинскиот зрак и одреди дали при секое од прекршувањата зракот ќе се отклони од нормалата или кон нормалата на граничните површини.

ЗАПОМНИ

- Индекс на прекршување n за оптичка средина е количник од брзината на светлината во вакуум и брзината на светлината во дадена средина.
- Прекршувањето се јавува поради промената на брзината на светлината при премин од една во друга оптичка средина.
- Кога светлината преминува од оптички поретка во оптички погуста средина, таа се прекршува кон нормалата.
- Кога светлината преминува од оптички погуста во оптички поретка средина, таа се прекршува од нормалата.
- Упадниот зрак, нормалата и прекршениот зрак секогаш лежат во иста рамнина.

4.8 ТОТАЛНА РЕФЛЕКСИЈА

ПОИМИ

тотална рефлексција

граничен агол

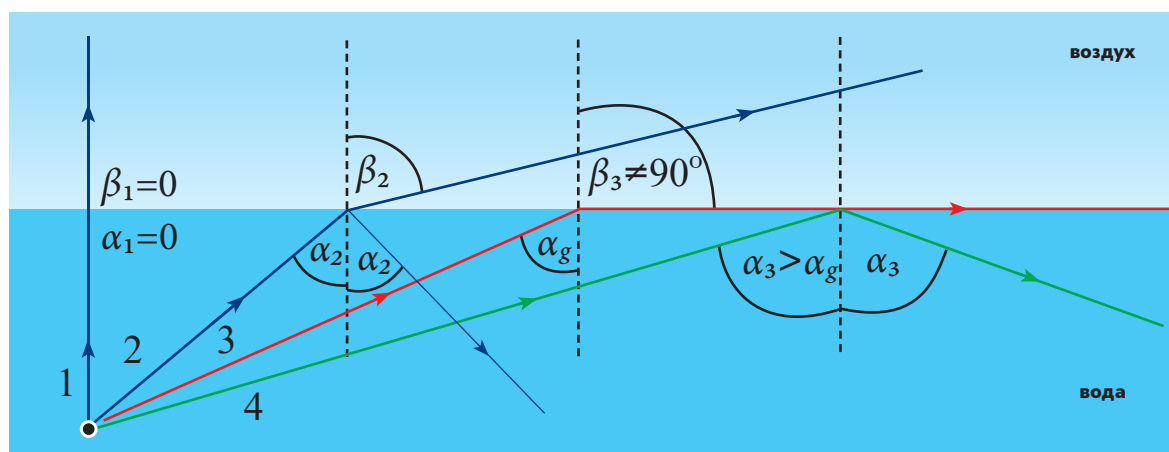
оптичко влакно

фатаморгана

Кога светлината ќе падне на границата меѓу две оптички средини кои имаат различен индекс на прекршување, таа може делумно да се одбие, а делумно да премине во втората средина, менувајќи го правецот на ширење. Овој премин, веќе научи, се нарекува прекршување или рефракција на светлината. Но, во одредени услови, кога светлината доаѓа од оптички погуста средина (средина со поголем индекс на прекршување) и се прекршува во оптички поретка средина (средина со помал индекс на прекршување, споредено со оптички погустата средина), светлината може да се однесува поинаку: наместо да премине во оптички поретката средина, таа целосно се враќа назад во средината од којашто дошла, односно на границата ќе се случи рефлексija на светлината. Овој многу интересен и исклучително важен феномен се нарекува **тотална рефлексija**.

Замисли дека во вода (која е оптички погуста средина од воздухот) се наоѓа извор на светлина. Ако еден светлински зрак стигне до границата вода–воздух под мал упаден агол, дел од зракот ќе премине во воздухот, а дел ќе се одбие назад. Колку го зголемуваме упадниот агол, толку повеќе се зголемува аголот на прекршување. Во еден момент прекршениот зрак станува толку наклонет што се „лизга“ по самата граница меѓу двете оптички средини, односно прекршениот агол изнесува 90° . Тој посебен упаден агол при кој светлинскиот зрак се прекршува под прав агол во однос на нормалата се нарекува **граничен агол** за тотална рефлексija. Вообичаено, граничниот агол се обележува со α_g .

Ако упадниот агол го зголемиме уште малку над оваа гранична вредност, светли-

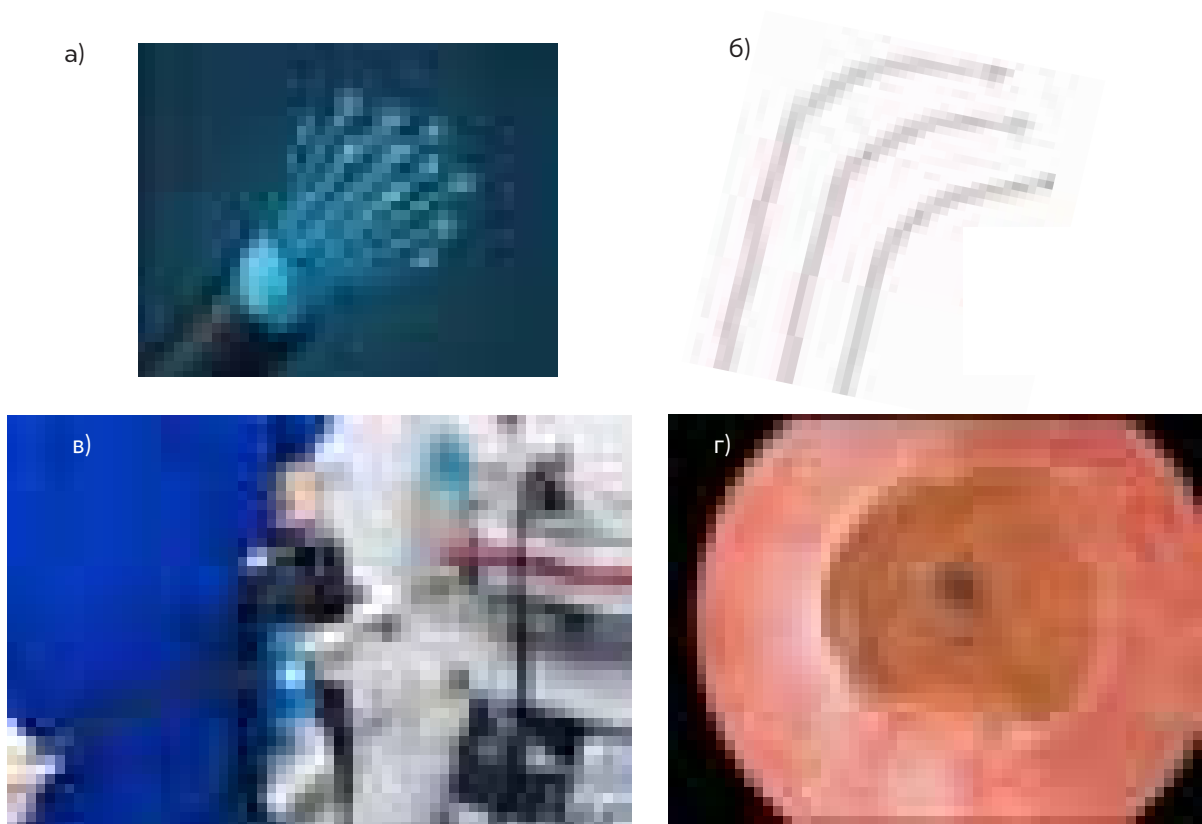


Слика 1. Премин на светлински зрак од вода во воздух. Зракот 1 упаѓа нормално на граничната површина и преминува во воздухот без да се прекрши. Зракот 2 на граничната површина делумно се одбива назад кон водата, а делумно се прекршува во воздухот. Зракот 3, кој паѓа на граничната површина под граничен агол, се лизга по граничната површина помеѓу водата и воздухот и зракот 4, кој на граничната површина паѓа под поголем агол од граничниот агол, тотално или целосно се рефлектира во водата.

ната целосно се одбива назад во средината од којашто дошла, притоа, без да премине во оптички поретката средина. Оваа појава се нарекува **тотална рефлексција**. Таа може да се појави само ако светлината преминува од оптички погуста во оптички поретка средина, но и само ако упадниот агол е **поголем од граничниот агол**. На Слика 1 се прикажани зраци кои под различни агли упаѓаат на граничната површина помеѓу вода и воздух.

Тоталната рефлексција не е само убава оптичка појава, туку таа има огромна примена во современиот свет. Најпознат пример се **оптичките влакна**, низ кои денес се пренесува најголемиот дел од интернет-сообраќајот во светот. Јадрото на влакното има поголем индекс на прекршување од неговата надворешна обвивка, па затоа секој зрак што ќе стигне до границата под доволно голем агол се рефлектира назад во јадрото на влакното. На овој начин светлината може да патува стотици километри, дури и по влакна кои се извиткани без да „излезе“ од нив.

Оптичките влакна се користат во медицината за ендоскопија (процедура при којашто се гледаат некои внатрешни органи), бидејќи овозможуваат светлината да пробие до тешко достапни делови од телото, а истовремено да се врати назад како слика што лекарот може да ја набљудува. Во техниката, оптичките влакна се основа за брз интернет, телевизија и за телефонски врски, бидејќи сигналите што се пренесуваат се движат со иста брзина како и светлината (Слика 2).



Слика 2. а) Оптички кабел направен од повеќе оптички влакна б) Графички приказ на тотална рефлексција на светлината во оптички влакна в) Медицински ендоскоп со оптичко влакно за гледање на внатрешноста на дигестивниот тракт. г) Слика на хранопровод направена со ендоскоп со оптичко влакно.



РЕШЕН ПРИМЕР

На сликава подолу е прикажан премин на светлински зрак низ три оптички средини со индекси на прекршување n_1 , n_2 и n_3 . Светлинскиот зрак на граничната површина помеѓу втората и третата средина патува по граничната површина.

а) Одреди која од оптичките средини има најголем, а која најмал индекс на прекршување?

б) Одреди во која од оптичките средини брзината на светлината е најголема, а во која најмала?

в) Одреди го аголот на тотална рефлексција α_g .

Решение: а) Од сликава може да се забележи дека при премин од првата во втората оптичка средина зракот се прекршува од нормалата, па затоа може да заклучиме дека $n_1 > n_2$. Зракот се лизга по граничната површина помеѓу втората и третата оптичка средина, па бидејќи $n_2 > n_3$, заклучуваме дека $n_2 > n_3$. Конечно, може да запишеме: $n_1 > n_2 > n_3$.

б) Ако со v_1 , v_2 и v_3 ја означиме брзината на светлината во воздух во првата и во втората оптичка средина, поради начинот на којшто се прекршува зракот, може да заклучиме $v_1 < v_2 < v_3$.

в) Бидејќи површините на оптичките средини се паралелни, следува дека нормалите на местата каде што паѓа зракот се паралелни. Од својството за еднаквост на наизменични агли при трансферзала на паралелни прави, заклучуваме дека граничниот агол за тотална рефлексција изнесува $\alpha_g = 55^\circ$.



Тоталната рефлексција е поврзана и со уште една појава што може да ја сретнеме во пустини и на загреани асфалтни подлоги, а тоа е **фатаморгана**. Воздухот над загреаната површина е на повисока температура во однос на слоевите над него коишто имаат помала температура. Индексот на прекршување зависи од температурата: колку воздухот е позагреан, толку има помал индекс на прекршување. Светлината што доаѓа од далечни предмети се прекршува на секој слој воздух под агол кој е поголем од упадниот, сè додека не падне на најтоплиот слој од воздухот под агол поголем од аголот на тотална рефлексција, при што таа ќе се одбие од овој слој, како што е прикажано на Слика 3а. Оваа светлина набљудувачот ја гледа и притоа, како кај рамно огледало, предметот од којшто потекнува оваа светлина го гледа во продолжението на одбиените светлински зраци. Сликата којашто најчесто се гледа при фатаморгана е привид дека на подлогата има вода или дека далечни предмети „лебдат“ во воздухот, како што е прикажано на Слика 3 б и в. Оваа оптичка илузија е резултат токму на тоталната рефлексција.



Слика 3. а) Графички приказ на формирање на ликот од предметот (палма) при фатаморгана. Ликот на палмата го гледаме во продолжението на зраците кои тотално се рефлектирале од топлиот воздух над површината на Земјата, кој има помал индекс на прекршување од слоевите над него. б) Фатаморгана на пат. Небото го гледаме како да е врз патот. в) Фатаморгана во пустина.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

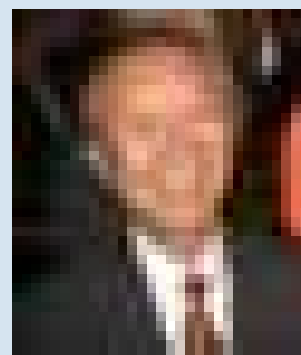
Едно оптичко влакно има дијаметар како и човечкото влакно од коса, но може да пренесува информации од стотици гигабити во секунда.



ПОЗНАТ НАУЧНИК

Познат научник/физичар Чарлс К. Као (Charles K. Kao, 1933–2018)

Као бил кинеско-британски физичар, човекот кој прв ја препознал вистинската моќ на стаклените влакна како средство за пренос на светлина на големи растојанија. Во 1966 година, тој го направил револуционерното откритие: чистото оптичко стакло може да пренесува светлина со многу мала загуба, што го отворило патот кон развој на оптичките кабли. Дотогаш се мислело дека светлинската енергија се губи при движење на зракот во стакло, но Као покажал дека проблемот е во нечистотијата на материјалот, не во принципот на пренос. Тој пресметал дека ако стаклото се прочисти до доволно високо ниво, светлинските сигнали ќе можат да патуваат километри без значајно слабеење. Ова довело до создавање на првите оптички влакна, засновани на принципот на тотална рефлексija. За својата пионерска работа, Као ја доби Нобеловата награда за физика во 2009 година.





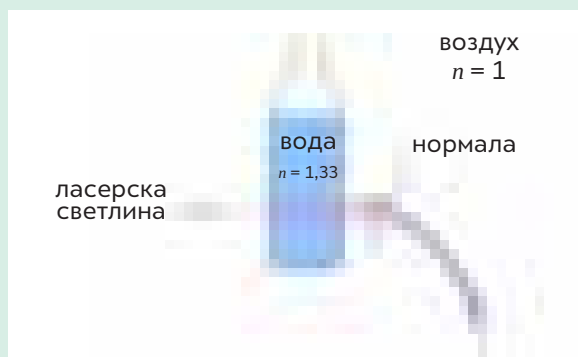
АКТИВНОСТИ

1. Одредување граничен агол на материјал

Земи стаклена планпаралелна плочка како прикажаната на Слика 4. Насочи ласерски зрак така што ќе паѓа од долната страна на плочката. Светлинскиот зрак поминува низ плочката и паѓа на рамната гранична површина стакло – воздух. Почни со мал упаден агол на оваа површина и полесно зголемувај го. Набљудувај како прво дел од светлината излегува од стаклената плочка, а дел се одбива назад. Продолжи да го зголемуваш аголот додека не видиш момент кога прекршениот зрак зрак се лизга по површината. Тоа е граничниот агол. Измери го граничниот агол за стаклото од кое е направена плочката. Што ќе се случи ако упадниот агол уште малку се зголеми?

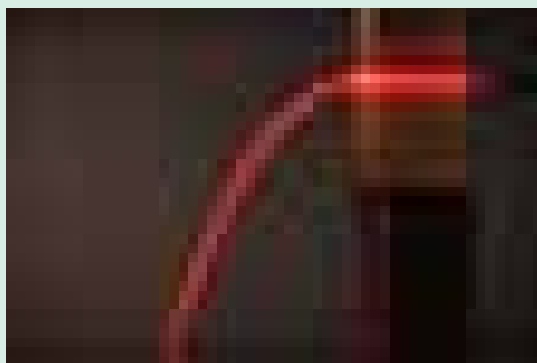


Слика 4. Одредување на агол на тотална рефлексија со планпаралелна плочка.



2. Направи свое светлинско влакно

Во пластично шише блиску до неговото дно направи отвор. Наполни го шишето со вода, при што отворот ќе го држиш затворен. Кога ќе го ослободиш отворот, водата ќе истекува од отворот. Кон отворот од спротивната страна на шишето насочи ласерски сноп, како што е прикажано на Слика 5. Што забележуваш? Дали светлината се движи заедно со млазот вода кој истекува од шишето? Дали можеш да ги забележиш местата на коишто настанува тотална рефлексија на светлината во млазот?



Слика 5. Млазот вода претставува оптичко влакно низ коешто се простира светлината.

3. Изучување за тотална рефлексија на светлината со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Свиткување на светлината“ (Bending Light) и избери го делот „Вовед“ (Intro) на интернет-страницата <https://phet.colorado.edu/en/simulations/bending-light>.

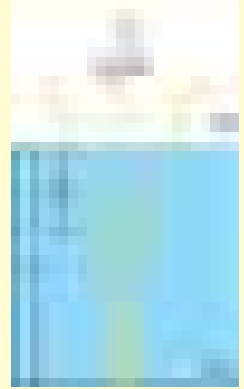
На екранот избери две оптички средини, така што горната оптичка средина има поголем индекс на прекршување од долната. На пример, постави стакло врз воздух. Насочи го ласерскиот зрак така што ќе паѓа под мал агол во однос на нормалата на граничната површина. Ќе забележиш дека дел од светлината се прекршува во воздухот, а дел се одбива назад во стаклото. Сега почни полесно да го зголемуваш упадниот агол. Набљудувај како прекршениот зрак се приближува до границата меѓу двете оптички средини. Кога прекршениот зрак се движи по границата, со аголом измери го упадниот агол. Што претставува овој агол? Што ќе се случи со светлинскиот зрак ако повторно го зголемиш упадниот агол? Дали светлинскиот зрак се прекршува во водата или се рефлектира од граничната површина? Експериментот повтори го со поставување стакло врз вода. Одреди го граничниот агол за тотална рефлексија во овој случај. Испитај дали е можно да дојде до тотална рефлексија на зракот ако тој паѓа од средина со помал индекс на прекршување во средина со поголем индекс на прекршување.

ЗА 5+

Привидната положба на предметите кои се под вода се добива кога прекршените зраци кои доаѓаат од предметот ќе паднат во нашето око. Во тој случај предметот го гледаме во продолжението на овие зраци во водата. На сликата е дадена привидна положба на точкест светлински извор поставен во сад со вода. Прекршените зраци паѓаат во окото на набљудувачот, но поради јасност на сликата овде се нацртани дека се прекршуваат под големи агли. Привидната длабочина на предметот може да се пресмета со равенката:

$$d_1 = d \cdot \frac{n_1}{n_2},$$

каде n_1 и n_2 се индексите на прекршување на воздухот и водата соодветно, а d е длабочината на која се наоѓа точкестиот извор.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Ако индексот на прекршување на стакло е 1,5, а на воздух е 1,0, објасни во кој правец треба да се движи светлински зрак за на нивната гранична површина да дојде до тотална рефлексija на зракот.
2. Во еден оптички експеримент светлината преминува од стакло, чиј индекс на прекршување е 1,50, во воздух. Објасни што ќе се случи со зракот кога упадниот агол постепено се зголемува.
3. Фатаморгана понекогаш дава впечаток дека на хоризонтот има вода. Објасни ја оваа појава со помош на промените во густината на воздухот.
4. Стаклено оптичко влакно има јадро со индекс на прекршување 1,50 и обвивка со индекс 1,45. Објасни како оваа разлика овозможува сигурен пренос на светлина низ влакното.
5. Објасни зошто не е можна тотална рефлексija кога зракот поминува од оптички поретка во оптички погуста средина.



ЗАПОМНИ

- Тотална рефлексija се појавува само кога светлината преминува од оптички погуста во оптички поретка средина.
- Граничен агол за тотална рефлексija е најголемиот упаден агол за кој прекршениот зрак излегува во оптички поретката средина под агол од 90 степени.
- Ако упадниот агол е поголем од граничниот, светлината не преминува во втората средина, туку се одбива целосно назад.
- Тотална рефлексija е основната појава врз којашто се заснова работата на оптичките влакна.
- Фатаморгана е природен оптички ефект кој настанува поради постепено прекршување и внатрешно одбивање на светлината во слоеви на воздух со различна густина.

4.9. ОПТИЧКИ ЛЕЌИ

ПОИМИ

собирна леќа

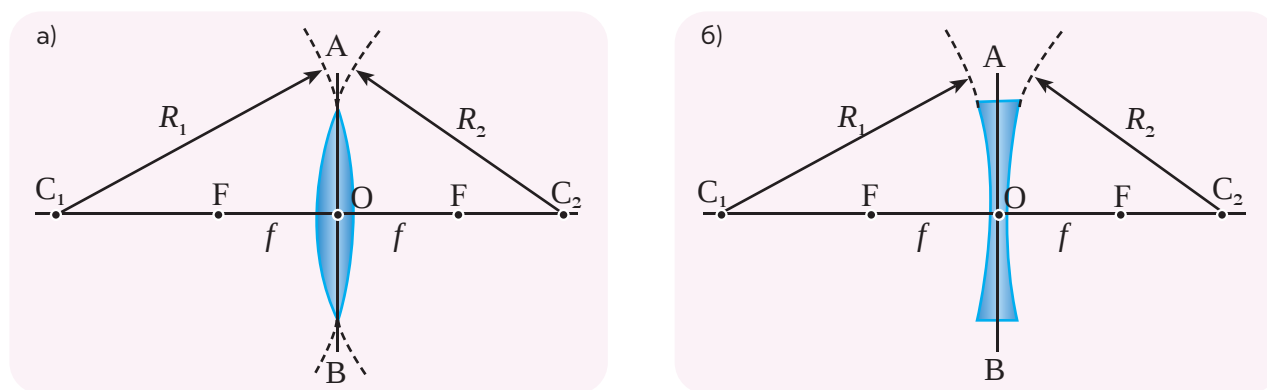
растурна леќа

јачина на леќа

диоптер

Во секојдневниот живот често среќаваме просирни тела кои го менуваат правецот на ширење на светлината. Кога ќе погледнеме низ нив, предметите можат да изгледаат поголеми, помали или пак појасни. Стаклата на очилата, лупите, како и леќите во фотоапаратите и микроскопите функционираат благодарение на нивните посебни својства – способноста да ја прекршуваат светлината што поминува низ нив.

Оптичка леќа претставува провидно тело, најчесто изработено од стакло или од пластика, ограничено со две сферни површини или со една сферна и една рамна површина (Слика 1). Токму поради ваквата форма, леќата припаѓа на групата оптички уреди кои го менуваат правецот на простирање на светлинските зраци. Како и кај сферните огледала, исто така и кај леќите постојат неколку карактеристични елементи: **главна оптичка оска**, **оптички центар** и **фокус**.



Слика 1. Елементи на леќа а) Собирна леќа б) Растурна леќа

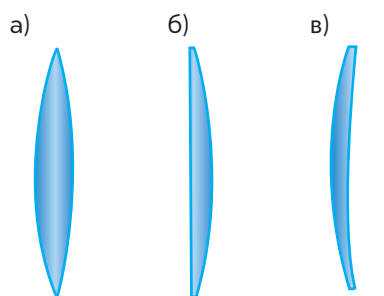
Главната оптичка оска е замислена права што ги спојува центрите на кривината на двете сферни површини што ја ограничуваат леќата. На Слика 1. тоа е правата што поминува низ точките C_1 и C_2 . Рамнината што ја сече леќата нормално на оптичката оска минува низ точките A и B , се нарекува **главна оптичка рамнина**. Во пресекот на главната рамнина и оптичката оска се наоѓа **оптичкиот центар на леќата** и го означуваме со O . Иако светлината се прекршува на влезната и на излезната површина на леќата ние ќе разгледаме наједноставен случај, така што ќе сметаме дека прекршувањето се случува само еднаш. Нив ги викаме **тенки леќи**.

Собирни и растурни леќи

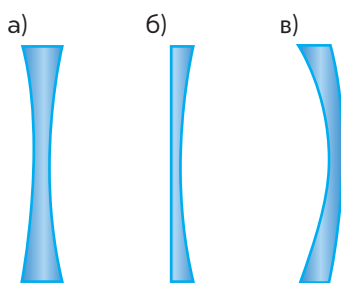
Постојат два главни вида леќи: **собирни (конвексни)** и **растурни (конкавни)**. Разликата меѓу нив произлегува од нивната форма:

Собирните леќи, познати и како испакнати леќи, се подебели во средината отколку на краевите. Примери за собирни леќи се прикажани на Слика 2. Собирните леќи имаат различна форма, па од таму имаме: биконвексни или двојно испакнати леќи – Слика 2а, план-конвексни или рамно-испакнати леќи – Слика 2б и конвексно-конкавни или испакнато-вдлабнати леќи – Слика 2в. Најважна карактеристика на собирните леќи е тоа што светлинските зраци кои паѓаат паралелно со оптичката оска по прекршувањето од леќата поминуваат низ една точка наречена **фокус на собирната леќа**.

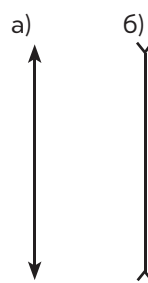
Растурните леќи, познати и како вдлабнати леќи, се потенки во средината, а подебели на краевите. Примери за растурни леќи се прикажани на Слика 3. Растурните леќи, како и собирните, може да бидат со различна форма, па оттаму имаме: биконкавни или двојно вдлабнати леќи – Слика 3а, план – конкавни или рамно-вдлабнати леќи – Слика 3б и конкавно-конвексни или вдлабнато-испакнати леќи – Слика 3в. Карактеристика на растурните леќи е тоа што тие ги растураат прекршените зраци кои паднале паралелно со главната оптичка оска. Продолженијата на прекршените зраци кон страната од леќата на којашто паднал паралелниот сноп се сечат во една точка наречена **фокус на растурната леќа**.



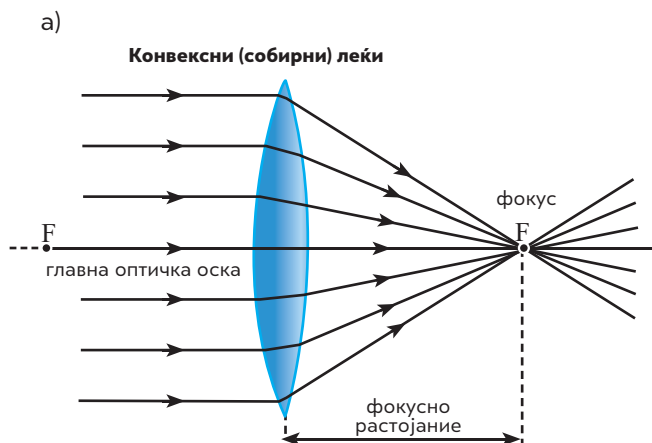
Слика 2. Различни форми на собирните леќи
а) двојно-испакната леќа,
б) рамно-испакната леќа
в) испакнато-вдлабната леќа.



Слика 3. Различни форми на растурните леќи
а) двојно-вдлабната леќа,
б) рамно-вдлабната леќа,
в) вдлабнато-испакната леќа



Слика 4. Шематски приказ на
а) собирна леќа
б) растурна леќа.



Слика 5. а) Собирна леќа. По прекршувањето од леќата на сноп од зраци паралелни на главната оптичка оска, тие поминуваат низ нејзиниот фокус кој е од другата страна на леќата. б) Растурна леќа. По прекршувањето од леќата на сноп од паралелни зраци со главната оптичка оска, тие се растураат во различни правци. Продолженијата на овие зраци се сечат во фокусот на растурната леќа, кој е од истата страна од која паѓаат зраците.

Фокусно растојание и оптичка јачина на леќа

Фокусот на леќата е еден од елементите на леќата кој се наоѓа на главната оптичка оска и се обележува со F . Фокусот кај собирната леќа е **реален**, а фокусот кај растурната леќа е **имагинарен**. Растојанието помеѓу фокусот и оптичкиот центар на леќата се нарекува **фокусно растојание** и се означува со f . Кај собирните леќи фокусното растојание се запишува како позитивна величина, а кај растурните леќи ова растојание се зема како негативна величина. Колку фокусното растојание е помало, толку леќата повеќе го менува правецот на прекршените светлински зраци. Во физиката, а особено во медицината, честопати се практикува да не се користи фокусното растојание, туку неговата реципрочна вредност, која се нарекува **јачина на леќата**. Јачината се означува со J и се пресметува со формулата:

$$J = \frac{1}{f},$$

каде што f е фокусното растојание изразено во m . Јачината на леќата се изразува во m^{-1} или во диоптри (D). Од формулата погоре, произлегува дека $1 D = 1 m^{-1}$. Собирните леќи имаат позитивна вредност за јачината на леќата, а растурните леќи негативна.



РЕШЕН ПРИМЕР

Одреди го фокусното растојание на леќа што има оптичка јачина $-4D$.

Дадено:	За фокусното растојание имаме:
$J = -4D$	$J = \frac{1}{f} \Rightarrow J \cdot f = 1 \Rightarrow f = \frac{1}{J} = \frac{1}{-4D} = -0,25 m.$
Се бара:	Негативната вредност на фокусното растојание укажува на тоа дека станува збор за растурна леќа.
$f = ?$	

Карактеристични зраци кај леќите

За полесно конструирање на лик, и кај леќите користиме **карактеристични зраци**. Нив може лесно да ги следиме и да го предвидиме нивниот пат, без оглед каде се наоѓа предметот (Слика 6).

Зрак што паѓа паралелно со главната оптичка оска

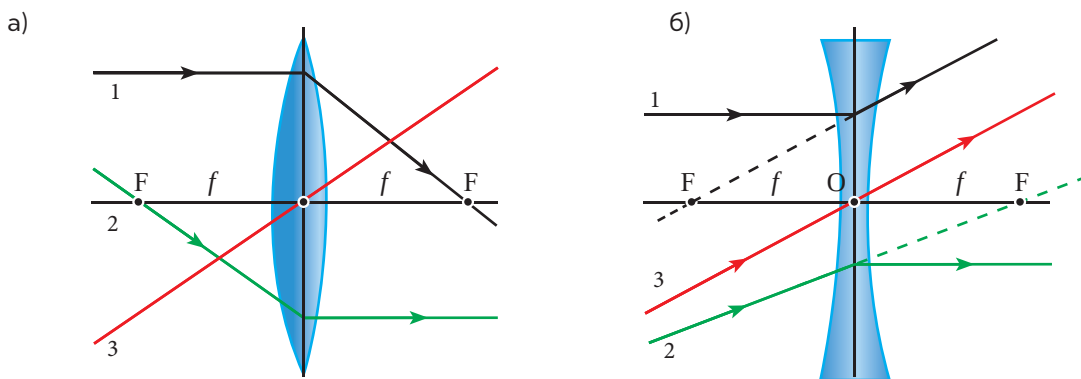
- Кај собирната леќа по прекршувањето кон фокусот на леќата (Слика 6а зрак 1).
- Кај растурната леќа се растура како да доаѓа од имагинарниот фокус на леќата (Слика 6б зрак 1).

Зрак што минува низ фокусот

- Кај собирната леќа се прекршува и е паралелен со главната оптичка оска (Слика 6а зрак 2).
- Кај растурната леќа зракот што е насочен да минува низ фокусот по прекршувањето низ леќата е паралелен со главната оптичка оска. (Слика 6б зрак 2)

Зрак што минува низ оптичкиот центар

- По прекршувањето, и кај собирната и кај растурната леќа, не го менува правецот на простирање (Слика 6а и Слика 6б зрак 3)



Слика 6. а) Карактеристични зраци кај собира леќа
б) Карактеристични зраци кај растурна леќа.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Првите леќи ги користеле древните Египќани пред повеќе од 4000 години – како примитивни лупи.



АКТИВНОСТИ

1. Истражување на карактеристичните зраци кај леќи

Постави ги собира и растурната леќа на бел лист хартија на маса, така што можеш слободно да насочуваш тенок ласерски зрак кон нив (Во училиштето би требало да има и ласерски извори на светлина кои истовремено емитираат три или пет паралелни ласерски снопови – во таков случај, можеш да ги користиш тие извори за изработка на активността). На хартијата нацртај ја главната оптичка оска на леќите. Почни со собира и леќа: насочи го ласерскиот зрак паралелно со оптичката оска и набљудувај како се прекршува по преминот низ леќата. Пресекот на прекршениот зрак со оптичката оска означи го на листот хартија. Што претставува оваа точка? Постапката повтори ја така што ласерската светлина ќе паѓа од спротивната страна на леќата. Дали зраците повторно ја пресекоа оптичката оска? Дали и оваа точка е фокус на леќата? Колкаво е фокусното растојание на леќата? Следно, насочи го ласерскиот зрак да поминува низ темето на леќата. На листот хартија нацртај го зракот по поминувањето низ леќата. Дали овој зрак се прекрши? На крај, ласерската светлина нека поминува низ фокусот на леќата. Каков е правецот на прекршениот зрак?

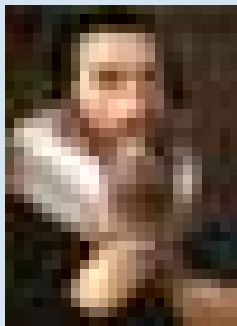
Истата активност повтори ја со растурна леќа. Кои разлики ги забележуваш во однос на тоа кога активността ја правеше со собира и леќа? Одреди го фокусот и фокусното растојание на растурната леќа? Дали и оваа леќа има два фокуса?

2. Изучување на карактеристичните зраци кај леќи со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Геометрика оптика“ (Geometric Optics) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html и одбери да работиш со леќа, а како предмет одбери светлински извор. Твојата задача е внимателно да го следиш однесувањето на трите карактеристични зраци кога минуваат низ леќата, без да се обидуваеш да го одредиш или да го анализираш ликот што се формира. Прво постави ја собира и леќа. Вклучи ги зраците за да можеш јасно да го следиш нивното ширење. Како се прекршува зракот кој поминува низ оптичкиот центар на леќата?

Откако добро ќе ги разгледаш карактеристичните зраци кај собира и леќа, смени ја леќата со растурна леќа. Како се прекршуваат карактеристичните зраци кај оваа леќа? Промени го фокусното растојание на собира и леќа и на растурната леќа. Дали се смени ширењето на карактеристичните зраци?

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК



Јохан Кеплер (Johannes Kepler, 1571–1630)

Кеплер не бил само астроном кој ги формулирал законите за движењето на планетите; тој е еден од основоположниците на модерната оптика. Во своето дело Диоптрија „Dioptrice“ од 1611 година, Кеплер ја објаснил улогата на леќите во создавање лик, го вовел поимот фокус и прв научно ги опишал карактеристичните зраци кај леќите. Тој прв правилно го објаснил функционирањето на човечкото око како оптички инструмент со собира на леќа и ја поставил теориската основа врз којашто подоцна ќе се развијат телескопите и микроскопите.

ЗА 5+

Фокусното растојание на тенката леќа може да се пресмета ако ги знаеме: индексот на прекршување на материјалот од којшто е направена леќата n , индексот на прекршување на средината во којашто е поставена леќата n_0 , радиусите на закривеност на површината на којашто упаѓа зракот R_1 и радиусот на површината од којашто светлината ја напушта леќата R_2 според следнава формула:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$$

Ако фокусното растојание е позитивна величина, леќата е собира на, ако фокусното растојание е негативна величина, леќата е растурна. Оваа формула покажува дека фокусното растојание не зависи само од формата на леќата, туку и од тоа во каква средина се наоѓа. Затоа, леќа што е собира на во воздух, може да стане растурна кога ќе се потопи во вода, што претставува интересен и важен ефект при дизајнирање подводни оптички системи.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што е фокус на собира на леќа?
2. Ако фокусното растојание на една леќа е 0,05 m, одреди ја нејзината оптичка јачина.
3. Леќа има оптичка јачина од -10 D. Колкаво е нејзиното фокусно растојание и за каква леќа станува збор?
4. Количникот на фокусните растојанија на две собира на леќи изнесува 1:2. Одреди го количникот на оптичките јачини на овие две леќи.
5. Нацртај точкест извор поставен пред леќа (да не биде на главна оптичка оска) и од него нацртај ги трите карактеристични зраци? Каде се сечат овие зраци ако леќата е:
 - а) Собира на
 - б) Растурна.

💡 ЗАПОМНИ

- Леќите се провидни тела кои го менуваат правецот на простирање на светлинските зраци.
- Собира на леќи ги собираат паралелните зраци во една точка наречена фокус на собира на леќа.
- Растурните леќи ги растураат паралелните зраци така што нивните продолжетоци се сечат во фокусот на растурната леќа.
- Фокусното растојание f е растојание од оптичкиот центар до фокусот на леќата.
- Оптичка јачина на леќа се определува со формулата $J = 1/f$.
- Собира на леќи имаат позитивна, а растурните негативна оптичка јачина.

4.10. КОНСТРУКЦИЈА НА ЛИКОВИ КАЈ ЛЕЌИ

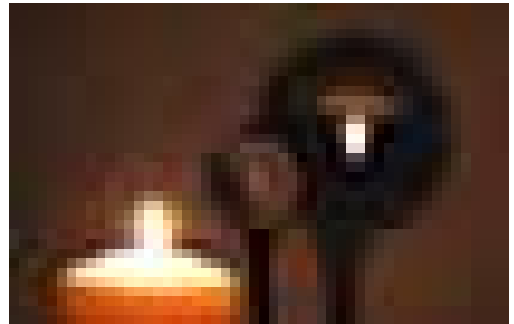
ПОИМИ

лупа

Кога светлината поминува низ леќа, се менува нејзиниот правец на простирање бидејќи зраците се прекршуваат на влезната и на излезната површина на леќата. Тоа менување на правецот овозможува леќите да создаваат ликови на предметите. Ликовите може да бидат реални или имагинарни. Реалните ликови може да се проектираат на екран, а имагинарните може да ги видиме само ако гледаме низ леќата. Како и кај огледалата, доволно е да повлечеме само два карактеристични зраци за да ги одредиме положбата и големината на ликот. За полесно разбирање, ќе го разгледаме наједноставниот случај - кога предметот е во форма на стрелка поставена нормално на главната оптичка оска. И во овај случај ќе го одредиме ликот само на најоддалечената точка на предметот од главната оптичка оска. Сите преостанати точки се наоѓаат на нормалата повлечена од оваа точка до главната оптичка оска.

Собирна леќа

Кога предметот се наоѓа на растојание поголемо од фокусното растојание, собирната леќа формира **реален лик**. Зраците кои излегуваат од предметот, по прекршувањето низ леќата, се сечат во одредена точка од другата страна на леќата. Ако на таа страна поставиме екран, ќе добиеме светол лик. Овој лик секогаш е превртен во однос на предметот. На Слика 1 е прикажано формирање реален лик на свеќа со собирна леќа.



Слика 1. Формирање реален лик со собирна леќа

Ликот на предметот што е поставен на растојание поголемо од фокусното растојание на собирната леќа f , е реален, може да биде намален во однос на големината на предметот, со иста големина како и предметот, или зголемен, во зависност од тоа на кое растојание од леќата се наоѓа предметот.

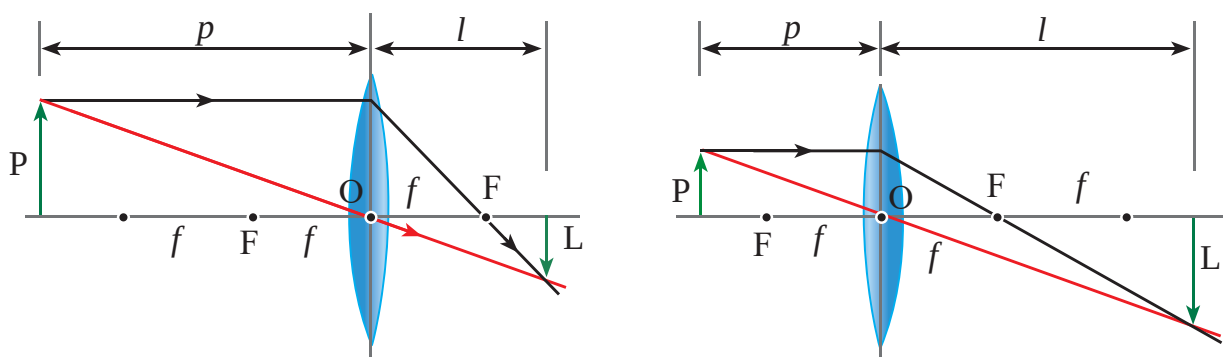
Ако предметот е на растојание поголемо од $2f$, односно, $p > 2 \cdot f$ ликот е намален и превртен.

Ако предметот е на растојание од леќата помеѓу f и $2 \cdot f$, односно $f < p < 2 \cdot f$, ликот кој се создава со леќата е поголем од предметот и превртен.

Ако предметот се постави на растојание еднакво на $2 \cdot f$, ликот ќе биде еднаков по големина, превртен и ќе се формира на растојание $2 \cdot f$ од леќата.

На Слика 2 е прикажана конструкција на ликовите во првите два случаи. Заради јасност на сликата, на секоја слика се искористени само по два карактеристични зраци. Ликовите на предметите може да се добијат на екран (на пример, бел лист хартија). Ако предметот е поставен во фокусот на леќата, тогаш прекршените зраци не се сечат. Во такви случаи, велиме дека ликот се создава бесконечно далеку од леќата.

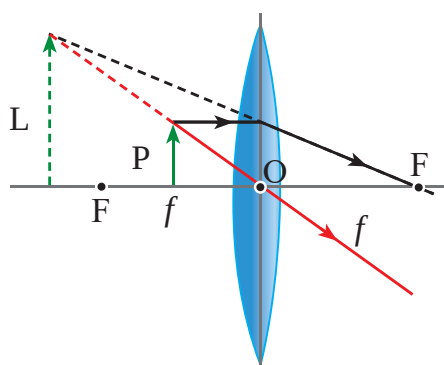
Ако предметот пред леќата е поставен на растојание што е помало од фокусното растојание на леќата (Слика 3), тогаш зраците по прекршувањето од леќата не се сечат во една точка, туку се растураат, па во тој случај не се создава реален лик.



Слика 2. Конструкција на ликови кај собирајна леќа а) Предметот е на поголемо растојание од двојното фокусно растојание б) предметот е на растојание поголемо од фокусното растојание, но помало од двојното фокусно растојание. На секоја од сликите, со p е означено растојанието од предметот до леќата, со l е означено растојанието од леќата до ликот, а со f е означено фокусното растојание. Висината на предметот е означена со P , а висината на ликот со L . Овие ознаки ќе бидат користени и во следните слики.

Ако зраците ги продолжиме наназад, тогаш тие се сечат во точка којашто е на истата страна како и предметот. Во ваков случај, велиме дека собирајната леќа дава имагинарен лик. Овој лик може да се види само со гледање низ леќата и не може да се проектира на екран. Имагинарниот лик е исправен и зголемен во однос на предметот.

Добивање имагинарен лик од предмет со собирајна леќа искористено е кај оптичкото помагало **лупа**. Лупата е наједноставниот пример за практична употреба на леќите.



Слика 3. Конструкција на имагинарен лик на предмет со собирајна леќа. Предметот е поставен на растојание што е помало од фокусното растојание на леќата.

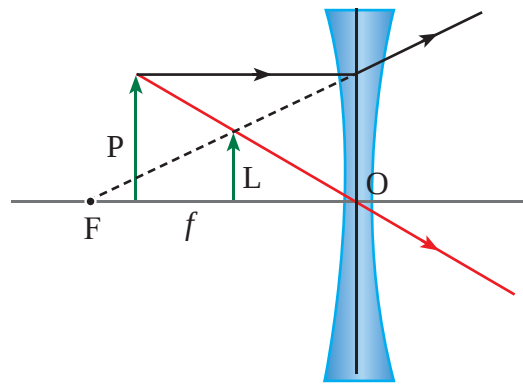


Слика 4. Лупа.

Таа е собирајна леќа што се користи така што предметот се поставува на растојание помало од нејзиното фокусно растојание. Зраците што излегуваат од предметот се растураат по преминувањето низ леќата, но продолженијата се сечат од страната на предметот формирајќи зголемен исправен имагинарен лик кој може да се види. На ваков начин лупата всушност го зголемува аголот под којшто го гледаме предметот, што ни овозможува да го набљудуваме предметот со поголеми детали.

Растурна леќа

Растурната леќа, за разлика од собирната, секогаш создава имагинарен, намален и исправен лик, без оглед на положбата на предметот. Зраците што паѓаат паралелно на оптичката оска се растураат, а нивните продолженија се сечат во имагинарниот фокус на леќата. Формирање лик со растурна леќа е дадено на Слика 4. Ликот се формира во пресекот на карактеристичниот зрак што минува низ оптичкиот центар на леќата и продолжението од растуруениот зрак по прекршувањето од леќата.



Слика 5. Конструкција на лик кај растурна леќа.



АКТИВНОСТИ

1. Конструирање реален лик со собирна леќа

Постави собирна леќа на држач и тесен сноп светлина. На пример, мала свеќа на иста висина со леќата. Наставникот нека ја запали свеќата и внимавајте да не се доближувате премногу до неа. Поставете бел лист хартија кој ќе ти служи како екран од другата страна на леќата. Поместувај го екранот додека не добиеш јасен лик на свеќата. Измери ги растојанието на коешто се наоѓа предметот до леќата, како и растојанието од леќата до ликот. Постапката повтори ја неколку пати за различни растојанија на свеќата до леќата. Постави ја свеќата на помало растојание до леќата од фокусното растојание. Дали можеш да добиеш лик од свеќата на екранот. Погледни низ леќата од страната на којашто се наоѓа екранот. Дали можеш да забележиш зголемен лик на свеќата? Каков е овој лик кој го создава леќата?

2. Истражување на лупата

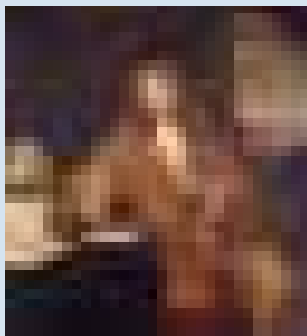
Земи лупа (собирна леќа) и лист со ситно печатен текст каков што е текстот на декларациите на многу производи коишто ги купуваш во продавница. Приближувај ја и оддалечувај ја лупата до листот со испечатениот текст. Набљудувај го ликот на буквите: кога стануваат најголеми и најјасни? Обиди се да го одредиш фокусното растојание на лупата. Тоа е растојанието помеѓу текстот и лупата кога веќе не можеш да ги видиш буквите низ неа.

3. Изучување на леќи со интерактивна интернет-страница

Отвори ја симулацијата „Геометриска оптика“ (Geometric Optics) на интернет-страницата: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html и одбери да работиш со леќи, а како предмет одбери свеќа или стрелка. Постави пред неа собирна леќа. Твојата задача е да изучиш како се создава ликот кога предметот се наоѓа на различни растојанија од леќата и како тие набљудувања се поврзуваат со математичките формули за леќи. Започни така што ќе го поставиш предметот на растојание поголемо од двојната вредност на фокусното растојание. Набљудувај каде се наоѓа ликот — симулацијата ќе ги прикаже местото, големината и неговата ориентација. Потоа полека движи ја свеќата кон леќата, прво до растојание еднакво на двојното фокусно растојание, а потоа постави го предметот на растојание помало од двојното фокусно растојание. Што се случува со ликот при поместувањето на предметот? На крај, постави го предметот помеѓу леќата и фокусот и набљудувај како се смени ликот што го создаде леќата. Каков е овој лик?

Повтори го истражувањето, но сега со растурна леќа. Постави го предметот на различни растојанија од леќата. Каков е ликот кој се добива? Можеш ли да добиеш реален лик? Дали можеш да добиеш намален лик на предметот?

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

**Антони ван Левенхук (Antonie van Leeuwenhoek, 1632–1723)**

Антони ван Левенхук бил холандски трговец, но неговата љубопитност кон оптиката го направила татко на микробиологијата. Тој не бил научник, но рачно изработувал мали, исклучително прецизни собирни леќи – најдобрите во Европа во 17 век. Со своите микроскопи – всушност лупи со многу мало фокусно растојание, успеал прв да ги набљудува бактериите, еритроцитите и микроскопскиот свет. Неговите инструменти давале зголемувања и до 300 пати, нешто недостижно за другите оптичари во тоа време.

ЗА 5+

Положбата на ликот добиен од предмет поставен пред леќа не мора секогаш да се одредува преку конструкција на ликот. Постои математичка врска меѓу фокусното растојание на леќата (f), растојанието на предметот до леќата (p) и растојанието на ликот до леќата (l). Таа врска може да се запише со равенката за тенка леќа: $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$.

Во горната формула фокусното растојание се зема како негативно ако леќата е растурна. Ако ликот кој се добива со леќата е имагинарен, тогаш за растојанието од ликот до леќата се добива негативна вредност. Односот на големината на ликот и големината на предметот се нарекува зголемување на леќата и се бележи со u . Зголемувањето на огледалото може да се пресмета преку односот на големините на ликот и на предметот или односот на растојанието од ликот до леќата и на предметот до огледалото: $u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$ каде што L е висината на ликот, а P е висината на предметот. Растојанието од предметот до леќата е p , а растојанието од ликот до леќата е l . Ако количникот L/P или количникот l/p е поголем од 1, тогаш велиме дека ликот е зголемен, а ако овие количници се помали од 1, се вели дека ликот е намален во однос на предметот.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Очите на мувите имаат по илјадници минијатурни леќи кои овозможуваат панорамски вид.



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Кога собирна леќа дава реален, а кога имагинарен лик на предмет поставен пред неа.
2. Која леќа дава само имагинарен лик?
3. Постави предмет на растојание коешто е еднакво на две фокусни растојанија пред леќа. Со помош на карактеристични зраци, одреди каде се добива ликот на овој предмет.
4. Предметот е на растојание од 5 cm пред собирната леќа со фокусно растојание од 2 cm. Конструирај го ликот и одреди ја неговата положба. Дали ликот е реален или имагинарен.
5. Предмет висок 4 cm е поставен 10 cm пред собирна леќа со фокусно растојание од 5 cm. Конструирај го ликот и одреди ја неговата положба. Колкава е големината на ликот?



ЗАПОМНИ

- Собирната леќа создава реален и превртен лик кога предметот е на растојание поголемо од фокусното растојание и имагинарен, исправен и зголемен лик кога предметот е меѓу леќата и фокусот.
- Растурната леќа секогаш создава имагинарен, исправен и намален лик.

4.11. ДИСПЕРЗИЈА НА СВЕТЛИНАТА

ПОИМИ

бела светлина

спектрални бои

спектрален филтер

континуиран спектар

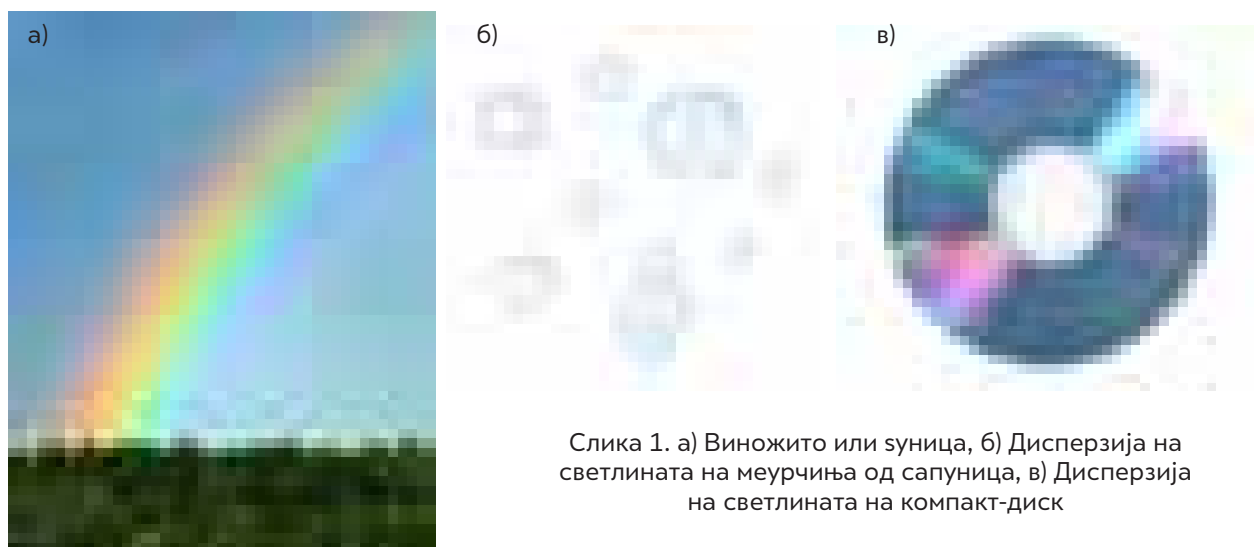
полихроматска светлина

дисперзија/разложување

монохроматска светлина

виножито

Светот околу нас е свет исполнет со бои, како што се виножитото на небото, боите на меурчињата од сапуница, боите на тенките слоеви масло на асфалтот, одразот од компакт-диск и друго. Овие прекрасни појави имаат една заедничка причина. **Белата светлина** не е „една боја“, туку се состои од повеќе бои. Само кога белата светлината ќе се разложи на своите составни делови (боите), тогаш тие стануваат видливи. Токму ова **разложување на белата светлина** се нарекува **дисперзија на светлината**.



Слика 1. а) Виножито или суница, б) Дисперзија на светлината на меурчиња од сапуница, в) Дисперзија на светлината на компакт-диск

Белата светлина што ја емитира Сонцето или електричната светилка е **полихроматска светлина**, односно светлина составена од различни светлински зраци кои во нашето око предизвикуваат чувство на различни бои. Светлина емитирана од некои извори може да има само една боја. Пример за таква светлина е ласерската светлина. Ваквата светлина ја нарекуваме **монохроматска светлина**.

Кога белата светлина ќе помине низ стаклена призма, таа се прекршува двапати: првпат при влегување во призмата, а вторпат при излегување од призмата. Бидејќи зраците со различни бои се прекршуваат под различни агли, белата светлина се разложува во **спектар** односно редослед од **спектрални бои**: црвена, портокалова, жолта, зелена, сина, темносина и виолетова (Слика 1).

Разложување на светлината настанува затоа што индексот на прекршување на стаклото е различен за различни бои. Виолетовата светлина има најголем индекс на прекршување, па според тоа, најмногу се пркршува (најмногу го менува правецот на ширење), а црвената има најмал индекс на прекршување, па според тоа, најмалку се пркршува. Затоа, спектарот што го гледаме е подреден од најмалку прекршената цр-

вена до најмногу прекршената виолетова боја. Во Табела 1 се дадени индексите на прекршување на различните бои за стакло.



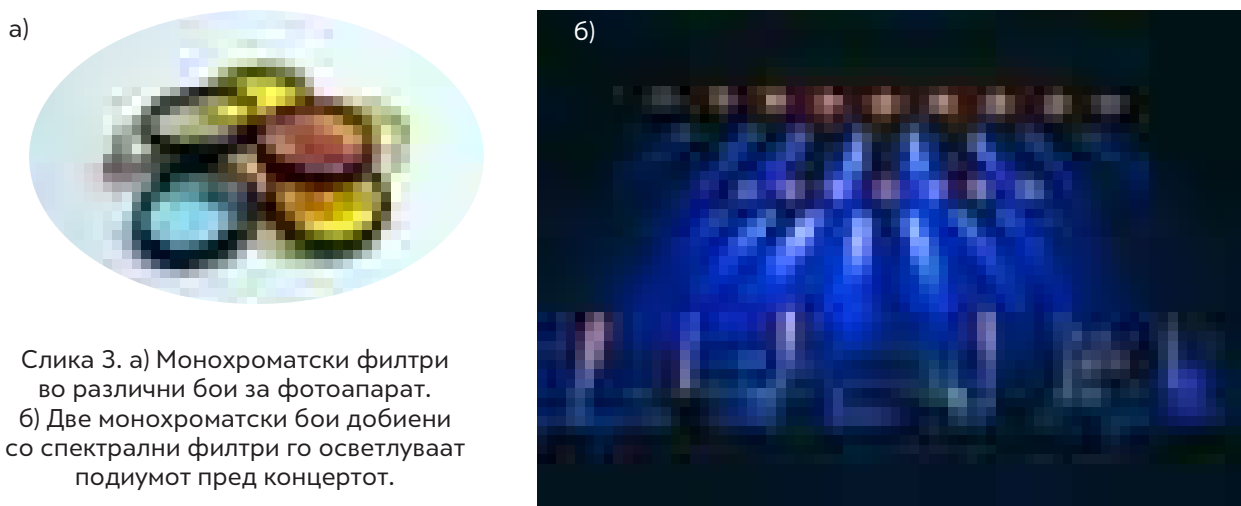
Слика 2. а) Дисперзија на бела светлина од стаклена призма
б) Графички приказ на прекршување на белата светлина низ призма

Боја	Индекс на прекршување во стакло
Виолетова	1,540
Темносива	1,533
Сина	1,530
Зелена	1,524
Жолта	1,520
Портокалова	1,517
Црвена	1,514

Табела 1. Индекси на прекршување на различните бои низ стаклена призма

При дадена појава, ако сите спектрални бои се присутни без прекин, тогаш имаме **континуиран спектар**. Пример за таков спектар е спектарот на белата светлина. Во оптиката честопати се користат **спектрални филтри** за пропуштање само една одредена боја од полихроматската светлината, додека ги задржуваат – апсорбираат сите преостанати (Слика 3а). Во секојдневието, ваквите филтри се применуваат кај фотоапарати и кај камери за добивање поизразени бои, како и кај очила за заштита од сонце, каде што селективно се блокираат штетните ултравиолетови зраци. Во

медицината се користат кај различни дијагностички уреди за да ја подобрат видливоста на некои ткива, а во лабораториската опрема служат за добивање чиста монохроматска светлина при мерења. Дури и кај сценското осветлување, овие филтри овозможуваат создавање специфични визуелни ефекти, како што е прикажано на Слика 3б.



Слика 3. а) Монохроматски филтри во различни бои за фотоапарат.
б) Две монохроматски бои добиени со спектрални филтри го осветлуваат подиумот пред концертот.



Слика 4. Дисперзија на бела светлина од капка вода.

Најубав пример за дисперзија на светлината се **виножитото** или **суницата**. Сончевата светлина се прекршува во милионите ситни капки вода во атмосферата додека врне дожд. Притоа, секоја капка се однесува како мала призма. Светлината се прекршува при влегување во капката, потоа се одбива од сидот на капката и повторно се прекршува при излегување. Ова двојно прекршување создава голем закривен спектар, односно виножито што може да го видиме на небото. Црвената светлина излегува под најмал агол, па затоа таа се наоѓа на надворешната страна на лакот, а виолетовата, којашто се прекршува најмногу, се појавува од внатрешната страна. Дисперзија на светлина од капка вода е прикажана на Слика 4.

Дисперзијата на светлината се користи и во астрономијата: спектрите добиени од светлината на различни ѕвезди открива од какви елементи се изградени, колкава е нивната температура, па дури и тоа колку брзо се движат кон нас или од нас.

ЗА 5+

Земи CD или DVD и држи го така што светлината од светилка со жичка и неонка паѓа на неговата површина. Полека менувај го аголот додека на дискот не се појави спектарот. Некои од овие извори на светлина не даваат континуиран спектар туку линиски спектар – низа од линии во различна боја кои се разделени со темни линии. Истражи кои извори на светлина даваат линиски спектри?

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК



Јозеф фон Фраунхофер (Joseph von Fraunhofer, 1787–1826)

Фраунхофер бил германски физичар кој направил револуција во проучувањето на светлината. Тој прв систематски го испитал сончевиот спектар користејќи прецизни призми и телескопи и открил дека она што нас ни изгледа дека е континуиран спектар на сончевата светлина содржи стотици тесни темни линии кои не можеме да ги забележиме со разложување на светлината со обична призма. Денес тие темни линии во сончевиот спектар се познати како Фраунхофери линии.

Овие линии претставуваат светлина којашто е апсорбирана од елементите во атмосферата на Сонцето и станале основа на современата спектроскопија (наука што ги проучува составот и својствата на супстанциите преку анализирање на светлината што тие ја емитуваат или апсорбираат). Фраунхофер, исто така, ја подобрил изработката на стаклени леќи и призми, а неговите инструменти биле најпрецизни во Европа во тоа време. Благодарение на него, научниците сфатиле дека светлината не само што дисперзира при премин низ призма.



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Исак Њутн прв ја објаснил дисперзијата на светлината од стаклена призма. Пред него се мислело дека боите се својство на призмата, а не на светлината.



АКТИВНОСТИ

1. Разложување на бела светлина со стаклена призма

Земете призма и извор на бела светлина, на пример светилка, или, пак, користете сончева светлина. Насочете тенки светлински зрак кон една од страните на призмата. Поставете бел лист на спротивната страна и полако вртете ја призмата додека на листот не се појави спектарот од бои. Разгледајте го редоследот на боите. Дали можете да добиете поинаков распоред на боите од спектарот? Повторете го експериментот со ласерска светлина. Дали и во овој случај се доби континуиран спектар?

2. Изучување на дисперзија на светлината со интерактивна интернет-страница

На интернет-страницата https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html поставена е симулацијата „Прекршување на светлината“ (Bending Light) која ќе ви овозможи да ја истражите дисперзијата на светлината со одбирање на симулацијата „Призми“ (Prisms). Во оваа симулација можете да испитувате како белата светлина се разложува на спектар од бои при преминување низ призма направена од стакло или од вода. Можете да изберете различни средини во кои ќе биде поставена призмата (воздух, вода) и да ја менувате аголот под кој паѓа светлината на призмата, да вклучувате монохроматски извор на светлина или бела светлина и да набљудувате како секоја боја се прекршува под различен агол. Истражете го спектарот добиен од бела светлина при дисперзија од призма направена од различен материјал. Дали средината во којашто е поставена призмата влијае на дисперзијата на светлината? Дали се набљудува дисперзија на монохроматската светлина? Менувајќи ја бојата на монохроматската светлина што ја емитува изворот, одредете која боја најмалку а која боја најмногу се прекршува по преминувањето низ призмата. Поставете две призми една до друга, при што призмите се допираат со една од страните. Што се случува со светлината кога ќе помине низ двете призми? Дали разложената светлина од првата призма повторно се меша во бела светлина кога излегува од втората призма?



ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Што претставува дисперзија на светлината и кога се појавува?
2. Која е разликата меѓу полихроматска и монохроматска светлина?
3. Ако одреден спектрален филтер пропушта само зелена светлина, што ќе се случи ако пред него се постави бел извор на светлина?
4. Објаснете зошто виножитото секогаш се појавува на спротивната страна од сонцето.
5. Во лабораторија се набљудува спектар создаден од призма. Доколку изворот наместо бела светлина емитува само една боја, што ќе се појави на екранот?



ЗАПОМНИ

- Белата светлина е полихроматска светлина, односно е составена од многу бои.
- Дисперзија е појава кога белата светлина се разложува на спектрални бои поради различните индекси на прекршување за секоја боја.
- Спектарот на белата светлина е континуиран и ги содржи сите бои од црвена до виолетова.
- Виножитото е природна појава на дисперзија при која сончевата светлина се разложува во капките дожд.
- Монохроматска светлина содржи само една боја, а полихроматска светлина содржи повеќе бои.

4.12. ГРАДБА НА ЧОВЕЧКОТО ОКО

ПОИМИ

очна леќа

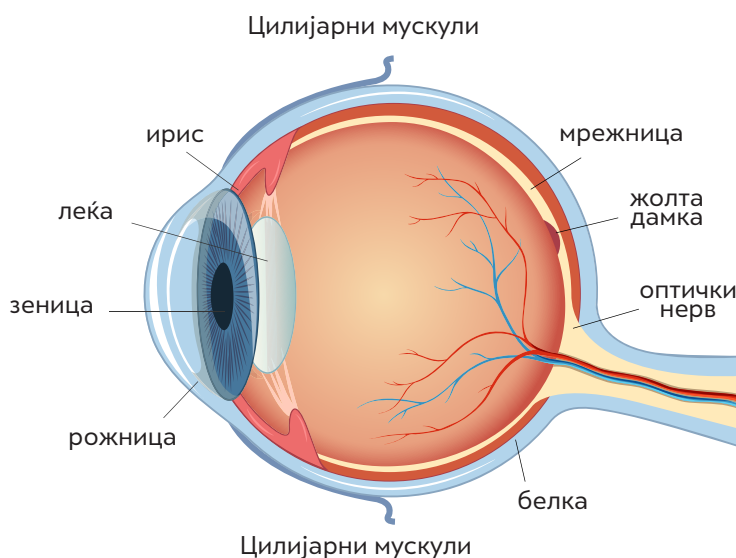
мрежница

жолто петно/
дамка

кратковидост

далековидост

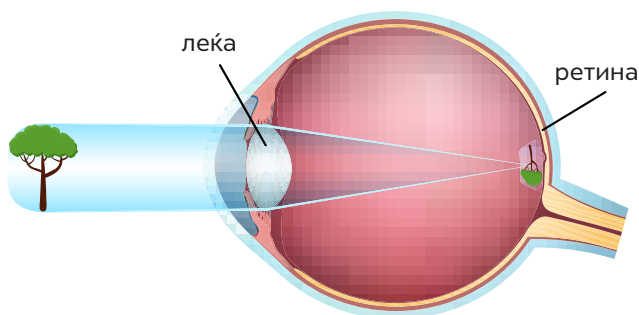
Нашиот вид е резултат на едно од најсовршените природни оптички уреди — човечкото око. Иако на прв поглед изгледа едноставно, окото е сложен оптички систем изграден од повеќе делови кои заедно овозможуваат да ги гледаме предметите околу нас јасно, детално и во боја. Кога светлината рефлектирана од некој предмет влегува во окото, таа се прекршува на неколку места и создава јасен лик. Најважни делови кои учествуваат во овој процес се **очна леќа**, **мрежница** и **жолта дамка**.



Слика 1. Човечко око и неговите делови

Очната леќа се наоѓа зад зеницата и претставува **собирна леќа со променливо фокусно растојание**. Таа е просирна, еластична и може да ја менува својата закривеност со помош на мали мускули. На овој начин окото се приспособува да гледа предмети што се наоѓаат на различни растојанија. Овој процес се нарекува **акомодација на окото**. Кога гледаме блиски предмети, леќата се „заоблува“ или станува поширока на средината, со што фокусното растојание се намалува, а кога гледаме далечни предмети, леќата се „издолжува“, односно станува потенка на средината, со што нејзиното фокусно растојание се зголемува. Кај возрасни лица фокусното растојание на очната леќа се движи во интервалот од 14 mm, кога окото е максимално напрегнато и гледа предмети што се блиску до него, до 17 mm, кога окото гледа предмети што се на големи растојанија и се наоѓа во релаксирана состојба. Кај децата фокусното растојание при максимално напрегање на окото може да се намали уште за неколку милиметри.

На задниот дел од окото се наоѓа **мрежницата**, слој од чувствителни клетки кои ја претвораат светлината во електрични сигнали. Овие сигнали преку очниот нерв се пренесуваат до мозокот, кој го толкува добиениот лик. Најчувствителниот дел од



Слика 2. Формирање лик кај здраво око на човек.

кои ја менуваат формата на леќата речиси не се активни и леќата се наоѓа во својата природна, релаксирана форма. Затоа, читање, цртање или работа со ситни предмети на 25 cm е најпријатно и најмалку заморно за окото. Кога предметите се приближуваат помалку од 25 cm, окото и понатаму може да ги фокусира зраците на жолтата дамка, но со намалување.

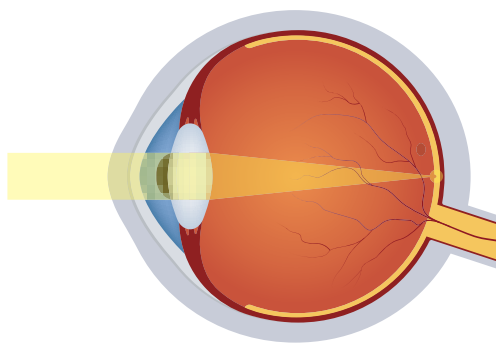
Кај здраво око, правилното прекршување на светлината доведува до тоа ликот да се формира точно на мрежницата, односно на местото каде што се наоѓа **жолтата дамка**. Ликот што се создава е **реален, превртен и намален**, слично како што се формираат ликовите кај собирната леќа, кога предметот е на многу поголемо растојание од фокусното растојание на леќата. Мозокот ја превртува сликата, па предметите ги гледаме исправени.

Но, кај некои луѓе постои нарушување во прекршувањето на светлината низ леќата во окото. Две најчести појави се **кратковидост** и **далековидост**. Кај кратковидоста (миопија) светлинските зраци по прекршувањето низ леќата го формираат ликот пред жолтата дамка, како што е прикажано на Слика 4а. Ова се случува ако очната леќа е премногу заоблена, односно ако има големо фокусно растојание. Кратковидите лица добро гледаат предмети што се блиску, но тешко ги гледаат предметите што се далеку. За корекција се користат **растурни леќи** (очила со негативна оптичка јачина), кои ја растураат светлината пред да влезе во окото, така што зраците повторно се фокусираат на жолтата дамка, Слика 4б.

Далековидоста (хиперопија) е нарушување кога зраците по прекршувањето од леќата го формираат ликот зад жолтата дамка (Слика 5а). Причина за ова е недоволно испакнатата очна леќа, односно леќата има големо фокусно растојание или мала оптичка моќ. Во овој случај, лицето тешко гледа предмети што се блиску до него, а предметите што се далеку ги гледа подобро. Корекцијата се прави со **собирни леќи** (очила со позитивна оптичка јачина), кои ги собираат светлинските зраци пред да влезат во окото, така што зраците повторно се фокусираат на жолтата дамка. Слика 5б.

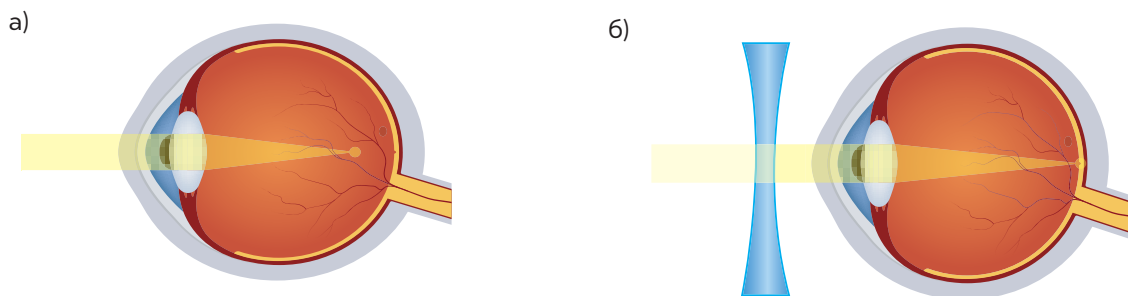
мрежницата е **жолтата дамка**. Тоа е место со најголема концентрација на фоторецептори (клетки кои светлината ја претвораат во нервни – електрични сигнали). Токму тука окото ги создава најострите и најпрецизни слики.

Човечкото око најдобро гледа без никакво напрегање кога предметите се наоѓаат на оддалеченост од окото од 25 cm. На ова растојание мускулите

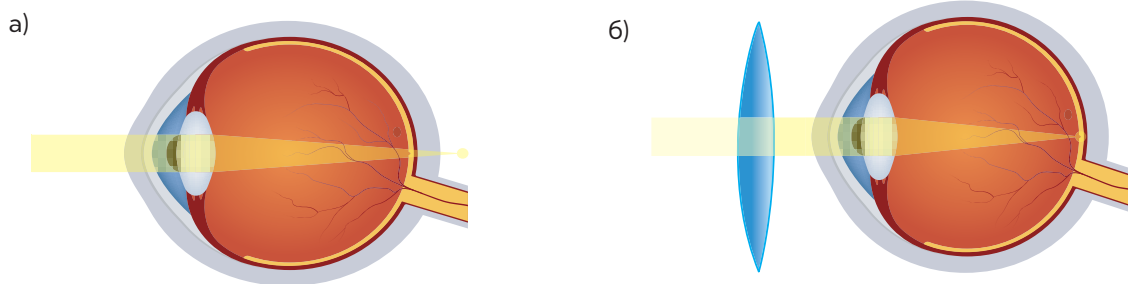


Слика 3. Нормален вид кај здраво око. Зраците по прекршувањето од очната леќа паѓаат на жолтата дамка.

Човечкото око претставува уникатен пример каде што биологијата и физиката се спојуваат: леќа со променлив фокус и сложениот систем за обработка на слика создаваат оптички систем кој сè уште ја надминува точноста и флексибилноста на многу технички уреди.



Слика 4. а) Кратковидост или миопија б) Пред окото се поставува растурна леќа која ги растура зраците пред очната леќа, па по поминувањето низ неа ликот се формира во жолтата точка.



Слика 5. а) Далеквидост или хиперопија б) Пред окото се поставува собирарна леќа која ги собира зраците пред очната леќа, па по поминувањето низ неа ликот се формира во жолтата дамка.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК



Херман фон Хелмхолц (Hermann von Helmholtz, 1821–1894)

Хелмхолц бил германски физичар и физиолог кој дал огромен придонес во разбирањето на видот. Тој прв детално ја опишал акомодацијата или приспособувањето на окото и ја измерил промената на фокусното растојание на очната леќа. Хелмхолц, исто така, го конструирал офталмоскопот — уред кој им овозможува на лекарите да ја набљудуваат внатрешноста на окото. Неговата работа претставува темел на современата офталмологија која е гранка на медицината што се занимава со проучување, дијагностика, лекување и со превенција на болести и нарушувања на окото и на системот за гледање.



АКТИВНОСТ

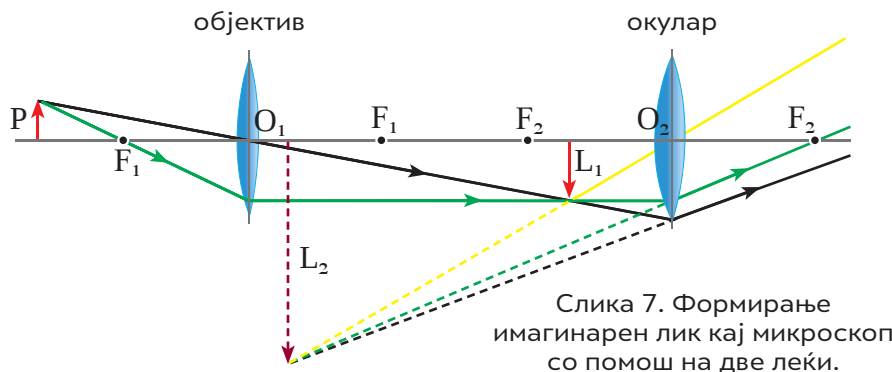
1. Одредување на фокусно растојание на собирарна леќа

Земи очила што се направени од собирарни леќи (може од член на семејството или стар модел). Постави ги на маса и осветли ги со мал извор на светлина (светилка или мобилен). Зад леќата постави бел лист и бавно поместувај ги напред-назад сè додека не добиеш најјасен лик на изворот. Измери го растојанието од очилата до екранот? Што претставува ова растојание? Дали можеш да ја пресметаш оптичката јачина на овие леќи? Дали вредноста што ја пресмета се совпаѓа со оптичката јачина напишана на рамката на очилата? Ако постои разлика, размисли каде можат да

настанат грешки при мерењето? Повтори ја постапката со очила за заштита од сонце? Дали овие очила овозможуваат фокусирање на светлината во една точка? Дали овие очила имаат леќи?

ЗА 5+

Оптичките микроскопи служат за набљудување многу мали предмети кои не можат да се видат со голо око, па дури ни со лупа. Наједноставниот оптички микроскоп се состои од две собирајни леќи поставени една по друга. Леќата што се наоѓа поблиску до предметот се нарекува објектив, а леќата поблиску до окото се нарекува окулар. Начинот на создавање на ликот во микроскопот е таков што секоја од леќите има различна улога во зголемувањето.



Слика 7. Формирање имагинарен лик кај микроскоп со помош на две леќи.

Објективот е собирајна леќа со многу мало фокусно растојание. Кога предметот се поставува малку подалеку од неговото фокусно растојание, објективот создава реален, превртен и зголемен лик. Микроскопот се нагонува така што ликот формиран од

објективот се наоѓа помеѓу фокусот и леќата на окуларот и претставува предмет за окуларот. Во оваа положба, окуларот работи како лупа, создавајќи втор лик кој е имагинарен, уште повеќе зголемен и превртен во однос на вистинскиот предмет.

Конечниот лик што го гледа набљудувачот е резултат на двојно зголемување: прво од објективот, а потоа и од окуларот. На Слика 7 е прикажано формирањето на лик на предмет кај микроскоп.

Вкупното зголемување на микроскопот може да се пресмета преку зголемувањата на објективот и на окуларот со формулата: $u_{\text{микроскоп}} = u_{\text{објектив}} \cdot u_{\text{окулар}}$

ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ

1. Кога окото се однесува како леќа со помало фокусно растојание - при гледање блиску или далеку?
2. Лице користи леќа со јачина -2 D . Колкаво е фокусното растојание на леќата?
3. Далековид човек користи очила со јачина $+3 \text{ D}$. Пресметај го фокусното растојание на леќата.
4. Како растурната леќа помага кратковидо око јасно да гледа.
5. Предмет е поставен 25 cm од окото, а окото може јасно да гледа само на растојание од 50 cm . Каква леќа е потребна за јасно гледање и зошто?

ЗАПОМНИ

- Човечкото око се однесува како собирајна леќа која создава реален, превртен и намален лик.
- Ликот се формира во мрежницата, на најчувствителниот дел што го викаме жолта дамка.
- Кратковидост е нарушување при коешто окото не може јасно да ги види предметите кои се на големи растојанија од него. Се коригира со растурни леќи.
- Далековидост е нарушување при коешто окото не може јасно да ги види предметите кои се на мали растојанија од него. Се коригира со собирајни леќи.

ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Во жолтата дамка има приближно 200000 фоторецептори на mm^2 .

4.13. АДИТИВНО И СУПТРАКТИВНО МЕШАЊЕ НА БОИТЕ

ПОИМИ

основни бои

изведени бои

адитивно
мешањесуптрактивно
мешање

Мрежницата на окото има милиони фотоосетливи рецептори, односно клетки кои се осетливи на светлина. Тие ги претвораат светлинските зраци во електрични нервни импулси кои понатаму се обработуваат во мозокот каде што се формира лик на предметите што ги гледаме. Има два вида фото-осетливи клетки: **стапчиња** и **чепчиња**. Стапчињата се чувствителни на слаба светлина и помагаат да гледаме навечер или во затемнети простории. Тие не се осетливи на бои, туку само ни овозможуваат да гледаме форми и движења кога околу нас е темно. Чепчињата, пак, функционираат најдобро на силна дневна светлина и се осетливи на различни бои. Во човечкото око постојат три вида чепчиња чувствителни на црвена, зелена и на сина светлина. Кога светлината паѓа на нив, тие испраќаат електрични сигнали до мозокот. Мозокот ги комбинира сигналите од трите вида чепчиња и така создава впечаток на целата палета бои што ги гледаме. Затоа, црвената, зелената и сината боја ги нарекуваме **основни бои**.

Адитивно мешање на боите

Адитивното мешање е комбинирање на светлински зраци со различна боја. Ако на некоја од основните бои додадеме друга основна боја, тогаш добиваме **изведени** или **секундарни бои**:

- Црвена + зелена → жолта
- Црвена + сина → магента
- Зелена + сина → тиркизна



Слика 1. Адитивно мешање на основните бои. Три светлински извори се насочени кон екран. Централниот дел на сликата каде адитивно се мешаат трите основни бои е бел. Мешање на две основни бои создава изведена боја.

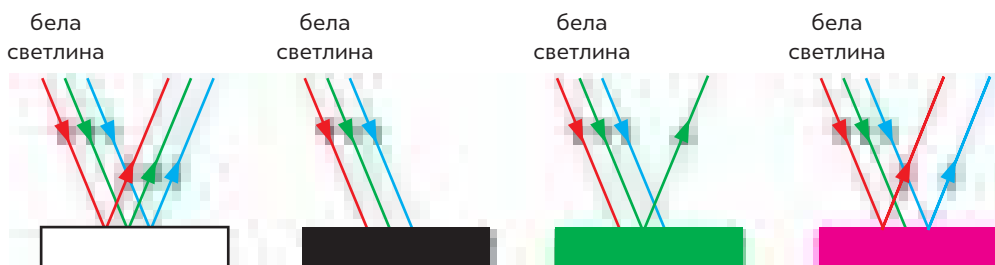
Кога се комбинираат трите основни бои **се добива бела светлина**. На Слика 1 е прикажано адитивно мешање на светлина добиена од светлински извори кои ги емитираат трите основни бои. Примарен начин на добивање бои кај екраните на телефони, компјутери, телевизори и на слични уреди е RGB комбинацијата (скратеница од Red, Green, Blue). Со контролирано додавање на основните бои, може да се добијат милиони различни нијанси на бои.

Адитивното мешање на боите е својствено за светлината и се појавува секогаш кога светлински извори што зрачат светлина во основните бои се насочат кон исто место. Со адитивно мешање на сè повеќе бои, резултатот е посветла боја.

Суптрактивно мешање на боите

Белата светлина е полихроматска светлина, односно таа е составена од повеќе различни бои. Кога белата светлина ќе дојде до некој материјал, одредени бои се апсорбираат, а други се рефлектираат. Притоа, апсорпцијата на некои бои ја толкуваме како одземање боја, а рефлектираната светлина е таа што нашиот мозок ја препознава како боја. Ваквото мешање на боите се нарекува **суптрактивно мешање на боите**.

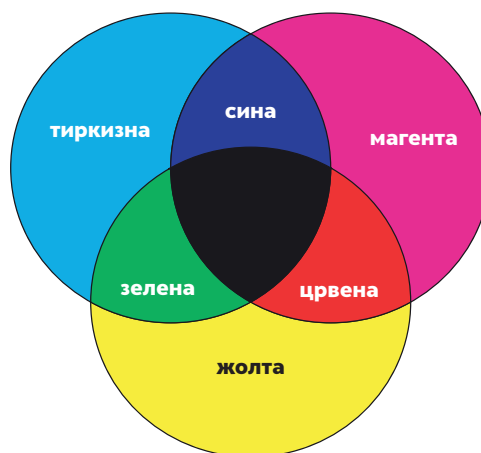
Белата ткаенина ги рефлектира светлинските зраци во сите бои, додека, пак, црната ткаенина не рефлектира светлина, туку ги апсорбира сите светлински зраци кои ќе паднат врз неа (Слика 2). Зелената ткаенина ја рефлектира зелената светлина, но ја апсорбира црвената и сината. Велеме, зелената ткаенина ги одзема или суптрактира сината и црвената боја од белата светлина. За виолетовата ткаенина велеме дека ја одзема или суптрактира зелената боја од белата светлина. Ако оваа површина се осветли со зелена боја, таа ќе изгледа црно.



Слика 2. Апсорпција и рефлексија на светлина од бела, црна, зелена и магента површина.

На Слика 3 е претставено суптрактивното мешање на боите. Просторот на сликата е осветлен истовремено со трите секундарни бои. Суптрактивното мешање на секундарните бои ги дава основните бои:

- тиркизна + магента → сина
- магента + жолта → црвена
- жолта + тиркизна → зелена



Слика 3. Суптрактивно мешање на боите. Три светлински извори на секундарни бои се насочени кон екран. Во централниот дел на екранот, каде што се преклопуваат трите бои, доаѓа до суптрактивно мешање и до апсорпција на секоја од боите, па тој дел изгледа црно.

Освен кај непровидни предмети, суптрактивно мешање на бои се постигнува и кај провидни предмети, како што се оптичките филтри. И кај нив некои бои од светлината се апсорбирани (се одземаат) и не поминуваат низ филтерот. На пример, ако бела светлина паѓа на црвен филтер, ќе биде пропуштена само црвената боја.

Ако предмет го осветлиме со светлини во различни бои, тогаш тој може нам да ни изгледа како да ја „сменил“ својата боја, односно да изгледа поинаку од тоа кога е осветлен со бела светлина. На пример, при осветлување со зелена светлина, црвена маица ќе изгледа црна, затоа што зелената светлина ќе биде апсорбирана. Жолт лимон осветлен со зелена светлина ќе изгледа зелен. Бидејќи жолтата боја се добива со адитивно мешање на црвената и на зелената боја, лимонот ја рефлектира само зелената светлина.

Двата начина на мешање на боите се суштински различни, но секојдневно ги среќаваме ги користиме и едниот и другиот. Разбирајќи ја нивната разлика, ќе се разбере како функционираат мониторите, печатачите и како нашето око и мозокот ја перципираат бојата во светот околу нас. Исто така, ова е важно во области како што се уметност, дизајн, фотографија, печатење, сценско осветлување и во сите области каде што бојата има клучна улога.



АКТИВНОСТИ

1. Истражување со вистински филтри

Земи батериска ламба или тенок сноп од бела светлина и насочи го кон филтер со црвена боја. Види каква светлина поминува низ него. Сега, експериментот повтори го со зелен и со син филтер. Доколку немаш филтри, најди стакла со различна боја. Почни да комбинираш филтри: црвен + зелен, зелен + син, црвен + син. Забележи дека некои комбинации пропуштаат многу мало количество светлина, а некои создаваат нови бои. Кои бои ги добиваш со комбинација на филтрите? Објасни каков вид мешање на бои имаш во оваа активност, адитивно или суптрактивно?

2. Њутнов диск – разложување и повторно спојување на боите

За да разбереш како белата светлина може да се „создаде“ со мешање на боите, изработи Њутнов диск. На парче картон нацртај шест сектори и обои ги со основните и со изведените бои (црвена, портокалова, жолта, зелена, сина, виолетова).

Постави го дискот на стапче, држи го меѓу прстите и брзо заврти го. Ќе видиш дека сите бои се мешаат и дискот ќе изгледа бел. За што е доказ оваа активност? Какво мешање на боите имаме во оваа активност?

3. Боја на предметите

Набави неколку обоени предмети — на пример, црвено, зелено, сино, жолто и бело листче. Осветли ги предметите со црвена, зелена и сина светлина одделно. Запиши под која светлина предметот изгледа светол, темен или ја менува бојата. Дали бојата на предметот е негово својство или зависи од тоа со каква боја е осветлен предметот?

ЗА

5+

Истражи за светлината што ја емитираат ЛЕД-диодите и зошто таа светлина има посебна важност за современата технологија



ИНТЕРЕСНИ ФАКТИ

Кај некои животни, спектарот на видлива светлина е различен. На пример, пчелите гледаат ултра-виолетова светлина.

★ ПОЗНАТ НАУЧНИК

**Шуџи Накамура (Shuji Nakamura 1954)**

Накамура од Јапонија е инженер и физичар кој постигна едно од најважните откритија во модерната оптичка електроника: сина светлечка ЛЕД-диода. Работејќи во деведесеттите години во минатиот век, Накамура успеал да создаде стабилен и енергетски ефикасен материјал – галиум нитрид – кој овозможил производство на сини ЛЕД-диоди, нешто што научниците се обидувале да го постигнат со децении. За ова негово откритие, Накамура ја доби Нобеловата награда за физика во 2014 година. Откритието на сината ЛЕД-диода е од огромно значење, бидејќи токму со комбинација на црвени, зелени и сини ЛЕД-диоди се создава белата светлина, но и сите други бои на екраните. Со времените телевизори, компјутери, мобилни телефони и ЛЕД-дисплеи користат токму вакви диоди за да прикажат јасна, светла и енергетски ефикасна слика. Благодарение на сината ЛЕД-диода, денешните екрани се потенки, поштедливи и повидливи, со многу подобар контраст и резолуција отколку порано.

**ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ**

1. Со свои зборови, објасни кое е адитивно а кое суптрактивно мешање на боите?
2. Зошто црвената роза ако се осветли со сина светлина изгледа црна?
3. Ако на бела ткаенина насочиш црвена и сина светлина, каква боја ќе добиеш?
4. Ако син предмет се осветли со жолта светлина, како ќе изгледа предметот?
5. Два филтри, тиркизен и магента, се поставени еден врз друг. Кој дел од белата светлината ќе биде пропуштен?

**ЗАПОМНИ**

- Основни бои се црвена, зелена и сина. Со нивно адитивно мешање, добиваме бела светлина.
- Секундарни бои се жолта, тиркизна и магента. Со нивно суптрактивно мешање, се добиваат темни нијанси.
- Бојата на осветлен предмет е одредена од апсорпцијата и од рефлексијата на одредени бои.

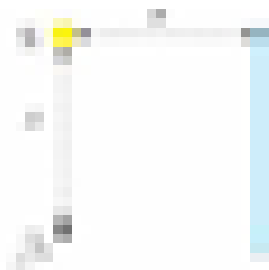
ТЕМА 4. ПРАШАЊА И ЗАДАЧИ ЗА ПОВТОРУВАЊЕ И УТВРДУВАЊЕ

1. Замисли дека се возиш ноќе со автомобил по прав пат и дека во првиот случај има магла, а во вториот случај нема. Во кој од случаите светлата на автомобилот осветлуваат поголем дел од патот? Објасни што се случува со паралелните снопови светлина емитирани од светлата на автомобилот кога било магливо и зошто видливоста е намалена.
2. Наутро сонцето е ниско над хоризонтот. Сенката на едно дрво е долга 20 m. Напладне сенката е само 5 m. Како оваа појава може да се објасни со праволиниско ширење на светлината и со положбата на сонцето?
3. На Земјата настанува смена на ден и ноќ затоа што:
 - а) Земјата е рамна
 - б) Светлината се шири праволиниски и Земјата ротира околу својата оска
 - в) Сонцето се движи околу Земјата
 - г) Земјата има атмосфера
4. Зошто сенката на предметот се менува со менување на растојанието од предметот до светлинскиот извор?

5. Во табелава е даден радиус на сенка создадена од сферен предмет со радиус од 2 cm на екран кој е оддалечен 100 cm од предметот. Предметот е осветлен со точкест извор на светлина:

Растојание од точкестиот извор до предметот (cm)	Радиус на сенката (cm)
10	20
20	10
25	8
40	5
50	4

- а) Нацртај ја зависноста на радиусот на сенката од оддалеченоста на изворот на светлина до предметот.
- б) Со помош на графикот, одреди колкав ќе биде радиусот на сенката кога изворот се наоѓа на растојание од 30 cm од предметот.
- в) На колкаво растојание од предметот треба да биде поставен изворот на светлина за сенката да има радиус од 15 cm.



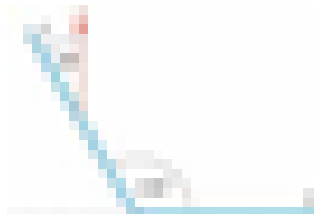
6. На растојание $x = 50\text{ cm}$ од рамно огледало поставен е точкест светлински извор S. На исто растојание x од светлинскиот извор е окото на набљудувачот, како што е прикажано на сликава.
 - а) Графички одреди ја положбата на ликот на светлинскиот извор во рамното
 - б) Пресметај го растојанието од ликот на светлинскиот извор во огледалото до окото на набљудувачот.
7. Човек стои 1,5 m пред огледало и се поместува 0,5 m наназад. При таа положба на човекот, за колку метри се оддалечил неговиот лик од предметот?

8. Две вертикални огледала се поставени на растојание од 2 m. Ученичка стои на 0,5 m од првото огледало. Под претпоставка дека зраците се одбиваат прво од првото, а потоа од второто огледало, одреди:

- а) На колкаво растојание ќе се формира првиот лик во првото огледало?
- б) На колкаво растојание од девојката ќе се формира првиот лик во второто огледало?
- в) Колкаво ќе биде растојанието помеѓу вторите ликови кои се формираат во двете огледала. Направи скица со којашто ќе го прикажеш формирањето на ликовите во огледалата.

9. Светлински зрак паѓа на првото огледало кој се рефлектира и паѓа на второто огледало. (Сликата десно.)

- а) Нацртај го патот на зракот
- б) Определи го упадниот агол на зракот кога тој паѓа на првото огледало.
- в) Определи го упадниот агол кога зракот паѓа на второто огледало.

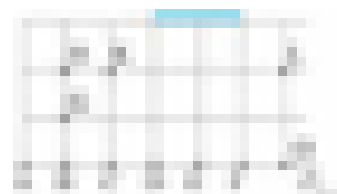


10. Зошто јасно го гледаме својот лик во огледало, но не и во бел сид?

11. Кои од точкестите објекти може да ги види набљудувач кој гледа во рамно огледало во точката О, како што е прикажано на сликава?



12. Четириаголник направен од тенка жица е поставен пред огледало како што е прикажано на сликата лево. Конструирај го ликот на четириаголникот во огледалото.



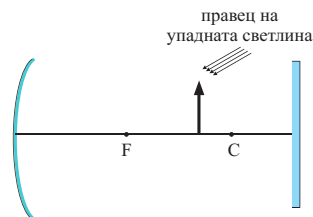
13. Пред вдлабнато огледало со фокусно растојание од 15 cm се поставува предмет на растојание од 30 cm од темето на огледалото.

а) Конструирај го ликот со помош на два карактеристични зраци.

б) Каква е положбата, ориентацијата и големината на ликот во споредба со големината на предметот?

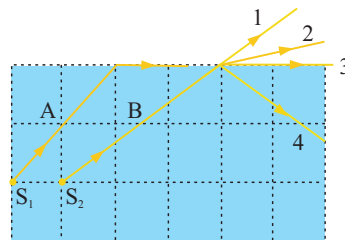
14. Како се менува големината на ликот кај вдлабнато огледало кога предметот се поместува од бесконечност кон фокусот?

15. На сликава е прикажан предмет кој се наоѓа помеѓу вдлабнато и рамно огледало. Светлинските зраци паѓаат на предметот така што прво се формира лик од сферното огледало кој претставува предмет за рамното огледало. Конструирај го прво ликот што ќе го даде вдлабнатото огледало, а потоа ликот кој ќе се добие во рамното огледало.

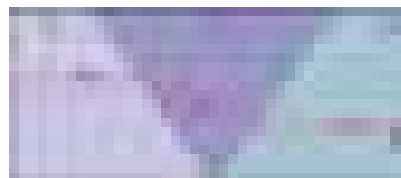


16. Конструирај го ликот на предметот во форма на стрелка кој е поставен пред вдлабнато и пред издадено огледало, како што е прикажано на сликата лево.

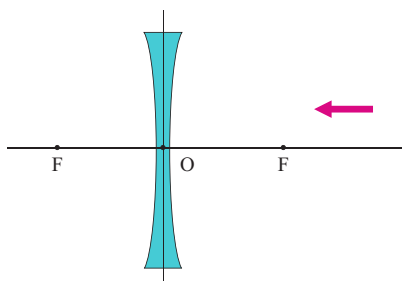
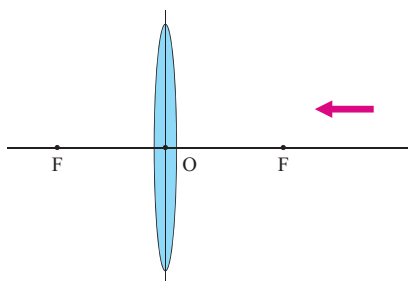
17. На сликата лево се прикажани два светлински извори кои се наоѓаат во вода и емитураат зраци А и В кон граничната површина вода – воздух. На граничната површина зракот А се прекршува под агол од 90° . По кој од понудените правци ќе се шири зракот В кога ќе дојде на граничната површина вода – воздух? Образложи го твојот одговор.



18. Монохроматски светлински зрак поминува низ три оптички средини. Според прекршувањето на зракот, одреди која средина има најголем индекс на прекршување. Дали постојат две средини кои имаат еднаков индекс на прекршување.



19. Колкаво е фокусното растојание на леќа која има оптичка јачина: а) 1 D, б) 0,25 D, в) -4 D, г) -10 D?



20. Конструирај го ликот на предметот во форма на стрелка кој е поставен пред собирана и пред растурна леќа, како што е прикажано на сликата.

А

Агол на одбивање – агол меѓу одбиениот зрак и нормалата

Агол на прекршување – агол меѓу прекршениот зрак и нормалата на граничната површина

Агрегатна состојба – физичка состојба во којашто може да постои една супстанца: цврста, течна или гасовита

Адитивно мешање – мешање на основните бои; со мешање на црвена, зелена и на сина светлина се добива бела светлина

Аморфно тело – цврсто тело без правилна кристална структура (на пр. стакло, пластика)

Анијон – негативно наелектризиран јон се добива кога електронеутралниот атом/група атоми прими еден или повеќе неутрони

Анода – при електролиза, тоа е позитивната електрода

Аномалија на водата – појава при којашто водата има најголема густина на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а не на точката на замрзнување. Намалување на густината на водата со намалување на нејзината температура во интервал од $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Апсолутна нула (T_0) – најниска можна температура, при што молекулите престануваат да се движат: $0\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Апсолутна температура (T) – температура на супстанца изразена во келвини

Апсорпција – примање енергија од површина при изложување на зрачење

Атом – најмала структурна честичка на хемискиот елемент што ги задржува неговите својства, составена од јадро и електронска обвивка

Атомско јадро – централен дел во атомот составен од протони и неутрони

Атмосфера – гасовита обвивка околу Земјата

Б

Бестежинска состојба – состојба во којашто телата немаат тежина

Бела светлина – светлина составена од сите бои на видливиот спектар

Брауново движење – хаотично движење на ситните честички во течност или гас, предизвикано од судири со молекулите на средината

Брзина – промена на некоја величина со текот на времето

Брзина на светлина – растојание што го поминува светлината за 1 секунда. Во вакуум светлината се шири со константна брзина: $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$.

В

Вакуум – простор без воздух

Ват (W) – SI-единица за моќност; 1 W е моќност кога се врши работа (или се предава енергија) од 1 J за време од 1 s

Вектор – насочена отсечка кај којашто се знае која е почетна, а која крајна точка

Векторски величини – физички величини кои имаат големина, правец и насока

Вертикален правец – правец на дејство на Земјината тежа

Вдлабнато (конкавно) огледало – сферно огледало чијашто рефлектирачка површина е во внатрешната страна на исечен дел од сферата

Виножито (суница) – природна појава на дисперзија на сончевата светлина во капки дожд, при што се создава континуиран спектар од бои

Внатрешна енергија – вкупната енергија на сите молекули во едно тело (кинетичка и потенцијална)

Волумен – простор што го зафаќа едно тело или една супстанца.

Г

Галванизација – процес при којшто метален предмет се обложува со друг метал со електрична струја

Галвански елемент – електрохемиски извор на едноточна струја, составен од две различни електроди и електролит

Гас – агрегатна состојба на супстанцата, нема определена форма и волумен; честичките се движат слободно

Геотермална енергија – енергија добиена од топлината во внатрешноста на Земјата

Главна оптичка оска – права линија што минува низ темето и центарот на огледалото или центрите на кружниците од коишто е направена леќата

Гравитациско дејство – привлечно дејство меѓу кои било две тела во Вселената

Гравитациско поле – физичко поле преку коешто се пренесува гравитациското заемнодејство

Гравитациска потенцијална енергија – енергија на телото поради неговата положба во гравитационо поле

Гравитациска сила – мерка за гравитациското дејство

Градбени честички – најситни честички од коишто е составена супстанцата (атоми, молекули, јони)

Граничен агол – најголем агол на упаѓање на светлината на границата од две оптички средини, при што светлината се уште може да премине во друга средина

Грмотевица – звук предизвикан од нагло загревање

и ширење на воздухот околу електричното празнење (молња, гром)

Гром – електрична струја (електрично празнење) меѓу облак и земја

Громобран – метална конструкција поставена на високи објекти што служи за заштита од гром; ја спроведува струјата безбедно во земјата

Густина – количник на масата и волуменот на телото

Д

Далековидост – нарушување при коешто сликата на блиски предмети се формира зад мрежницата; се коригира со собирачки леќи

Движење – промена на положбата на едно тело во однос на други тела

Деформација – промена на обликот (формата) или на големината на телото под дејство на надворешна сила

Диоптер (D) – единица за јачина на леќа; дефинирана како реципрочна вредност на фокусното растојание во метри

Дисконтинуиран спектар – спектар при којшто се појавуваат темни ленти

Дисперзија (разложување) – појава при којашто белата светлина се разложува на спектрални бои при премин низ призма или низ капки вода

Дифузија – процес на самостојно, спонтано, без надворешно влијание, мешање на честички од две супстанции поради нивното хаотично движење

Дифузно одбивање – појава кога светлината се одбива од нерамна површина, па зраците се одбиваат во различни правци

Е

Еднонасочна струја – електрична струја што секогаш тече во иста насока во струјното коло

Експеримент – постапка со којашто се испитуваат, докажуваат или се потврдуваат научни појави или хипотези преку набљудување и мерење во контролирани услови

Еластична потенцијална енергија – енергија што се складира во еластично тело (пружина, гума) при деформација

Електрична централа – постројка што произведува електрична енергија од различни извори (хидро, термо, нуклеарна, соларна)

Електричен извор – уред што овозможува течење на електрична струја во струјното коло

Електрична енергија – енергија што ја носат електричните полнежи во движење; најчесто користена форма на енергија во секојдневието

Електрична инфлуенца (влијание) – појава при

којашто електричниот полнеж во едно тело се прераспределува под влијание на блиско наелектризирано тело, без директен контакт

Електрична струја – насочено движење на електрони (или на други носители на полнеж) низ спроводник

Електрична спроводливост – способност на материјалот да пропушта електрична струја; зависи од бројот на слободни електрони

Електрични силини – замислени силини што го претставуваат правецот и насоката на електричното поле

Електрично поле – физичко поле преку коешто се пренесува електростатското заемнодејство

Електрода – спроводник што се внесува во електролит

Електролиза – процес на разложување на електролитот со помош на електрична струја

Електролит – супстанца којашто во раствор спроведува електрична струја благодарение на присуството на јони (воден раствор на соли, бази или на киселини)

Електролитна дисоцијација – процес при којшто честичките на соли, бази или на киселини се разложуваат на јони кога се раствораат во вода

Електромагнет – уред составен од калем со железно јадро низ кој тече струја; создава силно магнетно поле што може да се вклучува и да се исклучува

Електрометар – мерен инструмент што го покажува количеството на електричен полнеж со којшто е наелектризирано некое тело

Електрон – негативно наелектризирана честичка што кружи околу јадрото на атомот

Електронска обвивка – простор околу јадрото во којшто може да се најдат електроните **Електроскоп** – најстар инструмент за утврдување на наелектризираноста на телата

Електростатска сила – сила што дејствува меѓу два стационарни електрични полнежи, може да биде привлечна или одбивна

Елементарен електричен полнеж (e) – најмало количество електричен полнеж, еднакво на полнежот на еден електрон или на еден протон

Енергија (E) – физичка величина што ја изразува способноста на телото или на системот да врши работа

Енергија на ветер – кинетичка енергија на ветерот

Енергија на вода – потенцијална или кинетичка енергија на водата

Енергија на воден бран – механичка енергија на брановите од вода

Енергија на плима и осека – механичка енергија на водата при плима или при осека

Енергија на фосилни горива – енергија што се добива со согорување на јаглен, нафта и природен гас

Ж

Железно јадро – парче железо внесено во калем за да го засили магнетното поле

Жолто петно (дамка) – најчувствителниот дел на мрежницата каде што се создава ликот

З

Засмодеејство (интеракција) – меѓусебно дејство на две тела

Закон за запазување на механичката енергија – Вкупната механичка енергија во изолиран систем е постојана

Закон за запазување на енергијата – Вкупната енергија во систем не може да се создаде или да се уништи, туку само да се претвора од една форма во друга

Збивање – намалување на должината на некој материјал или на тело кога врз него дејствува сила

Земјино забрзување – забрзувањето што го добиваат сите тела што паѓаат слободно кон Земјата под дејство на нејзината гравитациона сила

Земјина тежа – сила со којашто Земјата ги привлекува телата кон нејзиниот центар

Зрачење (радијација) – пренесување топлина преку топлински бранови

И

Изведени бои – бои добиени со мешање на основните бои

Извор на енергија – природен или технички систем од којшто може да се добие енергија (Сонце, вода, ветер, гориво, батерија)

Издолжување – зголемување на должината на некој материјал или на тело кога врз него дејствува сила

Изолятор – супстанца низ којашто не тече електрична струја

Изолиран систем – физички систем што не разменува енергија или материја со околината

Имагинарен лик – лик што не може да се проектира на екран

Индекс на прекршување (n) – количник на брзината на светлината во вакуум и брзината на светлината во некоја оптичка средина

Испакнато (конвексно) огледало – сферно огледало чијашто рефлектирачка површина е на надворешната страна на исечен дел од сферата

Ј

Јачина на лека – физичка величина што ја покажува способноста на леката да собира или да растура светлински зраци

Јони – атоми или молекули со електричен полнеж кои не се електронеутрални

Јонизатори – уреди што создаваат јони во гасови

Јонизација – процес при којшто атом или молекула губи или прима електрони и се претвора во јон

К

Калем (соленоид) – спроводник навиткан во спирала; кога низ него тече струја, создава магнетно поле слично на магнет во форма на прачка

Калориметар – инструмент за мерење количество на топлина

Катјон – позитивно наелектризиран јон

Катода – при електролиза, тоа е негативна електрода

Келвин (K) – SI-единица за температура

Келвинова температурна скала – апсолутна скала за температура; започнува од апсолутна нула

Кинетичка енергија – енергија што ја има телото што се движи

Коефициент на еластичност – физичка величина што покажува колку сила е потребна за да се издолжи или да се собере едно еластично тело за единица должина

Коефициент на корисно дејство (ефикасност) – однос меѓу корисната работа или енергија и вкупната внесена работа или енергија

Количество електричество (q) – физичка величина што го изразува вкупното количество на електричен полнеж

Компонента на сила – дел од силата што дејствува во одреден правец

Континуиран спектар – спектар во којшто се присутни сите бои на видливата светлина без прекин
Кратковидост (миопија) – нарушување при коешто ликот на далечни предмети се формира пред мрежницата; се коригира со растурни леќи

Краток спој – појава кога два проводника врзани на различни полови на изворот на струја ќе се поврзат директно, без да биде поврзан потрошувач во струјното коло; предизвикува нагло зголемување на јачината на струјата и оштетување на колото

Кристално тело – цврсто тело во кое честичките се подредени во правилна кристална решетка

Кулон (C) – SI-единица за големина на електричен полнеж

Л

Лик (слика) на предмет – претстава на предметот добиена со одбивање или со прекршување на светлината од огледала или од леќи
Луна – собира леќа со мало фокусно растојание што се користи за добивање зголемен имагинарен лик на предметите

М

Магнетизирање – процес при којшто тело што нема магнетни својства станува магнетно под дејство на надворешно магнетно поле

Магнетни силиви линии – замислени линии со коишто се претставува правецот и насоката на магнетното поле

Магнетно заемнодејство – привлечно или одбивно дејство меѓу магнети или меѓу спроводници низ коишто тече струја и магнети

Магнетно поле – физичко поле преку коешто се пренесува магнетното заемнодејство

Маса – мерка за инертноста на телата

Магнетно поле на Земјата – природно магнетно поле создадено од Земјата **Меѓумолекуларни сили** – сили на привлекување или на одбивање меѓу молекулите во супстанцата

Меѓучестичен простор – празен простор меѓу честичките во супстанцата

Мензура – прозирен цилиндричен сад со скала за мерење на волумен на течност

Механичка енергија – збир од кинетичката и потенцијалната енергија на едно тело или на еден систем

Механичка работа (A) – физичка величина што покажува колку енергија добива или губи телото при поместување за 1 m ако на него дејствува сила од 1N

Механичко дејство – електричната струја предизвикува движење на делови од уредот, односно врши механичка работа

Моќност (P) – физичка величина што ја покажува извршената работа во единица време **Молекул а**– честичка составена од два или повеќе атоми поврзани со хемиски врски

Молња (гром) – силно електрично празнење во атмосферата меѓу облаци или меѓу облак и земја

Монохроматска светлина – светлина составена од една боја

Мрежница – внатрешен слој на окото на којшто има фоторецептори

Н

Наизменична струја– електрична струја чијашто насока и јачина периодично се менуваат

Насока – одредување кон кој дел од една права дејствува сила или се движи некое тело

Насока на струја – движење на позитивно наелектризираните честички од позитивниот кон негативниот пол на батеријата

Насочено движење – движење на честичките во една насока

Необновливи извори на енергија – извори што се исцр-

пуваат и не се обновуваат за кратко време

Непросирна средина – материјал низ којшто светлината не може да помине

Неутрон –честичка во јадрото на атомите

Нормала – замислена права линија, под агол од 90° на површината, во точката каде што паѓа светлинскиот зрак

Нормална сила (реакциска сила на подлогата) – сила со којашто подлогата дејствува на телото (под прав агол во однос на подлогата)

Носители на полнеж – честички што се наелектризираните (имаат полнеж)

Нуклеарна енергија – енергија ослободена при нуклеарни реакции

Њ

Њутн – основна единица мерка за сила

О

Обновливи извори на енергија – извори што постојано се обновуваат во природата

Огледална симетрија – појава кај огледалата, при што ликот во рамно огледало е симетричен со предметот и се наоѓа на исто растојание од огледалната рамнина

Одбивање (рефлексија) на светлината – појава при којашто светлината се враќа назад во оптичката средина од којашто упаѓа на границата меѓу две оптички средини

Одбиен зрак – светлински зрак по одбивање од гранична површина

Оптичка средина – секој материјал низ којшто се шири светлината

Оптичко влакно – тенка стаклена или пластична нишка низ која се простира светлината, тотално рефлектирајќи се од неговата обвивка

Основни бои – црвена, зелена и сина; со нивно мешање се добиваат изведените бои

Основни физички величини – седум физички величини со кои се дефинираат сите останати физички величини

Очна леќа –собира леќа во човечкото око

П

Паралелен светлински сноп – збир од светлински зраци кои се движат паралелно еден со друг

Паскал – основна единица мерка за притисок

Планпаралелна плочка – рамно стаклено или пластично тело со паралелни страни

Пластична деформација – деформација по којашто телото не се враќа во првобитната форма по престанување на дејството на силата

Полихроматска светлина – светлина составена од повеќе бои

Полусенка – делумно осветлена област околу сенката

Полупроводник – материјал чијашто електрична спроводливост е меѓу таа на спроводниците и изолаторите

Правец – права по којашто дејствува сила или се движи тело. Секој правец има две насоки

Праволиниски спроводник – прав спроводник низ којшто тече електрична струја и создава магнетно поле околу себе во форма на концентрични кругови

Праволиниско ширење на светлината – светлината се шири во прави линии во хомогена средина

Прекршен зрак – светлински зрак што го менува правецот на ширење при премин од една оптичка средина во друга

Прекршување (рефракција) на светлината – појава при којашто светлинскиот зрак ги менува правецот, насоката и брзината кога преминува од една оптичка средина во друга

Примарен светлински извор – тело што самостојно создава светлина

Природа – целокупниот материјален свет

Притисок – количник на силата и плоштината на површината на којашто дејствува силата под прав агол

Просирна средина – материјал низ којшто може да помине светлината

Протон – наелектризирана честичка во јадрото на атомот

Р

Радиус на закривеност (R) – растојание од темето до центарот на сферата

Радијален правец – правецот што оди по радиус, односно по права линија што поврзува централната точка (центарот) со некоја точка во просторот или на површината.

Рамно огледало – мазна и рамна површина што целосно ја одбива светлината

Рамнотежна положба – положба на телото или на честичката, при што збирот на сите сили што му/ѝ дејствуваат е нула

Растурна (конкавна) леќа – оптичка леќа со вдлабната форма

Реален лик – лик што може да се проектира на екран

Референтна рамнина – замислена рамнина што се користи како основа за мерење на висина, положба или на енергија на телата

С

SI – скратеница за Меѓународниот систем на мерни единици

Светлински зрак – замислена линија што го претставу-

ва правецот на ширење на светлината

Светлински извор – тело или уред што емитира светлина

Светлински сноп – збир од многу светлински зраци што се движат во ист правец и насока

Светлинско дејство – појава при која електричната струја предизвикува емисија на светлина

Секундарен светлински извор – тело што не создава светлина, туку ја одбива светлината од примарниот извор

Сенка – темна област зад непроѕирно тело

Сила – мерка за заемното дејство на телата

Сила на триење – сила што се појавува кога две тела се во контакт, при што најмалку едно од телата или се движи или под дејство на сила се придвижува

Скаларни величини – физички величини што имаат само големина (нумеричка вредност)

Слободни електрони – електрони во металите што не се врзани за одреден атом

Собирна (конвексна) леќа – оптичка леќа со испакната форма

Соединение – супстанца составена од атоми или од јони на два или повеќе различни елементи

Соларна (сончева) енергија – енергија добисна од зрачењето на Сонцето

Спектрален филтер – уред што пропушта само одредена боја од светлината и ги задржува останатите **Спектрални бои** – основни бои на видливиот светлосен спектар: црвена, портокалова, жолта, зелена, сина, темносина и виолетова

Специфичен топлински капацитет (c) – количество топлина потребна за да се загрее 1 kg супстанца за 1 °C

Спроводливост – способност на материјалот да пропушта електрична струја; зависи од бројот на слободни електрони

Спроводник – материјал што лесно пропушта електрична струја

Средна брзина – аритметичка средина на брзините на сите честички во супстанцата

Струен удар – течење струја низ човечкото тело **Струење (конвекција)** – пренесување топлина со движење на течности или гасови.

Струјно коло – затворен круг од спроводници низ кој тече струја

Суптрактивно мешање – мешање на пигментски бои

Супстанца – материја од којашто се изградени телата

Сферно огледало – огледало чијашто огледална површина е дел од сферата. Може да биде испакнато или вдлабнато

Т

Тежина на тело – сила со којашто телото дејствува на хоризонтална подлога или го затегнува крајот на којшто е обесено

Теме – точка на површината на огледалото каде што главната оптичка оска го сече огледалото

Температура (t) – физичка величина што го покажува степенот на загреаност на телото, мерка за средната кинетичка енергија на честичките од коишто е направено телото

Термометар – инструмент за мерење температура

Течност – агрегатна состојба на супстанцата

Топлина (Q) – енергија што се пренесува од едно тело на друго поради разлика во температурата

Топлинска енергија – дел од внатрешната енергија што се пренесува од едно тело на друго поради разлика во температурата (исто како со топлина)

Топлинска размена – процес на пренесување топлина меѓу тела или меѓу системи

Топлинска рамнотежа – состојба кога телата што се во контакт имаат иста температура и нема размена на топлина

Топлински изолатори – материјали што тешко пренесуваат топлина

Топлински спроводници – материјали што лесно пренесуваат топлина

Топлинско дејство – загревање на материјалите поради течење на електрична струја низ нив **Топлоспроводливост (кондукција)** – пренесување топлина низ тело без пренесување на материја

Тотална рефлексција – појава кога светлината целосно се одбива назад во средината од којашто паднала на граничната површина, при премин од средина со поголема оптичка густина во средина со помала оптичка густина

Точкест светлински извор – извор на светлина со занемарливи димензии или е многу далеку

У

Упаден агол – агол меѓу упадниот зрак и нормалата

Упаден зрак – светлински зрак што паѓа на површината

Ф

Фатаморгана – оптичка појава во атмосферата предизвикана од прекршување на светлината во слоеви со различна температура и оптичка густина

Физичко поле – форма на материјата, посредник при заемнодејство на тела коишто не се во контакт

Фокус на леќа – точка на оптичката оска каде што во прекршувањето се собираат светлинските зраци кои упаѓаат паралелно на оптичката оска кај собира леќа

или, пак, се сечат продолженијата на расеаните зраци по прекршувањето кај растурна леќа

Фокус на сферно огледало – точка на главната оптичка оска каде што се собираат светлинските зраци кои упаѓаат паралелно на главната оптичка оска кај вдлабнатото сферно огледало или, пак, се сечат продолженијата на расеаните зраци по одбивањето кај растурното огледало

Фокусно растојание кај леќи (f) – растојание од оптичкиот центар до фокусот на леќата

Фокусно растојание кај сферни огледала (f) – растојание од темето на огледалото до фокусот кај сферните огледала

Фоторецептори – клетки чувствителни на светлина

Х

Хемиска енергија – енергија складирана во хемиските врски на молекулите

Хемиски елемент – супстанца составена од идентични атоми

Хемиско дејство – хемиски реакции предизвикани од течење на електрична струја низ супстанците

Хомогено магнетно поле – магнетно поле со иста густина на магнетните силиви линии

Хомогена средина – средина во којашто различни својства (како што се густина, состав или структура) се исти во сите делови од телото

Ц

Цврсто тело – има определена форма и волумен

Целзиусова температурна скала – скала во којашто за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ е земена температурата на замрзнување на водата, а за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ е земена температурата на вриење на водата

Целзиусов степен ($^{\circ}\text{C}$) – единица за температура во Целзиусовата скала

Центар – центар на сферата од чијшто дел е и огледалото

Ч

Честичен модел – научен модел што ја објаснува градбата на супстанциите преку постоење на градобени честички кои се во постојано движење и кои меѓусебно заемнодејствуваат

Џ

Џул (J) – SI-единица за енергија; 1 J е работата што ја врши сила со големина од 1 N кога поместува тело за 1 m .

ТЕМА 1: ЕНЕРГИЈА

1.4. Кинетичка енергија

4. Кинетичката енергија на топката е $0,9 \text{ J}$

5. Велосипедист (5 m/s): 1000 J , Велосипедист (10 m/s): 4000 J . Брзината е 2 пати поголема, а енергијата 4 пати поголема.

1.5. Гравитациско потенцијална енергија

4. Масата на телото е 10 kg 5. а) Кутијата е на висина 2 m б) Новата потенцијална енергија е $39,24 \text{ J}$ в) Промената на енергијата е $39,24 \text{ J}$

1.6. Еластична потенцијална енергија

3. Еластичната потенцијална енергија е $0,125 \text{ J}$

4. Еластичната потенцијална енергија е $0,04 \text{ J}$

5. Еластичната потенцијална енергија вториот пат е 4 пати поголема од првиот пат.

1.7. Закон за запазување на механичката енергија

3. Кинетичката енергија е 4000 J

4. Брзината на висина $0,2 \text{ m}$ е приближно $4,10 \text{ m/s}$

5. Брзината што ја има топчето изнесува $4,43 \text{ m/s}$

1.8. Закон за запазување на енергијата

3. Топлинската енергија е $49,05 \text{ m J}$ и зависи од масата (m). По килограм маса, тоа е $49,05 \text{ J/kg}$

4. Во ударот се претвориле околу $1,18 \text{ J}$ во топлина и звук.

5. Брзината на крајот е приближно $5,39 \text{ m/s}$

1.9. Механичка работа

4. Работата што ја извршува силата е 25 J ; Работата на силата на триење е $-2,5 \text{ J}$ 5. а)

Работата на лифто е 2943 J б) Потрошена енергија во форма на топлина е 15057 J

1.10. Моќност и коефициент на корисно дејство

4. Моќноста е $24,5 \text{ W}$ 5. а) Корисна енергија: 2000 J б) Моќност: 200 W в) Загуби: 3000 J

1.11. Прашања и задачи за повторување и утврдување

9. а) 10% од енергијата оди за механичката работа на срцето б) 27 kJ се претвориле во топлина.

10. а) 630 J се рефлектираат б) 63% од примена енергија се рефлектира.

12. Кинетичка енергија: при 40 km/h е $55,6 \text{ kJ}$, при 80 km/h е $222,2 \text{ kJ}$ б) Кинетичката енергија при 80 km/h е 4 пати поголема од онаа при 40 km/h

13. Кинетичката енергија на скијачот се намалила за 2800 J (загуба на енергија)

14. Наклонот на правата е 10 . Масата на телото е 1 kg 16. а) $0,16 \text{ J}$; $0,32 \text{ J}$ б) 2 пати поголема енергија.

17. Кинетичка енергија во точка С е 80 J , а потенцијалната енергија во точка А е 60 J .

18. а) Моќноста е 75 W б) Работата е 45000 J

19. а) Работата е 1060 J б) Моќноста е 177 W в) Потрошената енергија е 1270 J

ТЕМА 2: ВНАТРЕШНА ЕНЕРГИЈА И ТОПЛИНА

2.4. Температура. Температурни скали

3. Температурата е $268,15 \text{ K}$
4. Температурата е $-23,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Разликата во температурите е $17 \text{ }^{\circ}\text{C} = 17 \text{ K}$

2.5. Топлинско ширење на цврсти тела

4. Должината по загревањето е $1,0012 \text{ m}$ (или $1001,2 \text{ mm}$)
5. Прачката се издолжила за $0,01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$

2.7. Топлински промени кај гасовите

2. Волуменот е 4 L
3. Температурата е 566 K (односно $293 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
4. Притисокот е 360 kPa
5. 1,15 пати

2.8. Промени кај гасовите при константна температура

3. Притисокот е 200 kPa
4. Волуменот е $33,3 \text{ cm}^3$
5. Волуменот е 800 mL

2.12. Специфичен топлински капацитет

3. Топлината е $21\,000 \text{ J}$
4. Топлината е $55\,200 \text{ J}$
5. Промената на температурата е $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

2.13. Топлинска рамнотежа. Закон за запазување на енергијата

4. Температурата е $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$
5. Специфичниот топлински капацитет е $370 \text{ J/(kg }^{\circ}\text{C)}$

2.14. Прашања и задачи за повторување и утврдување

9. Зголемувањето е $10 \text{ K} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
13. Промената на должината е $0,06 \text{ cm} = 0,6 \text{ mm}$
14. а) Волуменот по загревањето е $0,0002505 \text{ m}^3$ б) Густината се намалува (од 8000 на 7984 kg/m^3), бидејќи масата е иста, а волуменот се зголемува.
17. Волуменот е $1,002 \text{ L}$
18. а) Волуменот е $1,8 \text{ L}$ б) Густината се намалила 1.5 пати.
19. а) Притисокот е 266 kPa б) Возењето е безбедно
20. Волуменот е 2 L
21. Притисокот е 320 kPa
25. Намалувањето е 4520 J
31. Масата на коцката е $0,124 \text{ kg}$, промена на температурата е $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$, топлинската енергија што ќе се ослободува е приближно 390 J
32. а) $19\,000 \text{ J}$ топлина б) Внатрешната енергија се намалила за $19\,000 \text{ J}$

35. Течноста Б има поголем специфичен топлински капацитет. Тој е 2 пати поголем од оној на течноста А.
36. Специфичниот топлински капацитет на металот е приближно $865 \text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$

ТЕМА 3: ЕЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗАМ

3.1 Градба на атомот. Електрични полнежи

4. Полнежот содржи 2 елементарни полнежи.
5. Електричниот полнеж е $8 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ (негативен, бидејќи има вишок електрони).

ТЕМА 4. СВЕТЛИНА

4. 5. Сферни огледала

3. Фокусното растојание е 30 cm
4. Радиусот на закривеност е 50 cm.

4. 9. Оптички леќи

3. Фокусното растојание е $-0,1 \text{ m} = -10 \text{ cm}$. Негативниот знак значи дека станува збор за растурна (дивергентна) леќа.

4. Количникот на оптичките јачини е 2:1

4. 14. Прашања и задачи за повторување и утврдување

9. Ликот се оддалечил од предметот за 1 m (од 3 m на 4 m)
10. а) 1 m од ученичката б) 4 m од ученичката в) 8 m
21. а) 1 m, собирна леќа б) 4 m, собирна леќа в) -25 cm , растурна леќа г) -10 cm , растурна леќа



Акционерско друштво за издавање учебници и наставни средства
ПРОСВЕТНО ДЕЛО-АД Скопје, ул. „Димитрие Чуповски“ бр. 15

За издавачот:
м-р Павле Петров,
генерален директор

**Физика за VIII одделение
во основно образование**

Автори:
проф. д-р Ламбе Барандовски
м-р Вера Зороска

Главен уредник:
Весна Дукоска

Уредник:
Фросина Арсевска

Лектура и јазично уредување:
Гордана Ацеска

Ликовно-графички уредник:
Сузана Томовска

Илустрации: Shutterstock i Freepik
Место и година на издавање:

Скопје, 2025
ISBN: 978-608-228-592-4
Обем 236 страници. Формат: 200x270 мм.
Тираж: 13171

Книгата е отпечатена во печатница:
ПЕЧАТНИЦА ЕВРОПА 92 ДООЕЛ
ул. Крижевска бр. 52, 2300 Кочани

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

373.3.016:53(075.2)=163.3

БАРАНДОВСКИ, Ламбе

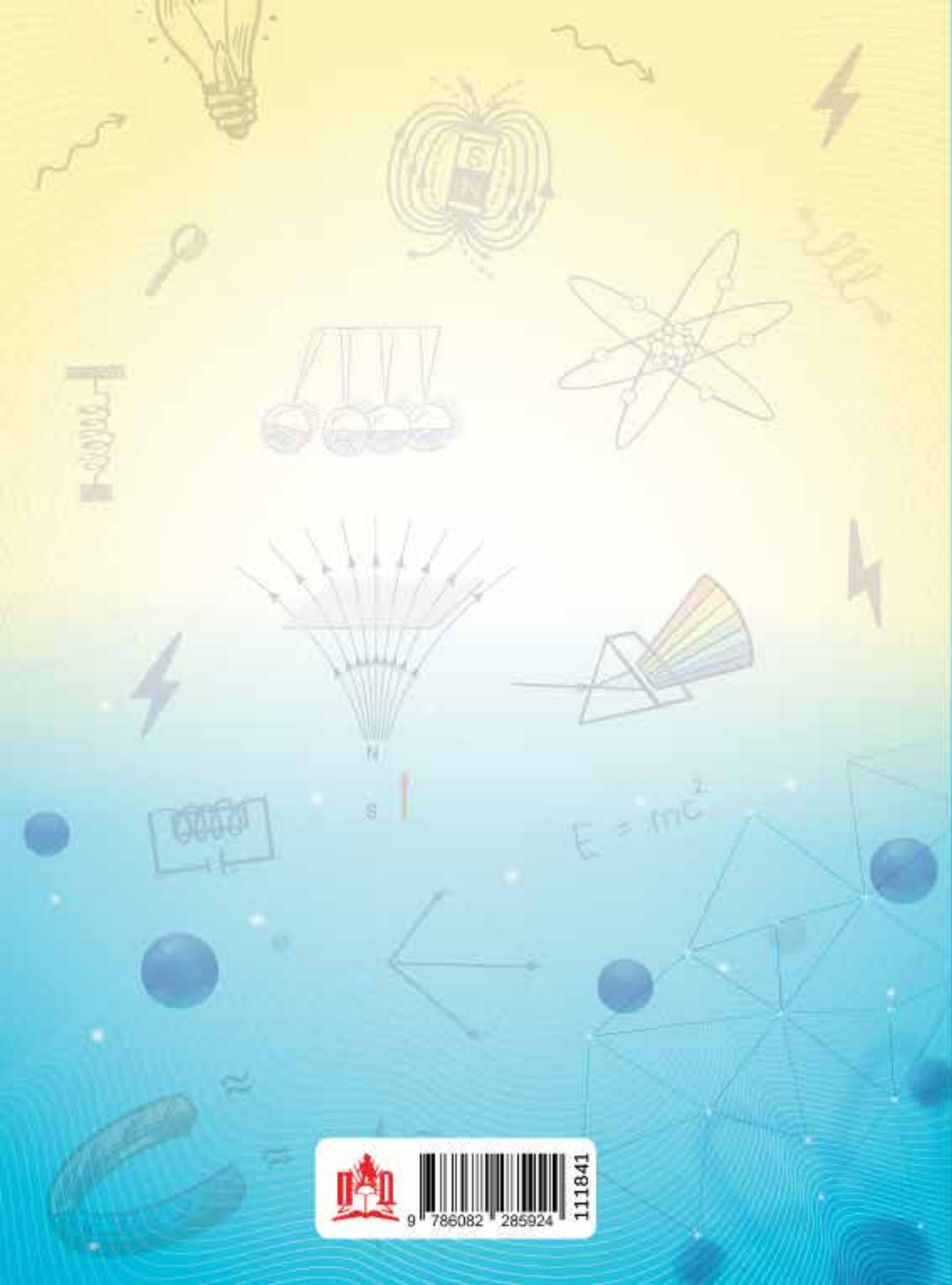
Физика за VIII одделение во основно образование / Ламбе Барандовски,
Вера Зороска. - Скопје : Просветно дело, 2026. - 236 стр. : илустр. ; 27 см

Индекс на поими: стр. 225-230

ISBN 978-608-228-592-4

1. Зороска, Вера [автор]

COBISS.MK-ID 69105669



9 786082 285924

111841