

Lambe Barandovski
Vera Zoroska



İLKÖĞRETİM VIII. SINIF

FİZİK

DERS KİTABI



Prof. Dr. Lambe Barandovski

Vera Zoroska, MSc



Yazarlar:

Prof. Dr. Lambe Barandovski – Fizik Enstitüsü, Fen-Matematik Fakültesi, Aziz Kiril ve Metodiy Üniversitesi, Üsküp

Yüksek Lisans Mezunu Vera Zoroska – “Hristo Uzunov” İlköğretim Okulu, Ohri

Değerlendirenler:

Prof. Dr. Boce Mitrevski – Üsküp Aziz Kiril ve Metodiy Üniversitesi Fen-Matematik Fakültesi

Prof. Dr. Danica Krstovska – Üsküp Aziz Kiril ve Metodiy Üniversitesi Fen-Matematik Fakültesi

Katica Mitovska Hristovska – “Koço Racin” İlköğretim Okulu, Üsküp

Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Ulusal Ders Kitapları Komisyonunun 25.06.2026 tarihli kararı ve Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı Pedagoji Hizmetleri Birimi tarafından 29.06.2026 tarihinde 26-766/1 sayı ile kayıt altına alınan onay doğrultusunda, bu Fizik 8. Sınıf Ders Kitabının ilköğretimde kullanılması uygun bulunmuştur.

Sevgili Öğrenciler,

Fizik, çevremizdeki dünyayı anlamamıza yardımcı olan bir bilim dalıdır. Günlük yaşamda karşılaştığımız en basit olaylardan, evrende gerçekleşen karmaşık doğal süreçlere kadar uzanan birçok olguyu açıklar. Bu ders kitabı, fiziği yalnızca formüller ve yasalardan oluşan bir bilgi bütünü olarak değil, sürekli gelişen, her doğal olgunun açıklanmasına katkı sağlayan ve gerçek yaşamda uygulama alanı bulan bir bilim dalı olarak adım adım tanımanıza yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır.

Bu ders kitabı, her konunun bir önceki konunun devamı niteliğinde olacak şekilde yapılandırılmıştır. Kavramlar; açık tanımlar, açıklamalar ve örneklerle aşamalı olarak sunulmuş, ayrıca fizik yasalarının günlük yaşamda karşılaşılan olaylarla ilişkilendirilmesine özel önem verilmiştir. Bu sayede fizik daha anlaşılır, uygulanabilir ve ilgi çekici hâle gelmektedir.

Bu ders kitabının önemli özelliklerinden biri, temel metnin yanı sıra aşağıdakileri de içermesidir:

- ❖ araştırma etkinlikleri ve deneyler,
- ❖ bağımsız olarak çıkarım yapmanızı teşvik eden düşünme soruları,
- ❖ farklı zorluk düzeylerinde problemler,
- ❖ en önemli fikirleri vurgulayan kısa “Hatırlayınız” bölümleri,
- ❖ fiziğin teknoloji, doğa ve günlük yaşamdaki uygulamalarına ilişkin örnekler.

Bu yaklaşım sayesinde ders kitabı sizden yalnızca bilgileri ezberlemenizi istemez; aynı zamanda düşünmenizi, “neden?” ve “nasıl?” sorularını sormanızı, gözlem yapmanızı, karşılaştırmanızı ve deneyler gerçekleştirmenizi teşvik eder. Fizik yalnızca kitaptan öğrenilmez; araştırılarak da öğrenilir.

Öğrenciler, meraklı olun! Soru sormaktan ve hata yapmaktan korkmayın; çünkü hatalar öğrenmenin bir parçasıdır. Her büyük fizikçi, bir zamanlar bir olayın neden tam da o şekilde gerçekleştiğini merak eden bir öğrenciydi. Araştırın, deney yapın ve eleştirel düşünün. Fizik yasaları yalnızca öğrenilmek için değil, keşfedilmek, anlaşılacak ve gelecekte dünyayı daha iyi bir hâle getirecek bilimsel ve teknolojik gelişmelerde kullanılmak için vardır.

Fizik dünyasında yapacağınız yolculuğun başarılı ve ilham verici geçmesini dileriz!

Yazarlar

AÇIKLAMA



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK



ETKİNLİKLER

İLERİ DÜZEY



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



İLGİNÇ BİLGİLER



SORULAR VE ÖDEVLER



HATIRLAYINIZ

İÇİNDEKİLER

KONU 1 ENERJİ.	7
1.1.Enerji ve Enerji Türleri.....	8
1.2.Enerjinin Bir Türden Başka Bir Türe Dönüşümü	12
1.3.Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	15
1.4.Kinetik Enerji.....	20
1.5.Gravitasyon(Yerçekimi) Potansiyel Enerjisi	24
1.6.Esneklik Potansiyel Enerjisi	31
1.7.Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası.....	35
1.8.Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası	39
1.9.Mekanik İş	43
1.10.Güç ve Verim (Verim Katsayısı)	49
KONU 1. Değerlendirme Soruları ve Problemler.....	55
 KONU 2: İÇ ENERJİ VE ISI	57
2.1.Maddenin Yapısı	58
2.2.Tanecikler Arası Boşluk ve Tanecikler Arası Kuvvetler	62
2.3.Maddenin Hâlleri	66
2.4.Sıcaklık. Sıcaklık Ölçekleri	70
2.5.Katı Cisimlerde Isıl Genleşme.....	74
2.6.Sıvılarda Isıl Genleşme. Suyun Anomalisi	78
2.7.Gazlarda Isıl Değişimler	82
2.8.Sabit Sıcaklıkta Gazlarda Meydana Gelen Değişimler	87
2.9.İç Enerji, Isı ve Sıcaklık	90
2.10.Isının Aktarılması. Isı İletimi (Kondüksiyon)	94
2.11. Konveksiyon (Taşınım) ve Radyasyon (Işıma) Yoluyla Isı Aktarımı	97
2.12.Özgül Isı Kapasitesi(Sığası)	102
2.13. Isıl Denge. Enerjinin Korunumu Yasası	106
KONU 2. Değerlendirme Soruları ve Problemler.....	109

KONU 3: ELEKTRİKLENME VE MANYETİZMA.111

3.1.Atomun Yapısı. Elektrik Yükleri	112
3.2.Cisimlerin Elektriklenmesi	116
3.3.Elektrik Alanı.....	120
3.4.Elektrik Akımı ve Elektrik Akımı Kaynakları	125
3.5. Elektrik Akımı Kaynakları	129
3.6. İletkenler, Yarı İletkenler ve Yalıtkanlar	133
3.7. Elektrik Akımının Kullanımında Alınması Gereken Güvenlik Önlemleri	136
3.8. Sıvılarda Elektrik Akımı	139
3.9. Gazlarda Elektrik Akımı ve Atmosferdeki Elektriksel Olaylar	143
3.10. Elektrik Akımının Etkileri.....	147
3.11. Mıknatıslar ve Manyetik Alan	152
3.12. Elektrik Akımının Manyetik Alanı. Elektromıknatıs	157
KONU 3. Değerlendirme Soruları ve Problemler.....	163

KONU 4: IŞIK 165

4.1.Işığın Yayılması.....	166
4.2.Gölge ve Yarı Gölge	169
4.3.Işığın Yansıması	174
4.4.Düzlem Ayna ve Düzlem Aynada Görüntü	177
4.5.Küresel Aynalar	182
4.6.Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu	186
4.7.Işığın Kırılması	191
4.8.Tam Yansıma	196
4.9.Optik Mercekler	202
4.10.Merceklerde Görüntü Oluşumu.....	207
4.11. Işığın Dağılımı (Dispersiyon)	211
4.12.İnsan Gözünün Yapısı	215
4.13. Renklerin Toplamsal ve Çıkarımsal Karışımı	219
KONU 4. Değerlendirme Soruları ve Problemler.....	223
Kavramlar Dizini.....	225
Bazı Problem ve Soruların Cevapları	231

Konu 1:

ENERJİ

Bu konu, çevrendeki dünyayı anlamana yardımcı olacaktır: Topun neden zeminden sekerek geri döndüğünü, enerjinin bir pilde nasıl depolandığını, koşarken neden yorulduğumuzu ve enerjiyi nasıl bilinçli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanabileceğimizi öğreneceksin.

Enerji görünmezdir, ancak her yerdedir: Rüzgâr türbinlerinin kanatlarını döndüren rüzgârda, yüksekte düşen suda, sıçrayan bir cisimde ve Dünya'daki yaşamı mümkün kılan Güneş ışınlarında bulunur. Bu konuyu inceleyerek kinetik enerji, çekim potansiyel enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi, ısı enerjisi, ışık enerjisi ve elektrik enerjisi gibi farklı enerji türlerinin var olduğunu keşfedecek, bunları günlük yaşamda karşılaşılan durumlarda tanımayı öğreneceksin.

Hareket eden bir cismin sahip olduğu enerjiyi hesaplayabilecek, enerjinin bir türden başka bir türe nasıl dönüştüğünü anlayacak ve enerjinin nasıl aktarıldığını öğreneceksin. Ayrıca, enerjinin yoktan var edilemeyeceğini ve yok edilemeyeceğini, yalnızca bir türden başka bir türe dönüşebileceğini ifade eden Enerjinin Korunumu Yasası'nı da öğreneceksin. Bir kuvvet tarafından yapılan mekanik iş ile bu işin cismin enerjisini nasıl değiştirdiği arasındaki ilişkiyi kavrayacaksın.

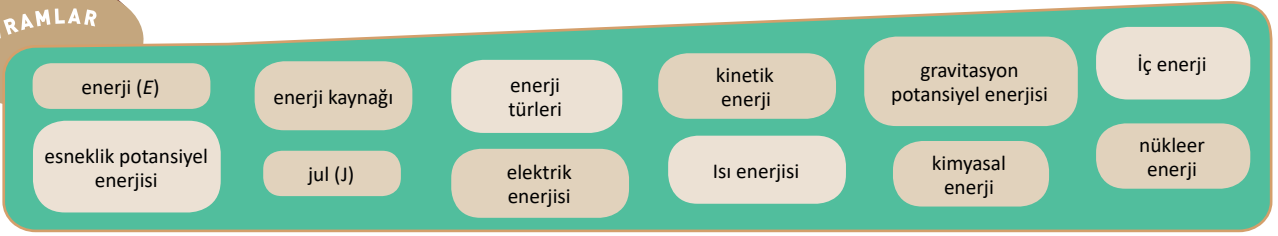
Öğrenme Kazanımları

Öğrenci, aşağıdakileri yapabilecektir:

- Enerji kavramını açıklayabilecek, farklı enerji türleri ile farklı enerji kaynakları arasındaki farkı ayırt edebilecektir;
- Verilen cisimlerin kinetik enerjisini, çekim potansiyel enerjisini ve esneklik potansiyel enerjisini hesaplayabilecektir;
- Enerjinin dönüşümünü ve aktarımını analiz edebilecektir;
- Enerjinin Korunumu Yasası'nı gerçek yaşamdan örnekler üzerinde uygulayabilecektir;
- İş ve enerji arasındaki ilişkiyi açıklayabilecektir.

1.1. ENERJİ VE ENERJİ TÜRLERİ

KAVRAMLAR

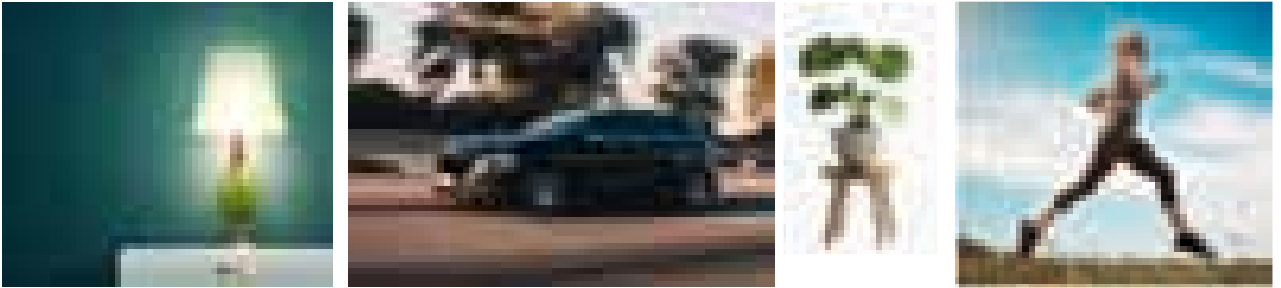


ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

Çevremiz, cep telefonu, lamba, televizyon, klima ve otomobil gibi enerji kullanan cihazlarla çevrilidir. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar da enerjiye ihtiyaç duyar. Bunların her biri, enerjiye sahip olduklarında bir iş yapabilir veya herhangi bir değişime neden olabilir. Elektrik enerjisi olmadığında lamba yanmaz, yakıtı olmayan (veya bataryası boş olan) bir otomobil hareket edemez, besin ve ışık olmadan bir bitki büyüyemez, insan ise beslenmediğinde büyüyüp gelişemez, hareket edemez, çalışamaz ve üretemez.

Enerji, madde ve fiziksel alan ile birlikte, maddenin var olma biçimlerinden biridir.

Enerji, bir cismin veya sistemin iş yapabilme ya da bir değişime neden olabilme yeteneğidir.



Şekil 1. Farklı enerji türleri. Yanan bir lamba, hareket hâlindeki bir otomobil, büyüyen bir bitki ve koşan bir insan.

Enerji, türetilmiş bir fiziksel büyüklüktür ve **E** sembolü ile gösterilir. Enerji, skaler bir büyüklüktür. Enerjinin temel birimi ****1 J (bir jul)**** dur.

Çevremiz, farklı enerji türlerine sahip cisimler, nesneler ve maddelerle doludur. Bu tür cisimlere, nesnelere veya maddelere **enerji kaynakları** denir. İnsanlar enerji kaynaklarını kullanırlar; çünkü sahip oldukları enerji bir yerden başka bir yere, bir cisimden başka bir cisme aktarılabilir, bir enerji türünden başka bir enerji türüne dönüştürülebilir veya mekanik iş yapmak için kullanılabilir.

Rüzgâr, akan veya belirli bir yükseklikten düşen su, petrol, kömür, doğal gaz, odun ve yanabilen tüm maddeler, nükleer yakıt, canlıların tükettiği besinler, jeotermal kaynaklar ve deniz dalgaları enerji kaynaklarına örnektir.

Bununla birlikte, Dünya'daki yaşam için en büyük ve en önemli enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş'in ısı ve ışığı olmadan bitkiler, hayvanlar, hareket hâlindeki su ve bildiğimiz şekliyle iklim var olamazdı. İnsanların kullandığı enerjinin büyük bir bölümü dolaylı olarak Güneş'ten gelir.

ENERJİ TÜRLERİ

Enerji, cismin hareketinden veya cisimler ya da tanecikler arasındaki etkileşimden kaynaklanmasına bağlı olarak farklı türlerde bulunabilir. Bu nedenle enerji, hareket enerjisi (kinetik enerji) ve cisimler ya da tanecikler arasındaki etkileşim enerjisi (potansiyel enerji) olarak sınıflandırılır.

Kinetik enerji

Hareket eden her cisim kinetik enerjiye sahiptir. Bir cismin kinetik enerjisi, kütlesine ve hareket ettiği hıza bağlıdır. Cisim durduğunda kinetik enerjisi yok olmaz; başka bir enerji türüne, çoğunlukla da ısı enerjisine dönüştür (hareket eden cisim ile yüzey arasındaki sürtünme nedeniyle). Kinetik enerjiye sahip cisimlere örnek olarak; hareket eden bir otomobil, bir yüzey üzerinde yuvarlanan top, nehirde akan su ve rüzgârın etkisiyle dönen bir rüzgâr türbini verilebilir.

Etkileşim Sonucu Oluşan Enerji

Bu enerji, cismin hareketinden değil; konumundan, durumundan veya cisimdeki tanecikler arasındaki etkileşimden kaynaklanır. Ayrıca, cismin diğer cisimlerle olan etkileşiminin bir sonucu olarak da ortaya çıkabilir. Cisimlerin veya maddelerin sahip olabileceği aşağıdaki enerji türleri bu gruba girer:

▪ Gravitasyon Potansiyel Enerjisi

Bir cisim, Dünya'nın üzerinde belirli bir yükseklikte bulunduğu için enerjiye sahiptir. Cismin Dünya yüzeyinden yüksekliği ne kadar fazla ve kütlesi ne kadar büyük olursa, çekim potansiyel enerjisi de o kadar büyük olur. Barajın arkasında biriken su, dal üzerindeki elma vb. cisimler gravitasyon(çekim) potansiyel enerjisine sahiptir.



Şekil 2. Suyun çekim potansiyel enerjisi ve kinetik enerjisi.

▪ Esneklik Potansiyel Enerjisi

Bu tür enerji, denge durumuna göre uzatılmış veya sıkıştırılmış cisimlerde bulunur. Sıkıştırılmış bir yay, gerilmiş bir lastik, şişirilmiş bir balonun gerilmiş zarı veya yayın gerilmiş kirişi esneklik potansiyel enerjisine sahip cisimlere örnektir.

▪ Mekanik Dalgaların Enerjisi

Ses ve su dalgaları mekanik dalgalardır. Mekanik dalgalarda ortamın tanecikleri titreşerek enerjiyi komşu taneciklere aktarırlar. Ses ve su dalgaları, oluştukları noktadan çevreye yayılırken enerjiyi bir yerden başka bir yere taşırlar.

▪ Kimyasal Enerji

Bu enerji, maddelerin yapısında, yani atomlar ve moleküller arasındaki bağlarda depolanmıştır. Bu enerji; yakıtların yanması, besinlerin sindirilmesi veya bir bataryanın elektrik devresine bağlanması gibi kimyasal tepkimeler sırasında açığa çıkabilir.



Şekil 3. Kömürün Kimyasal Enerjisi

▪ Elektrik Enerjisi

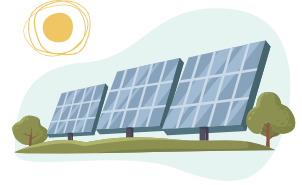
Elektrik yüklerinin bir iletken boyunca hareket etmesiyle ortaya çıkar. Bu enerji, teknolojide en yaygın kullanılan enerji türüdür ve kolaylıkla ışık enerjisine, ısı enerjisine veya ses enerjisine dönüştürülebilir.

▪ İç Enerji ve Isı Enerjisi

İç enerji, bir cismi oluşturan tüm taneciklerin sahip olduğu toplam enerjidir ve taneciklerin hareketlerinden ve birbirleriyle olan etkileşimlerinden kaynaklanır. Taneciklerin hareket hızı arttıkça cismin ısı enerjisi de artar. Isı enerjisi, sıcaklığı yüksek olan bir cisimden sıcaklığı daha düşük olan bir cisme aktarılır. Her cisim iç enerjiye sahiptir. Bir cismin iç enerjisi ne kadar büyükse, sıcaklığı da o kadar yüksektir.

▪ Işık Enerjisi

Cisimler çok fazla ısındığında, ısı enerjisinin bir kısmı ışık enerjisi şeklinde yayılabilir. Işık enerjisinin temel kaynağı Güneş'tir. Günlük yaşamda ise ışığı en çok elektrik lambalarından elde ederiz.



Şekil 4. Işık Enerjisi

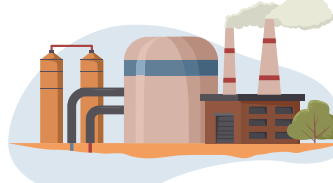
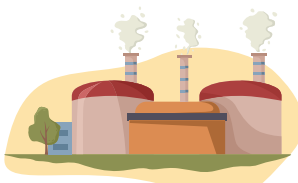


Şekil 5. Nükleer Enerji

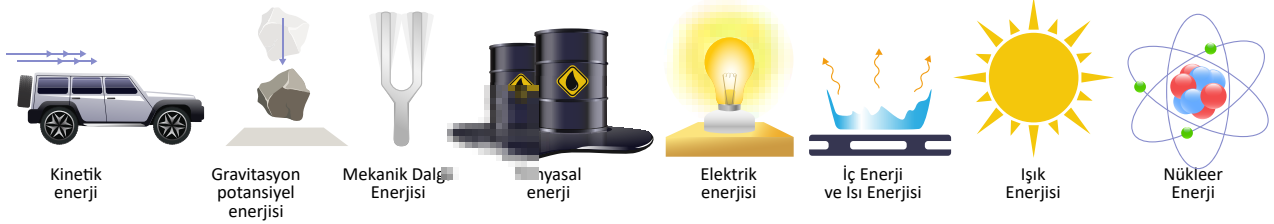
▪ Nükleer Enerji

Nükleer enerji, atom çekirdeklerinde gerçekleşen tepkimeler sırasında açığa çıkar. Güneş'in yaydığı tüm enerji, Güneş'teki atom çekirdeklerinde gerçekleşen süreçlerden kaynaklanır. Dünya'da nükleer enerji, nükleer santrallerde elektrik enerjisi üretmek için kullanılır.

Kinetik enerji, çekim potansiyel enerjisi ve ses dalgaları ile su dalgaları gibi mekanik dalgalar aracılığıyla taşınan enerji, genellikle **mekanik enerji** adı altında birlikte değerlendirilir.



Şekil 6. Rüzgâr Enerjisi, Biyokütle Enerjisi, Jeotermal Enerji ve Doğal Gaz



Şekil 7. Farklı Enerji Türleri

ETKİNLİK

1. Besinlerin Enerji Değeri

Buzdolabından dört farklı besin ürünü seç ve her bir üründen 100 g tükettiğinde vücuduna ne kadar enerji alacağını araştır. Hangi besini tükettiğinde en fazla enerji alırsın?

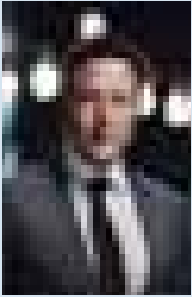
Vücuda alınan enerji yalnızca besinin türüne mi bağlıdır, yoksa tüketilen besinin miktarına da bağlı mıdır?

İLERİ DÜZEY



Ülkemizde elektrik enerjisi üretiminde hangi enerji kaynaklarının kullanıldığını araştırınız.

ÜNLÜ BİLİM İNSANI



ELON MUSK (Elon Musk, 1971)

Elon Musk, elektrikli araçlar, batarya teknolojileri ve yenilenebilir enerji kaynakları alanındaki çalışmalarıyla bu sektörlerin gelişimine önemli katkılar sağlamış Amerikalı bir girişimci ve yenilikçidir. Güney Afrika'nın Pretoria kentinde doğan Musk, küçük yaşlardan itibaren fizik ve mühendisliğe büyük ilgi duymuştur. Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri'ne taşınmış ve Pennsylvania Üniversitesinde biri fizik, diğeri ekonomi alanında olmak üzere iki lisans derecesi almıştır. Aldığı eğitim, batarya sistemlerinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini daha iyi anlamasını sağlamıştır.

Musk, kurduğu şirketler aracılığıyla gelişmiş lityum-iyon bataryaların ve konutlarda ile sanayide kullanılan güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Günümüzde şirketleri, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş sürecinde önemli bir rol oynamakta; elektrik enerjisinin daha verimli, daha temiz ve daha erişilebilir hâle gelmesine katkı sağlamaktadır.

İLGİNÇ BİLGİLER

Attığımız her adımda yaklaşık 0,5 jul enerji harcarız.

SORULAR VE ÖDEVLER

1. Yakın çevrende bulunan enerji kaynakları nelerdir?
2. Günlük yaşamdan, bir cismin enerjiye sahip olduğu üç örnek veriniz.
3. Hangisi daha büyük kinetik enerjiye sahiptir: 10 m/s hızla hareket eden bir otomobil mi, yoksa aynı hızla hareket eden bir kamyon mu?
4. Güneş'ten hangi enerji türlerini elde ederiz?
5. Günlük yaşamda hangi enerji kaynaklarını kullanıyorsunuz?

HATIRLAYINIZ

- Enerji, bir cismin veya sistemin mekanik iş yapabilme yeteneğidir.
- Uluslararası Birim Sisteminde (SI) enerjinin temel birimi juldür (J).

1.2. ENERJİNİN BİR TÜRDEN BAŞKA BİR TÜRE DÖNÜŞÜMÜ

Enerjinin bazı önemli özellikleri vardır. Enerji, farklı türlerde bulunmasının (mekanik, elektrik, ısı, kimyasal vb.) yanı sıra bir cisimden başka bir cisme veya bir yerden başka bir yere aktarılabilir ve bir enerji türünden başka bir enerji türüne dönüşebilir.

Sıkıştırılmış bir yay, esneklik potansiyel enerjisine sahip bir cisme örnektir. Yay, uzatılmış veya sıkıştırılmış durumda iken hareketsiz olsa da bir cismi hareket ettirebilme yeteneğine sahiptir. Şekil 1'de gösterilen yay serbest bırakıldığında, eski şekline geri döner ve cismi hareket ettirir. Bu sırada esneklik potansiyel enerjisi, cismin kinetik enerjisine dönüşür.

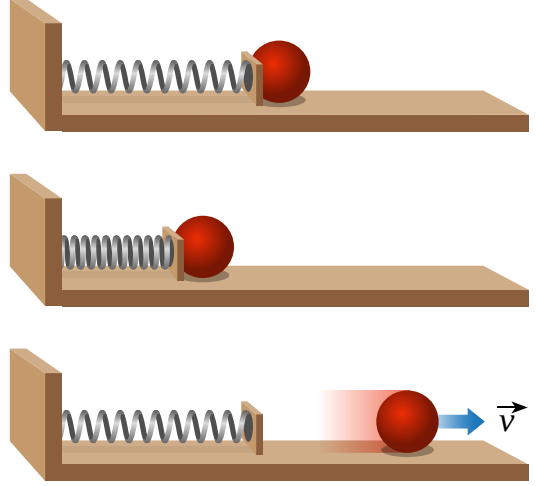
Cisim hareket etmeyi bıraktığında ise enerji, cisim ile yüzey arasındaki ve hava tanecikleriyle olan sürtünme sonucunda ısı enerjisine dönüşür.

Bisiklet sürerken, besinlerde depolanan kimyasal enerji kinetik enerjiye dönüşür. Bir lamba yandığında elektrik enerjisi, ışık enerjisine ve ısı enerjisine dönüşür. Otomobilde benzinin yanması sırasında kinetik enerji ve ısı enerjisi açığa çıkar. Hidroelektrik santrallerde suyun çekim potansiyel enerjisi önce suyun kinetik enerjisine, daha sonra da elektrik enerjisine dönüşür. Bitkiler, Güneş'ten gelen ışık enerjisini besin üretmek için kullanır ve bu enerjiyi kimyasal enerjiye dönüştürür. Enerjinin bir türden başka bir türe dönüşmesi, doğadaki ve günlük yaşamımızdaki tüm süreçlerin temelini oluşturur.

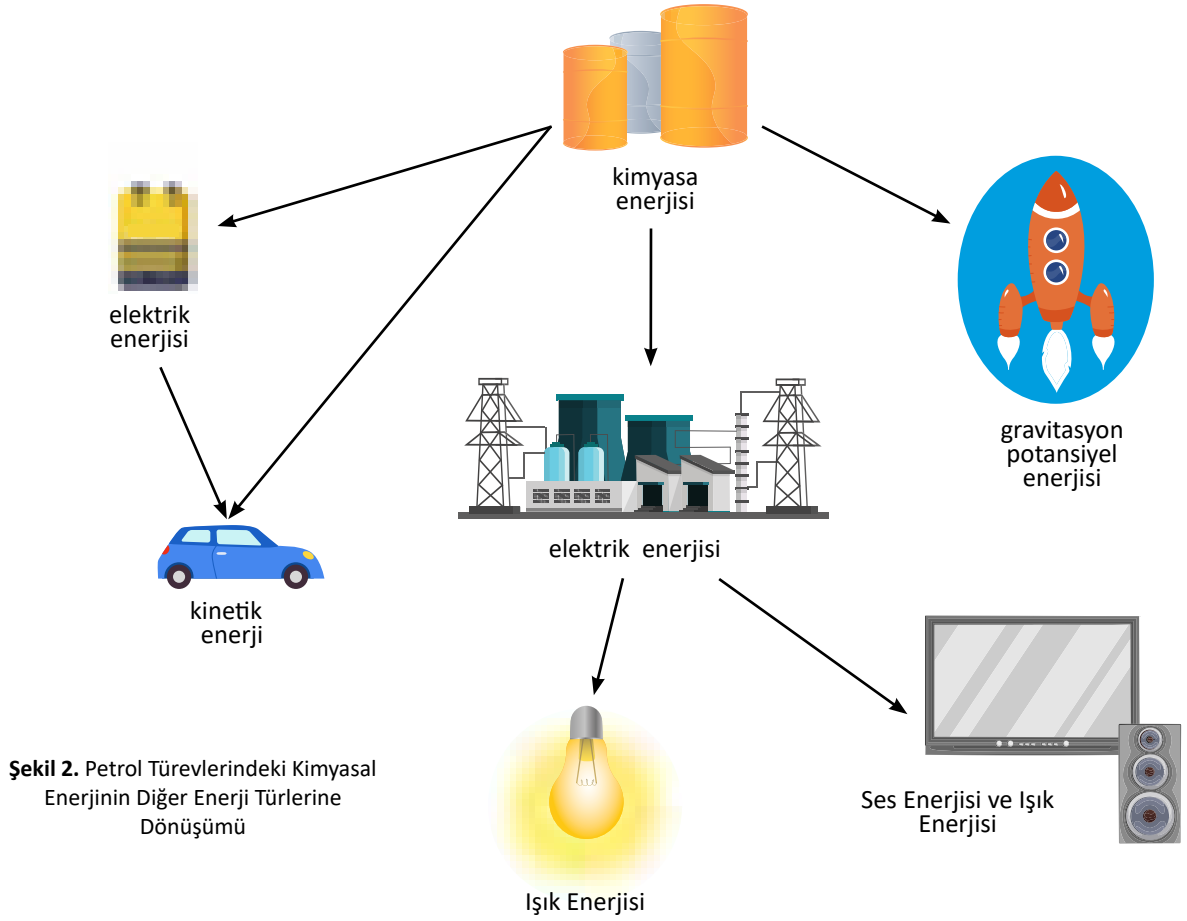
Enerjiyi anlamak, çevremizdeki dünyayı ve teknolojiyi kavramamıza yardımcı olur. Makinelerin nasıl çalıştığını, cisimlerin nasıl hareket ettiğini ve enerjiyi nasıl bilinçli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanabileceğimizi öğrenebiliriz.

Enerji, daha sonra kullanılmak üzere korunabildiğinde depolanabilir. Kimyasal enerji, çekim potansiyel enerjisi ve nükleer enerji gibi bazı enerji türleri depolanabilirken; kinetik enerji, elektrik enerjisi ve ışık enerjisi depolanamaz. Bu nedenle bu enerji türleri, kolayca depolanabilen başka enerji türlerine dönüştürülür.

Örneğin, hidroelektrik santrallerde suyun kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Üretilen elektrik enerjisi hemen kullanılmazsa, bataryalarda depolanan kimyasal enerjiye dönüştürülebilir. Benzer şekilde, Güneş'ten gelen ışık enerjisi fotovoltaiik paneller aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür ve bu enerji de bataryalarda kimyasal enerji olarak depolanabilir.



Şekil 1. Esneklik Potansiyel Enerjisinin Kinetik Enerjiye Dönüşümü



Şekil 2. Petrol Türevlerindeki Kimyasal Enerjinin Diğer Enerji Türlerine Dönüşümü



ETKİNLİKLER

1. Enerjinin Bir Türden Başka Bir Türe Dönüşümü

Eğimli bir düzlem üzerinde bir bilyeyi yuvarlayınız ve hızında meydana gelen değişimi gözlemleyiniz. Bilyeyi eğimli düzlem üzerinde hareket ettirmeden önce hangi enerjiye sahip olduğunu açıklayınız. Hareket sırasında hangi enerji türü değişmektedir? Hangi enerji azalmakta, hangisi artmaktadır? Bilye yatay yüzey üzerinde durduğunda, başlangıçta sahip olduğu enerjinin hangi enerji türüne dönüştüğünü açıklayınız.

2. Kraterlerin Oluşumu

Farklı kütlere sahip, aynı maddeden yapılmış birkaç metal bilye ve içinde kum bulunan bir kap alınız.

Önce bilyelerden birini farklı yüksekliklerden bırakınız ve bilyenin kumda oluşturduğu kraterin çapını gözlemleyiniz. Bilye daha yüksekten bırakıldığında daha büyük çaplı bir krater oluşturuyor mu? Bu etkinliğin ikinci bölümünde, farklı kütlere sahip bilyeleri aynı yükseklikten bırakınız. Bilyelerden hangisi en büyük çaplı krateri oluşturmuştur? Bilye kuma düştüğünde, çekim potansiyel enerjisi hangi enerji türüne dönüşmüştür?

3. Su Neden Isındı?

İçinde su bulunan iki bardaktan birini Güneş ışığı alan bir yere, diğerini ise gölge bir yere koyunuz. 30 dakika sonra her iki bardaktaki suyun sıcaklığını ölçünüz. Bu deneyin enerji dönüşümü hakkında ne gösterdiğini açıklayınız.

İLERİ DÜZEY



Hibrit bir otomobilin nasıl çalıştığını araştırınız.
Otomobil hızlanırken ve fren yaparken hangi enerji dönüşümleri gerçekleşmektedir?



İLGİNÇ BİLGİLER

Bir öğrenci oturup kitap okurken bile enerji harcar. İnsan beyni, vücutta açığa çıkan toplam kimyasal enerjinin yaklaşık %20'sini kullanır.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

James Prescott Joule (1818–1889)

Joule, 19. yüzyılda yaşamış İngiliz bir fizikçidir ve daha çocukluk yıllarından itibaren deneylere büyük ilgi duymuştur. İngiltere'nin Salford kentinde doğmuştur. Klasik bir üniversite eğitimi almamış olmasına rağmen genç yaşlardan itibaren elektrik, manyetizma ve ısı enerjisiyle ilgilenmiştir. Evinin bodrum katında kendi kurduğu laboratuvarında çalışmalar yapmıştır.

O dönemde birçok bilim insanı, ısıнын bir cisimden diğerine akan ve “kalorik” adı verilen özel bir madde olduğuna inanıyordu. Joule bu görüşe katılmamıştır. Yaptığı dikkatli ölçümler ve çok sayıda deney sonucunda, ısıнын bir madde değil, mekanik iş yapıldığında ortaya çıkan bir enerji türü olduğunu göstermiştir.

Bu keşfiyle Joule, Enerjinin Korunumu Yasası'nın temellerini atmıştır. Onun anısına, SI Birim Sisteminde enerji birimine **jul (J)** adı verilmiştir.



SORULAR VE ÖDEVLER

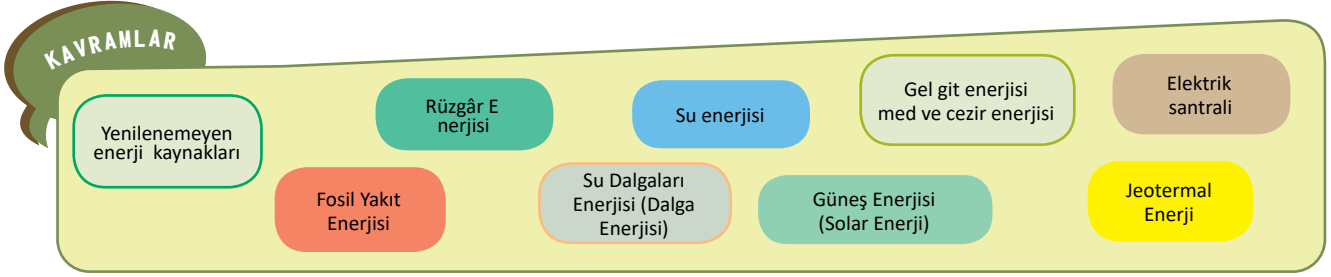
1. Kimyasal enerjinin başka enerji türlerine dönüşümüne iki örnek veriniz.
2. Elektrik enerjisinin başka enerji türlerine dönüşümüne iki örnek veriniz.
3. Enerji kaynağı olarak pil yerine kol hareketinden yararlanan kol saatleri vardır. Bu tür saatlerde hangi enerji dönüşümleri gerçekleşmektedir?
4. Bir öğrencinin trampolinde zıplaması sırasında hangi enerji dönüşümlerinin gerçekleştiğini açıklayınız.
5. İnsanların kullandığı enerjinin büyük bir kısmının dolaylı olarak Güneş'ten geldiğini neden söylüyoruz?



HATIRLAYINIZ

- Tüm doğal süreçlerde bir enerji dönüşümü veya enerji aktarımı gerçekleşir.

1.3. YENİLENEBİLİR VE YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI



Her sabah uyandığımızda ışığı açtığımızda, musluğu kullandığımızda veya kahvaltımızı ısıttığımızda enerji kullanırız. Peki bu enerji nereden gelir ve sonsuza kadar var olacak mıdır? Doğa bize farklı enerji kaynakları sunar; ancak bunların hepsi aynı ölçüde erişilebilir ya da çevre açısından aynı derecede güvenli değildir. Bazı enerji kaynakları sürekli yenilenir ve tükenme endişesi olmadan kullanılabilir. Bazıları ise sınırlı miktarda bulunur ve bu nedenle dikkatli kullanılmaları gerekir. **Bu nedenle enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır.**

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğanın sürekli olarak oluşturduğu ve yenilediği kaynaklardır. Güneş, her gün Dünya'ya büyük miktarda ışık ve ısı enerjisi gönderir. Rüzgâr, Dünya'nın farklı bölgelerinde havanın eşit olmayan şekilde ısınması sonucu sürekli oluşur. Nehirler ise buharlaşan suyun yağmur olarak tekrar yeryüzüne dönmesi sayesinde akmaya devam eder.

Bu doğal olaylar milyonlarca yıldır varlığını sürdürmektedir ve gelecekte de devam edecektir. Bu nedenle Güneş, rüzgâr ve suyun hareketinden elde edilen enerji tükenmez kaynaklar olarak kabul edilir. Bunlara ayrıca bitki ve hayvanlardan kaynaklanan organik atıklardan elde edilen biyokütle enerjisi ile Dünya'nın iç kesimlerindeki ısıdan elde edilen jeotermal enerji de eklenebilir.

Bu kaynakların tümü, kullanımları sırasında çevreyi kirletmedikleri ve atmosfere zararlı gazlar salmadıkları için temiz enerji kaynakları olarak adlandırılır.



Şekil 1. Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları.

Yenilenemeyen enerji kaynakları, milyonlarca yıl boyunca Dünya'nın altında oluşmuş ve miktarları sınırlı olan kaynaklardır. Yenilenemeyen kaynaklar arasında fosil yakıtlar; kömür, petrol ve doğal gaz yer alır.

Fosil yakıtlar, eski bitki ve hayvan kalıntılarının zamanla dönüşmesiyle oluşmuştur. Bu maddeler yakıldıklarında büyük miktarda ısı enerjisi açığa çıkarır. Açığa çıkan bu enerji daha sonra mekanik enerjiye veya elektrik enerjisine dönüştürülür.

Bunların yanı sıra nükleer yakıtlar da yenilenemeyen enerji kaynakları grubuna girer. Nükleer yakıtlar, atom çekirdeklerinin parçalanması sırasında enerji açığa çıkaran maddelerdir. **Bu enerji, nükleer santrallerde elektrik üretmek için kullanılır.**



Şekil 2. Buzulların erimesi, küresel ısınmanın doğrudan bir sonucudur.

Fosil yakıtlar günümüzde en yaygın kullanılan enerji kaynakları olsalar da önemli dezavantajlara sahiptir. Bu kaynaklar milyonlarca yıl önce oluşmuştur ve rezervleri sınırlıdır.

Fosil yakıtların yakılması sırasında karbon monoksit, karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksitler ve çok ince katı parçacıklar içeren büyük miktarda duman açığa çıkar. Bu maddeler havayı kirletir ve Dünya'nın iklimini etkiler.

Bu süreç, **sera etkisi** olarak adlandırılan bir olaya yol açar.

Sera etkisinde, Güneş'ten Dünya'ya ulaşan ısının bir kısmı atmosferde hapsolür. Bunun sonucunda Dünya'nın ortalama sıcaklığı zamanla yükselir. Bu olaya **küresel ısınma** denir.

Küresel ısınmanın etkileri günümüzde artık açıkça görülmektedir. Kutuplardaki buzullar ve dağlardaki buzullar erimekte, bu da deniz seviyesinin yükselmesine ve kıyı bölgelerinde taşkınlara neden olmaktadır.

Dünya'nın iklimi değişmektedir; bazı bölgeler kuraklıkla karşı karşıya kalırken, bazı bölgelerde aşırı yağışlar ve şiddetli fırtınalar görülmektedir. Fabrikalardan ve araçlardan kaynaklanan kirlilik de hava kalitesini düşürmekte ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan gazlar, toprağa ve bitkilere zarar veren, ayrıca su kaynaklarını kirleten **asit yağmurlarının** oluşmasına neden olmaktadır. Buna karşılık yenilenebilir enerji kaynakları zararlı gazlar üretmez.

Güneş panelleri, Güneş enerjisini hiçbir kirliliğe neden olmadan elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisini kullanarak elektrik üretir. Hidroelektrik santraller ise suyun kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür.

Enerji, deniz dalgalarının hareketinden de elde edilebilir. Deniz dalgaları, rüzgârın etkisiyle sürekli olarak oluşur ve yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlar.



Şekil 3. Güneş ışığından elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan güneş panelleri.

Dalgalar büyük miktarda mekanik enerji taşır. Bu enerji, dalgaların hareketini elektrik enerjisine dönüştüren özel yüzer sistemler kullanılarak değerlendirilebilir.

Bunun yanı sıra, **gelgit enerjisi** de ilgi çekici ve oldukça güvenilir bir enerji kaynağıdır. Gelgitler, Dünya ile Ay arasındaki kütle çekim kuvvetinin etkisiyle oluşur. Deniz seviyesinin düzenli olarak yükselip alçalması, özel gelgit santrallerindeki türbinleri döndürmek için kullanılabilir. Böylece sürekli tekrarlanan doğal su hareketi elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

Biyokütle kaynakları (ağaçlar ve bazı endüstriyel bitkiler gibi) ile jeotermal kaynaklar, evlerin ısıtılmasında veya fosil yakıtların yerine geçen biyoyakıtların üretiminde kullanılabilir. Dünya'nın iç kesimlerinde ısıdan elde edilen enerjiye **jeotermal enerji** denir. Jeotermal enerji özellikle aktif volkanların ve sıcak su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hatta bazı yerlerde bütün şehirler bu enerjiyle ısıtılmaktadır.



Şekil 4. Jeotermal enerjinin kullanımı.

Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının da bazı sınırlılıkları vardır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi hava koşullarına ve gündüz süresine bağlıdır. Rüzgâr santralleri rüzgâr olmadan çalışamaz; büyük hidroelektrik santrallerinin inşası ise çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir. Bu nedenle en uygun çözüm, farklı enerji kaynaklarının birlikte kullanılması ve bu kaynakların verimli kullanımını sağlayan teknolojilerin sürekli geliştirilmesidir.

Günümüzde insanlık önemli bir sorunla karşı karşıyadır: Herkes için yeterli enerjiyi sağlarken aynı zamanda gezegeni gelecek nesiller için korumak. Fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda toplumsal ve çevresel bir konudur. Temiz enerji kaynaklarının kullanımı ne kadar hızlı artarsa, küresel ısınmanın ilerlemesi o kadar yavaşlayacak ve çevre daha iyi korunacaktır.

Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları arasındaki farkı anlamak sadece fiziğin bir konusu değil, aynı zamanda günlük yaşamımızın da bir parçasıdır. Toplu taşıma kullanmak, kullanılmadığında ışıkları kapatmak veya güneş paneli kurmak gibi aldığımız kararlar; daha temiz ve sürdürülebilir bir gelecek oluşturmak için küçük ama önemli katkılar sağlar.



ETKİNLİKLER

1. Fosil Yakıtların Yakılması ve Hava Kirliliği

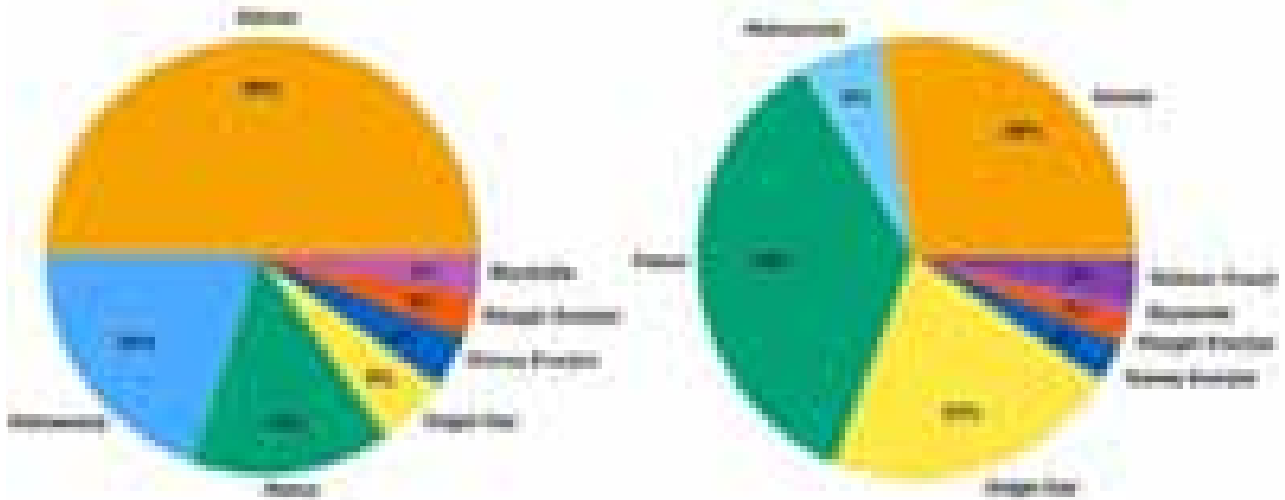
Bir kâğıt parçası ile ağaçtan alınmış bir yaprak veya kuru bir dal alın. Bunları metal bir tabağa ya da ısıya dayanıklı bir kaba yerleştirin. Öğretmeniniz malzemeyi dikkatlice yaksın ve hemen ardından üzerine cam bir kavanoz veya şeffaf plastik bir kutu kapatsın. Neler olduğunu gözlemleyin. Nelerin ortaya çıktığını ve kutunun ya da kavanozun saydamlığında nasıl bir değişiklik meydana geldiğini inceleyin. Bu etkinlikte gerçekleşen yanmanın, elektrik santrallerinde ve ulaşım araçlarında fosil yakıtların yanmasına nasıl benzediğini açıklayın. Kavanozun içindeki havaya ne oldu? Cam neden buğulandı?

2. Sera Etkisinin Gösterimi

İki adet aynı hacimde (örneğin 1 litre) plastik şişe alın. Şişelerin kapaklarında termometre yerleştirebileceğiniz küçük bir delik bulunmalıdır. Birinci şişeye hiçbir şey eklemeyin; sadece kapağını kapatın ve termometreyi kapaktaki delikten içeri yerleştirin. Bu şişenin iç hacmi yalnızca hava ile dolu olacaktır. İkinci şişeye ise bir huni yardımıyla iki çay kaşığı karbonat koyun ve üzerine 50 mL sirke ekleyin. Oluşan karbondioksitin içeride kalmasını sağlamak için şişeyi hemen, içinden termometre geçirilmiş kapakla kapatın. Bu şişede, birinci şişeye göre daha fazla karbondioksit bulunacaktır. Her iki şişeyi de “Güneş” enerjisi kaynağı olarak kullanılacak bir elektrik lambasına eşit uzaklıkta yerleştirin. 5–10 dakika sonra her iki şişedeki gazın sıcaklığını ölçün. Hangi şişedeki sıcaklık daha yüksektir? Eğer deneyi doğru şekilde yaptıysanız, daha fazla karbondioksit bulunan şişedeki sıcaklık daha yüksek olacaktır. Çünkü bu gaz, ısıyı daha fazla tutar; tıpkı Dünya atmosferinde olduğu gibi. Bu etkinliğin sonuçları küresel ısınma ile nasıl ilişkilendirilebilir? Bu gazların etkisini azaltmak için neler yapabiliriz?

3. Kutuplardaki Buzulların Erimesinin Gösterimi

Bu etkinlikte, karadaki buzulların erimesinin deniz seviyesini nasıl etkilediğini, deniz üzerindeki buzulların erimesinin ise önemli bir değişikliğe neden olmadığını araştıracaksınız. İki adet şeffaf plastik bardak alın ve her ikisini de aynı miktarda suyla doldurun. Birinci bardağa buz küplerini doğrudan suyun içine koyun. Bu buz küpleri, okyanuslarda yüzen deniz buzullarını temsil edecektir. İkinci bardağa suyun yüzeyinin üzerine gelecek şekilde tahta çubuklar yerleştirin ve buzları bu çubukların üzerine koyun. Bu buzlar ise Dünya üzerindeki karalarda bulunan buzulları temsil edecektir. Bir keçeli kalem veya bant yardımıyla her iki bardaktaki başlangıç su seviyesini işaretleyin. Buzlar tamamen eriyene kadar bardakları oda sıcaklığında veya sıcak bir ortamda bekletin. Hangi bardakta su seviyesi yükseldi? Bu etkinliğin sonuçları, Grönland ve Antarktika’daki buzulların erimesiyle nasıl ilişkilendirilebilir? Okyanus seviyeleri yükselmeye devam ederse kıyı şehirlerinde neler olabilir?



Şekil 5. Ülkemizde (soldaki pasta grafik) ve dünyada (sağdaki pasta grafik) 2024 yılında kullanılan farklı enerji kaynaklarının yüzde olarak dağılımı.

İLERİ DÜZEY

5+

Ülkemizde yıllık toplam elektrik enerjisi üretiminin ne kadar olduğunu ve bunun ne kadarının yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edildiğini araştırınız. Ülkenin hangi bölgelerinin güneş enerjisi santrallerinin kurulmasına, hangi bölgelerinin ise rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulmasına uygun olduğunu belirleyiniz.



İLGİNÇ BİLGİLER

İzlanda'da enerjinin neredeyse %100'ü yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Bu enerjinin büyük bölümü jeotermal kaynaklardan ve hidroelektrik santrallerden sağlanmaktadır.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Alexandre-Edmond Becquerel (1820–1891)

Becquerel, Paris'te doğmuş Fransız bir fizikçidir ve ışık, elektrik ve madde üzerine yaptığı araştırmalarla bilime kalıcı katkılar sağlamıştır. Ünlü bir bilim ailesinden gelmektedir: Babası Antoine-César Becquerel elektrokimya ve elektrik olayları üzerine çalışmış, oğlu Henri Becquerel ise daha sonra radyoaktiviteyi keşfederek ün kazanmıştır.

Becquerel'in en önemli katkısı, 1839 yılında fotovoltaiik etkiyi deneysel olarak gözlemlemesidir. Fotovoltaiik etki, ışığın etkisiyle belirli bir sistemde elektrik akımının oluşması olayıdır. Klasik deneyinde, elektrotları aydınlatılan bir elektrolitik hücre kullanmış ve bunun sonucunda ölçülebilir bir elektrik sinyali elde etmiştir. Bu, ışık enerjisinin doğrudan elektriksel bir olaya dönüşebileceğini gösteren ilk açık kanıttı ve güneş pillerinin çalışma prensibinin temelini oluşturmuştur. Bu nedenle fotovoltaiik etki bazen "**Becquerel Etkisi**" olarak da adlandırılır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının ne olduğunu kendi sözlerinizle açıklayınız. En az üç yenilenebilir ve üç yenilenemeyen enerji kaynağı örneği veriniz.
2. Biyokütle nedir ve bir enerji kaynağı olarak nasıl kullanılabilir?
3. Fosil yakıtların aşırı kullanımının sonuçları nelerdir?
4. Sera etkisi nedir ve nasıl oluşur?
5. Küresel ısınma ile kutuplardaki buzulların erimesi arasındaki ilişkiyi açıklayınız.



HATIRLAYINIZ

- Enerji, doğadaki çeşitli kaynaklardan elde edilebilir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal yollarla sürekli yenilenen ve çevreyi kirletmeyen kaynaklardır: güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, su ve mekanik dalga enerjisi, gelgit enerjisi, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji.
- Yenilenemeyen enerji kaynakları sınırlıdır: kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer yakıt.
- Fosil yakıtların yakılması, sera etkisine ve küresel ısınmaya yol açan zararlı gazların oluşmasına neden olur.
- Sürdürülebilir bir gelecek ve doğal dengenin korunması için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş gereklidir.

1.4. KİNETİK ENERJİ

KAVRAMLAR

Kinetik enerji (E_k)

Şekil 1. Rüzgârın kinetik enerjisi, rüzgâr türbinlerinin kanatlarını hareket ettirir.

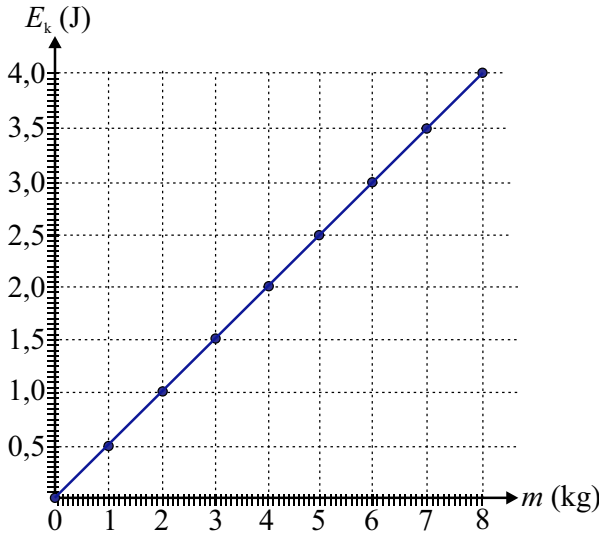
Hareket eden her cismin enerjisi vardır. Yuvarlanan bir topu veya esen rüzgârı düşünün. Bu cisimler bir engele çarptıklarında bir değişime neden olabilir; engeli hareket ettirebilir, şeklini değiştirebilir ya da kırabilirler. Örneğin rüzgâr (hareket hâlindeki hava kütlesi), bir rüzgâr türbininin kanatlarına çarptığında kendi hızı azalırken türbin kanatları dönmeye başlar. Yuvarlanan bir top esnek bir yayı sıkıştırdığında ise yay şekil değiştirir. Bu durum, bir cismin hareketinin mekanik iş yapabilme yeteneği ile ilişkili olduğunu gösterir. Bir cismin hareketinden dolayı sahip olduğu enerjiye **kinetik enerji** denir. Kinetik enerji E_k ile gösterilir.

Bir cismin sahip olduğu kinetik enerjinin büyüklüğü nelere bağlıdır? Kütleleri eşit olan iki cisimden, daha büyük hızla hareket eden cismin

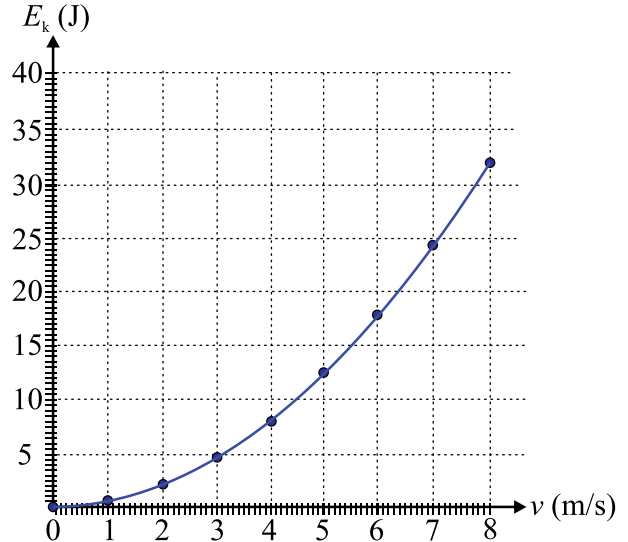
kinetik enerjisi daha fazladır. Farklı kütlelere sahip iki bilye aynı hızla hareketsiz bir yaya doğru yuvarlanırsa, kütlesi daha büyük olan bilye yayı daha fazla sıkıştırır. Eğer bilyelerin kütleleri farklı, hızları ise aynıysa yine kütlesi daha büyük olan bilye yayı daha fazla sıkıştıracaktır. Bir hidroelektrik santralde küçük bir yükseklikten düşen su belirli bir hıza sahip olur ve daha az miktarda elektrik enerjisi üretir. Su daha büyük bir yükseklikten düşerse, çarpmadan önceki hızı daha büyük olur; buna bağlı olarak kinetik enerjisi de artar. Bu nedenle hidroelektrik santrallerde, daha fazla enerji elde edebilmek için suyun depolandığı yüksek barajlar inşa edilir.

Kinetik enerji, cismin kütlesine ve hızına bağlı olmasına rağmen, hızla olan ilişkisi doğru orantılı değildir. Kinetik enerji, hızın karesi ile doğru orantılı olarak artar. Buna göre, bir cismin kütlesi m ve hızı v biliniyorsa, kinetik enerjisi aşağıdaki formülle hesaplanır:

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



Şekil 2. Bir cismin kinetik enerjisinin kütlesine bağlılığını gösteren grafik doğrusal bir grafik. Grafikte, hızı 1 m/s olan bir cismin kütlesi 1 kg ile 8 kg arasında değiştirilirken kinetik enerjisinin nasıl değiştiği gösterilmektedir.



Şekil 3. Bir cismin kinetik enerjisinin hıza bağlılığını gösteren grafik doğrusal değil, eğri bir grafik. Grafikte, kütlesi 1 kg olan bir cismin hızının 0 m/s'den 8 m/s'ye kadar artması durumunda kinetik enerjisinin nasıl değiştiği gösterilmektedir.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Kütlesi 1500 kg olan bir otomobil şehir içinde 10 m/s hızla, otoyolda ise 20 m/s hızla hareket etmektedir.

- Otomobilin her iki durumdaki kinetik enerjisini hesaplayınız.
- Otomobilin otoyoldaki kinetik enerjisinin (E_{k2}), şehir içindeki kinetik enerjisinden (E_{k1}) kaç kat büyük olduğunu bulunuz.

Verilen:	a. Kinetik enerjinin hesaplanması formülüne göre iki durum için:
$m = 1500 \text{ kg}$ $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$E_{k1} = \frac{m \cdot v_1^2}{2} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 75000 \text{ J} = 75 \text{ kJ},$ $E_{k2} = \frac{m \cdot v_2^2}{2} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 300000 \text{ J} = 300 \text{ kJ}.$
İstenen:	b. Kinetik enerjilerin oranı n şu şekilde bulunur:
$E_{k1} - ?$ $E_{k2} - ?$ $n - ?$	$n = \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{300 \text{ kJ}}{75 \text{ kJ}} = 4.$ Problemin ikinci kısmından şu sonuca ulaşabiliriz: Bir otomobil iki kat daha büyük hızla hareket ederse, kinetik enerjisi 4 kat artar.

Hareket eden bir cisim durduğunda, sahip olduğu kinetik enerji kaybolmaz. Bu enerji başka enerji türlerine dönüşür. Çoğu zaman kinetik enerji, sürtünme nedeniyle **ısı enerjisine** dönüşür. Sürtünme; cismin başka cisimlerle, zeminle veya hava ile temas etmesi sonucu oluşur. Bu nedenle bir otomobil fren yaptığında frenler ısınır. Çünkü otomobilin kinetik enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Benzer şekilde, bir cisim yere düştüğünde sahip olduğu kinetik enerji ısı enerjisine ve **ses enerjisine** dönüşür. Bu yüzden düşen bir cisim yere çarptığında hem bir ses çıkarır hem de çarpışma sırasında az da olsa ısı oluşur.



ETKİNLİKLER

1. Kinetik Enerjinin Cismin Kütlesine Bağlılığı

Belirli bir eğik düzlemin sonuna kil veya oyun hamurundan bir engel yerleştiriniz. Eğik düzlemin tepesinden, örneğin metal, kauçuk ve plastik gibi farklı kütlelere sahip birkaç bilyeyi yuvarlayınız. Bilyeler aynı yükseklikten bırakıldıkları için eğik düzlemin sonunda aynı hıza sahip olacaklardır. Bilyeler engele çarptığında, her biri kil üzerinde farklı derinlikte bir iz bırakacaktır. Kil üzerinde en derin izi hangi bilye bırakmıştır? Bu etkinlikten hangi sonuca ulaşabilirsiniz?

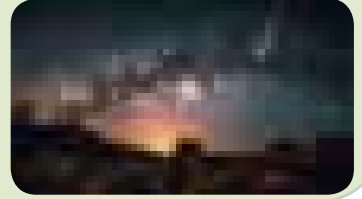
2. Kinetik Enerjinin Hareket Hızına Bağlılığı

Bu etkinlikte, önceki etkinlikte kullandığınız metal bilyeyi ve aynı kil engelini kullanınız; ancak bilyenin bırakıldığı yüksekliği değiştiriniz. Önce bilyeyi eğik düzlemin daha alçak bir noktasından, daha sonra ise daha yüksek bir noktasından bırakınız. Bilyenin, eğik düzlemin daha yüksek bir noktasından bırakıldığında hızının daha büyük olduğunu gözlemleyiniz. Kil üzerindeki izin derinliği hangi durumda daha fazladır? Bu etkinlikten hangi sonuca ulaşabilirsiniz? Bir cismin kinetik enerjisi, hızına bağlı mıdır?



İLGİNÇ BİLGİLER

Bir gök taşı Dünya'nın atmosferine girdiğinde, sahip olduğu kinetik enerji, atmosferdeki parçacıklarla sürtünmesi nedeniyle ısı enerjisine dönüşür. Gök taşı yeterince ısındığında, bu ısı enerjisinin bir kısmı ışık enerjisi olarak yayılır. Bu nedenle yere doğru düşerken parlar ve biz onu "kayan yıldız" olarak görürüz.



İLERİ DÜZEY



Hız, vektörel bir büyüklüktür; doğrultusu, yönü ve büyüklüğü vardır. Bir cismin belirli bir sürede ne kadar yol aldığını gösterir. Bir cisim düz bir çizgi boyunca hareket ediyor ve eşit zaman aralıklarında eşit yollar alıyorsa, bu harekete **düzgün doğrusal** hareket denir. Düzgün doğrusal harekette hız sabittir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

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

Burada s, metre (m) cinsinden alınan yol; t ise bu yolun alınması için geçen süre olup saniye (s) cinsinden ifade edilir. Hızın SI birim sistemindeki temel birimi **metre/saniye (m/s)**'dir. Örneğin, bir bisikletli 10 saniyede 100 metre yol alıyorsa, hızı **10 m/s** olur.



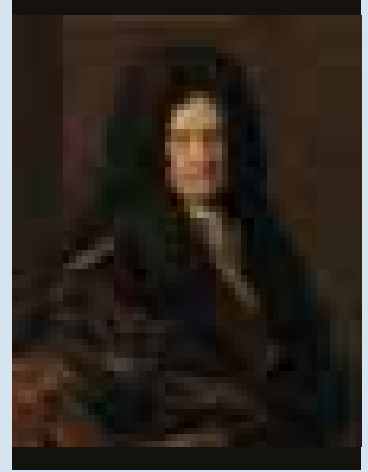
★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716)

Leibniz, 17. yüzyılda hareket enerjisi kavramının gelişimine önemli katkılar sağlayan Alman filozof, matematikçi ve fizikçidir. Hareket eden cisimlerin ölçülebilen, karşılaştırılabilen ve korunabilen bir özelliğe sahip olduğunu fark eden ilk bilim insanlarından biridir. Günümüzde bu özelliği **kinetik enerji** olarak adlandırıyoruz. Leibniz, cisimlerin çarpışmaları sırasında ortaya çıkan etkiyi açıklamak için “**vis viva**” (canlı kuvvet) adını verdiği bir kavram ortaya koymuştur. Deneyleri ve hesaplamaları sonucunda, cisimler esnek bir şekilde çarpıştığında yalnızca kütle ile hızın çarpımının ($m \cdot v$) değil, kütle ile hızın karesinin çarpımının ($m \cdot v^2$) da önemli olduğunu fark etmiştir. Bu sonuç, o dönemde oldukça şaşırtıcı bulunmuş ve fizikçiler arasında büyük tartışmalara yol açmıştır. Günümüzde $m \cdot v^2$ ifadesinin, kinetik enerji formülünün temelini oluşturduğunu biliyoruz:

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

Leibniz, “enerji” kavramını doğrudan kullanmamış olsa da, ortaya koyduğu “**vis viva**” kavramı hareketin nicel (ölçülebilir) özelliğini ifade eden ilk yaklaşımlardan biridir. Ayrıca cisimler arasındaki çarpışmalarda “canlı kuvvetin” bir kısmının ısıya **dönüşebileceğini** de gözlemlemiştir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Aynı hızda hareket eden bir cismin kütlesi iki katına çıkarılırsa, kinetik enerjisi nasıl değişir?
2. Bir cismin hızı iki katına çıkarılırsa, kinetik enerjisi kaç kat artar?
3. Bir otomobilin hızı azaldığında, kinetik enerjisi nasıl değişir?
4. 200 g kütleli ve 3 m/s hızla hareket eden bir topun kinetik enerjisi ne kadardır?
5. Kütlesi 80 kg olan bir bisikletli 5 m/s hızla hareket etmektedir. Bu bisikletlinin kinetik enerjisi ne kadardır? Aynı bisikletli ertesi gün bisikletini 10 m/s hızla sürmektedir. İkinci günkü hızı, birinci günkü hızının kaç katıdır? İkinci gün sahip olduğu kinetik enerji, birinci gün sahip olduğu kinetik enerjinin kaç katıdır?



HATIRLAYINIZ

- Hareket eden her cismin **kinetik enerjisi vardır**.
- Kinetik enerji, cismin **kütlesine ve hızının karesine bağlıdır**.
- Kinetik enerji, bir cismin **hareketinden dolayı sahip olduğu enerji türüdür**.
- Bir cisim durduğunda kinetik enerjisi yok olmaz; **başka bir enerji türüne dönüşür**.

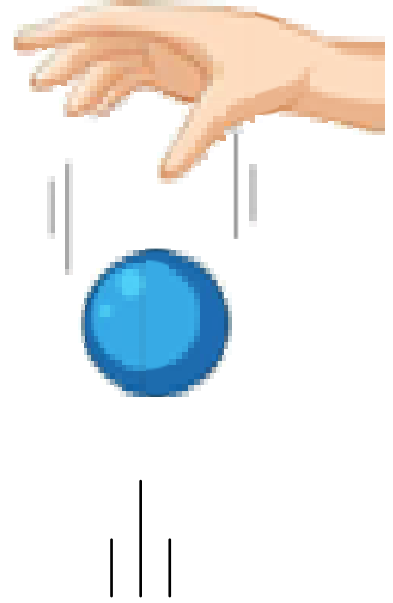
1.5. GRAVİTASYON(KÜTLE ÇEKİM) POTANSİYEL ENERJİSİ

KAVRAMLAR

Kütle çekim potansiyel
enerjisi (E_{gp})Referans
Düzlemi

Her cisme, Dünya yüzeyine yakın olduğu sürece, Dünya'nın yer çekimi kuvveti etki eder ve bu kuvvet dikey olarak aşağıya, Dünya'nın merkezine doğru yönelmiştir. Bir cismin Dünya'nın yüzeyine düşmemesi için ya sağlam bir zemin üzerinde bulunması ya da bir ipe bağlı olması gerekir. Zemini kaldırırsak veya ipi kesersek, cisim Dünya'nın yüzeyine doğru düşmeye başlar. Belirli bir yükseklikten bir cismi oyun hamurunun ya da bir yayın üzerine bırakırsak, çarpma sırasında cismin oyun hamurunu şekil değiştirdiğini veya yayı sıkıştırdığını gözlemleriz.

Bir değişiklik meydana getirebilen veya bir iş yapabilen cisimler, örneğin belirli bir yükseklikten düşen bir cisim, enerjiye sahiptir. Bu enerjiye **kütle çekimsel potansiyel enerji** denir. Kütle çekimsel potansiyel enerji, bir cismin Dünya ile arasındaki kütle çekim etkileşimi nedeniyle, yani Dünya'nın yer çekimi kuvvetinin etkisi sonucu sahip olduğu enerjidir. Kütle çekimsel potansiyel enerji genellikle E_{gp} ile gösterilir. Fizikte çoğu zaman yalnızca potansiyel enerji olarak adlandırılır ve E_p ile gösterilir.



Şekil 1. Bir cismin, Dünya'nın yer çekimi etkisi altında düşmesi.



Şekil 2. Kütle çekimsel potansiyel enerjiye sahip cisimlere örnekler:

a) Belirli bir yükseklikten Dünya'nın yüzeyine doğru düşen bir top, b) Sporçunun kaldırdığı ağırlıklar, c) Eğik düzlem üzerinde kayan bir öğrenci.



ETKİNLİKLER

1. Kütle Çekimsel Potansiyel Enerjinin Cismin Kütlesine Bağlılığı

Kütle çekimsel potansiyel enerjinin cismin kütlesine nasıl bağlı olduğunu araştırmak için, unla doldurulmuş bir kap ve iki pinpon topu kullanarak basit bir deney yapınız. Birinci topun kütlesi daha küçüktür. İkinci topun içini pirinçle doldurunuz; bu nedenle onun kütlesi daha büyük olacaktır. Unla dolu kap, enerjiyi gösteren bir “dedektör” görevi görecektir: Topun kütle çekimsel potansiyel enerjisi ne kadar büyükse, unda bırakacağı izin derinliği de o kadar fazla olacaktır. Birinci topu una doğru bırakınız ve oluşturduğu izin derinliğini ölçünüz. Daha sonra, cetvel yardımıyla kaptaki unun yüzeyini düzeltiniz. Ardından ikinci topu da, birinci topun bırakıldığı aynı yükseklikten una doğru bırakınız. İki toptan hangisi daha büyük bir iz oluşturmuştur? İki toptan hangisi daha büyük kütle çekimsel potansiyel enerjiye sahipti?

2. Kütle Çekimsel Potansiyel Enerjinin Cismin Bırakıldığı Yüksekliğe Bağlılığı

Toplardan birini, unla doldurulmuş kabın içine farklı yüksekliklerden bırakınız. Örneğin; 30 cm, 50 cm, 100 cm ve 150 cm yüksekliklerden bırakabilirsiniz. Her durumda unda oluşan izin derinliğini ölçünüz. Topu her yeniden bırakmadan önce unun yüzeyini düzleştirmeyi unutmayınız. Ne gözlemliyorsunuz? Cisim daha büyük bir yükseklikten bırakıldığında izin derinliği daha mı fazla oluyor? Top hangi durumda en büyük kütle çekimsel potansiyel enerjiye sahipti?

Etkinlikleri dikkatlice yaptıysanız, daha büyük kütleyle sahip topun unda daha derin bir iz bıraktığını ve izin derinliğinin topun bırakıldığı yüksekliğe bağlı olduğunu fark etmişsinizdir. Başka bir deyişle, **gravitasyon(kütle çekim) potansiyel enerjinin**, cismin kütlesi ve bırakıldığı yükseklik ile doğru orantılı olduğunu söyleyebiliriz. Cisimler Dünya'nın yüzeyine yakın bir bölgede düştükleri için, potansiyel enerji Dünya'nın yer çekimi ivmesinin büyüklüğüne de bağlıdır:

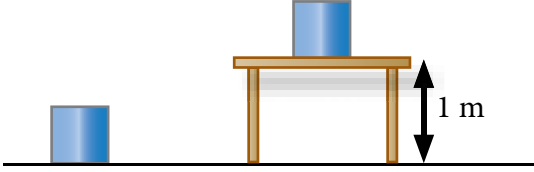
$$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Buna göre, kütlesi **m** olan ve herhangi bir yüzeye göre **h** yüksekliğine kaldırılmış bir cismin **kütle çekimsel potansiyel enerjisi**, aşağıdaki formülle hesaplanır:

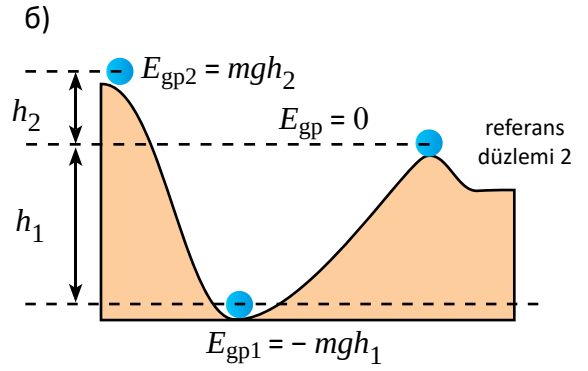
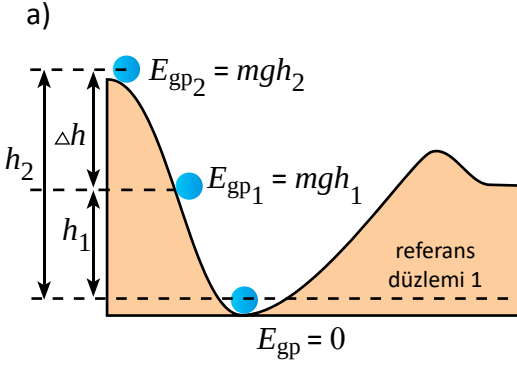
$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h .$$

Potansiyel enerji her zaman bir **referans düzlemine** veya **referans seviyesine** göre hesaplanır. Referans düzlemi, cismin bulunduğu yüksekliği ölçmek için seçilen hayali bir düzlem ya da seviyedir. Bu düzlem; sınıfın tabanı, sıranın yüzeyi veya en yaygın olarak kabul edildiği gibi Dünya'nın yüzeyi olabilir. Potansiyel enerji hesaplanırken, cismin konumunun neye göre değerlendirildiği, yani hangi düzlemin referans düzlemi olarak seçildiği mutlaka belirtilmelidir. Referans düzlemi üzerinde bulunan bir cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi 0 J'dür. Şekil 3'te, kütlesi 1 kg olan ve biri Dünya'nın yüzeyinde, diğeri ise yüksekliği 1 m olan bir sıra üzerinde bulunan cisimler gösterilmektedir. Eğer referans düzlemi olarak Dünya'nın yüzeyi alınırsa, Dünya'nın yüzeyindeki cismin potansiyel enerjisi 0 J, sıra üzerindeki cismin potansiyel enerjisi ise 9,81 J olur.

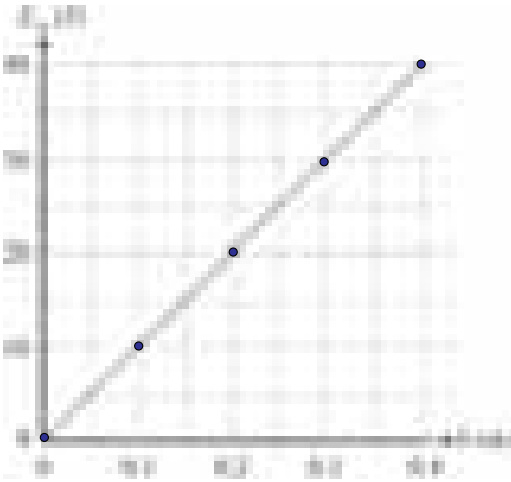
Eğer referans düzlemi olarak sıranın yüzeyi alınır, sıranın üzerinde bulunan cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi **0 J** olur. Dünya'nın yüzeyinde bulunan cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi ise **-9,81 J**'dür. Şekil 4'te, cisimlerin potansiyel enerjilerinin iki farklı referans düzlemine göre nasıl hesaplanabileceği gösterilmektedir.



Şekil 3. Kütle çekimsel potansiyel enerji, seçilen referans düzlemine göre hesaplanır. Eğer **referans düzlemi** Dünya'nın yüzeyi olarak alınır, birinci cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi yoktur (0 J), ikinci cismin ise kütle çekimsel potansiyel enerjisi vardır.



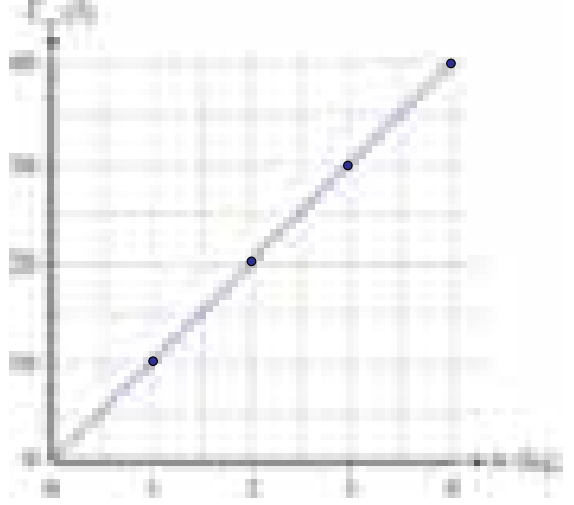
Şekil 4. Cisimlerin iki farklı referans seviyesine göre potansiyel enerjileri. Birinci durumda, vadinin en alt noktasında bulunan cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi 0 J'dür. İkinci durumda ise, farklı bir referans düzlemi seçildiğinden, aynı cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi negatif bir değere sahiptir.



Şekil 5. Kütle 10 kg olan bir cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisinin yüksekliğe bağılılığı.

Şekil 5'te, referans düzlemine göre kütlesi 10 kg olan bir cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisinin bulunduğu yüksekliğe bağılılığının grafiksel gösterimi verilmiştir. Grafik bir doğru şeklindedir. Doğrunun eğiminin (veya eğim katsayısının), cismin ağırlığına ($m \cdot g$) eşit olduğuna dikkat ediniz. Hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla, yer çekimi ivmesinin büyüklüğü 10 N/kg olarak alınmıştır.

Şekil 6'da, kütle çekimsel potansiyel enerjinin cismin kütlesine bağlılığının grafiksel gösterimi verilmiştir. Cisim her zaman referans düzleminin **1 m** üzerinde bulunmaktadır ve cismin kütlesi **1 kg ile 4 kg** arasında değiştirilmektedir. Grafik bir doğru şeklindedir. Doğrunun eğiminin (veya eğim katsayısının), **yer çekimi ivmesi ile cismin bulunduğu yüksekliğin çarpımına ($g \cdot h$)** eşit olduğuna dikkat ediniz. Hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla, yer çekimi ivmesinin büyüklüğü **10 N/kg** olarak alınmıştır.



Şekil 6. Cismin potansiyel enerjisinin kütlesine bağlılığı. Cisim, referans düzleminin her zaman 1 m üzerinde bulunmaktadır.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 1.

Kütlesi **2 kg** olan bir cismin, masanın yüzeyine göre ve yere göre kütle çekimsel potansiyel enerjisini hesaplayınız. Masanın yüksekliği **0,8 m**, cismin masanın üzerinde bulunduğu yükseklik ise **50 cm = 0,5 m**'dir. Yer çekimi ivmesi $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ olarak alınacaktır.

Verilen:	Referans düzlemi olarak masanın yüzeyi alınırsa, cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi:
$m = 2 \text{ kg}$ $h_1 = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$ $h_2 = 0,8 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$E_{\text{gp1}} = m \cdot g \cdot h_1 = 2 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,5 \text{ m} = 9,81 \text{ J.}$
İstenen:	Yere göre (Dünya'nın yüzeyine göre) kütle çekimsel potansiyel enerji ise:
$E_{\text{gp1}} - ?$ $E_{\text{gp2}} - ?$	$E_{\text{gp2}} = m \cdot g \cdot (h_1 + h_2) = 2 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot (0,5 \text{ m} + 0,8 \text{ m}) = 25,5 \text{ J.}$

Pratik problemlerin çözümünde, **kütle çekimsel potansiyel enerjideki değişimi**, yani cismin referans düzlemine göre yukarı veya aşağı hareket ettiğinde ne kadar potansiyel enerji kazandığını ya da kaybettiğini belirlemek çok önemlidir. Şekil 4a'da eğik düzlem boyunca yukarı doğru yuvarlanan bir bilye gösterilmiştir. Başlangıç anında bilyenin kütle çekimsel potansiyel enerjisi $E_{gp1} = m \cdot g \cdot h_1$, daha sonraki bir anda ise $E_{gp2} = m \cdot g \cdot h_2$ olmuştur. Kütle çekimsel potansiyel enerjideki değişim ΔE_{gp} ile gösterilir (Δ "delta" diye okunur) ve şu şekilde ifade edilir:

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

Burada Δh , başlangıç konumu ile son konum arasındaki yükseklik farkıdır. Bu ifade bize şunu göstermektedir: Eğer cisim yukarı kaldırılırsa (yani referans düzlemine göre bulunduğu yükseklik artarsa), cismin **kütle çekimsel potansiyel enerjisi artar**. Buna karşılık, cisim aşağı indirilirse (yani referans düzlemine göre bulunduğu yükseklik azalırsa), cismin **kütle çekimsel potansiyel enerjisi azalır**.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 2.

Bir öğrenci birinci kattan ikinci kata merdivenle çıkarken, kütle çekimsel potansiyel enerjisi 1471,5 J artmıştır.

- Öğrencinin kütlesi 40 kg ise, öğrencinin başlangıç ve son konumu arasındaki yükseklik farkını hesaplayınız.
- Bir basamağın yüksekliği 0,125 m ise, öğrencinin çıktığı basamak sayısını (n) hesaplayınız. Yer çekimi ivmesi: $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ olarak alınacaktır.

Verilen:	a. Potansiyel enerjideki değişimi hesaplayan formülü kullanarak, birinci ve ikinci kat arasındaki yükseklik farkını hesaplayabiliriz:
$\Delta E_{gp} = 1471,5 \text{ J}$ $m = 40 \text{ kg}$ $h_1 = 0,125 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$\Delta E_{gp} = m \cdot g \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{\Delta E_{gp}}{m \cdot g} = \frac{1471,5 \text{ J}}{40 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 3,75 \text{ m.}$ Eğer her bir basamağın yüksekliği $h_1 = 0,125 \text{ m}$, ise, b. basamak sayısı öğrencinin çıktığı toplam yüksekliğin bir basamağın yüksekliğine bölünmesiyle bulunur: $n = \frac{\Delta h}{h_1} = \frac{3,75 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} = 30. \text{ sonuç } n=30$ Demek oluyor ki: Öğrenci 3,75 m yüksekliğe çıkmış ve 30 basamak tırmanmıştır.
İstenen:	
$\Delta h - ?$	
$n - ?$	

Kinetik enerjide olduğu gibi, bir cismin potansiyel enerjisi azaldığında veya **0 J** olduğunda, bu enerji yok olmaz; başka bir enerji türüne dönüşür. Cisimlerin **gravitasyon (kütle çekim) potansiyel enerjisi** en sık olarak **kinetik enerjiye** ve **ısı enerjisine** dönüşür.

İLERİ DÜZEY



Kütle çekimsel potansiyel enerjisi, yalnızca cismin Dünya'nın yüzeyine yakın olduğu ve yer çekimi ivmesinin büyüklüğünün sabit kabul edilebildiği durumlarda $E_{gp} = m \cdot g \cdot h$ eşitliği ile hesaplanır. Eğer cisim Dünya yüzeyinden çok uzakta bulunuyorsa, potansiyel enerjisi aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

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

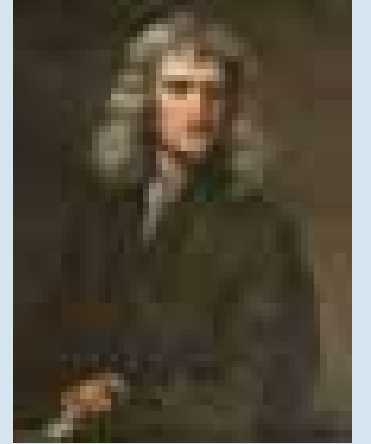
evrensel çekim sabitidir (γ "gama" diye okunur). **M**, Dünya'nın kütlesi; **m**, cismin kütlesi; **R**, Dünya'nın yarıçapı ve **h**, cismin Dünya yüzeyinden olan yüksekliğidir. Bu durumda, potansiyel enerjinin; Dünya'dan çok uzakta bulunan ve cismin artık Dünya'nın çekim kuvvetinin etkisini hissetmediği kabul edilen bir referans düzlemine göre hesaplandığını belirtmek gerekir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Isaac Newton, 1646 -1727)

Newton, tarihin en etkili bilim insanlarından biridir. Mekanik, ışık ve matematik alanındaki keşifleri, dünyayı anlama biçimimizi değiştirmiştir. Newton, **kütle çekimsel potansiyel enerjinin anlaşılmasının temelini atan bilim insanıdır**. En önemli eseri olan "Principia Mathematica" (1687) adlı çalışmasında Newton, **Evrensel Kütle Çekim Yasası'nı** ortaya koymuştur. Bu yasaya göre, evrendeki her cisim, kütlelerine ve aralarındaki uzaklığa bağlı bir kuvvetle diğer cisimleri çeker. Bu yasa; cisimlerin neden Dünya'nın yüzeyine düştüğünü, Ay'ın neden Dünya'nın etrafında dolandığını ve gezegenlerin neden Güneş'in etrafında hareket ettiğini açıklar.

Newton'un yaşadığı dönemde "**potansiyel enerji**" kavramı henüz tanımlanmamıştı. Ancak onun çalışmaları, bu kavramın ortaya çıkması için gerekli fiziksel ve matematiksel temeli oluşturmuştur. Newton'un fikirlerinden biri, bir cismin yer çekimine karşı yukarı kaldırılabilmesi için mutlaka iş yapılması gerektiğiydi. Newton'dan sonra çalışan bilim insanları, bir cismin iş yapabilme durumunu **kütle çekimsel potansiyel enerji** olarak adlandırmışlardır. **5+ İçin** bölümünde verilen ve Dünya yüzeyine yakın olmayan bir cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisini hesaplayan formül, Newton'un kütle çekim yasasıyla doğrudan ilişkilidir.



İLGİNÇ BİLGİLER

Dünya'nın yüzeyine göre insan yapımı bir cismin sahip olduğu en büyük kütle çekimsel potansiyel enerji, Dünya yüzeyinden yaklaşık 400 km yükseklikte yörüngede dolaşan Uluslararası Uzay İstasyonu'nun kütle çekimsel potansiyel enerjisidir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Kütle çekimsel potansiyel enerji nedir? Büyüklüğü hangi değişkenlere bağlıdır?
2. Bir cisim iki kat daha büyük bir yüksekliğe çıkarılırsa, potansiyel enerjisi nasıl değişir?
3. Referans düzleminin ne olduğunu açıklayınız. Kütle çekimsel potansiyel enerjiyi hesaplarken “neye göre” hesaplama yaptığımızı belirtmek neden önemlidir?
4. Bir cismin yere göre potansiyel enerjisi **196,2 J**'dür. Cisim **2 m** yüksekliğe kaldırılmış olduğuna göre, kütlesi kaç kilogramdır?
5. Kütlesi **4 kg** olan bir kutunun yere göre potansiyel enerjisi **78,48 J**'dür.
 - a) Kutu hangi yükseklikte bulunmaktadır?
 - b) Kutu bu yüksekliğin yarısına indirilirse, yeni potansiyel enerjisi ne olur?
 - c) Enerjideki değişim ne kadardır?

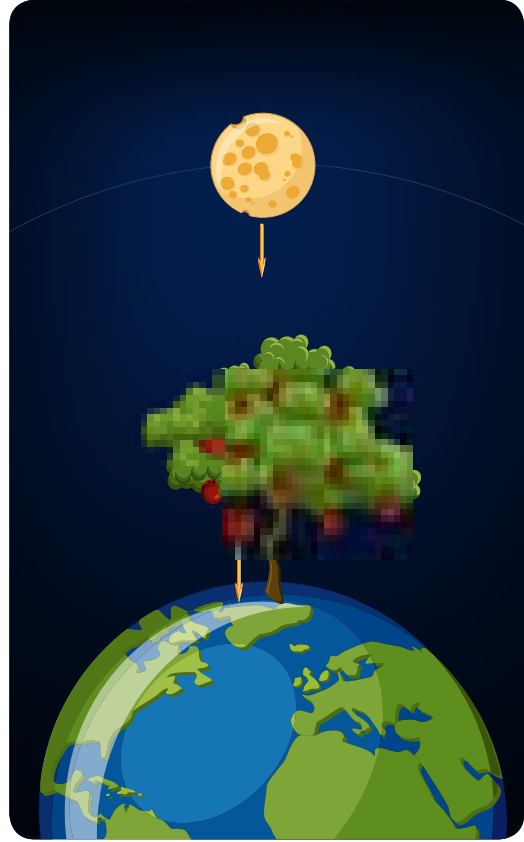
Son iki soruda yer çekimi ivmesi

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



HATIRLAYINIZ

- Kütle çekimsel potansiyel enerji, bir cismin Dünya'nın kütle çekim alanındaki konumu nedeniyle sahip olduğu enerjidir.
- Bir cismin kütle çekimsel potansiyel enerjisi, cismin kütlesi ve referans düzlemine göre yüksekliği ile doğru orantılıdır.
- Kütle çekimsel potansiyel enerji, $E_{\text{gp}} = m \cdot g \cdot h$ formülü ile hesaplanır. Burada m cismin kütlesi, g yer çekimi ivmesi, h ise referans düzlemine göre yüksekliğidir.
- Referans düzlemi, cismin bulunduğu yüksekliği ölçmek için seçilen hayali bir düzlem veya seviyedir.
- Potansiyel enerjideki değişim; cismin kütlesine (m), yer çekimi ivmesine (g) ve yükseklik değişimine (Δh) bağlıdır ve $\Delta E_{\text{gp}} = m \cdot g \cdot \Delta h$



Şekil 7. Hem Ay hem de elma, Dünya'nın yüzeyine göre kütle çekimsel potansiyel enerjiye sahiptir.

1.6 ESNEKLİK POTANSİYEL ENERJİSİ

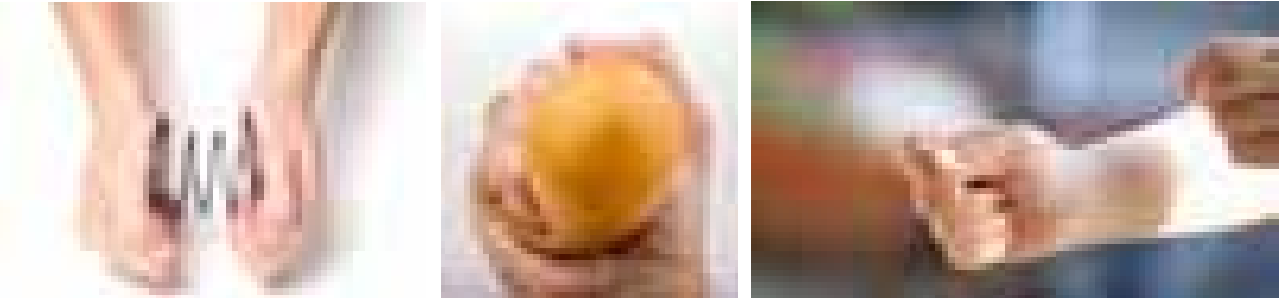
KAVRAMLAR

şekil değişikliği

Esneklik şekil
değişikliği potansiyel
enerjisi (E_{ep})

7. sınıfta, bir kuvvetin esnek bir yay üzerindeki etkisini ve yaya kuvvet uygulandığında yayın uzadığını veya sıkıştığını öğrenmiştin. Yayların yanı sıra günlük yaşamda da esnek özelliklere sahip birçok cisimle karşılaşırız: lastikler, esnek halatlar, otomobillerdeki amortisörler, trampolinler vb. Bu cisimlerin ortak bir özelliği vardır: Uzatıldıklarında veya sıkıştırıldıklarında, ilk hâllerine geri dönmeye çalışırlar. Bunun gerçekleşebilmesi için bu cisimlerin kendi içlerinde bir enerjiye sahip olmaları gerekir. İşte bu enerjiye **esneklik potansiyel enerjisi** denir.

Esneklik potansiyel enerjisi, şekil değiştirmiş her esnek cismin sahip olduğu bir potansiyel enerji türüdür.



Şekil 1. Yayın, balonun ve lastiğin esnek şekil değişiklikleri.

Esneklik potansiyel enerjisini anlayabilmek için öncelikle şekil değişikliğinin ne olduğunu anlamamız gerekir. Şekil değişikliği, bir cismin üzerine etki eden kuvvet nedeniyle şeklinin veya uzunluğunun değişmesidir. Eğer cisim, kuvvet ortadan kaldırıldıktan sonra ilk hâline geri dönebiliyorsa, bu şekil değişikliği **esnek şekil değişikliği** olarak adlandırılır. Eğer kuvvetin etkisi sona erdikten sonra cismin şekli değişmiş olarak kalıyorsa, örneğin eğilmiş bir teneke kutuda olduğu gibi, buna **plastik şekil değişikliği** denir.

Bu derste yalnızca cisimlerin **esnek şekil değişikliği sırasında** sahip oldukları enerjiyi inceleyeceğiz. Esnek bir cismi, örneğin bir yayı, ne kadar fazla uzatır veya sıkıştırırsak (plastik şekil değişikliği oluşmamak şartıyla), onun **esneklik potansiyel enerjisini** o kadar artırmış oluruz. **Esneklik potansiyel enerjisi** E_{ep} ile gösterilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

Bu formülde k ile yayın esneklik sabiti gösterilir ve birimi N/m'dir. Δl ise uzama veya sıkışma miktarını (şekil değişikliğini) ifade eder. Bu formülden iki sonuç çıkarabiliriz:

Şekil değişikliği ne kadar büyükse, yayın esneklik potansiyel enerjisi de o kadar büyük olur ve esneklik sabiti k ne kadar büyükse, aynı miktardaki şekil değişikliğinde yayda o kadar fazla enerji depolanır. Yayın esneklik sabitini 7. sınıfta öğrenmiştin ve bunun, yayın uzunluğunu bir birim değiştirmek için uygulanması gereken kuvvete sayısal olarak eşit olduğunu görmüştün; yani:

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



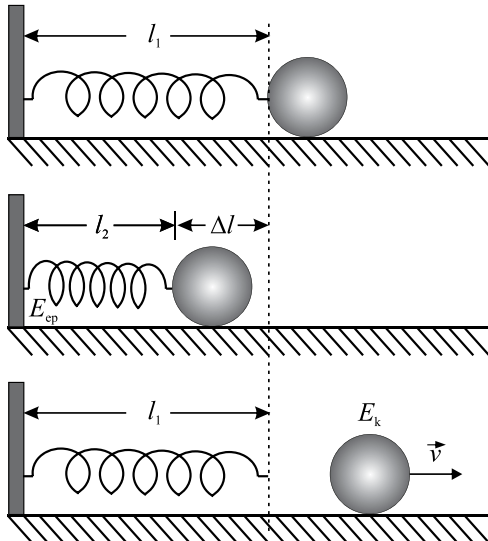
ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Bir yay, üzerine 2 N büyüklüğünde bir kuvvet etki ettiğinde 4 cm uzamaktadır.

a) Yayın esneklik sabiti k 'yı belirleyiniz.

b) Bu kuvvetin etkisi altında yayın kazandığı esneklik potansiyel enerjisini hesaplayınız.

Verilen:	a. 7. sınıfta, yayların kuvvet etkisi altında şekil değiştirdiğini ve bu şekil değişikliğinin, yayın esneklik sabiti ile uzama miktarı biliniyorsa hesaplanabileceğini öğrenmiştin; yani:
$F = 2 \text{ N}$ $\Delta l = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$	$F = k \cdot \Delta l$. Bu son eşitlikten yayın esneklik sabitini belirleyebiliriz:
İstenen:	$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{2 \text{ N}}{0,04 \text{ m}} = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
$k - ?$ $E_{\text{ep}} - ?$	b. Şimdi, yayın esneklik sabitini ve uzama miktarını bildiğimize göre, uzamış yayın potansiyel enerjisini hesaplayabiliriz:
	$E_{\text{ep}} = \frac{k \cdot \Delta l}{2} = \frac{50 \cdot (0,04 \text{ m})}{2} = 0,04 \text{ J}$



Şekil 2. Sıkıştırılmış bir yaydaki esneklik potansiyel enerjisi.

Şekil 2'nin ilk çiziminde yay, şekil değiştirmemiş durumdadır ve uzunluğu l_1 'dir. İkinci çizimde yay sıkıştırılmıştır ve uzunluğu l_2 'dir. Sıkışma miktarı

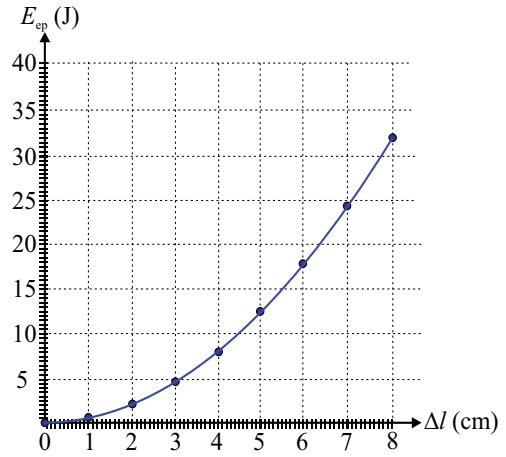
$$\Delta l = l_1 - l_2$$

kadardır. Üçüncü çizimde yay tekrar ilk şekil değiştirmemiş durumuna dönmüştür. Esneklik potansiyel enerjisi topa aktarılmış ve kinetik enerjiye dönüşmüştür.

Şekil 3'te, esneklik sabiti $k = 10000 \text{ N/m}$ olan bir yay için esneklik potansiyel enerjisinin uzama miktarına bağlılığını gösteren grafik verilmiştir. Kinetik enerjinin hıza bağlılığında olduğu gibi, bu grafik de karesel bir eğri, yani bir paraboldür

Esneklik potansiyel enerjisi, birçok mekanizmada önemli bir role sahiptir: otomobillerdeki amortisörlerde, yaylarda ve oklarda, kurmalı saatlerde, enerjiyi geçici olarak depolayan ve daha sonra serbest bırakan tüm mekanik sistemlerde bulunur.

Cisim ilk şekil değiştirmemiş durumuna geri döndüğünde, sahip olduğu **esneklik potansiyel enerjisi** yok olmaz; başka bir enerji türüne dönüşür. Bu enerji, çoğu zaman cismin diğer cisimlerle sürtünmesi nedeniyle **ısı enerjisine** dönüşür ya da **kinetik enerji** şeklinde başka bir cisme aktarılır.



Şekil 3. Yayın esneklik potansiyel enerjisinin uzama miktarına bağlılığı.



ETKİNLİKLER

1. Balon ve kâğıt parçacıkları

Balonu, iki tarafı açık karton veya plastikten yapılmış bir silindirin üzerine geriniz. Gerilmiş balonun üzerine küçük kâğıt parçacıkları veya pirinç taneleri koyunuz. Alt taraftan balonun zarını dikkatlice gerip bırakınız. Zarın üzerine yerleştirilen cisimlere ne oldu? Gerilmiş zarın esneklik potansiyel enerjisi hangi enerji türüne dönüşmüştür?

2. Lastik ve madeni para

İki sağlam çivi arasına bir tahta levha üzerine bir lastik bağlayınız. Lastiğin üzerine bir madeni para yerleştiriniz ve parayı tutarak lastiği geriniz. Lastiği bıraktığınızda madeni paraya ne olur? Hangi enerji dönüşümleri gerçekleşmiştir? Sonraki denemelerde lastiği bir önceki denemeye göre biraz daha fazla geriniz. Ne gözlemliyorsunuz? Lastik daha fazla gerildiğinde madeni para daha uzun bir yol aldı mı? Alınan yolun, lastiğin uzama miktarına bağlılığını gösteren bir grafik çizin. Grafik bir doğru mudur?

3. Yaylı araba

Geri çekip bıraktığınızda ileri doğru hareket etmeye başlayan bir oyuncak araba alınız. Bu oyuncakta, araba geri çekildiğinde enerji kazanan şeyin ne olduğunu düşününüz. Arabanın hareket etmesine izin verdiğinizde hangi enerji dönüşümleri gerçekleşir? Arabanın aldığı yol, onun ne kadar geri çekildiğine bağlı mıdır?

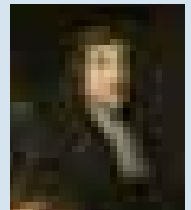


ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Robert Hooke, 1635 – 1703)

Hooke, esnekliğin anlaşılmasına en önemli katkılardan birini yapmış İngiliz bir bilim insanıdır. Günümüzde **Hooke Yasası** olarak bildiğimiz yasayı ilk kez o formüle etmiştir. Hooke, birçok malzemede, yayda ve esnek cisimde **şekil değişikliği miktarının**, buna neden olan kuvvetle orantılı olduğunu gözlemlemiştir. Bu keşif aşağıdaki formülün temelini oluşturur: $F = k \cdot \Delta l$.

Bu yasa yalnızca yayların nasıl davrandığını açıklamakla kalmaz, aynı zamanda köprülerin, binaların ve ölçüm araçlarının yapımında kullanılan malzemelerin incelenmesinin de temelini oluşturur. Ayrıca Hooke makineler ve saatler tasarlamış, mikroskopik biyolojinin kurucularından biri olmuştur. Hooke, organizmaların yapısını oluşturan en küçük yapı birimlerini tanımlamak için **“hücre”** sözcüğünü ilk kullanan kişidir.



İLERİ DÜZEY

5+

Yay uzatılabildiği veya sıkıştırılabildiği için onu **esnek bir cisim** olarak tanımlarız. Ancak doğada metaller, plastikler, ahşap, taş ve hatta insan kemikleri gibi hemen hemen bütün malzemeler şekil değiştirebilir. Bu tür şekil değişikliği çok küçüktür ve çoğu zaman fark edilmez, ancak fizik bunu her malzeme için karakteristik olan bir fiziksel büyüklükle açıklar. Bu fiziksel büyüklüğe **Young esneklik modülü** denir ve **E** ile gösterilir. Bu, malzemenin bir özelliğidir ve cismin şekline veya büyüklüğüne bağlı değildir. **Young modülü** ne kadar büyükse, malzeme o kadar serttir ve bir kuvvet etkisinde o kadar az uzar. Young esneklik modülü biliniyorsa, uzunluğu **l** ve kesit alanı **S** olan bir cismin, **F** kuvvetinin etkisi altında ne kadar uzayacağı hesaplanabilir. Bağlı uzamayı hesaplamak için kullanılan formül şöyledir:

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

Young modülü bilgisi; köprülerin, uçakların, otomobillerin, spor ekipmanlarının ve tıbbi implantların tasarlanmasında kullanılır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Bir tükenmez kalem içindeki yay, parmakla basıldığında çok küçük bir enerji kazanır; bu enerji yaklaşık **0,001 J**'dur. Aynı enerji, yayın kalemin ucunu dışarı ve içeri doğru hareket ettirmesi için yeterlidir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Esnek şekil değişikliği nedir? Bir cismin, üzerine etki eden kuvvet ortadan kalktıktan sonra ilk hâline geri dönebildiği şekil değişikliğidir. İlk şekline geri dönebilen şekil değişikliklerine esnek şekil değişikliği denir. Kendi örneğinizle, bir cismin ilk şekline geri döndüğü bir durumu açıklayınız.
2. Bir yay Δl kadar uzamaktadır. Yayı iki kat daha fazla uzatırsak, yayın esneklik potansiyel enerjisi kaç kat artar?
3. Esneklik sabiti 100 N/m olan bir yay 0,05 m uzatılmıştır. Yayın esneklik potansiyel enerjisini hesaplayınız.
4. Esneklik sabiti 50 N/m olan bir yay 4 cm sıkıştırılmıştır. Yayın esneklik potansiyel enerjisi kaçtır?
5. Bir lastik önce 3 cm uzatılıyor, ardından 3 cm daha uzatılıyor. İkinci durumda lastiğin esneklik potansiyel enerjisi, ilk uzatılma durumuna göre kaç kat artmıştır?



HATIRLAYINIZ

- Şekil değişikliği, cismin şeklinin veya büyüklüğünün değişmesidir. Şekil değişiklikleri esnek ve plastik şekil değişikliği olmak üzere ikiye ayrılır.
- Esneklik potansiyel enerjisi, şekil değiştirmiş esnek bir cismin sahip olduğu enerjidir. Cisim bu enerjiyi uzatıldığında veya sıkıştırıldığında kazanır.
- Cisim ilk şekline geri döndüğünde, esneklik potansiyel enerjisi açığa çıkar.
- Esneklik potansiyel enerjisinin hesaplanmasında kullanılan formül: $E_{ep} = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2}$, Burada E_{ep} esneklik potansiyel enerjisini (J), k esneklik sabitini (N/m) ve Δl ise uzama ya da şekil değişikliği miktarını (m) göstermektedir.

1.7. MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU YASASI

KAVRAMLAR

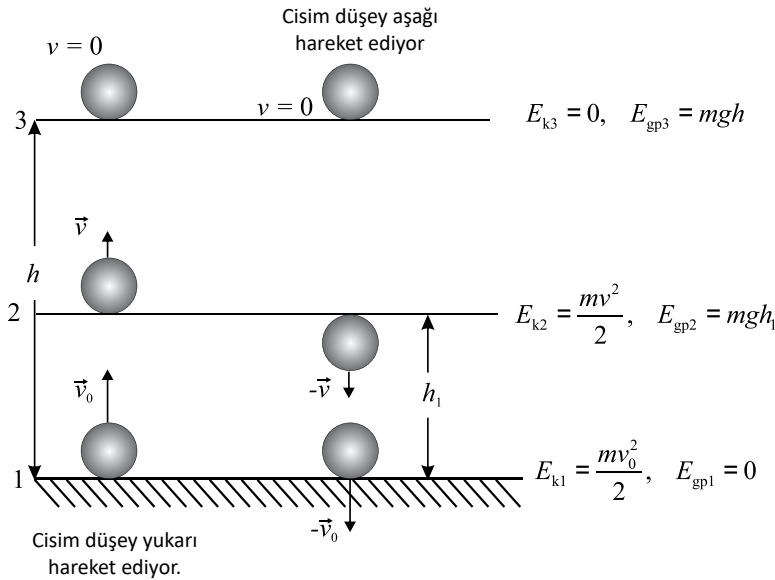
Mekanik enerji

yalıtılmış sistem

MEKANİK ENERJİNİN
KORUNUMU YASASI

Önceki derslerde, bir cismin hareket ettiğinde **kinetik enerjiye**, bir referans düzleminin üzerinde belirli bir yükseklikte bulunduğunda veya **esnek olarak şekil değiştirdiğinde** ise potansiyel enerjiye sahip olabileceğini öğrenmiştik. Bu iki enerji türü (**kinetik enerji ve potansiyel enerji**) birlikte cismin **mekanik enerjisini** oluşturur. Mekanik enerji yok olmaz ve yeniden oluşmaz; sadece bir türden başka bir türe dönüşür.

Cisimlerin hareketlerini veya fiziksel olayları, sürtünme kuvvetlerinin etkilerini dikkate almadan incelersek, cismi ya da olayı **yalıtılmış bir sistem** olarak gözlemlediğimizi söyleriz. Başka bir ifadeyle, **yalıtılmış sistem**, çevresiyle ne madde ne de enerji alışverişinde bulunan fiziksel bir sistemdir. Yalıtılmış bir sistemde, fiziğin en önemli yasalarından biri olan **Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası** geçerlidir. Bu yasaya göre, cisme sürtünme kuvvetleri ve hava direnci etki etmiyorsa, **toplam mekanik enerji sabit kalır**. Bu da **potansiyel enerji ile kinetik enerjinin toplamının değişmediği** anlamına gelir.



Şekil 1. Düşey yukarı fırlatılan bir cismin kinetik enerjisinin çekim potansiyel enerjisine dönüşümü.

Bu yasaya göre, cismin toplam mekanik enerjisi korunur ve cismin kinetik enerjisi ile potansiyel enerjisinin toplamı olarak ifade edilebilir; yani:

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

Burada E cismin toplam mekanik enerjisini, E_k cismin kinetik enerjisini, E_p ise cismin potansiyel enerjisini göstermektedir. Potansiyel enerji esneklik potansiyel enerjisi veya

çekim potansiyel enerjisi olabilir. Şekil 1'de gösterildiği gibi, başlangıç hızı v_0 olan bir topun düşey yukarı fırlatıldığında enerjisinin nasıl değiştiğini inceleyelim.

Başlangıç anında cisim yalnızca kinetik enerjiye sahiptir. Cisim yükseldikçe kinetik enerjisi azalır, buna karşılık çekim potansiyel enerjisi artar. Yörüngenin en yüksek noktasında cismin hızı sıfırdır, bu nedenle cismin kinetik enerjisi yoktur. Bu noktada cisim yalnızca çekim potansiyel enerjisine sahiptir. Cisim aşağı doğru düşmeye başladığında çekim potansiyel enerjisi azalır, buna karşılık kinetik enerjisi artar. Yüzeye çarpmadan hemen önce çekim potansiyel enerjisinin tamamı cismin kinetik enerjisine dönüşmüş olur. Cismin hareket yörüngesi üzerindeki herhangi iki nokta için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$E_1 = E_2,$$

Burada E_1 , cismin yörünge üzerindeki herhangi birinci noktadaki toplam mekanik enerjisini, E_2 ise cismin yörünge üzerindeki herhangi ikinci noktadaki toplam mekanik enerjisini göstermektedir. Aynı eşitlik, cismin bu iki noktadaki kinetik ve potansiyel enerjileri cinsinden de yazılabilir:

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

E_{k1} ve E_{p1} E_{k1} E_{p1} birinci noktadaki kinetik ve potansiyel enerjileri, E_{k2} ve E_{p2} ise cismin yörüngesinin ikinci noktasındaki kinetik ve potansiyel enerjilerini göstermektedir. Cismin 1. noktadaki toplam enerjisi yalnızca kinetik enerjisine eşit olduğundan ve 3. noktada cisim yalnızca çekim potansiyel enerjisine sahip olduğundan ötürü, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası'na göre aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

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

Eğer yasayı 1. nokta ile Dünya yüzeyinin üzerinde h yüksekliğinde bulunan bir nokta için yazmak istersek, aşağıdaki eşitliği elde ederiz:

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



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

0,2 kg kütleli bir top, başlangıç hızı olmadan 1,5 m yükseklikten Dünya yüzeyine doğru düşmeye bırakılıyor. Sürtünmenin ve hava direncinin olmadığı kabul edilmektedir. Topun yere çarpmadan hemen önceki hızı kaçtır? Yerçekimi ivmesi $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ olarak alınacaktır..

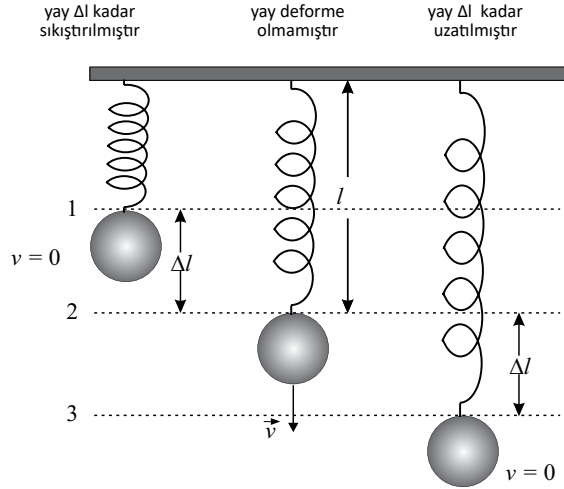
Verilen:	Top başlangıç anında yalnızca çekim potansiyel enerjisine sahiptir. Yüzeye çarpmadan hemen önceki anda ise yalnızca kinetik enerjiye sahiptir. Yalıtılmış bir sistemde Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası'na göre:
$m = 0,2 \text{ kg}$	
$h = 1,5 \text{ m}$	
$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	
	$E_{p1} = E_{k2}$ Son eşitlikten hız için aşağıdaki ifade elde edilir: $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2}$.

İstenen:	$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1,5 \text{ m}} = 5,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$v - ?$	Bu sorunun çözümünde cismin kütesinin bilinmesine gerek olmadığını fark ettiniz. Bu da hava direnci kuvvetinin olmadığı durumda cismin yere hangi hızla düşeceğini cismin kütesine bağlı olmadığını anlamına gelir.

Şekil 2'de bir yaya bağlı cisim gösterilmiştir. Bu sistemin toplam enerjisi, esneklik potansiyel enerjisi ile topun kinetik enerjisinin toplamından oluşur. Yayın birinci ve üçüncü noktadaki deformasyonlarını sırasıyla Δl ile, yay uzamamış durumdayken bağlı topun sahip olduğu hızı ise v ile gösterirsek, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası'na göre bu iki nokta için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

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

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



Şekil 2. Yay ve m kütleli bir cisimden oluşan izole bir sistemde, enerjinin esneklik potansiyel enerjisinden kinetik enerjiye ve tersine dönüşümü.



ETKİNLİKLER

1. Matematiksel sarkaçta enerjinin dönüşümü

Küçük bir metal bilyeyi esnemeyen bir ipe bağlayın ve ipin diğer ucunu yatay bir düzleme sabitlenmiş bir desteğe tutturun. Fizikte bu sisteme matematiksel sarkaç denir. Bilyeyi denge konumundan uzaklaştırıp serbest bırakın. Bu sistemin hareketi periyodik olarak tekrarlanır. Bu tür harekete salınım hareketi denir. Bilyeyi salınıma başlamadan hemen önce hangi enerjiye sahip olduğunu açıklayın. Bilye maksimum kinetik enerjiye ne zaman sahip olur? Bilyeyi farklı yüksekliklerden serbest bırakın ve denge konumundan geçerken sahip olduğu hızı hesaplayın. Bilyenin denge konumundaki hızının, bırakıldığı yüksekliğe bağlılığını gösteren bir grafik çizin. Grafik doğrusal mıdır? Matematiksel sarkaç yalıtılmış bir sistem midir? Bir süre sonra bilye hareket etmeyi durdurur mu?

İLERİ DÜZEY



Mekanik enerjinin korunumu yasası, çarpışma sırasında şekil değiştirmeyen veya birbirine yapışmayan iki cismin çarpışmalarına da uygulanabilir. Bu tür çarpışmalara esnek çarpışmalar denir. Esnek çarpışmalara bilye topunun çarpışması veya curling oyununda iki taşın çarpışması örnek olarak verilebilir. Çarpışmaları içeren problemlerin çözümünde sürtünme kuvvetleri ihmal edilebiliyorsa, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası uygulanabilir.



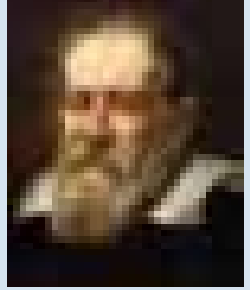
İLGİNÇ BİLGİLER

Uzayda hava ve sürtünme olmadığı için cisimlerin mekanik enerjisi neredeyse kusursuz bir şekilde korunur. Bu nedenle uydular, enerji harcamadan Dünya'nın etrafında aynı hızla hareket edebilirler.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Galileo Galilei, 1564–1642)

Galileo, tarihin en cesur bilim insanlarından biriydi. Doğa yasalarını yalnızca düşünerek değil, deney yaparak da sınamaya cesaret eden bir bilim insanıydı. Galileo'nun yaşadığı dönemde “daha ağır cisimlerin daha hafif cisimlerden daha hızlı düştüğüne” inanılıyordu. Galileo bu görüşten şüphe duydu ve farklı cisimlerin nasıl düştüğünü gözlemlemeye başladı. Pisa Eğik Kulesi'nden bıraktığı cisimlerle yaptığı deney ünlüdür. Galileo, farklı kütlelere sahip iki topu aynı yükseklikten bıraktı. Dönemin filozoflarının beklentilerinin aksine, her iki top da kulenin tabanına neredeyse aynı anda ulaştı.



Burada onun en önemli çıkarımı ortaya çıktı: mekanik enerjinin korunumu fikri. Galileo, bir cisim düşerken potansiyel enerjisinin giderek kinetik enerjiye dönüştüğünü fark etti. Galileo, cisimlerin hava direncinin olmadığı boşlukta hareket etmeleri durumunda, tüm cisimlerin aynı ivmeyle düşeceği ve cismin toplam mekanik enerjisinin değişmeden kalacağı sonucuna vardı.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Aynı başlangıç hızıyla Dünya'da ve Ay'da bir top fırlatabildiğini düşün. Ay'da yerçekimi ivmesinin altı kat daha küçük olduğunu göz önünde bulundurarak, topun hangi durumda referans düzlemine göre daha büyük bir yüksekliğe çıkacağını açıkla.
2. Mekanik enerjiyi oluşturan iki enerji türü hangileridir?
3. Küçük bir buzlu kuyruklu yıldız, bir gezegenin etrafında eliptik bir yörüngede hareket etmektedir. Yörüngesinin en uzak noktasında 2000 J kinetik enerjiye ve 8000 J çekim potansiyel enerjisine sahiptir. Potansiyel enerjisinin 6000 J olduğu bir noktaya geldiğinde kinetik enerjisi kaç joule olur?
4. Bir top düşey yukarı fırlatılıyor. Hareketinin bir noktasında top, referans düzleminden 0,2 m yüksekte bulunmakta ve 3 m/s hızla hareket etmektedir. Hava direnci ihmal edilirse, 0,6 m yükseklikteki bir noktadaki hızı kaç m/s olur?
5. Bir top, yüksekliği 1 m olan eğik düzlemin tepesinden yuvarlanmaya başlıyor. Topun eğik düzlemin sonunda sahip olacağı hızı hesaplayınız.

Son iki soruda yerçekimi ivmesini $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ olarak alınız.



HATIRLAYINIZ

- Mekanik enerji, cismin kinetik enerjisi ile potansiyel enerjisinin toplamıdır.
- Sürtünme ve hava direnci olmadığında, cisimlerin hareketi yalıtılmış bir sistem olarak incelenebilir.
- Yalıtılmış bir sistemde Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası geçerlidir: toplam mekanik enerji sabit kalır.
- Yaylı bir sistemde toplam mekanik enerji, esneklik potansiyel enerjisi ile kinetik enerjinin toplamıdır.

1.8. ENERJİNİN KORUNUMU YASASI

KAVRAMLAR

Enerjinin Korunumu Yasası

Her cisim hareket ederken hava tanecikleriyle veya üzerinde hareket ettiği yüzeyle sürtünmeye maruz kalır. Bu durumlarda sistemin yalıtılmış olmadığını, çevresiyle enerji alışverişi yapabildiğini söyleriz.

Bir tepenin eteğinde yatay bir zemine bağlanan eğik bir düzlem üzerinde karla kaplı bir yamaçtan kayan kızığa ele alalım. Kızak yamaçtan aşağı inerken çekim potansiyel enerjisi azalır ve bu enerjinin bir kısmı kinetik enerjiye dönüşür. Ancak enerjinin bir bölümü de kızığın karla sürtünmesi ve hava tanecikleriyle sürtünmesi sonucunda ısı enerjisine dönüşür. Kızak yatay yüzey üzerinde hareket ederken kinetik enerjisi azalır ve sonunda durur. Bu durumda kinetik enerjinin tamamen ısı enerjisine dönüştüğünü söyleriz. 7. sınıfta sürtünmenin harekete karşı koyan bir kuvvet olduğunu öğrenmiştin. İki yüzey birbirine temas edip birbiri üzerinde hareket ettiğinde ısı oluşur. Bu ısı, mekanik enerjinin bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesinin sonucudur.

Bu gibi durumlarda mekanik enerji tamamen korunmaz; bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Ancak tüm enerji türleri dikkate alındığında sistemin toplam enerjisi değişmeden kalır. Bu durum, daha genel bir yasa olan Enerjinin Korunumu Yasası'nın temelini oluşturur. Enerjinin Korunumu Yasası, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası yardımıyla aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$E_1 = E_2 + Q,$$

Burada E_1 , cismin yörüngesindeki herhangi bir birinci noktadaki toplam mekanik enerjisini; E_2 ise cismin yörüngesindeki herhangi bir ikinci noktadaki toplam mekanik enerjisini göstermektedir. Q ise ısı enerjisine dönüşen mekanik enerjiyi ifade eder.



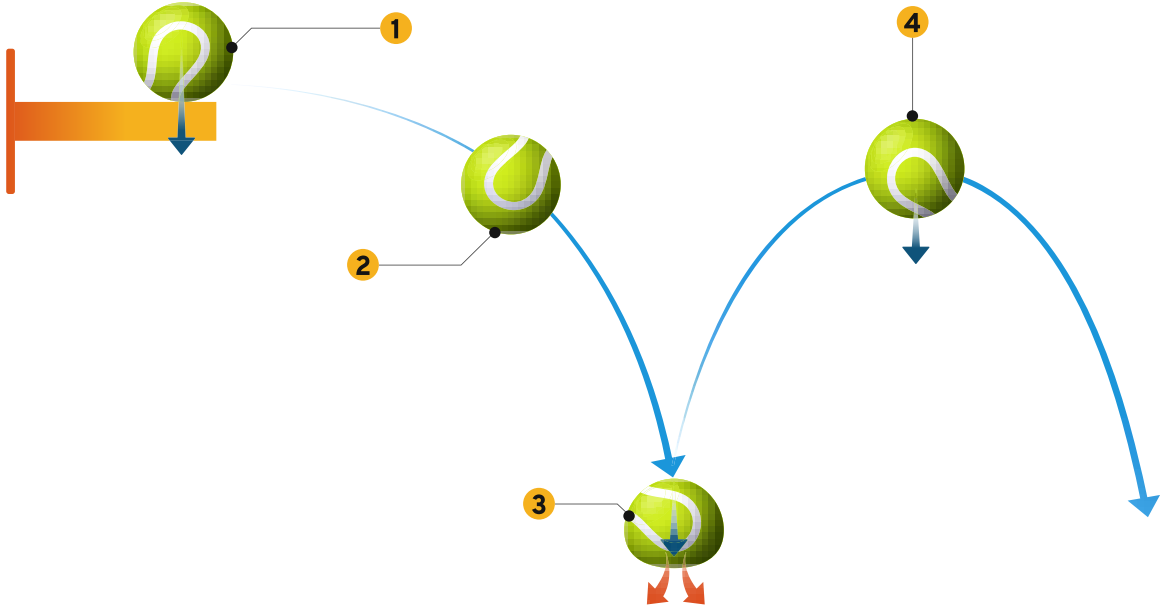
ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Toplam kütlesi 40 kg olan bir öğrenci ve kızak, yüksekliği 12 m olan bir tepenin zirvesindedir. Öğrenci kızakla birlikte yamaçtan aşağı kayarak tepenin eteğine doğru hareket etmektedir. Karla olan sürtünme nedeniyle başlangıçtaki potansiyel enerjinin %30'u ısı enerjisine dönüşürken, geri kalan kısmı kinetik enerjiye dönüşmektedir.

- Kızığın ve öğrencinin tepenin zirvesindeki başlangıç çekim potansiyel enerjisi kaç jouledür?
- Çekim potansiyel enerjisinin ne kadarı ısı enerjisine dönüşmüştür?
- Kızak, tepenin eteğine ulaşmadan hemen önce hangi hızla hareket etmektedir?

Yerçekimi ivmesi için $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ alınacaktır..

Verilen:	a) Tepenin zirvesinde öğrenci ve kızak yalnızca çekim potansiyel enerjisine sahiptir:
$m = 40 \text{ kg}$ $h = 12 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ $k = 30\% = 0,3$	$E_{\text{gp1}} = m \cdot g \cdot h = 40 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 12 \text{ m} = 4709 \text{ J}$
İstenen:	b) Sistem yalıtılmış olmadığından, başlangıçtaki çekim potansiyel enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür:
$E_{\text{gp1}} - ?$ $Q - ?$ $v - ?$	$Q = k \cdot E_{\text{gp}} = 0,3 \cdot 4709 \text{ J} = 1413 \text{ J}.$
	c) Enerjinin Korunumu Yasası'nı kullanırsak:
	$E_{\text{gp1}} = E_{\text{k2}} + Q ,$
	$E_{\text{gp1}} = \frac{m \cdot v^2}{2} + Q ,$
	$v = \sqrt{\frac{2}{m} (E_{\text{gp1}} - Q)} = \sqrt{\frac{2}{40 \text{ kg}} (4709 \text{ J} - 1413 \text{ J})} = 12,8 \text{ m/s} .$



Şekil 1. Tenis topunun sekmesi.

Şekil 1'de, belirli bir yükseklikten düşen ve zeminden sekerek yükselen bir tenis topunda gerçekleşen enerji dönüşümleri gösterilmiştir. Başlangıç konumunda (1) top yalnızca çekim potansiyel enerjisine sahiptir. Düşme sırasında çekim potansiyel enerjisi azalırken topun kinetik enerjisi artar (2). Top zemine çarptığında (3) şekli değişir.

Kinetik enerji, esneklik potansiyel enerjisine dönüşür. Top eski şekline dönerken esneklik potansiyel enerjisi tekrar kinetik enerjiye dönüşür. En yüksek noktada (4) top yeniden yalnızca çekim potansiyel enerjisine sahip olur. Top, bırakıldığı yüksekliğe kadar yükselemez; çünkü mekanik enerjinin bir kısmı, topun havayla sürtünmesi ve zemine çarpması sırasında oluşan sürtünme nedeniyle ısı enerjisine dönüşür.

Enerjinin Korunumu Yasası'nı anlamak, cisimlerin düşmesi, dağ nehirlerinin akışı ve makinelerin çalışması gibi birçok doğal olayı açıklamamıza yardımcı olur. Ayrıca enerjinin bir cisimden diğerine nasıl aktarıldığını ve doğada nasıl yeniden dağıldığını anlamamızı sağlar. Bu yasa, mekanik, enerji ve teknoloji konularının daha ileri düzeyde öğrenilmesinin temelini oluşturur.



ETKİNLİKLER

1. Enerjinin Korunumu Yasasının İnteraktif Bir Simülasyonla İncelenmesi

PhET Interactive Simulations, Colorado Boulder Üniversitesi (University of Colorado Boulder) tarafından oluşturulmuş ücretsiz bir eğitim platformudur. Proje, fizik yasalarını etkileşimli, görsel ve keşfetmeye dayalı simülasyonlar aracılığıyla daha anlaşılır hâle getirmek amacıyla Nobel Fizik Ödülü sahibi Carl Wieman tarafından başlatılmıştır. Sitede fizik, kimya, biyoloji, matematik ve jeoloji (Yer bilimi) alanlarında 150'den fazla simülasyon bulunmaktadır. Siteye aşağıdaki bağlantıdan erişebilirsiniz: <https://phet.colorado.edu/>.

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/energy-skate-park> adresinde yer alan “Enerji Kaykay Parkı” (Energy Skate Park) simülasyonu, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası'nı; yani kaykaycının farklı parkurlarda hareketi sırasında potansiyel enerjinin kinetik enerjiye ve kinetik enerjinin potansiyel enerjiye nasıl dönüştüğünü incelemeni sağlar. Kaykaycının kütlesini değiştirebilir, hareket edeceği farklı parkurları seçebilir, yerçekimi ivmesinin büyüklüğünü değiştirebilir ve potansiyel enerji, kinetik enerji ile toplam mekanik enerji grafiklerini inceleyebilirsiniz. Uygulamada sürtünme kuvvetini de etkinleştirerek Enerjinin Korunumu Yasası'nı, yani hareket sırasında enerjinin bir kısmının nasıl ısı enerjisine dönüştüğünü inceleyebilirsiniz.

İLERİ DÜZEY



İki cisim çarpıştığında ve bu çarpışma sırasında şekillerinde kalıcı bir deformasyon meydana geldiğinde veya birbirlerine yapıştıklarında, bu çarpışmaya plastik çarpışma denir. Bu durumda Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası geçerli değildir. Plastik çarpışmalarda, deformasyonlar nedeniyle cisimlerin iç enerjisinde değişim olur; yani kinetik enerjinin bir kısmı ısı enerjisine veya ses enerjisine dönüşür. Bu tür çarpışmalarda Enerjinin Korunumu Yasası geçerlidir.



İLGİNÇ BİLGİLER

Perpetuum mobile ya da “sonsuz hareket makinesi”, harcadığından daha fazla enerji üreten bir aygıt olurdu. Bu da enerjiyi “hiç yoktan” yaratması anlamına gelir ki, bu durum Enerjinin Korunumu Yasası'nı doğrudan ihlal eder. Günümüzde doğada enerjinin kendiliğinden ortaya çıktığı veya yok olduğu bilinen hiçbir olayın bulunmadığı bilinmektedir. “Sonsuz hareket makineleri”ne ait ilk çizimler 13. yüzyılda ortaya çıkmıştır. O dönemde mucitler, farklı ağırlık merkezlerine sahip tekerlekler veya kendi kendine çalışacak su

sistemleri tasarlamışlardır. Orta Çağ boyunca ve hatta 19. yüzyılda bile birçok yetenekli mühendis doğayı alt etmeye çalışmış, ancak tüm girişimler başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Günümüzde de bilimsel kurumlara bu tür makinelerin yapımına ilişkin öneriler ulaşmaktadır. Ancak bu öneriler, fiziğin temel yasalarını ihlal ettikleri için kural olarak hemen reddedilmektedir

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Julius Robert von Mayer 1814–1878)

Julius Mayer, enerjinin yoktan var edilemeyeceğini ve yok edilemeyeceğini; yalnızca bir biçimden başka bir biçime dönüşebileceğini açıkça ortaya koyan ilk bilim insanlarından biri olan Alman doktor ve fizikçidir. Bu ilke günümüzde Enerjinin Korunumu Yasası olarak bilinmektedir ve Mayer bu yasanın en önemli öncülerinden biridir. İlginç olan, Mayer'in bu fikre bir laboratuvarında değil, bir gemi yolculuğu sırasında ulaşmış olmasıdır. Tropikal bölgelerdeki denizcilerin kan rengini gözlemlerken önemli bir ayrıntı fark etmiştir. Damarlardaki oksijen miktarı daha az olan kan, daha fazla oksijen içeren kana göre daha açık renklidir. Soğuk bölgelerde yaşayan insanlarda ise vücudun ısı üretme ihtiyacı daha fazla olduğundan, kandaki oksijen miktarı da daha yüksektir. Mayer, sıcak iklimlerde insan vücudunun daha az ısı ürettiğini gözlemledi. Bu durum onu, vücudun besinlerden aldığı enerjiyi nasıl mekanik işe ve ısıya dönüştürdüğü üzerine düşünmeye yöneltti. Bu gözlemler sonucunda enerjinin hiçbir zaman kaybolmadığı, yalnızca biçim değiştirdiği sonucuna vardı. 1842 yılında Enerjinin Korunumu Yasası'nın ilk formülasyonunu yayımlayarak, ısı ile mekanik işin aslında aynı fiziksel büyüklüğün farklı biçimleri olduğunu ileri sürdü



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Enerjinin Korunumu Yasası, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası'nı da kapsar mı? Bu iki yasa hangi durumda özdeş olur?
2. Bir kruvasan masadan yere düşüyor. Yere çarptığında çıkan çıtırtı sesi, mekanik enerjinin kaybolmadığının neden bir kanıtıdır? Bu enerji hangi enerji türüne dönüşmüştür?
3. Bir cisim 5 m yükseklikten yere düşüyor. Düşüş sırasında ses oluşmadığını kabul ederek, cisim yere çarptığında açığa çıkan ısı enerjisini hesaplayınız.
4. Kütlesi 0,15 kg olan bir top, 2,0 m yükseklikten düşüyor. Zemine çarptıktan sonra 1,2 m yüksekliğe kadar yükseliyor. Çarpma sırasında ısı ve ses enerjisine dönüşen mekanik enerji ne kadardır?
5. Kütlesi 0,3 kg olan bir bilye, yüksekliği 1,8 m olan eğik bir düzlem üzerinde yuvarlanmaktadır. Bilyenin eğik düzlemin tepesindeki başlangıç hızı 1 m/s'dir. Hareket sırasında toplam enerjinin %20'si ısı enerjisi olarak kaybolmaktadır. Bilyenin eğik düzlemin sonundaki hızı kaç m/s olur?

HATIRLAYINIZ

- Cisim ile hava veya zemin arasında sürtünme olduğunda sistem yalıtılmış değildir ve mekanik enerjinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür.
- Yalıtılmış olmayan bir sistemde mekanik enerji korunmaz.
- Enerjinin Korunumu Yasası, Mekanik Enerjinin Korunumu Yasası'ndan daha genel bir yasadır: enerji ne yoktan var edilebilir ne de yok edilebilir; yalnızca bir biçimden başka bir biçime dönüşebilir.

1.9. MEKANİK İŞ

KAVRAMLAR

MEKANİK İŞ (A)

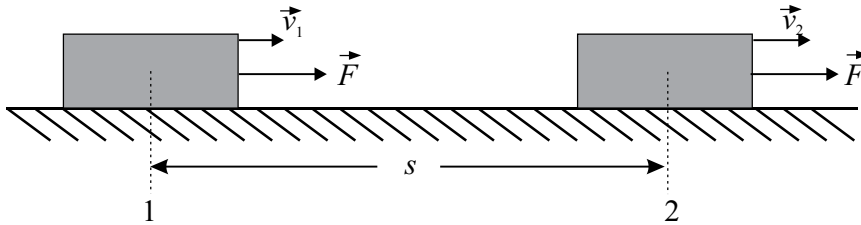
Günlük yaşamda sık sık “çalışıyoruz” deriz; ödev yazarken, bahçede kazı yaparken veya mobilya taşıırken. Ancak fizikte iş kavramının çok daha kesin bir anlamı vardır. **Mekanik iş**, yalnızca bir kuvvetin etkisi altında bir cismin yer değiştirmesi durumunda yapılır. Eğer ağır bir gardiobu itiyor, fakat onu yerinden oynatamıyorsak, yorulmuş olsak bile fiziksel anlamda mekanik iş yapılmamıştır; çünkü cisim yer değiştirmemiştir. Buna karşılık, aynı kuvveti daha küçük kütleli bir cisme uygulayıp onu hareket ettirebilirsek, mekanik iş yapılmış olur; çünkü cisme enerji aktarılmıştır.

İş, bir kuvvetin etkisi altında bulunan cisme ne kadar enerji aktarıldığının ölçüsüdür. Kuvvet ne kadar büyükse veya cisim bu kuvvet etkisinde ne kadar fazla yol alıyorsa (yer değiştiriyorsa), yapılan mekanik iş de o kadar büyük olur. Şekil 1'de bir cismin, kuvvetin doğrultu ve yönünde yer değiştirmesi gösterilmiştir.

Mekanik iş **A** harfi ile gösterilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$A = F \cdot s,$$

Burada F , işi yapan kuvvetin büyüklüğünü; s ise kuvvet doğrultusundaki yer değiştirmenin büyüklüğünü ifade eder. Mekanik işin temel birimi joule (J)'dür. 1 N büyüklüğündeki bir kuvvet bir cismi 1 m hareket ettirdiğinde 1 J iş yapılmış olur. Bu oldukça küçük bir iş miktarıdır. Formülü kullanarak, kütlesi 100 g olan bir çikolatayı 1 m yüksekliğe kaldırmak için yaklaşık 1 J iş yapılması gerektiğini hesaplayabilirsiniz. Bu nedenle pratik uygulamalarda iş genellikle kJ veya MJ birimleriyle ifade edilir.



Şekil 1. F kuvveti, cismi 1. konumdan 2. konuma hareket ettirerek mekanik iş yapmaktadır.

İş yaptığımızda, bir cismin enerjisini değiştirmiş oluruz. Bir kitabı yerden alıp rafa koyduğumuzda, kitap üzerinde iş yapılmış olur ve kitabın çekim potansiyel enerjisi artar. Bir arabayı ileri doğru ittiğimizde, cisme uyguladığımız kuvvet arabanın kinetik enerjisini artırır. Bir yayı uzatırken yaptığımız iş, yayın esneklik potansiyel enerjisine dönüşür. Bu nedenle mekanik işin her zaman enerjinin aktarılması veya enerji değişimi ile ilişkili olduğunu söyleriz.

Enerjinin Korunumu Yasası'na göre enerji ne yaratılabilir ne de yok edilebilir; yalnızca bir biçimden başka bir biçime dönüşebilir veya bir cisimden diğerine aktarılabilir. Bir cisim iş yaptığında enerjisinin bir kısmını başka bir cisme aktarır; üzerinde iş yapıldığında ise enerji kazanır. Örneğin, bir cisim belirli bir yükseklikten Dünya'nın yüzeyine doğru düşerken, üzerine Dünya'nın çekim kuvveti etki eder. Bu durumda çekim kuvvetinin iş yaptığı söylenir ve cismin çekim potansiyel enerjisi azalır. Eğer cismi referans düzleminden belirli bir yüksekliğe kaldırırsak, yaptığımız iş cismin çekim potansiyel enerjisine dönüşür.

İş pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Kuvvet ile yer değiştirme aynı yönde olduğunda yapılan iş pozitifdir. Buna göre, önceki örnekte cisim düşerken çekim kuvveti pozitif iş yapmaktadır. Kuvvet, hareket yönüne zıt yönde etki ettiğinde ise negatif iş yapılır. Sürtünme kuvveti her zaman cismin hız yönüne zıt yönde olduğundan, sürtünme kuvvetinin yaptığı mekanik iş negatif bir büyüklüktür.

Mekanik iş, cisim yer değiştirmedeğinde veya kuvvet, cismin hareket ettirilmek istendiği yöne dik (90°) doğrultuda etki ettiğinde sıfırdır. Bu durum, ağır bir sırt çantasını elde tutup hareket ettirmemeye benzer.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 1.

Bir öğrenci, kitaplarla dolu bir kutuyu yatay bir düzlem üzerinde 60 N'luk bir kuvvetle itiyor ve kutu kuvvet yönünde 6 m yer değiştiriyor. Sürtünme kuvveti (F_{tr}) 20 N'dur.

- Öğrenci ne kadar iş yapmaktadır?
- Sürtünme kuvveti ne kadar iş yapmaktadır?
- Kutunun mekanik enerjisindeki toplam değişim ne kadardır?

Verilen:	a. Öğrencinin yaptığı mekanik iş:
$s = 6\text{ m}$	$A = F \cdot s = 60\text{ N} \cdot 6\text{ m} = 360\text{ J}.$
$F = 60\text{ N}$	b. Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş negatiftir; çünkü sürtünme kuvveti yer değiştirme yönüne zıt yönde etki eder:
$F_{tr} = 20\text{ N}$	$A_{tr} = -F_{tr} \cdot s = -20\text{ N} \cdot 6\text{ m} = -120\text{ J}.$
$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	c. Mekanik enerjideki değişim, her iki kuvvet tarafından yapılan toplam işe eşittir:
İstenen:	$\Delta E = A_1 + A_{tr} = 360\text{ J} - 120\text{ J} = 240\text{ J}.$
$A_1 - ?$	Bu toplam mekanik enerji değişiminin, aslında cismin kinetik enerjisindeki değişim olduğuna dikkat ediniz; çünkü cisim yatay bir düzlem üzerinde hareket etmektedir.
$A_{tr} - ?$	
$\Delta E - ?$	

Bilmek gerekir ki iş, izlenen yolun şekline değil; yalnızca cismin başlangıç ve son konumlarına bağlıdır. Bu sonuç, işi daha küçük bir kuvvetle yapabilmemizi sağlar. Bir cismi ister dikey olarak yukarı kaldıralım ister eğik bir düzlem boyunca itelim, eğer cisim referans düzlemine göre aynı yüksekliğe çıkarılmışsa yapılan işin büyüklüğü aynıdır. Değişen şey, uygulanması gereken kuvvetin büyüklüğüdür.

Bu nedenle mekanik işi kolaylaştırmanın en eski ve en önemli yollarından biri eğik düzlem ya da rampanın kullanılmasıdır. Eğik düzlem, bir yükün aynı yüksekliğe dikey olarak kaldırılmasına kıyasla çok daha küçük bir kuvvetle yükseltilmesini sağlar.

Örneğin, kütlesi 50 kg olan bir kutuyu 1 m yüksekliğe kaldırmanız gerektiğini düşünün. Eğer kutuyu doğrudan yukarı kaldırırsanız, kutunun ağırlığına eşit bir kuvvet uygulamanız gerekir. Ancak uzunluğu 5 m olan bir eğik düzlem kullanırsanız, uygulamanız gereken kuvvet çok daha küçük olur; buna karşılık alınan yol daha uzundur. Toplam yapılan iş ise her iki durumda da aynıdır; çünkü cisim her iki durumda da aynı çekim potansiyel enerjisini kazanır. Ancak rampa kullanılarak yapılan iş çok daha kolay gerçekleştirilir. İş formülü bunun nedenini de açıkça göstermektedir:

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

Eğer yer değiştirme daha büyükse, gerekli kuvvet daha küçüktür. Bu nedenle eğik düzlemler ve tepelerdeki uzun yollar günlük yaşamda oldukça kullanışlıdır. Şekil 2'de, bir topun belirli bir yüksekliğe doğrudan kaldırılması ve aynı topun bir eğik düzlem boyunca itilerek aynı yüksekliğe çıkarılması gösterilmektedir. İkinci durumda top, başlangıç konumuna göre daha fazla yer değiştirir; ancak buna karşılık uygulanan kuvvet daha küçüktür.



Şekil 2. Her iki durumda da aynı miktarda iş yapılmıştır.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 2.

Kütlesi 30 kg olan bir cismin 1 m yüksekliğe kaldırılması gerekmektedir.

- Cismi dikey olarak yukarı kaldırmak için gereken mekanik işi hesaplayınız.
- Cismi aynı yüksekliğe çıkarmak için uzunluğu 4 m olan bir eğik düzlem kullanılırsa, cisme uygulanması gereken kuvvet ne kadar olur?

Cismin eğik düzlemle arasındaki sürtünmeyi ihmal ediniz.

Yerçekimi ivmesini $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ olarak alınız.

Verilen:	a. Cismi yukarı kaldırmak için, cismin ağırlığına eşit bir kuvvet uygulanmalıdır; yani:
$m = 30 \text{ kg}$ $s_1 = 1 \text{ m}$ $s_2 = 4 \text{ m}$ $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	$A = F \cdot s_1 = G \cdot s_1 = m \cdot g \cdot s_1 = 30 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{ m} = 294,3 \text{ J}.$
İstenen:	b. Aynı iş, cisim eğik düzlem boyunca itildiğinde de yapılmalıdır. Ancak bu durumda cismi 1 m yüksekliğe çıkarmak için eğik düzlem boyunca 4 m hareket ettirmek gerekir. Cisme uygulanması gereken kuvvet için:
$A = ?$ $F_2 = ?$	$A = F_2 \cdot s_2 \Rightarrow F_2 = \frac{A}{s_2} = \frac{294,3 \text{ J}}{4 \text{ m}} = 73,6 \text{ N}.$



ETKİNLİKLER

1. Eğik Düzlem ve Çekme Kuvveti

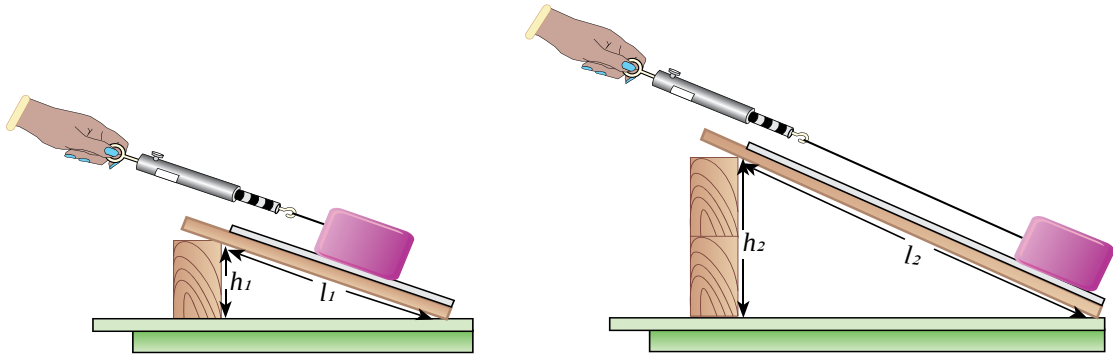
Yaklaşık bir metre uzunluğunda ahşap bir tahta, küçük bir araba veya ağırlık ve cismi belirli bir yönde çekmek için ne kadar kuvvet uygulamanız gerektiğini gösterecek bir dinamometre alın. Öncelikle tahtayı, küçük bir “kaya” oluşturacak şekilde neredeyse dikey konuma yerleştirin. Dinamometreyi arabaya veya ağırlığa bağlayın ve cismi sabit bir hızla dikkatlice yukarı doğru çekmeye başlayın. Dinamometre, cismi belirli bir yüksekliğe kaldırmak için gereken kuvveti gösterir; bu kuvvet cismin ağırlığına eşittir.

Bu etkinliğin ikinci bölümünde, tahtanın bir ucunu ahşap bir bloğun üzerine yerleştirerek tahtayı bir eğik düzlem hâline getirin. Tahtanın yükseltildiği yüksekliği ve toplam uzunluğunu ölçün; bu iki büyüklük eğimin ne kadar dik olduğunu gösterecektir. Daha sonra dinamometreyi tekrar arabaya bağlayın ve arabayı eğik düzlem boyunca sabit hızla yukarı çekin. Uyguladığınız kuvvet, cismi dikey olarak yukarı kaldırırken uyguladığınız kuvvetten daha mı küçük, yoksa daha mı büyüktür?

Cismi eğik düzlem boyunca çekme işlemini, eğik düzlemin eğimini artırarak tekrarlayın. Her eğim için cismi çekmek üzere uyguladığınız kuvveti ölçün. Ne sonuç çıkarabilirsiniz? Ölçüm sonuçlarınızı aşağıdaki tabloya kaydediniz:

	Yükseklik h (cm)	Uzunluk l (cm)	Bölüm $\frac{h}{l}$	Çekme kuvveti. F (N)	Ağırlık G (N)	Bölüm $\frac{F}{G}$
1.						
2.						
3.						

Çektiğiniz kuvvet, yüksekliği değiştirdikçe nasıl değişti? Çekme kuvveti her zaman ağırlıktan daha mı küçüktür? h/l oranı ile gerekli kuvvet arasında nasıl bir ilişki vardır? Eğik düzlem yük kaldırmayı neden kolaylaştırır?



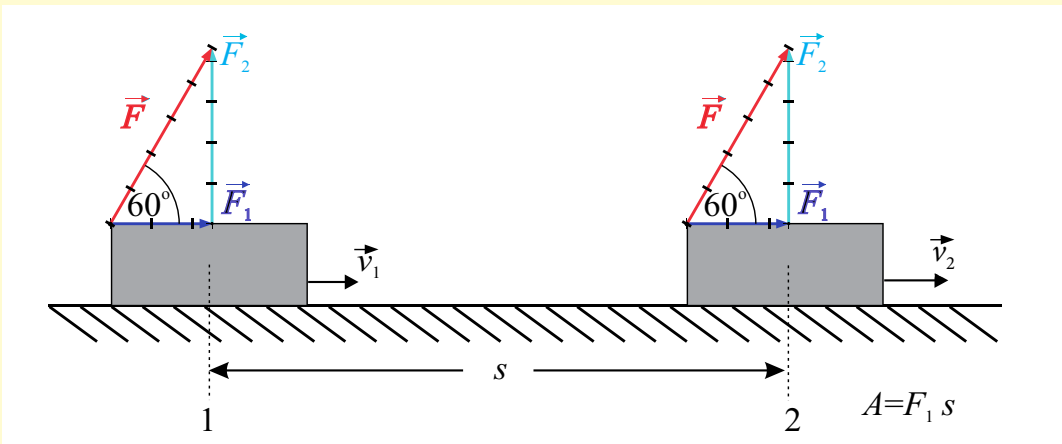
Şekil 3. Bir cismin eğik düzlem üzerinde sabit hızla hareketi.

İLERİ DÜZEY

5+

Birçok gerçek durumda kuvvet, hareket yönünde etki etmez. Örneğin bir valizi sapından çektiğimizde ya da bir kızağı iple çektiğimizde, kuvvet yatay yüzeye belirli bir açı yapar. Ancak cisim belirli bir yönde hareket eder. Bu nedenle kuvvetin tamamı iş yapmaz; yalnızca cismin istenen yöndeki yer değiştirmesini sağlayan bileşeni iş yapar.

Yer değiştirmeye belirli bir açıyla etki eden bir kuvvetin yaptığı işi hesaplayabilmek için, kuvvetin yer değiştirme doğrultusundaki bileşenini belirlemek gerekir. Aşağıdaki Şekil 4'te, yatay yüzeye göre 60° açı yapan $F = 5 \text{ N}$ büyüklüğünde bir kuvvet gösterilmiştir. Kuvvet, biri yer değiştirme doğrultusunda olan F_1 , diğeri ise yer değiştirmeye dik olan F_2 olmak üzere bileşenlerine ayrılırsa, yatay bileşenin $2,5 \text{ N}$ olduğu kolayca bulunabilir. Kuvvetin bu bileşeninin yaptığı iş, mekanik iş formülü kullanılarak hesaplanabilir. Kuvvetin dikey bileşeninin yaptığı iş ise sıfırdır; çünkü bu bileşen yer değiştirmeye dik doğrultudadır.



Şekil 4. Cismin yer değiştirmesine göre belirli bir açıyla etki eden bir kuvvetin yaptığı iş.



İLGİNÇ BİLGİLER

Dağ yolları uzundur; çünkü onlar aslında “doğal eğik düzlemler”dir. Dağcılar daha uzun bir yol katetseler de, dağın zirvesine ulaşmak için daha az kuvvet harcarlar.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Joseph-Louis Lagrange, 1736–1813)



Lagrange, Avrupa'nın en büyük matematikçi ve fizikçilerinden biriydi. İtalya'nın Torino kentinde doğan Lagrange, daha genç yaşlarda "Cisimlerin hareketini ne belirler?" sorusuna ilgi duymaya başlamıştı. Newton'un yaptığı gibi hareketi yalnızca kuvvetler üzerinden incelemek yerine, bir cismin hareketinin enerjisinin nasıl değiştiği ve bu hareket için ne kadar iş gerektiği takip edilerek çok daha açık bir şekilde açıklanabileceğini fark etti. Kinetik enerji, potansiyel enerji ve mekanik iş arasındaki ilişkiyi ilk anlayan bilim insanı oldu. Lagrange, bir cismin her zaman mümkün olan en az işin yapıldığı yörünge boyunca hareket ettiğini gösterdi. Bu düşünce daha sonra modern mekaniğin (iş, enerji ve hareket arasındaki ilişkiyi inceleyen fizik dalının) temelini oluşturdu.

SORULAR VE ÖDEVLER

1. Bir cisim hareket etmiyorsa, üzerine kuvvet etki etse bile mekanik iş yapılmış sayılmaz. Çünkü mekanik işin gerçekleşmesi için cismin yer değiştirmesi gerekir.
2. Kuvvet, hareket yönüne zıt yönde etki ettiğinde negatif mekanik iş yapar. Örneğin, hareket eden bir cisim üzerindeki sürtünme kuvveti negatif iş yapar.
3. Bir yükü belirli bir yüksekliğe çıkarırken, ister eğik düzlem kullanılsın ister yük doğrudan dikey olarak kaldırılsın, yapılan toplam iş aynıdır. Çünkü her iki durumda da yük aynı miktarda çekim potansiyel enerjisi kazanır.
4. Bir araba, 10 N'luk bir kuvvetle itiliyor ve 2,5 m yer değiştiriyor. Yapılan iş ne kadardır? Sürtünme kuvvetinin 1 N olduğunu biliyorsanız, itme kuvvetinin yaptığı işi hesaplayınız.
5. Bir asansör, kütlesi 25 kg olan bir kutuyu 12 m yükseklikte bulunan beşinci kata çıkarıyor.
 - a) Asansör, kutuyu kaldırırken ne kadar iş yapmaktadır?
 - b) Bu kaldırma işlemi için asansörün 8 kJ enerji harcadığı biliniyorsa, sürtünme, direnç ve mekanizmaların ısınması nedeniyle ne kadar enerji kaybedilmiştir?

HATIRLAYINIZ

- Mekanik iş, yalnızca bir cisim bir kuvvetin etkisi altında yer değiştirdiğinde yapılır.
- Mekanik iş, $A = F \cdot s$ formülü ile hesaplanır. Burada A mekanik işi, F kuvveti, s ise cismin kuvvet doğrultusundaki yer değiştirme miktarını gösterir.
- İşin temel birimi joule'dür (J).
- Bir kuvvet mekanik iş yaptığında, cismin enerjisi değişir.
- Eğik düzlem kullanıldığında yapılan mekanik iş azalmaz; yalnızca işi yapmak için gereken kuvvet azalır.
- Mekanik iş, hareket yönüne ve kuvvetin doğrultu ile yönüne bağlı olarak pozitif, negatif veya sıfır olabilir.
- Mekanik iş, enerji ve hareket birbirleriyle ayrılmaz şekilde bağlantılıdır; enerjideki her değişim yapılan bir işin sonucudur.

1.10. GÜÇ VE VERİM (VERİM KATSAYISI)

KAVRAMLAR

Güç (P)

watt (W)

Verim Katsayısı (η)

GÜÇ

Günlük yaşamda sık sık bir makinenin “daha hızlı çalıştığını” ya da bir diğerine göre “daha güçlü” olduğunu söyleriz. Bazen iki öğrenci aynı işi yapar. Örneğin, okulda aynı kata çıkarlar; ancak öğrencilerden biri kata 10 s'de, diğeri ise 20 s'de ulaşır. Her iki öğrenci de büyüklük olarak aynı mekanik işi yapmış olmasına rağmen, biri işi daha kısa sürede tamamlamıştır ve bu nedenle daha büyük güce sahip olduğunu söyleriz.

Ya da iki ampulün bir dakika boyunca yandığını düşünelim. Bunlardan biri diğerine göre daha az enerji tüketir. Süre aynı olmasına rağmen ikinci ampul daha fazla enerji harcamıştır; yani daha büyük güce sahiptir.

Fizikte güç, birim zamanda ne kadar iş yapıldığını, aynı zamanda birim zamanda ne kadar enerjinin harcandığını veya başka bir enerji türüne dönüştürüldüğünü gösterir. Yapılan iş aynı olup süre daha kısa ise, güç daha büyüktür.

Fizikte güç P harfi ile gösterilir ve yapılan iş A 'nın, bu işin yapılması için geçen süre t 'ye oranı olarak hesaplanır:

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

Gücün, bir işin yapılma hızı olduğu da söylenebilir. İş joule (J), zaman ise saniye (s) cinsinden ifade edilirse, güç birimi olan watt (W) elde edilir. Bir watt, 1 saniyede 1 joule iş yapılması durumundaki gücü ifade eder.

Güç, bir cisimden diğerine aktarılan veya harcanan enerji üzerinden de tanımlanabilir. Eğer harcanan ya da başka bir cisme aktarılan enerji E ile gösterilirse, güç aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

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

Bu nedenle ampuller, cihazlar, motorlar ve elektrikli aletlerin üzerinde her zaman W veya kW cinsinden belirtilen bir güç değeri bulunur. Bu değer, enerjiyi ne kadar hızlı tükettiklerini veya başka bir enerji türüne dönüştürdüklerini gösterir. Güç kavramı sayesinde cihazlar arasındaki farklar kolayca açıklanabilir. Tozu hem el süpürgesiyle hem de elektrikli süpürgeyle temizleyebiliriz. Ancak elektrikli süpürgenin motoru çok daha yüksek güce sahiptir; bu yüzden elle yapılması çok daha uzun sürecek olan aynı işi kısa bir sürede gerçekleştirir. Aynı durum iki ampul için de geçerlidir: Eğer ampullerin güçleri farklıysa, gücü daha büyük olan ampul daha parlak yanar; çünkü bir saniye içinde daha fazla elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştürür.

Bir cihazın gücünü biliyorsak, belirli bir zaman aralığında ne kadar iş yapabileceğini hesaplayabiliriz. Yapılan iş aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$A = P \cdot t.$$

Bu son denklemden, gücü 1 W olan bir cihazın/makinenin 1 saniyede 1 J iş yaptığı sonucuna varabiliriz. Bu nedenle iş, çoğu zaman joule (J) yerine watt-saniye (Ws) veya kilowatt-saat (kWh) cinsinden ifade edilir. Evlerde tüketilen elektrik enerjisi kWh cinsinden ölçülür. $1\text{ kWh} = 1000\text{ W} \cdot 3600\text{ s} = 3600000\text{ J}$.

Elektrikli Cihaz/Makine	Güç
LED ampul	5–15 W
Laptop	30–90 W
Buzdolabı	100–250 W
Elektrikli su ısıtıcısı	1500–3000 W
Klima	2500–5500 W
Elektrikli bisiklet(e-bike)	200–500 W
Elektrikli otomobil	100–350 kW
Yolcu uçağı	20–75 MW
Uzay roketleri	2,5–23 GW

Tablo 1. Tabloda bazı elektronik cihazların/makinelerin güç aralıkları verilmiştir.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 1.

40 kg kütleye sahip bir öğrenci, 2 m yüksekliğindeki merdivenleri 5 s sürede çıkıyor. Gücü ne kadardır? Yerçekimi ivmesi için şu değeri alınız: $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Verilen:	Öğrencinin merdivenleri çıkabilmesi için, potansiyel enerjisindeki artışa eşit bir iş yapması gerekir:
$m = 40\text{ kg}$	
$h = 2\text{ m}$	
$t = 5\text{ s}$	
$g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	Onun gücü ise şöyledir:
İstenen:	
$P = ?$	

VERİM KATSAYISI

Gerçek dünyada hiçbir makine veya cihaz, verilen enerjinin tamamını faydalı işe dönüştüremez. Enerjinin bir kısmı her zaman kaybolur (çoğunlukla ısı ve ses şeklinde). Bu enerji kayıpları ne kadar az olursa, makine veya cihazın o kadar verimli olduğunu söyleriz.

Bir cisim sabit bir kuvvetle itilerek hareket ettirildiğinde, faydalı iş; itme kuvvetinin yaptığı ve cismin kinetik enerjisini artıran iştir. Ancak bunun yanında sürtünme kuvvetine karşı yapılan işin de üstesinden gelinmesi gerekir. Bir makine veya cihazın verilen enerjiyi ne kadar verimli kullandığını ya da yapılan toplam işin ne kadarının **faydalı iş olduğunu göstermek için fizikte verim katsayısı (verimlilik)** adı verilen fiziksel büyüklük tanımlanmıştır. Verim katsayısı, faydalı işin (A_k) toplam harcanan işe (A_{vk}) oranıdır. **Verim katsayısı** boyutsuz bir büyüklüktür ve genellikle η (eta) harfi ile gösterilir:

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

Bu katsayı yüzde (%) olarak da ifade edilebilir:

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

Verim katsayısı, faydalı enerjinin harcanan (verilen) enerjiye oranı olarak da hesaplanabilir ve yüzde (%) cinsinden ifade edilir.

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

Bir makine veya cihazın verim katsayısı %80 ise, bu kullanılan enerjinin %80'inin ihtiyaç duyulan işe dönüştüğü, %20'sinin ise ısı, ses veya titreşim şeklinde kaybolduğu anlamına gelir. Örneğin, akkor telli bir ampulün verimi %10 ise, tükettiği elektrik enerjisinin yalnızca %10'unu ışık enerjisine dönüştürür; geri kalan %90'ı ise ısı şeklinde kaybolur. Elektrikli cihazlarda yüksek verim, daha düşük elektrik enerjisi tüketimi anlamına gelir; motorlarda ise yüksek verim, daha az yakıtla daha büyük çekiş kuvveti elde edilmesi demektir.

Cihaz/Makine/Motor.	Verim katsayısı
Elektrik motoru (alternatif akım - AC).	85–95 %
Elektrik motoru (doğru akım - DC)	75–90 %
Akkor telli ampul	5–10 %
Halojen ampul	10–20 %
LED ampul	40–60 %
Elektrikli ısıtıcı	99 %
Benzinli motor	20–30 %
Dizel motor	30–40 %
Elektrikli bisiklet	60–80 %
Elektrikli otomobil	70–90 %

Tablo 2. Tabloda bazı cihazların verim katsayısı aralıkları verilmiştir.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 2.

Bir ampul, 1 saniyede 60 J enerji tüketmektedir. Bu enerjinin yalnızca 12 J'ü ışığa dönüştürken, geri kalanı ısıya dönüşmektedir.

- a) Ampulün verim katsayısı nedir?
b) Ampulde ne kadar enerji ısıya dönüşmektedir?

Verilen:	a. Ampulün verim katsayısı şöyledir:
$E_{\text{toplam}} = 60 \text{ J}$ $E_{\text{ışık}} = 12 \text{ J}$ $t = 1 \text{ s}$	$\eta = \frac{E_{\text{ışık}}}{E_{\text{toplam}}} = \frac{12}{60} = 0,2 = 20\%$
İstenen:	b. Isıya dönüşen enerji, ampulün tükettiği toplam enerji ile ışık enerjisi arasındaki farktır:
$\eta = ?$ $Q = ?$	$Q = E_{\text{toplam}} - E_{\text{ışık}} = 60 - 12 = 48 \text{ J}$



ETKİNLİKLER

1. Kendi gücünün hesaplanması.

Okuldaki merdivenlerden birinci kata çık. Kronometre ile bu işi yapmak için gereken süreyi ölç. Bir metre ile iki kat arasındaki yükseklik farkını, bir terazi ile de kendi kütleni ölç. Birinci kata çıkarken yaptığın işi ve ardından gücünü hesapla.

Daha sonra, koşmadan fakat daha hızlı hareket ederek tekrar birinci kata çıkmaya çalış. Bu etkinlik için geçen süreyi yeniden ölç ve bu durumdaki gücünü hesapla.

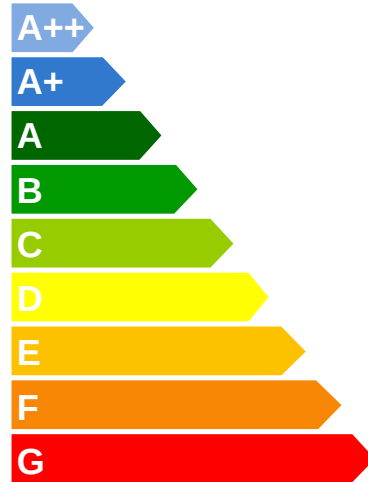
Ne sonuç çıkarabilirsin? Hangi durumda daha fazla zamana ihtiyaç duydun? Her iki durumda yaptığın iş aynı mıydı? Gücün her iki durumda da aynı mıydı?

2. Elektrikli cihazlarda verim katsayısı.

Elektrikli cihazlarda yüksek verimlilik (ya da yüksek verim katsayısı), daha düşük elektrik enerjisi tüketimi anlamına gelir; ampullerde ise daha yüksek verimlilik, daha az elektrik enerjisi harcayarak daha fazla ışık yayılması demektir.

Bu nedenle tüm elektrikli cihazların üzerinde "A", "A+", "A++", "B", "C" vb. işaretler bulunur. Bu işaretler, cihazların verim katsayısını gösterir. Şekil 1'de bu işaretlerin, yani tüketici sınıflarının şeması verilmiştir.

Her bir işaretin (sınıfın) hangi verim katsayısına karşılık geldiğini araştır. Evindeki bir elektrikli cihazı seç ve çalıştığında bir saatte ne kadar enerji tükettiğini incele. Yani, cihazın verim katsayısı sınıfının ne olduğunu ve tükettiği toplam enerjinin ne kadarının faydalı enerjiye dönüştüğünü belirlemeye çalış.



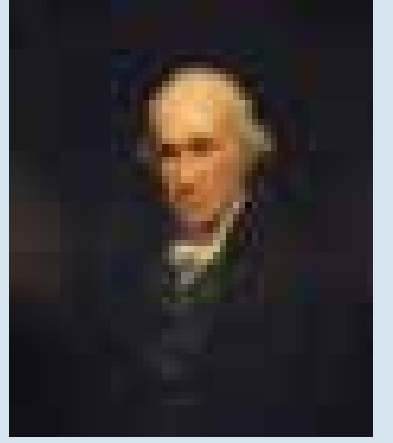
Şekil 1. Farklı tüketici sınıflarına ait etiketlerin şeması.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(James Watt, 1736–1819)

Watt, teknik ve sanayinin gelişimi üzerinde büyük etkisi olan İskoç bir mucit ve mühendisti. İskoçya'nın Greenock kentinde doğan Watt, daha çocuk yaşlarda çeşitli mekanizmaların çalışma biçimine büyük ilgi gösteriyordu; saatleri, mekanik oyuncakları ve küçük aletleri söküp tamir etmeyi erken yaşta öğrenmişti.

Watt, Glasgow Üniversitesi'nde bilimsel aletler üreticisi olarak çalıştı. Burada ilk kez buhar makineleriyle karşılaştı. O dönemde bu makineler oldukça verimsizdi; çok büyük miktarda enerji tüketiyor, buna karşılık az miktarda faydalı iş yapabiliyorlardı. Watt'ın bilim ve teknolojiye en büyük katkıları; buhar makinesini geliştirmesi (verim katsayısını artırması), güç kavramını bilim ve sanayiye kazandırması ve enerji, iş ile teknolojik cihazların modern anlamda anlaşılmasının temellerini atmasıdır. O, buhar makinesini yeniden tasarlayarak verimini önemli ölçüde artırdı. Onun yaptığı geliştirmeler sayesinde buhar makinesi, Sanayi Devrimi'ni harekete geçiren gerçek bir motor hâline geldi; fabrikaları, madenleri, gemileri ve demiryollarını çalıştırdı. Onun anısına, güç birimine watt (W) adı verilmiştir.



İLERİ DÜZEY

5+

Gücün hesaplanması için temel formülü kullanarak:

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

Gücün hesaplanması için temel formülü kullanarak, mekanik işin hesaplanma formülünden de yararlanarak güç için başka bir formül elde edebiliriz: $A = F \cdot s$. Bu iş formülünü güç ifadesinde yerine koyarsak, şu sonucu elde ederiz:

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

Gücün hesaplanması için temel formülü kullanarak, mekanik işin hesaplanma formülünden de yararlanarak güç için başka bir formül elde edebiliriz: $A = F \cdot s$. Bu iş formülünü güç ifadesinde yerine koyarsak, şu sonucu elde ederiz.

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

İfadeye yerine koyarsak, şu sonucu elde ederiz:

$$P = F \cdot v.$$

Bu çok önemli bir formüldür; çünkü gücün iki büyüklüğe bağlı olduğunu gösterir: cisme etki eden kuvvet ve cismin bu kuvvet etkisi altında hareket ettiği hız.

Örneğin, otomobil ve kamyon motorları aynı güce sahip olsalar bile, hareket hızları daha düşük olduğunda ileriye doğru daha büyük bir çekiş kuvveti uygularlar. Bu nedenle sürücüler yokuş çıkarken motordan daha büyük çekiş kuvveti elde etmek için araçlarının hızını azaltırlar.

2. Verim katsayısı yalnızca iş veya enerji kullanılarak hesaplanmak zorunda değildir. Motorlar, pompalar, elektrikli cihazlar veya taşıma sistemleri gibi sürekli iş yapan makinelerle çalışırken, verim katsayısını güç üzerinden hesaplamak çok daha kolaydır. Bu durumda verim katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

Burada:

P_k = Makinenin faydalı işe dönüştürdüğü güç,

P_{vk} = Makinenin enerji kaynağından (elektriksel, kimyasal veya mekanik) aldığı toplam güçtür.

Bu eşitlik, verim katsayısının iş üzerinden verilen formülünde pay ve paydayı zamana bölerek de elde edilebilir. Çünkü işin zamana oranı güç verir.



İLGİNÇ BİLGİLER

James Watt, gücü “beygir gücü” (HP – horsepower) birimiyle ifade ediyordu. Bir beygir gücü 745,7 W’a eşittir. Günümüzde de otomobil motorlarının gücü bazen bu birimle ifade edilmektedir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Gücü kendi sözleriyle açıkla. Aynı işi yapan iki makinenin güçleri farklı olabilir mi? Neden?
2. Neden hiçbir makine veya cihazın verim katsayısı %100 değildir?
3. Avuç içlerini birkaç saniye boyunca birbirine sürt. Ne kadar faydalı iş yapmış olursun? Bu etkinliğin verim katsayısı nedir?
4. Bir öğrenci, 5 kg kütleli bir sırt çantasını 2 m yüksekliğe 4 saniyede kaldırıyor. Gücü ne kadardır?
5. Bir motor, 10 saniyede 5000 J elektrik enerjisi tüketiyor. Verim katsayısı %40’tır.
 - a) Motor ne kadar faydalı enerji üretir?
 - b) Gücü ne kadardır?
 - c) Ne kadar enerji ısı olarak kaybolur?



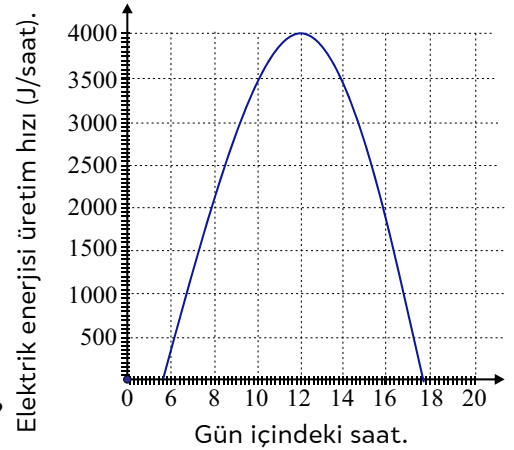
HATIRLAYINIZ

- Güç, yapılan işin bu işin yapılma süresine oranıdır.
- SI birim sisteminde gücün temel birimi watttır (W).
- Verim katsayısı, faydalı işin toplam yapılan işe oranı olarak hesaplanır.
- Hiçbir makine, verilen enerjinin tamamını faydalı işe dönüştüremez. Enerjinin bir kısmı her zaman kaybolur (sürtünme, ısı ve ses şeklinde).

KONU 1.

DEĞERLENDİRME SORULARI VE PROBLEMLER

1. Enerji kaynağı nedir? Üç enerji kaynağı örneği veriniz.
2. Fosil yakıtlar neden yenilenemez enerji kaynakları olarak kabul edilir?
3. Sera etkisi aşağıdakilerden hangisine yol açar?
 - a) Sıcaklığın azalmasına
 - b) Küresel ısınmaya
 - c) Dünya'nın kütesinin artmasına
 - d) Havanın daha yavaş hareket etmesine
4. Dünya yüzeyine doğru düşen bir cismin kinetik enerjisi neden sürekli artar?
5. Belirli bir yükseklikten düşen bir cismin potansiyel enerjisinin nasıl değiştiğini açıklayınız.
6. Esneklik potansiyel enerjisi nasıl hesaplanır?
7. Bir cisme etki eden kuvvet hangi durumda mekanik iş yapmaz? Açıklayınız.
8. Faydalı enerji ile harcanan (verilen) enerji arasındaki fark nedir?
9. Kalp, kan pompalamak için kimyasal enerji kullanır. Kalp 30 dakika içinde 3 kJ mekanik iş yapmaktadır. Aynı süre içinde vücut 30 kJ kimyasal enerji tüketmiştir.
 - a) Enerjinin yüzde kaç kalbin yaptığı işe gitmektedir?
 - b) Ne kadar enerji ısıya dönüşmüştür?
 - c) Isı kayıplarının vücut sıcaklığının korunması açısından neden önemli olduğunu açıklayınız.
10. Bir güneş paneli, 1 dakika içinde Güneş'ten 1000 J enerji almaktadır. Aynı sürede 220 J elektrik enerjisi üretmekte, 150 J ise panel tarafından ısı olarak soğurulmaktadır. Geri kalan enerji yansımaktadır.
 - a) Panelden yansıyan enerji miktarını hesaplayınız.
 - b) Yansıyan enerjinin yüzde payı nedir?
11. Aşağıda, küçük bir güneş panelinin gün boyunca elektrik enerjisini hangi hızla ürettiğini gösteren bir grafik verilmiştir. Üretim hızı, saat başına joule (J/h) cinsinden ifade edilmiştir.
 - a) Günün hangi zaman aralığında panel en fazla enerji üretmektedir?
 - b) Günün hangi zaman aralığında panel elektrik enerjisi üretmemektedir?
 - c) Panel saat kaçta 1000 J/h elektrik enerjisi üretmektedir?
 - d) Enerji üretiminin sabah erken saatlerde ve akşam saatlerinde neden düşük olduğunu açıklayınız.
12. 900 kg kütleli bir otomobil önce 40 km/s hızla, ardından 80 km/s hızla hareket etmektedir.
 - a) Her iki durumda da otomobilin kinetik enerjisini hesaplayınız.
 - b) Otomobilin 80 km/s hızla hareket ettiği durumdaki kinetik enerjisi, 40 km/s hızla hareket ettiği duruma göre kaç kat daha büyüktür?Aşağıdaki tüm sorularda, aksi belirtilmedikçe, yerçekimi ivmesi şu şekilde alınacaktır:



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

13. 70 kg kütleli bir kayakçı, dağın yamacından aşağı inerken 12 m/s hıza ulaşıyor. Düz bir yüzeyde hareket ederken hızı 8 m/s'ye düşüyor. Kayakçının kinetik enerjisindeki değişimi hesaplayınız.
14. Grafikte, referans düzlemine göre farklı yüksekliklere kaldırılmış, kütlesi bilinmeyen bir cismin kütleçekim potansiyel enerjisinin yüksekliğe bağlı değişimi gösterilmektedir. Doğrunun eğimini belirleyiniz ve elde ettiğiniz değeri kullanarak cismin kütleliğini hesaplayınız. Bu soruda yerçekimi ivmesini şu şekilde alınız:

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

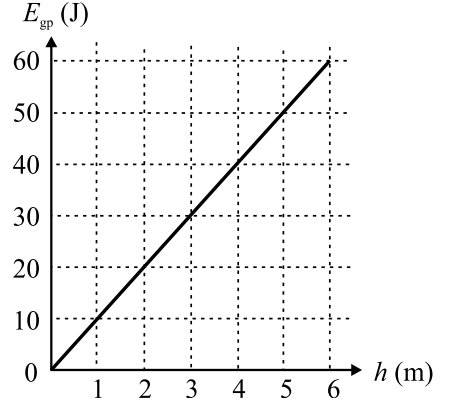
15. Kütleli bilinmeyen bir cisim için, farklı yüksekliklerdeki (h) kütleçekim potansiyel enerjisi (E_{gp}) ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları sağdaki tabloda verilmiştir.

a) Cismin kütleçekim potansiyel enerjisinin bulunduğu yüksekliğe bağlı değişimini gösteren grafiği çiziniz.

b) Grafikten okuyarak, cisim referans düzleminin 1,2 m üzerinde bulunduğu kütleçekim potansiyel enerjisinin ne kadar olduğunu belirleyiniz.

c) Grafiğin eğimini hesaplayınız ve bu değeri kullanarak cismin kütleliğini bulunuz. Bu soruda yerçekimi ivmesini şu şekilde alınız:

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \quad (10 \text{ m/s}^2).$$



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

16. İki yayın esneklik sabitleri sırasıyla 50 N/m ve 100 N/m'dir. Her iki yay da 0,08 m kadar uzatılmaktadır.

a) Her bir yay için esneklik potansiyel enerjisini hesaplayınız.

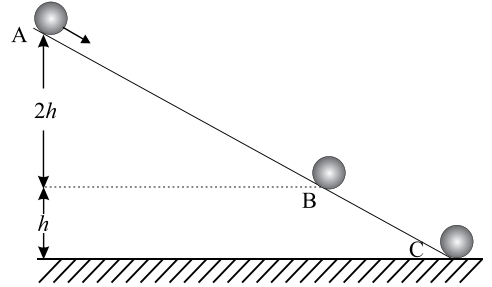
b) Esneklik sabiti daha büyük olan yayın esneklik potansiyel enerjisi diğerine göre kaç kat daha büyüktür?

17. Bir cisim eğik bir düzlem boyunca yuvarlanmaya bırakılıyor.

A noktasında kinetik enerjisi 20 J, B noktasında kinetik enerjisi 60 J'dur.

Cismin eğik düzlemin sonundaki C noktasındaki kinetik enerjisini hesaplayınız. A noktasındaki potansiyel enerjisi ne kadardır?

Zemin ve hava ile olan sürtünme ihmal edilebilir.



18. Bir vantilatör 1 dakikada 4500 J iş yapmaktadır.

a) Vantilatörün gücünü hesaplayınız.

b) Güç aynı kalırsa, vantilatör 10 dakikada ne kadar iş yapar?

19. Kütleli 45 kg olan bir öğrenci merdivenlerden çıkarak 6 saniyede 2,4 m yüksekliğe ulaşmaktadır.

a) Yapılan işi hesaplayınız.

b) Öğrencinin gücünü hesaplayınız.

c) Eğer vücudu, kayıplar nedeniyle yapılan işten %20 daha fazla enerji üretiyorsa, toplam harcanan enerji ne kadardır?

20. Bir kişi, 20 kg kütleli bir ağırlığı 0,8 saniyede 0,7 m yüksekliğe kaldırmaktadır.

a) Yapılan işi hesaplayınız.

b) Kaldırma işleminin gücünü hesaplayınız.

c) Kaslar kimyasal enerjinin yalnızca %25'ini kullanabiliyorsa, vücut toplam ne kadar enerji harcamıştır?

KONU 2:

İÇ ENERJİ VE ISI

Etrafımızdaki cisimler duruyor gibi görünse de, onların içinde sürekli bir hareket vardır. Bir cismin ya da maddenin her yapı taşı (taneciği) titreşir, hareket eder ve diğer taneciklerle enerji alışverişinde bulunur. Yapı taşlarının hareketi ve birbirleriyle etkileşimleri nedeniyle, cisimlerin ve maddelerin iç enerjiye sahip olduğunu söyleriz.

Bu konuyu öğrenirken, tanecikli yapı ile iç enerjinin; katı, sıvı ve gaz hâllerini ve bunların özelliklerini anlamanın anahtarı olduğunu keşfedeceksin. Ayrıca sıcaklığın nasıl ölçüldüğünü ve SI birim sisteminde sıcaklığın temel biriminin neden °C değil de kelvin (K) olduğunu öğreneceksin.

Basınç, hacim ve sıcaklıktaki değişimlerin taneciklerin davranışlarıyla nasıl ilişkili olduğunu öğreneceksin: gazların neden genleştiğini, sıvıların neden aktığını ve katıların neden şekillerini koruduğunu anlayacaksın.

Isının akan bir madde olmadığını, bir cisimden diğerine aktarılan bir enerji türü olduğunu kavrayacaksın. Isı aktarımının üç yolunu tanıyacaksın:

- İletim (Konduksiyon)
- Taşınım (Konveksiyon)
- Işınım (Radyasyon)

Ayrıca, Güneş ile Dünya arasındaki uzayın büyük bölümü havasız (vakum) olmasına rağmen, Güneş'ten gelen ısının Dünya'ya nasıl ulaştığını da öğreneceksin.

Öğrenme Kazanımları

Öğrenci şunları yapabilecek düzeye gelecektir:

- Maddelerin hâllerini (katı, sıvı ve gaz) ve özelliklerini, tanecikli yapıları temelinde açıklayabilmek.
- Katılar, sıvılar ve gazlardaki basınç, hacim ve sıcaklık değişimlerini, bunların tanecikli yapılarıyla ilişkilendirebilmek.
- İç enerji ve ısı kavramları arasındaki ilişkiyi kurabilmek.
- Isının aktarılma yollarını açıklayabilmek.

2.1. MADDENİN YAPISI

KAVRAMLAR

maddeyi oluşturan

Brown hareketi

atom

kimyasal elementler

elektron

tanecik modeli

molekül

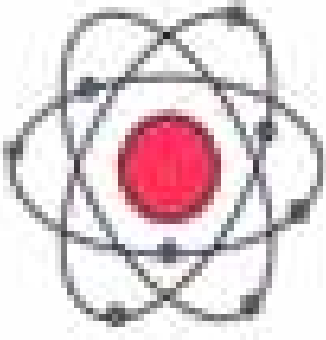
bileşik

atom çekirdeği

elektron kabuğu

Etrafımızdaki her şey; içtiğimiz su, soluduğumuz hava, taş ve ağaç, çok küçük taneciklerden oluşur. Bundan iki binden fazla yıl önce, Antik Yunan filozofu Demokritos, bir nesneyi alıp onu giderek daha küçük parçalara ayırırsak ne olacağını düşünmüştü. Ona göre sonunda artık bölünemeyecek kadar küçük bir yapı taşı bulunmalıydı. Bu taneciğe atom adını verdi; bu sözcük Eski Yunancada “**bölünemez**” anlamına gelir. O dönemde bu düşünce yalnızca felsefi bir varsayımdı ve herhangi bir bilimsel kanıtı yoktu. Ancak çok daha sonra, 19. yüzyılda İngiliz bilim insanı **John Dalton**, atom fikrini yeniden canlandırarak maddenin

yapısına ilişkin **tanecik modelini** geliştirdi ve günümüzde **tanecik teorisi** veya atom teorisi olarak adlandırılan bilimsel kuramın temellerini attı.

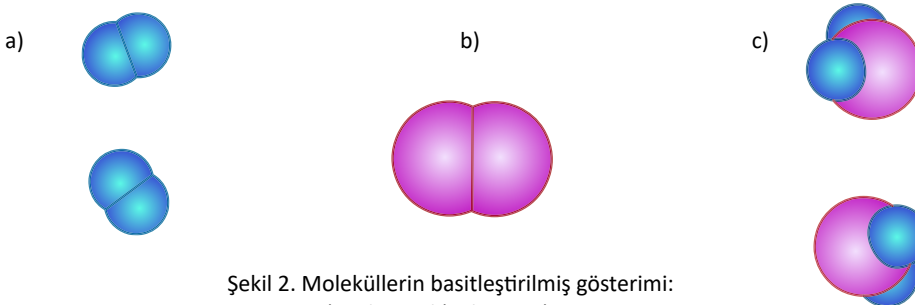


Şekil 1. Atomun basit gösterimi – çekirdek ve onun etrafında bulunan elektronlar.

Bu teoriye göre kimyasal elementler yalnızca **atom** adı verilen tek tür taneciklerden oluşur. Günümüzde ise atomların da kendi iç yapılarının olduğunu biliyoruz: atom çekirdeği ve çekirdeğin etrafında bulunan elektronlar. Elektronların bulunabileceği bölgeye atomun elektron kabuğu denir. Bir kimyasal elementin atomları birbirleriyle aynıdır; ancak farklı elementlerin atomları birbirinden farklıdır.

İki veya daha fazla atom birleşerek **molekülleri** oluşturabilir. Moleküller, bir maddenin en küçük yapı birimleridir ve o maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taşırlar. Atomlarda olduğu gibi, farklı bileşiklerin molekülleri birbirinden farklıdır; ancak aynı bileşiğin molekülleri birbirinin aynıdır.

Moleküller, iki veya daha fazla aynı ya da farklı atomdan oluşabilir. Aynı tür atomlardan oluşan moleküllere örnek olarak **hidrojen molekülü (H_2)** ve **oksijen molekülü (O_2)** verilebilir. Bu moleküller sırasıyla iki hidrojen atomundan ve iki oksijen atomundan oluşur.



Şekil 2. Moleküllerin basitleştirilmiş gösterimi:
a) Hidrojen b) Oksijen c) Su.

Farklı atomlardan oluşan moleküllere örnek olarak su **molekülü (H_2O)** ve **karbondioksit molekülü (CO_2)** verilebilir. Su, iki hidrojen atomu ve bir oksijen atomundan oluşurken, karbondioksit bir karbon atomu ve iki oksijen atomundan oluşur. Doğada, proteinler veya polimer (plastik) molekülleri gibi binlerce atomdan oluşan moleküller de bulunabilir.

Atomlar ve moleküller o kadar küçüktür ki en güçlü optik mikroskoplarla bile görülemezler. Farklı atomların büyüklükleri farklı olmakla birlikte, yaklaşık olarak **0,1 nanometre ($0,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$)** büyüklüğünde oldukları kabul edilebilir. Bu da bir milimetre boyunca yan yana yaklaşık 10 milyon atomun dizilebileceği anlamına gelir. İki veya daha fazla atomdan oluşan moleküller biraz daha büyük olsalar da yine de birkaç nanometre büyüklüğündedir.

Atomların kütleleri de son derece küçüktür. Örneğin, bir hidrojen atomunun kütlesi yaklaşık **$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$** 'dır. Su gibi küçük bir molekülün kütlesi ise bu değerin yaklaşık 18 katıdır.

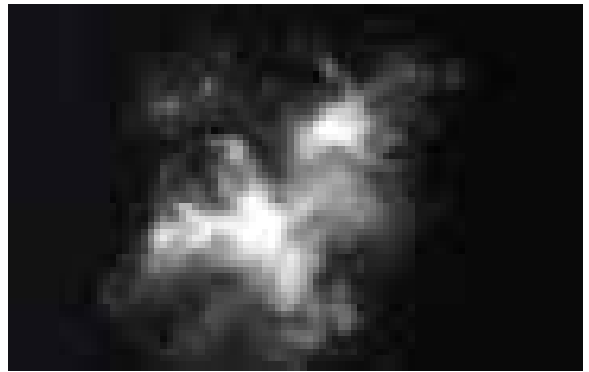
Atomlar ve moleküller durgun değildir; sürekli hareket hâlinde dirler. Örneğin, bir odada açık bırakılan bir parfüm şişesinin kokusu bir süre sonra odanın her tarafında hissedilebilir. Ya da bir bardak suya biraz boya eklenirse, bir süre sonra tüm sıvı renklenir.

Gazlarda tanecikler sürekli olarak birbirleriyle çarpışır, hareket yönlerini, doğrultularını ve hızlarının büyüklüğünü değiştirirler. Bu nedenle gaz taneciklerinin hareketine **kaotik hareket** de denir.

Katılarda tanecikler yer değiştirme hareketi yapmaz, yalnızca denge konumları etrafında titreşirler. Sıvılarda ise tanecikler hem denge konumları etrafında titreşebilir hem de yer değiştirme hareketi yapabilirler.

Brown Hareketi: Taneciklerin Hareket Ettiğinin Kanıtı

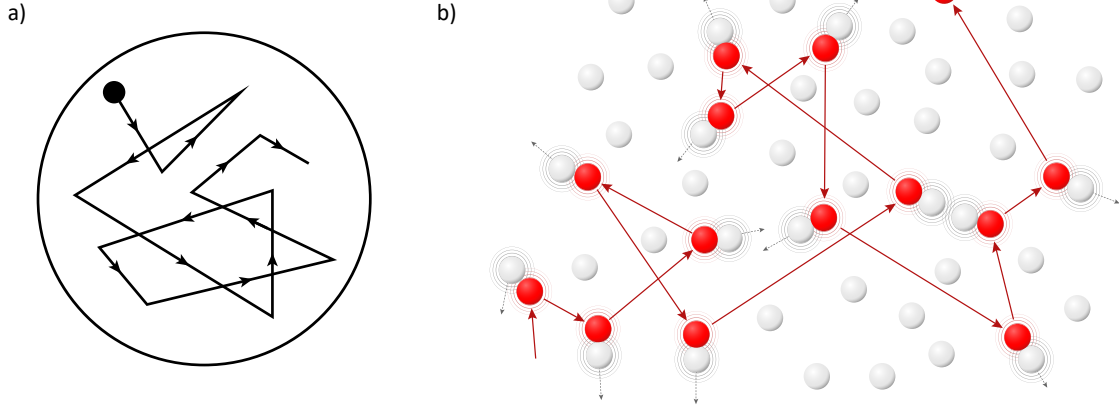
Duman, milyonlarca küçük katı tanecikten ve çok küçük sıvı damlacıklarından oluşur. Şekil 3'te gösterildiği gibi, dumanı mikroskop altında incerseniz ışığı yansıtan küçük duman taneciklerini görebilirsiniz. Bu taneciklerin hava içindeki hareketi kırık bir çizgiyi andırır. Duman taneciği gözle görülebilecek kadar büyük olsa da kütlesi çok küçüktür. Küçük kütlesi nedeniyle, çevresindeki taneciklerle (gaz molekülleriyle) çarpıştığında hareketinin yönünü ve doğrultusunu kolayca değiştirebilir.



Şekil 3. Mikroskop altında gözlemlenen duman tanecikleri

Bu tür harekete **Brown hareketi** denir. Bu hareket, adını 1827 yılında onu ilk kez gözlemleyen bilim insanı **Robert Brown**'dan almıştır. Brown, su damlası üzerine yerleştirilmiş polenlerin hareketini incelerken bu olayı fark etmiştir. Brown'ın gözlemlediği polen hareketi, su moleküllerinin polen taneciklerine sürekli çarpmasından kaynaklanmaktadır.

Gaz veya sıvıların yapı tanecikleri, küçük cisimlerle (örneğin su yüzeyindeki polenlerle ya da havadaki toz tanecikleriyle) çarpıştıklarında, bu cisimlerin hareket yönünü ve doğrultusunu değiştirirler. Maddeyi oluşturan taneciklerin hareketlerini inceleyen teoriye Moleküler-Kinetik Teori denir. Bu teori, Brown hareketinin nedenini açıklamaktadır.



Şekil 4. a) Brown'ın deneyinde polen taneciğinin hareketinin grafiksel gösterimi. b) Gözlemlenen bir taneciğin, çevresindeki diğer taneciklerle etkileşimi sonucu oluşan düzensiz (kaotik) hareketinin basitleştirilmiş gösterimi.



ETKİNLİKLER

1. Havadaki taneciklerin hareketi.

Bir sınıfın bir köşesine parfüm veya deodorant sıkın. Bir süre sonra kokunun yalnızca o bölgede kalmadığı, tüm sınıfa yayıldığı fark edilir. Bu durum, deodorantın taneciklerinin rastgele (kaotik) hareket ettiğini ve sınıfın her tarafına dağıldığını gösterir. Bu etkinlik kokulu çubuklarla da yapılabilir.

Parfüm taneciklerinin hareketi hakkında ne sonuç çıkarabilirsiniz?

2. Sıvılardaki taneciklerin hareketi.

Bir bardak suya bir damla gıda boyası ekleyin. Bir süre sonra bardaktaki suyun yavaş yavaş renklendiğini fark edeceksiniz. Sonunda bardaktaki suyun tamamı eşit şekilde renklenir. Boya taneciklerine ne oldu? Sadece boya tanecikleri mi hareket ediyor, yoksa su tanecikleri de mi hareket ediyor?

İLERİ DÜZEY



Gazların yapı tanecikleri saniyede birkaç yüz metreye varan çok yüksek hızlarla hareket eder. Bilim insanlarının gaz taneciklerinin hızını nasıl ölçmeyi başardıklarını ve tüm taneciklerin aynı hızla hareket edip etmediklerini araştırınız.



İLGİNÇ BİLGİLER

Hava moleküllerinin ortalama hızı 600 m/s'den daha büyüktür.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Demokritos (yaklaşık MÖ 470 – yaklaşık MÖ 380).

Demokritos, Abdera kentinden bir Antik Yunan filozofuydu ve kendi döneminin en büyük düşünürlerinden biri olarak tanınır. Atomculuk teorisini ilk kez sistemli bir şekilde geliştiren kişi olmuştur. Bu fikir, Antik Çağ'da ortaya atılmış olsa da günümüzde modern atom fiziğinin temellerinden biri olarak kabul edilmektedir. Demokritos'a göre tüm evren iki unsurdan oluşur: **atomlar ve boşluk**. Var sayımını kanıtlayacak bilimsel araçlara sahip olmamasına rağmen, Demokritos atomların **ebedi, yok edilemez ve sürekli hareket hâlinde** olduklarına inanıyordu. Atomların şekil ve büyüklük bakımından birbirlerinden farklı olduğunu, çevremizdeki tüm maddelerin ise bu atomların birleşmesiyle oluştuğunu düşünüyordu. Ona göre keskin kenarlı ve düzensiz atomlar sert ve katı maddeleri oluştururken, pürüzsüz ve yuvarlak atomlar yumuşak ve hafif maddelerle ilişkilidir. Demokritos ayrıca atomların sonsuz boşlukta sürekli hareket ettiklerine inanıyordu. Atomlar çarpıştıklarında birleşir ve yeni maddeler meydana gelir. Böylece doğadaki değişimleri, maddelerin oluşumunu ve bir maddeden başka bir maddeye dönüşümünü açıklamaya çalışmıştır. Onun **“Hiçbir şey yoktan var olmaz ve hiçbir şey tamamen yok olmaz.”** düşüncesi, günümüzdeki **enerjinin ve kütleinin korunumu yasasına** şaşırtıcı derecede benzemektedir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Atom nedir ve neden bir kimyasal elementin temel yapı birimi olduğu söylenir?
2. Molekül nedir ve atomdan hangi yönüyle farklıdır?
3. Aynı atomlardan oluşan bir moleküle ve farklı atomlardan oluşan bir moleküle örnek veriniz. Kimya derslerinde öğrendiklerinizi hatırlayınız.
4. Brown hareketi nedir?
5. Tanecikler hiç hareketsiz kalır mı?



HATIRLAYINIZ

- Maddeler çok küçük taneciklerden oluşur.
- Tanecikler sürekli hareket hâlinindedir.
- Atom, bir kimyasal elementin en küçük taneciğidir.
- Molekül, bir bileşiğin en küçük taneciğidir ve onun fiziksel ve kimyasal özelliklerini taşır.
- Moleküller, iki veya daha fazla aynı türden ya da farklı türden atomlardan oluşur.

2.2. TANECİKLER ARASI BOŞLUK VE TANECİKLER ARASI KUVVETLER

KAVRAMLAR

tanecikler arası boşluk.

Tanecikler arası kuvvetler

difüzyon

moleküller arası boşluk

moleküller arası kuvvetler

Her madde ve her fiziksel cisim, ister katı, ister sıvı, ister gaz hâlinde olsun, birbirleriyle etkileşen ve aralarında boşluk bulunan çok sayıda yapı taneciğinden (atom, iyon veya molekül) oluşur. Tanecikler arasındaki bu boşluğa **tanecikler arası boşluk** denir. Bu boşluk, maddelerin birçok özelliği üzerinde önemli bir rol oynar.



ETKİNLİK

1. Tanecikler arası boşluğun simülasyonu

Bir büyük bardağın içine birkaç ping pong topu koyun. Bunlar, A maddesinin taneciklerinin dizilişini temsil etsin. Daha sonra aynı bardağa, B maddesinin taneciklerini temsil edecek fasulye taneleri ekleyin. Son olarak bardağa, üçüncü bir madde olan C maddesinin taneciklerini temsil edecek kum koyun. Ne gözlemliyorsunuz? Fasulye taneleri, ping pong topları arasındaki boşluklara girebildi mi? Kum tanecikleri, fasulye taneleri arasındaki boşlukları doldurdu mu?

Bu etkinlikten, bir maddenin yapı taneciklerinin diğer maddenin tanecikleri arasına girerek boşlukları doldurabildiği sonucuna varabilirsin. Bu model, maddelerde **tanecikler arası boşluklar** bulunduğunu ve iki ya da daha fazla farklı madde karıştırıldığında bu boşlukların doldurulabileceğini göstermektedir.

Benzer bir olay, bir süngerin suyu emmesi sırasında da gözlemlenebilir. Su, süngerin lifleri arasındaki boşluklara nüfuz eder.



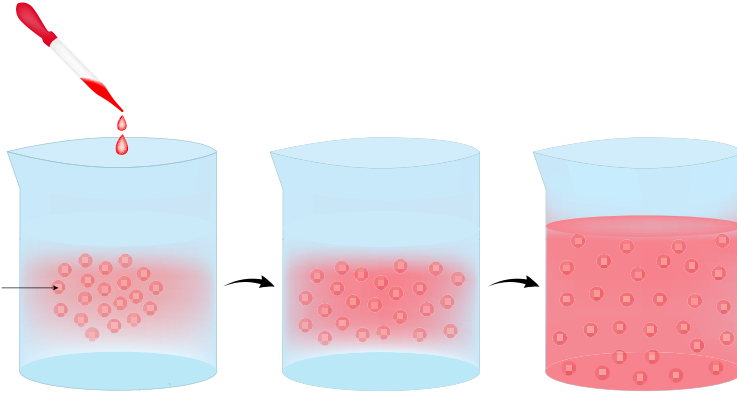
ETKİNLİK

2. Su ve alkolün karıştırılması

Bir mezüre 20 mL su koyun. Daha sonra 20 mL alkol ekleyin. Karışımın toplam hacmi ne kadardır?

Mezürü kapatın ve içindeki sıvıların iyice karışması için çalkalayın. Daha sonra karışımın hacmini tekrar ölçün. Bu hacim ilk hacimden daha büyük mü, daha küçük mü yoksa eşit mi? Ne sonuç çıkarabilirsiniz?

İki sıvı karıştırıldıktan sonra, toplam hacmin **40 mL'den daha küçük olduğu** gözlemlenir. Bunun nedeni, **su moleküllerinin alkol molekülleri arasına girerek moleküller arası boşlukları doldurmasıdır**. Su ve alkolün temel yapı tanecikleri molekül olduğundan, moleküller arasındaki boşluk moleküller arası boşluk olarak adlandırılır. Karışımın hacmi, mezür çalkalanmadan da azalırdı; ancak bu süreç daha uzun sürerdi. İki veya daha fazla maddenin taneciklerinin kendiliğinden birbirine karışmasına **difüzyon** denir. **Difüzyon gazlarda en hızlı, katılarda ise en yavaş gerçekleşir.**



Şekil 1. Boya moleküllerinin su içinde difüzyonu

Maddenin bazı fiziksel özellikleri tanecik teorisi ile açıklanabilir. Örneğin, bir fiziksel cismin, birbirleriyle etkileşim hâlinde bulunan çok sayıda tanecikten oluşan bir bütün olduğu söylenebilir. Bu etkileşimlere tanecikler arası kuvvetler denir. Bir cismin kütlesi vardır, çünkü her taneciğin belirli bir kütlesi vardır. Ayrıca hacmi vardır, çünkü tanecikler belirli bir yer kaplar ve onların arasında da tanecikler arası boşluk bulunur. Şekil, sertlik, es-

neklik veya akıcılık gibi fiziksel özellikler, tanecikler arası boşluğun büyüklüğüne ve tanecikler arası kuvvetlerin büyüklüğüne, yani şiddetine bağlıdır.

Bir maddenin yoğunluğu, o maddenin kütlesinin kapladığı hacme oranıdır. Tanecikleri birbirine çok yakın olan, yani tanecikler arası boşluğu küçük olan maddelerin yoğunluğu büyüktür. Örneğin metaller yüksek yoğunluğa sahiptir; çünkü içlerindeki tanecikler düzenli yapılar hâlinde dizilmiştir. Buna karşılık, gazların yapı tanecikleri birbirlerinden çok uzakta bulunduğundan yoğunlukları oldukça küçüktür.

Tanecikler sürekli hareket hâlinde olmalarına rağmen maddeler tek tek taneciklere ayrılp dağılmaz. Bunun nedeni tanecikler arası kuvvetlerin varlığıdır. Eğer madde moleküllerden oluşuyorsa, moleküller arasında etki eden kuvvetlere moleküller arası kuvvetler denir. Bu kuvvetler çekici veya itici olabilir ve bunlar sayesinde katılar şekillerini korur, sıvılar akabilir, gazlar ise sıkıştırılabilir. Moleküller arası kuvvetler, moleküllerdeki atomlar arasındaki kimyasal bağlarla aynı değildir; bunlar çok daha zayıftır, ancak maddenin fiziksel hâlini belirleyecek kadar etkilidir.

Katılarda bu kuvvetler çok güçlüdür; bu nedenle tanecikler yalnızca denge konumları etrafında titreşim hareketi yapabilir. Sıvılarda kuvvetler katılara göre daha zayıftır; bu yüzden tanecikler birbirlerinin yanından geçebilir ve bu da sıvıların akmasını sağlar. Gazlarda moleküller arası kuvvetler neredeyse ihmal edilebilir düzeydedir; bu nedenle tanecikler uzayda serbestçe hareket eder. Başka bir deyişle, moleküller arası kuvvetlerin büyüklüğü ve moleküller arası boşluğun miktarı; buzun neden katı olduğunu, suyun neden aktığını ve su buharının neden havaya yayıldığını açıklar.

Moleküller arası kuvvetler çok küçük uzaklıklarda, 0,000001 cm'den daha kısa mesafelerde etkili olur. Örneğin bir tebeşir parçasını kırıp parçalarını tekrar birleştirmeye çalışırsak bunu başaramayız. Çünkü molekülleri, çekici moleküller arası kuvvetlerin etkili olacağı kadar birbirine yaklaştıramayız. Daha yumuşak maddelerde ise moleküller yeterince yaklaşılabildiğinden yapışma gerçekleşebilir.



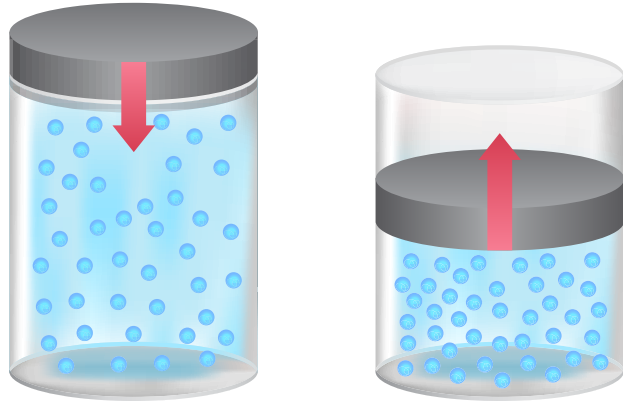
Şekil 2. Moleküller arası kuvvetler. Kohezyon (birbirini çekme) moleküller arası kuvvetlerinin etkisiyle su damlaları oluşur. Adezyon

Demir bir borunun yüzeyine boya, fırça yardımıyla kolayca uygulanabilir. Bu sırada boya tanecikleri, moleküller arası çekim kuvvetlerinin etkili olduğu uzaklıklara kadar yaklaşır.

Çekici moleküller arası kuvvetler kohezyon ve adezyon kuvvetleri olmak üzere ikiye ayrılır. Kohezyon kuvvetleri, aynı maddenin moleküllerini bir arada tutan moleküller arası kuvvetlerdir. Kohezyon kuvvetleri sayesinde sıvılar damlalar oluşturur ve katı cisimler şekillerini korur. Adezyon kuvvetleri ise farklı maddelerin molekülleri arasındaki çekim kuvvetleridir. Bu kuvvetler, suyun neden cama yapıştığını veya mürekkebin neden kâğıda nüfuz ettiğini açıklar (Şekil 2).

Moleküller arası kuvvetler yalnızca çekici değildir; moleküller birbirlerine aşırı derecede yaklaştığında itici kuvvetler de ortaya çıkabilir. İtici kuvvetler nedeniyle katı cisimler kolayca sıkıştırılamaz; ayrıca pistonlu bir kap içine hapsedilmiş havanın hacmini de çok fazla küçültemeyiz (Şekil 3).

Şekil 3. Kaptaki hava sıkıştırıldığında, hava molekülleri arasındaki moleküller arası boşluk azalır ve havanın daha fazla sıkıştırılmasına karşı koyan moleküller arası itici kuvvetler ortaya çıkar. Pistona aşağı yönde bir kuvvet uygulanmazsa, moleküller arası itici kuvvetlerin etkisiyle piston yukarı doğru hareket eder.



ETKİNLİK

3. Etkileşimli bir internet sitesi ile gazlarda difüzyonun incelenmesi

https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_all.html internet adresindeki “Difüzyon” (Diffusion) simülasyonunu açın ve iki kapalı kaba belirli sayıda birinci ve ikinci madde tanecikleri yerleştirin. Simülasyonda taneciklerin büyüklüğünü, kütlelerini ve maddenin sıcaklığını değiştirebilirsiniz. İki kabi birbirinden ayıran engeli kaldırın ve neler olduğunu açıklayın. Taneciklerin hareketi nasıldır? Zamanla iki kaptaki taneciklerin dağılımının nasıl değiştiğini gözlemleyip kaydedin.

Maddenin sıcaklığını değiştirin. Sıcaklık daha düşük olduğundaki duruma göre difüzyon daha hızlı mı gerçekleşmektedir? Tanecikler birbirleriyle çarpıştığında aralarında hangi kuvvetler etki eder?



İLGİNÇ BİLGİLER

Çiçeklerin doğal kokuları, difüzyon ve zayıf moleküller arası kuvvetler sayesinde yayılır.

İLERİ DÜZEY



Moleküller birbirine yaklaştığında veya birbirinden uzaklaştığında, potansiyel enerjileri değişir. Moleküller arasındaki potansiyel enerjinin, aralarındaki uzaklığa bağlı olarak nasıl değiştiğini ve bunun moleküller arası kuvvetin çekici ya da itici olmasını nasıl etkilediğini araştırın.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Robert Brown, 1773–1858)

İskoç botanikçi Robert Brown, 1827 yılında polen taneciklerini mikroskop altında incelerken sıra dışı bir durum fark etti: Suyun içindeki polen tanecikleri, onları hareket ettiren görünür bir kuvvet olmamasına rağmen düzensiz, rastgele ve sürekli hareket ediyordu. Brown, gözlemlerini dikkatle tekrarladı; tozlar ve pigmentlerin küçük tanecikleri gibi farklı maddeleri de inceledi ve bu hareketin taneciklerin türünden bağımsız olarak her zaman görüldüğünü fark etti. Günümüzde bu rastgele ve sürekli harekete Brown hareketi denilmektedir.

Brown bu olayı açıklayamamış olsa da, yaptığı keşif son derece önemliydi. Aslında bu, maddelerin sürekli hareket hâlindeki çok sayıda görünmez tanecikten oluştuğunu gösteren ilk açık deneysel kanıttı. Daha sonra Albert Einstein ve Jean Baptiste Perrin, bu hareketi teorik olarak açıklamış ve taneciklerin düzensiz hareketinin, sıvı molekülleriyle gerçekleşen çarpışmaların sonucu olduğunu matematiksel olarak göstermiştir. Böylece maddenin tanecikli yapıda olduğu kesin olarak doğrulanmıştır.



ORULAR VE ÖDEVLER

1. Difüzyon nedir?
2. Günlük yaşamdan difüzyonun gözlemlendiği bir örnek veriniz.
3. Difüzyon canlılar için neden önemlidir?
4. İki ayrı bardağa 200'er mL su ve yağ koyuyoruz. Yağın kütlesi daha küçüktür. Bu iki maddenin yoğunluğu ve tanecikli yapısı hakkında ne söyleyebilirsiniz?
5. İçinde hava bulunan plastik bir şişe neden sıkıştırılabilirken, su ile doldurulmuş plastik bir şişe neden neredeyse hiç sıkıştırılamaz?



HATIRLAYINIZ

- Her maddenin tanecikleri arasında boşluk bulunur ve tanecikler arasında kuvvetler etki eder.
- Difüzyon, taneciklerin hareket ettiğinin ve aralarında boşluk bulunduğunun bir kanıtıdır.
- Bir maddenin yoğunluğu, tanecikler arasındaki boşluğun büyüklüğüne bağlıdır.
- Moleküller arası kuvvetler, maddenin hâlini ve fiziksel özelliklerini belirler.

2.3. MADDENİN HÂLLERİ

KAVRAMLAR

Maddenin hâli.

Katı cisim

Sıvı

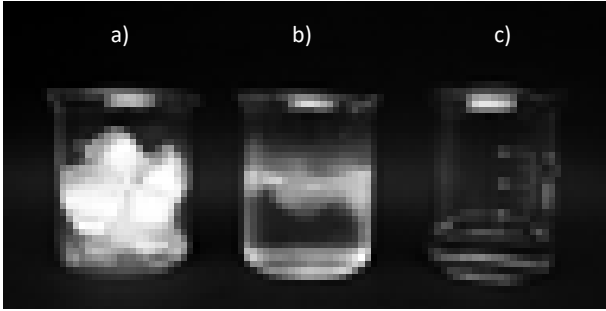
Gaz

Kristal yapı

Amorf cisim

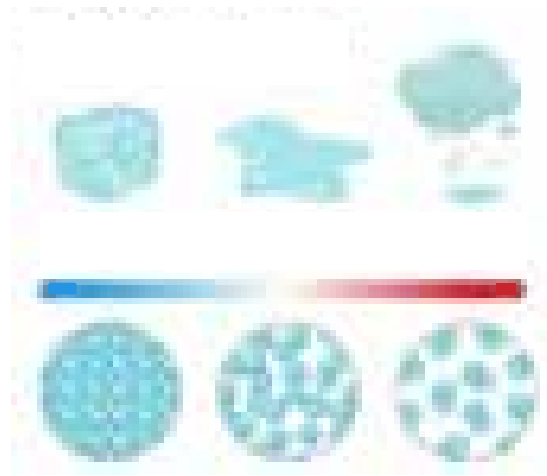
Maddenin hâli, bir maddenin belirli bir sıcaklık ve basınç altında bulunduğu fiziksel durumdur. Maddenin hâli, taneciklerin (atom, molekül veya iyonların) madde içinde nasıl dizildiğini ve nasıl hareket ettiğini belirler. Maddeler üç hâlde bulunabilir: katı, sıvı ve gaz. Bu farklı hâllerde tanecikler arasındaki uzaklıklar, tanecikler arası kuvvetler ve taneciklerin hareket serbestliği farklıdır. Bu nedenle maddenin şekli, hacmi ve fiziksel özellikleri de hâline göre değişir.

Su donduğunda katı hâlde bulunur. Oda sıcaklığında sıvı hâlde, buharlaştığında ise gaz hâline geçer. Katı hâlde bulunan suyun hacmi ve şekli sabittir; kolayca şekil değiştirmez ve akmaz. Sıvı hâlde su akar ve belirli bir şekli yoktur; içinde bulunduğu kabın şeklini alır. Gaz hâlindeki su, yani su buharı ise belirli bir hacme sahip değildir ve bulunduğu ortamda sahip olduğu tüm boşluğu doldurur.



Şekil 1. Suyun a) katı, b) sıvı ve c) gaz hâlleri (buz, sıvı su, su buharı). Buz eridiğinde su sıvı hâle geçer. Sıvının yüzeyine yakın bulunan moleküllerin bir kısmı ise buharlaşma

Aynı madde, üç farklı hâlde çok farklı görünse de bazı fiziksel özellikleri tanecikli yapısına göre açıklanabilir. Bu kurama göre madde, sürekli hareket hâlinde bulunan çok küçük taneciklerden (yapı birimlerinden) oluşur. Tanecikler, birbirlerine yakın olduklarında aralarında çekim kuvvetleri etkili olur. Ancak tanecikler arasındaki uzaklık arttıkça bu kuvvetler zayıflar. Tanecikler birbirlerine çok fazla yaklaştığında ise aralarında itme kuvvetleri ortaya çıkar.



Şekil 2. Su moleküllerinin katı, sıvı ve gaz hâllerindeki dizilişi

Katı Cisimler, Sıvılar ve Gazlar

Katı cisimlerde tanecikler birbirlerine çok yakın konumlanmış ve düzenli bir yapıda dizilmiştir. Bu tanecikler serbestçe hareket edemez, yalnızca denge konumları etrafında titreşim hareketi yaparlar. Tanecikler arasındaki boşluk çok küçüktür ve tanecikler arasında etkili olan moleküller arası kuvvetler büyüktür. Bu nedenle katı cisimler zor şekil değiştirir (uzatılır veya sıkıştırılır) ve şekillerini ile hacimlerini korurlar.

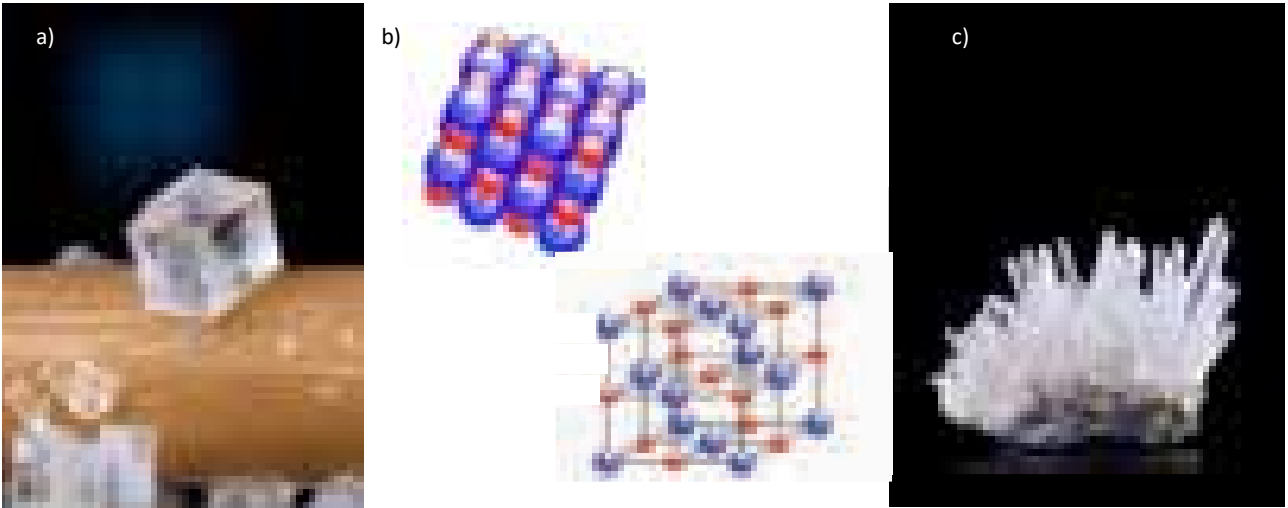
Sıvılarda tanecikler (genellikle moleküller) birbirlerine yakın bulunur, ancak katı cisimlerde olduğu gibi düzenli bir dizilişe sahip değildir. Moleküller arasındaki boşluk küçük olmakla birlikte katılardakinden daha büyüktür. Moleküller arası kuvvetler, tanecikleri birbirine yakın tutacak kadar güçlüdür; ancak onları katılardaki gibi düzenli bir yapıda tutacak kadar güçlü değildir. Bu nedenle sıvılar sabit hacme sahiptir, fakat içinde bulundukları kabın şeklini alarak şekil değiştirirler. Sıvılardaki moleküller birkaç molekülden oluşan gruplar hâlinde hareket edebilir ve birbirleri üzerinden kayabilir. Bir molekül veya molekül grubu belirli bir yönde hareket ederken diğer moleküllere etki ederek enerjisinin bir kısmını aktırır; böylece onlar da aynı yönde hareket etmeye başlar.

Gazlarda tanecikler (genellikle moleküller), katı ve sıvılardaki taneciklere göre birbirlerinden çok daha uzak mesafelerde bulunur. Moleküller arasındaki boşluk, moleküllerin kendi büyüklüklerine göre oldukça fazladır ve moleküller arası kuvvetler ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Moleküller arası kuvvetlerin yalnızca çarpışma anlarında etkili olduğu söylenebilir; bu sırada moleküllerin hareket yönü, doğrultusu ve hızı değişir. Bu nedenle gazlardaki tanecikler her yönde serbestçe ve büyük hızlarla hareket eder. Gazların belirli bir hacmi yoktur ve bulundukları ortamın tamamını doldururlar. Gazlardaki büyük tanecikler arası boşluk, onların sıkıştırılabilmesini, yani hacimlerinin azaltılabilmesini sağlar. Suyun üç farklı hâlde moleküllerinin dizilişi Şekil 2'de gösterilmiştir.

Katı Maddelerin İç Yapısı

Taneciklerin dizilişine bağlı olarak katı maddeler iki büyük gruba ayrılır: kristal yapı ve amorf yapı maddeler.

Kristal yapı katı maddelerde tanecikler düzenli ve periyodik bir şekilde dizilmiştir. Kristal örgü olarak adlandırılan bu düzenli yapı, maddenin her yönünde tekrarlanır. Bu nedenle bu maddeler keskin kenarlara, düz yüzeylere ve çoğu zaman düzgün geometrik şekillere sahiptir. Bir tuz tanesini incelediğimizde, onun yaklaşık olarak düzgün bir dikdörtgenler prizması şeklinde olduğunu görürüz. Bu şekil, sodyum ve klor yapı birimlerinin tuzun kristal örgüsü içinde düzenli olarak dizilmesinden kaynaklanır. Tuz tanesi ne kadar büyük ya da küçük olursa olsun, sodyum ve klor iyonları Şekil 3a'da şematik olarak gösterildiği gibi dönüşümlü olarak dizilmiştir. Metallerin tamamı, şeker, kuvars ve elmas da kristal yapıya sahiptir.



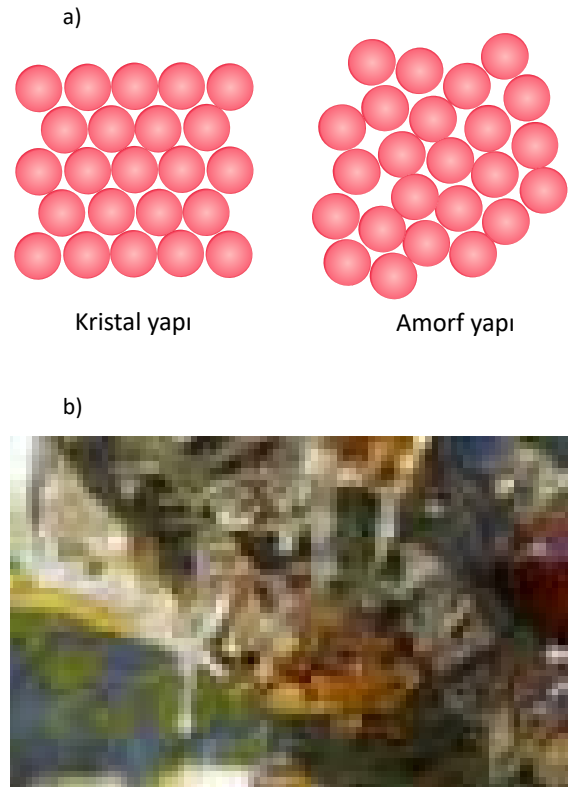
Şekil 3. a) Mikroskop altında gözlemlenen bir tuz tanesi.
b) Tuzun kristal örgüsünde sodyum ve klor iyonlarının düzenli dizilişi. c) Kuvars kristalleri.

Bir maddenin kristal yapısı, onun erime sıcaklığı, sertliği, öz ısısı, kırılma indisi (saydam maddeler için) gibi fiziksel özelliklerini belirler.

Amorf cisimlerde tanecikler böyle düzenli bir dizilişe sahip değildir. Amorf cisimlerdeki yapı tanecikleri yalnızca bazı bölgelerde düzenli bir diziliş gösterir, ancak bu düzen tüm yapıda görülmez. Ayrıca tanecikler arasında periyodik bir diziliş de bulunmaz. Şekil 4a'da kristal ve amorf bir cisimdeki tanecik dizilişine örnek verilmiştir.

Amorf cisimler katı olmalarına rağmen hem katıların hem de sıvıların bazı özelliklerini gösterebilirler. Grafit, reçine, plastik, mum ve asfalt amorf cisimlere örnektir. Bu maddelerin belirli bir erime sıcaklığı yoktur; bunun yerine ısıtıldıklarında yavaş yavaş yumuşarlar. Bir parça reçine küçük parçalara ayrılıp bir kap içinde bırakılırsa, birkaç ay sonra parçalar birbirine yapışır ve kabın şeklini alır. Bu durum sıvıların bir özelliğidir.

Amorf cisimler çok yavaş da olsa akabilirler; bu da onların sıvılara benzer bir başka özelliğidir.



Şekil 4. a) Kristal yapıli bir cisim ile amorf yapıli bir cisimdeki tanecik dizilişinin karşılaştırılması. b) Reçine katı hâlde bulunmasına rağmen amorf yapısı nedeniyle yavaşça akabilir.



ETKİNLİK

1. Kristal ve Amorf Maddeler

Günlük hayatta kullandığınız bazı malzemeleri alın: tuz veya şeker, plastik bir kaşık ya da tebeşir. Bunları masanın üzerine koyun ve her birinden küçük bir parça kırmaya çalışın. Şekillerini inceleyin: Keskin kenarları, düz yüzeyleri var mı? Düzenli geometrik yapılara benziyorlar mı? Tuz veya şeker tanesini bir büyüteç ya da mikroskopla inceleyin. Düz yüzeyler arasında belirgin ve keskin sınırlar olduğunu göreceksiniz. Bu taneleri bir plastik parçasıyla karşılaştırın. Plastik parçasının da keskin kenarları veya düz yüzeyleri var mı? Kendi kuralınızı oluşturmaya çalışın: Bir maddenin küçük parçalarının görünümüne bakarak onun kristal mi yoksa amorf mu olduğunu nasıl ayırt edebilirsiniz?



İLGİNÇ BİLGİLER

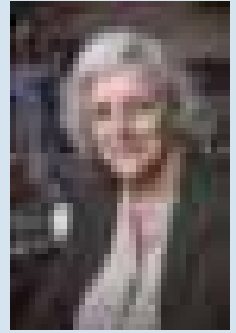
Bulutlardaki su, aynı anda buz, sıvı su damlacıkları ve su buharı hâlinde bulunabilir.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Dorothy Crowfoot Hodgkin, 1910–1994)

Dorothy Hodgkin, kristal yapıların X-ışınlarıyla (çok yüksek enerjili ışınlar) incelenmesi tekniğini geliştiren ve önemli biyomoleküllerin atomik yapılarını ilk kez belirleyen Britanyalı bir kimyacıydı. Kolesterolün, penisilinin ve en önemlisi B12 vitamininin yapısını ortaya çıkarmıştır. Çalışmaları, kimya ve tıp alanlarında büyük ilerlemelerin önünü açmıştır. Bu keşifleri sayesinde 1964 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü kazanmış ve 20. yüzyılın en önemli kadın bilim insanlarından biri olarak kabul edilmiştir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Buz neden sabit bir şekle sahiptir, ancak su bulunduğu kabın şeklini alır?
2. Bir madde katı hâlden sıvı hâle geçerken taneciklerin hareketi nasıl değişir?
3. Gazların neden sıvılara göre çok daha kolay sıkıştırılabildiğini açıklayınız.
4. Gazlarda tanecikler arasında boşluk bulunduğunu kanıtlayan günlük yaşamdan bir örnek veriniz.
5. Mum neden amorf bir cisim, tuz ise neden kristal yapıya sahiptir?

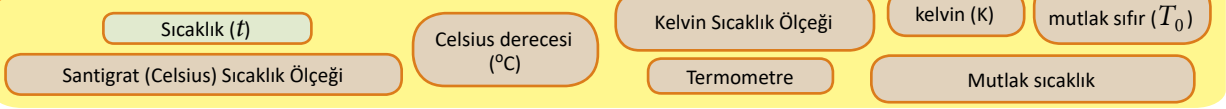


HATIRLAYINIZ

- Maddenin hâli, taneciklerin dizilişine, hareketine ve birbirleriyle etkileşimlerine bağlıdır.
- Maddenin hâli, tanecikler arasındaki boşluğun büyüklüğü ve tanecikler arası kuvvetlerin şiddeti sonucunda belirlenir.
- Katı cisimlerde tanecikler birbirlerine çok yakın konumdadır ve denge konumları etrafında titreşim hareketi yaparlar.
- Sıvılarda tanecikler hem titreşim hareketi yapar hem de birbirlerinin üzerinden kayarak hareket edebilirler.
- Gazlarda tanecikler birbirlerinden oldukça uzaktır ve her yönde serbestçe hareket ederler.
- Katı cisimler, iç yapılarına göre kristal ve amorf olmak üzere iki gruba ayrılır.

2.4. SICAKLIK VE SICAKLIK ÖLÇEKLERİ

KAVRAMLAR

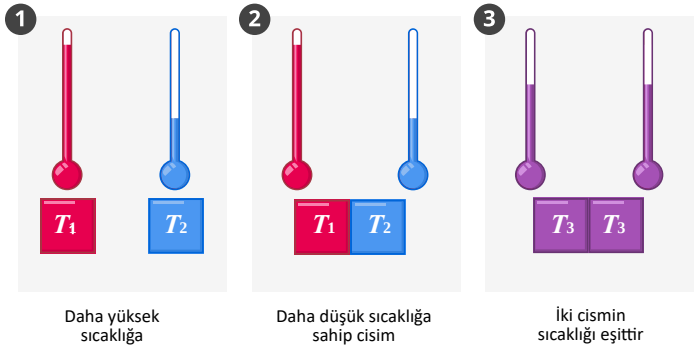


Günlük yaşamda, üzerinde çok fazla düşünmeden suyun sıcak, dışarıdaki havanın soğuk olduğunu ya da bir cismin “ısındığını” söyleriz. Peki bir cismin daha fazla ya da daha az ısınmış olması ne anlama gelir? Aynı masa üzerinde duran ahşap ve metal bir kaşığa dokunduğunuzda, bunların aynı derecede ısınmış olduğunu mu düşünürsünüz, yoksa ahşap kaşığın metal kaşığa göre daha sıcak olduğunu mu hissedersiniz? Bir cismin ne kadar sıcak olduğunu nesnel olarak değerlendirebilmek için fizikte sıcaklık adı verilen fiziksel büyüklük tanımlanmıştır. Sıcaklık, cisimlerin veya maddelerin ne derece ısınmış olduğunu gösteren bir ölçüdür. Uluslararası Birimler Sistemi'nde (SI) yer alan yedi temel fiziksel büyüklükten biridir.

Bir cismin sıcaklığının neyin ölçüsü olduğunu tanecik teorisinden yararlanarak açıklayabiliriz. Her cisimdeki tanecikler (atomlar, iyonlar ve moleküller) sürekli hareket hâlinindedir. Katı cisimlerde tanecikler denge konumları etrafında titreşim hareketi yaparken, sıvı ve gazlarda öteleme hareketi de yapabilirler. Maddenin üç hâlinin her birinde bulunan tanecikler, birbirinden farklı olabilen kinetik enerjiye sahiptir. Her taneciğin hızını ölçemediğimiz (dolayısıyla kinetik enerjisini hesaplayamadığımız) için, tüm taneciklerin belirli bir ortalama hızla hareket ettiğini ve ortalama bir kinetik enerjiye sahip olduğunu kabul ederiz.

Bir cisim ısıtıldığında taneciklerin ortalama kinetik enerjisi artar; soğutulduğunda ise azalır. Bu nedenle sıcaklığı, maddenin yapı taşlarını oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsü olarak tanımlayabiliriz. Isıtma sonucunda taneciklerin ortalama kinetik enerjisi arttığı için cismin sıcaklığı da artar. Soğutma sonucunda ise taneciklerin ortalama kinetik enerjisi azalır ve buna bağlı olarak cismin sıcaklığı düşer.

Sıcak bir cisim daha soğuk bir cisimle temas ettiğinde, sıcak cisim soğurken soğuk cisim ısınır. Bir süre sonra her iki cisim de aynı sıcaklığa ulaşır..



Şekil 1. Daha yüksek sıcaklığa sahip bir cisimden daha düşük sıcaklığa sahip bir cisme ısı enerjisinin aktarılması.

Sıcaklık Ölçekleri

Bir cismin sıcaklığını ölçebilmek için, onun ne kadar ısınmış olduğunu belirlemeye yarayan bir sıcaklık ölçeğine ihtiyaç vardır. Bilimde ve günlük yaşamda en yaygın olarak iki sıcaklık ölçeği kullanılır: Celsius (Santigrat) sıcaklık ölçeği ve Kelvin sıcaklık ölçeği.

İsveçli bilim insanı Anders Celsius tarafından geliştirilen **Celsius sıcaklık ölçeği**, suyun iki karakteristik noktasına dayanır: suyun donma sıcaklığı ve kaynama sıcaklığı. Celsius, bu iki nokta arasındaki aralığı 100 eşit parçaya bölmüş ve böylece bir **Celsius derecesi** birimi elde edilmiştir. Buna göre Celsius ölçeğinde, suyun donma sıcaklığı (veya buzun erime sıcaklığı) 0°C , suyun kaynama sıcaklığı ise normal atmosfer basıncında 100°C olarak kabul edilir.

0°C 'nin altındaki sıcaklıklar negatif değerlerle ifade edilir. Örneğin, bir dondurucunun standart sıcaklığı -18°C 'dir. Günlük yaşamda ölçtüğümüz sıcaklıklar, hava durumu tahminlerinde verilen hava sıcaklıkları ve birçok bilimsel ölçüm bu ölçekle ifade edilir. Celsius derecesi cinsinden ölçülen sıcaklıklar gösterilirken t sembolü kullanılır.

Bilimde, özellikle fizikte, taneciklerin enerjisiyle doğrudan ilişkili bir sıcaklık ölçeğine ihtiyaç duyulur. Bu ölçek Kelvin sıcaklık ölçeğidir. **Kelvin ölçeği**, rastgele seçilmiş bir noktadan değil, taneciklerin sahip olabileceği en düşük enerjiye karşılık gelen sıcaklıktan başlar. Bu, taneciklerin hareketinin tamamen duracağı sıcaklıktır. Bu sıcaklığa mutlak sıfır denir (T_0 ile gösterilir) ve değeri $-273,15^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kelvin ölçeğinde bu sıcaklık 0 kelvin (0 K) olarak tanımlanır.

Sıcaklık kelvin cinsinden ifade edildiğinde, cismin mutlak sıcaklığı ölçülmüş olur ve T sembolü kullanılır. Bu nedenle Uluslararası Birimler Sistemi'nde (SI) sıcaklığın temel birimi kelvin (K)'dir.

Bir sıcaklık ölçeğinden diğerine dönüşüm aşağıdaki formülle yapılır:

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

Yukarıdaki formülü kullanarak, suyun donma sıcaklığının 273,15 K, kaynama sıcaklığının ise 373,15 K olduğunu hesaplayabiliriz. Buradan, sıcaklık değişiminin Celsius derecesiyle ya da kelvin cinsinden ifade edilmesine bakılmaksızın aynı olduğu sonucuna varabiliriz. Eğer suyu donma sıcaklığından kaynama sıcaklığına kadar ısıtmışsak, sıcaklığını 100°C artırmış oluruz; yani sıcaklığı 100 K artırmış oluruz.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

15°C sıcaklığı, 290,15 K sıcaklığından daha küçüktür.

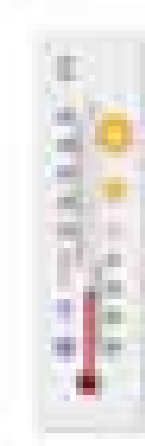
Verilen::	Sıcaklıkları karşılaştırmak için ya t sıcaklığını kelvine çevirebiliriz ya da T sıcaklığını Celsius derecesi cinsinden ifade edebiliriz. Aşağıda her iki dönüşüm de yapılmıştır:
$t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ $T_2 = 290,15\text{K}$	
İstenen:	$T_1(\text{K}) = t_1(^{\circ}\text{C}) + 273,15 = 288,15\text{K}$ $t_2(^{\circ}\text{C}) = T_2(\text{K}) - 273,15 = 17^{\circ}\text{C}$
$t_1 > T_2$	$t_1 < t_2$, yani $T_1 < T_2$ olduğu sonucuna varabiliriz..

Termometreler

Sıcaklığı ölçmek için kullandığımız ölçme araçlarına termometre denir. Her termometrenin yapımında (Şekil 2a), maddelerin sıcaklığa bağlı olarak değişen bir özelliğinden yararlanılır. Cıvalı ve alkollü termometrelerde, sıvıların sıcaklık arttıkça hacimlerinin artması özelliği kullanılır. Sıvı, alt kısmında hazne bulunan dar bir cam veya plastik tüp içine yerleştirilmiştir. Haznedeki sıvı ısındığında genleşir ve tüp içinde yükselir. Tüpün yanında, her bölmesi belirli bir sıcaklık değerine karşılık gelen derecelendirilmiş bir ölçek bulunur. Sıvı sütununun ölçek üzerindeki yüksekliği okunarak sıcaklık ölçülür.

Günümüzde cıvalı termometreler giderek daha az kullanılmaktadır; çünkü termometrenin kırılması durumunda açığa çıkan cıva buharı insan sağlığı için zararlıdır. Öte yandan, alkollü termometreler yüksek sıcaklıkların ölçümünde kullanılamaz; çünkü alkol yaklaşık 80 °C’de buharlaşır. Günümüzde en yaygın olarak dijital termometreler kullanılmaktadır. Bu termometrelerde sıcaklık bir ekran üzerinden okunur (Şekil 2b). Dijital termometrelerin içinde, sıcaklık değiştikçe elektriksel özellikleri değişen bir madde veya bir eleman bulunur.

a)



b)



Şekil 2. a) Sıvılı termometrenin görünümü. Sıvı, alkol veya cıva olabilir.
b) Metal probu dijital termometre



ETKİNLİKLER

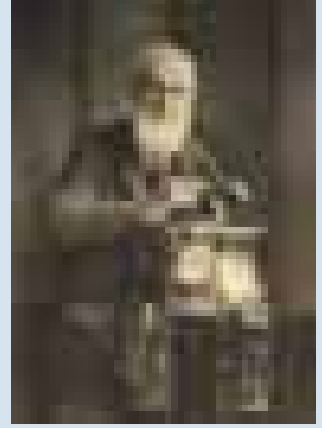
1. Gazlarda Taneciklerin Ortalama Kinetik Enerjisinin Sıcaklığa Bağımlılığının İnteraktif Bir İnternet Sitesi Kullanılarak İncelenmesi

“Difüzyon” (Diffusion) simülasyonunu https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_all.html internet adresinde açın. Simülasyonda her iki kapalı kaptaki da belirli sayıda farklı madde taneciği bulunmaktadır. Birinci kaptaki sıcaklığı çok yüksek bir değere ayarlayın, ikinci kaptaki sıcaklığı ise simülasyonun izin verdiği en düşük değere düşürün. Birinci ve ikinci kaptaki taneciklerin ortalama hareket hızları nasıl değişti? Taneciklerin ortalama kinetik enerjisi ile sıcaklık arasındaki ilişki hakkında nasıl bir sonuca varabilirsiniz?

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(William Thomson, 1824–1907)

Lord Kelvin, 19. yüzyılın en önemli fizikçilerinden biriydi. En büyük katkısı, ısıнын bir enerji türü olarak anlaşılması ve mutlak sıfır kavramının tanımlanmasıyla ilgilidir. Mutlak sıfır, taneciklerin kinetik enerjisinin sıfır olduğu mümkün olan en düşük sıcaklıktır. Kelvin, sıcaklık ölçeğinin belirli bir maddenin özelliklerine (Celsius ölçeğinde olduğu gibi) değil, doğanın temel yasalarına dayanması gerektiğini ilk fark eden bilim insanıdır. Bu nedenle, 0 K'den başlayan ve maddenin herhangi bir fiziksel değişimine bağlı olmayan mutlak sıcaklık ölçeğini önermiştir. Onun çalışmaları, ısı, enerji ve maddenin iç yapısında gerçekleşen süreçlerin modern anlamda anlaşılmasının temellerini atmıştır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Laboratuvarde elde edilen en düşük sıcaklık 38 pK, yani 0,000000000038 K'dir.

İLERİ DÜZEY

5+

Fahrenheit ölçeği, dünyada en yaygın kullanılan üç sıcaklık ölçeğinden biridir (Celsius ve Kelvin ölçekleriyle birlikte). Bu ölçek, Alman fizikçi Daniel Gabriel Fahrenheit tarafından 1724 yılında önerilmiştir. Fahrenheit ölçeğinde suyun donma noktası 32 °F, kaynama noktası ise normal atmosfer basıncında 212 °F olarak belirlenmiştir. Bu, iki nokta arasında 180 derecelik bir aralık bulunduğu anlamına gelir ve bu nedenle Fahrenheit ölçeği Celsius ölçeğine göre daha sık bölmelere sahiptir. Celsius derecesi (°C) cinsinden verilen bir sıcaklığı Fahrenheit derecesine (°F) dönüştürmek için aşağıdaki formül kullanılır:

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

Bazı ülkelerde Fahrenheit ölçeği, Celsius ölçeğinden daha yaygın olarak kullanılmaktadır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Sıcaklık nedir?
2. Mutlak sıfır neden mümkün olan en düşük sıcaklık olarak kabul edilir?
3. Termometre -5 °C gösteriyor. Cismin sıcaklığı kelvin cinsinden kaçtır?
4. Bir bilimsel deneyde laboratuvar sıcaklığının 250 K olması gerekiyorsa, bu sıcaklığın °C cinsinden değeri kaç olmalıdır?
5. Dağda sıcaklık -5 °C, vadide ise 12 °C'dir. Sıcaklık farkı °C ve K cinsinden kaçtır? Hesaplamadan ne fark ediyorsunuz?



HATIRLAYINIZ

- Sıcaklık, bir maddedeki taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür.
- Termometre, sıcaklığı ölçmek için kullanılan bir araçtır.
- Sıcaklık, Celsius derecesi veya kelvin cinsinden ifade edilir.
- Sıcaklık, Uluslararası Birimler Sistemi'ndeki (SI) yedi temel büyüklükten biridir.

2.5. KATI CİSİMLERDE ISIL GENLEŞME

KAVRAMLAR

Isıl Genleşme

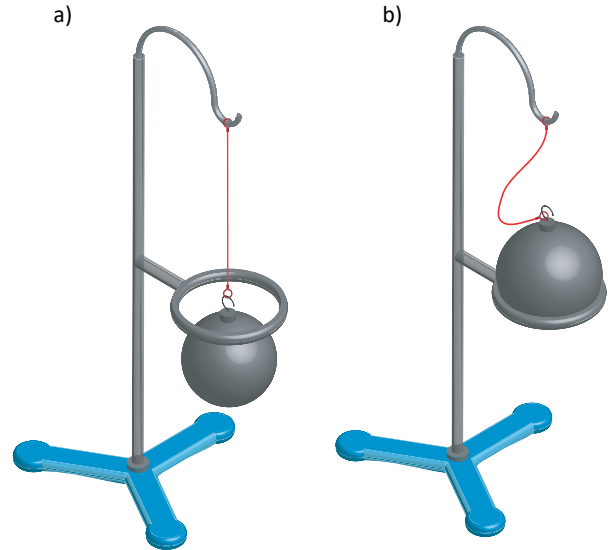
Katı cisimlerin büyük bir kısmı ısıtıldığında genişler, yani hacimleri artar; soğutulduğunda ise büzülür, yani hacimleri azalır. Katı cisimlerde tanecikler birbirlerine çok yakın yerleşmiş ve hareketleri sınırlı olmasına rağmen, sıcaklık arttığında ortalama kinetik enerjilerinin artması nedeniyle birbirlerinden uzaklaşırlar. Bu uzaklaşma, cismin hacminin artmasına yol açar. Bir cismin sıcaklığı arttığında hacminin artması olayına ısı genleşme denir.

Isıl genleşme, cisimlerin hacminde değişime veya bir boyutu diğer iki boyutundan çok daha büyük olan “uzun” cisimlerde uzunluk değişimine neden olabilir. Cisim ısıtıldığında hacmi artar, soğutulduğunda ise azalır. Tel, boru veya çubuk gibi cisimlerde ise ısıtıldığında uzunluk artar, soğutulduğunda azalır. Bu değişiklikler çok büyük olmasa da, birçok mühendislik yapısında önemli olduklarından dikkate alınmaları gerekir. Bazı durumlarda, ısı genleşme veya büzülme nedeniyle malzemelerde kırılma ya da çatlama meydana gelebilir.

Cisimlerin hacimsel genleşmesi, metal bir küre ve metal bir halka ile gösterilebilir. Bu düzende, kürenin çapı halkanın çapından biraz daha küçüktür (Şekil 1). Küre ısıtılmadığında metal halkadan kolayca geçer. Ancak küreyi ispirto lambası veya bir brülör yardımıyla ısıtırsak, artık halkadaki açıklıktan geçemez.

Isıtma sırasında küreyi oluşturan tanecikler enerji kazanır, hızları artar ve buna bağlı olarak tanecikler arasındaki mesafe büyür. Sonuç olarak kürenin hacmi artar. Küre soğumaya bırakıldığında tekrar büzülür ve metal halkadan serbestçe geçebilir.

Katı cisimlerin ısıtıldıklarında genleşmesi, teknolojiye birçok uygulama alanı bulur. Metallerin ısıtıldığında genleşmesi ve soğutulduğunda büzülmesi özelliği, bimetal şeritlerde kullanılır. Bimetal şerit, tüm uzunlukları boyunca birbirine sıkıca yapıştırılmış iki farklı metal şeritten oluşur.



Şekil 1. Küre, oda sıcaklığındayken halkadan geçer (a), ancak ısıtıldıktan sonra halkadan geçemez (b).

Şekil 2'de, sıcaklık arttığında farklı miktarlarda uzayan alüminyum ve bakırdan oluşan bir bimetal şerit gösterilmiştir. Oda sıcaklığında şerit düzdür. Sıcaklık arttığında, alüminyum bakırdan daha fazla uzadığı için şerit yukarı doğru eğilir. Sıcaklık azaldığında ise alüminyum bakırdan daha fazla büzülür ve şerit aşağı doğru eğilir.

Bimetal şerit, bir elektrik devresinde anahtar olarak (Şekil 2), termostatlarda (sıcaklığın otomatik olarak düzenlenmesini sağlayan cihazlar) ve elektrikli ısıtıcı, elektrikli fırın veya termosifon gibi ısıtma cihazlarında kullanılır. Belirli bir sıcaklığa ulaşıldığında bimetal şerit eğilir ve elektrik devresini keser. Sıcaklık düştüğünde ise bimetal şerit ilk konumuna geri döner ve devreyi yeniden kapatır.

Katı cisimlerin boyutlarında sıcaklık değişimine bağlı olarak meydana gelen değişiklikler bazı olumsuz sonuçlara da yol açabilir. İnsanlar, cisimlerin hacim değişiminden kaynaklanan bu olumsuz etkileri azaltmak için çeşitli yöntemler kullanmaktadır. Sıcak su veya buhar taşıyan borular belirli noktalarda kıvrımlı olarak yapılır (Şekil 3a). Bu sayede boruların uzun bölümleri serbestçe uzayabilir ve zarar görmez.

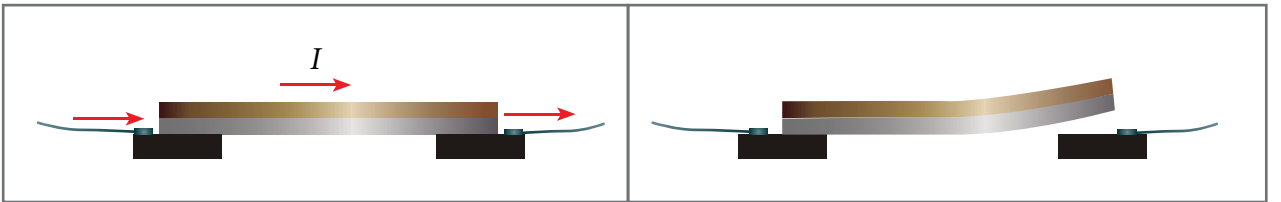
a)



BAKIR

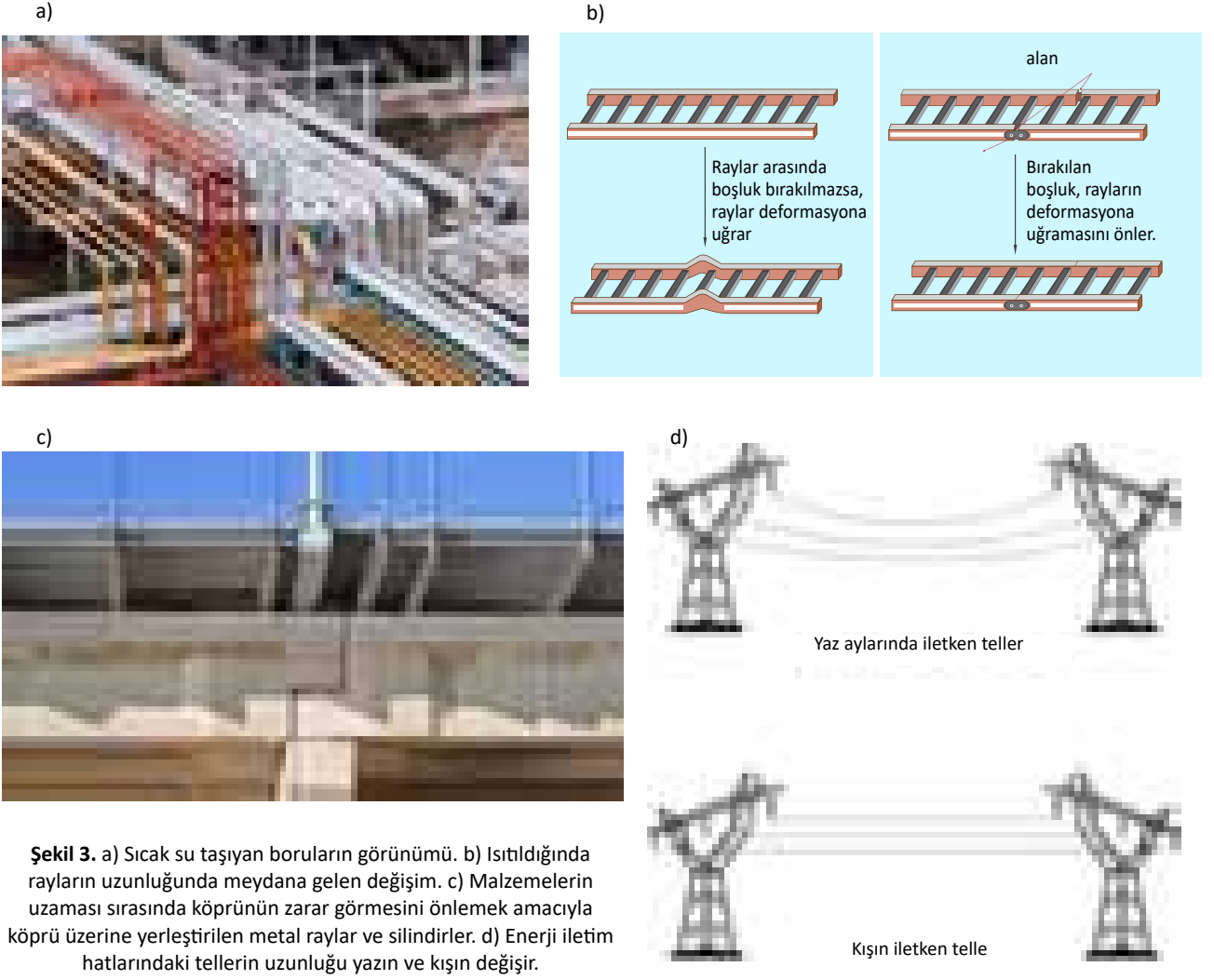
ALÜMİNYUM

b)



Şekil 2. a) Alüminyum ve bakırdan oluşan bimetal şerit. b) Bimetal şeritten yapılmış anahtar

Yaz aylarında yüksek sıcaklıklarda metal raylar genişler ve eğrilebilir. Bu nedenle mühendisler raylar arasında küçük boşluklar bırakırlar; böylece rayların genişmesi için gerekli alan sağlanmış olur (Şekil 3b). Metal raylar ve silindirler (Şekil 3c), köprünün genişip büzülmesine zarar görmeden izin veren sistemin bir parçasıdır. Eğer bu hareket için yeterli boşluk bırakılmazsa, yapıda çatlaklar, gerilmeler veya kopmalar meydana gelebilir.



Şekil 3. a) Sıcak su taşıyan boruların görünümü. b) Isıtıldığında rayların uzunluğunda meydana gelen değişim. c) Malzemelerin uzaması sırasında köprünün zarar görmesini önlemek amacıyla köprü üzerine yerleştirilen metal raylar ve silindirler. d) Enerji iletim hatlarındaki tellerin uzunluğu yazın ve kışın değişir.



ETKİNLİKLER

1. Metal Bir Telde Isıl Genleşmenin Gözlemlenmesi

İki sehpa arasına metal bir tel ger ve telin ortasına 500 g kütleli bir ağırlık as. Ağırlığın alt kısmının masanın yüzeyine göre yüksekliğini ölç. Teli, tek bir noktasının aşırı ısınmaması için saç kurutma makinesi veya mum yardımıyla (dikkatli bir şekilde ve öğretmen gözetiminde) tüm uzunluğu boyunca ısıt. Saç kurutma makinesini veya mumu söndürdükten sonra ağırlığın alt kenarının masanın yüzeyine göre yüksekliğini tekrar ölç. Ne gözlemliyorsun? Ağırlık masaya göre daha alçakta mı bulunuyor?

Teli soğumaya bırak ve ağırlığın yüksekliğini tekrar ölç. Bu yükseklik başlangıçtaki yükseklikten farklı mı? Hangi sonuca ulaşabilirsin?



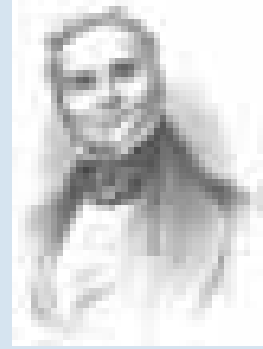
İLGİNÇ BİLGİLER

Eyfel Kulesi, yaz döneminde kış dönemindeki yüksekliğine göre yaklaşık 15 cm daha yüksektir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Jean Peltier 1785–1845)

Peltier, metallerdeki ısı süreçlerinin erken dönem araştırmalarına önemli katkılarda bulunmuştur. Metallerin birleşim noktalarındaki ısınma, soğuma ve ısı deformasyonları üzerine yaptığı sistematik çalışmalar, katı cisimlerde ısı transferi teorisinin gelişmesine temel oluşturmuştur. Bu araştırmalar daha sonra ısı genleşme, sıcaklık değişimine bağlı elektrik direnci değişimi ve malzemelerin büyük sıcaklık değişimleri karşısındaki davranışları gibi olayların açıklanmasında kilit rol oynamıştır



İLERİ DÜZEY



Eğer bir cismin uzunluğu, diğer iki boyutundan çok daha büyükse, cismin uzunluğunu l hassas bir şekilde belirleyebiliriz. Bunun için cismin $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki uzunluğu l_0 Ove cismin ısıtıldığı sıcaklık t ($^{\circ}\text{C}$ cinsinden) biliniyorsa, uzunluk aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

α ile gösterilen doğrusal genleşme katsayısı, farklı maddeler için farklı değerler alır. Bakırın doğrusal genleşme katsayısı $1,65 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, alüminyumun doğrusal genleşme katsayısı ise $2,3 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ değerindedir. Bu değerlerden, her iki metal aynı sıcaklığa kadar ısıtıldığında alüminyumun neden bakırdan daha fazla uzadığı açıkça görülebilir.



ÖDEVLER VE SORULAR

1. Isıtıldığında metal bir kürenin yoğunluğu neden azalır?
2. Sıcaklık arttığında bimetal şeritteki taneciklere ne olur?
3. Bütün katı cisimler aynı şekilde genleşir mi?
4. Uzunluğu 1 m olan metal bir çubuk ısıtıldığında 1,2 mm uzuyor. Isıtıldıktan sonra uzunluğu ne olur?
5. Uzunluğu 2 m olan alüminyum bir çubuk ısıtıldığında, uzunluğunun %0,5'i kadar uzuyor. Çubuk ne kadar uzamıştır?

⚡ HATIRLAYINIZ

- Isıl genleşme, ısıtma sırasında taneciklerin kinetik enerjisinin artmasının ve tanecikler arası mesafenin değişmesinin bir sonucudur.
- Katı cisimler, sıcaklık değiştiğinde uzunluklarını ve hacimlerini değiştirirler.
- Katı cisimler ısıtıldığında hacimleri artar ve yoğunlukları azalır; soğutulduklarında ise hacimleri azalır ve yoğunlukları artar.
- Bimetal şerit, metallerin farklı miktarlarda ısı uzama göstermesi nedeniyle eğilir.
- Termostatlar, sıcaklığın otomatik olarak düzenlenmesini sağlayan bir anahtar görevi gören bimetal şerit kullanır.

2.6. SIVILARDA ISIL GENLEŞME. SUYUN ANOMALİSİ

KAVRAMLAR

suyun anomalisi

Katı maddelerde olduğu gibi, sıvılar da ısıtıldıklarında veya soğutulduklarında hacimlerini değiştirirler. Sıvıların sıcaklıkları arttığında genleştiklerini basit bir deneyle göstermek mümkündür. İki balona eşit miktarda su ve alkol konur; bunların kolayca ayırt edilebilmesi için birkaç damla boya ile renklendirilir. Balonlar, içlerinden ince bir cam boru geçirilen tıpalarla kapatılır ve Şekil 1'de gösterildiği gibi sıcak su bulunan bir kaba yerleştirilir. Kısa bir süre sonra her iki borudaki sıvı seviyesinin yükselmeye başladığı gözlenir. Bu durum, sıvıların ısıtıldıklarında hacimlerinin arttığını, yani sıcaklık yükseldikçe genleştiklerini gösterir.



Şekil 1. Isıtılmış su bulunan bir kap içine yerleştirilmiş, maviye boyanmış alkol içeren balon ve kırmızıya boyanmış su içeren balon.

Bu olay tanecik teorisi ile açıklanabilir. Balonlardaki sıvılar ısıtıldığında, su ve alkol molekülleri daha fazla kinetik enerji kazanır. Kinetik enerjilerinin artması sonucunda daha hızlı hareket ederler ve birbirleriyle çarpışarak moleküller arasındaki mesafeyi artırır. Moleküller arası mesafenin artmasını, ısıtılan sıvıların hacminin artması olarak gözlemliyoruz. Peki, bütün sıvılar aynı şekilde mi genişler? İki balonu dikkatlice karşılaştırırsan, aynı sıcaklığa kadar ısıtıldığında alkolün hacminin suyun hacminden daha fazla arttığını fark edersin. Bu deneyden çıkarabileceğimiz ikinci sonuç, farklı sıvıların farklı genleşme özelliklerine sahip olduğudur. Balonlar daha uzun süre bekletilirse, geniş kaptaki suyun sıcaklığı azalır; buna bağlı olarak balonlardaki suyun ve alkolün hacmi de azalır. Buradan, sıvıların ısıtıldıklarında genleştikleri ve soğutulduklarında büzüldükleri sonucuna varabiliriz. Ancak bütün sıvılar ısıtıldıklarında hacimlerini aynı miktarda artırmaz, soğutulduklarında da aynı miktarda azaltmazlar. Sıvıların ısıtıldıklarında genleşme özelliği, sıvılı termometrelerde kullanılmaktadır. Katı cisimlerde olduğu gibi, sıvılar ısıtıldığında hacimleri artar; bu da yoğunluklarının azalması anlamına gelir. Tersine, sıvı soğutulduğunda hacmi azalır ve yoğunluğu artar.



ETKİNLİKLER

1. Termometre Modeli Yapımı

Plastik bir şişenin dörtte üçüne, içine önceden birkaç damla gıda boyası karıştırılmış su doldur. Şişeyi, kapağında bir delik bulunan bir kapakla kapat. Delikten bir meyve suyu pipeti geçir ve pipetin ucunu suyun içine yaklaşık 2–3 cm daldır. Havanın dışarı çıkmaması için pipetin kapaktan geçtiği yeri oyun hamuru veya silikonla iyice kapat. Şişenin hava bulunan kısmını iki elinle tut ve ellerini birkaç dakika boyunca şişenin üzerinde tut. Ne gözlemliyorsun? Su pipetin içinde yükselmeye başladı mı? Daha ince bir pipet kullanılsaydı etkinin daha belirgin olacağını düşünüyor musun?

Suyun Anomalisi: Yaşamın Devamını Sağlayan İstisnai Özellik

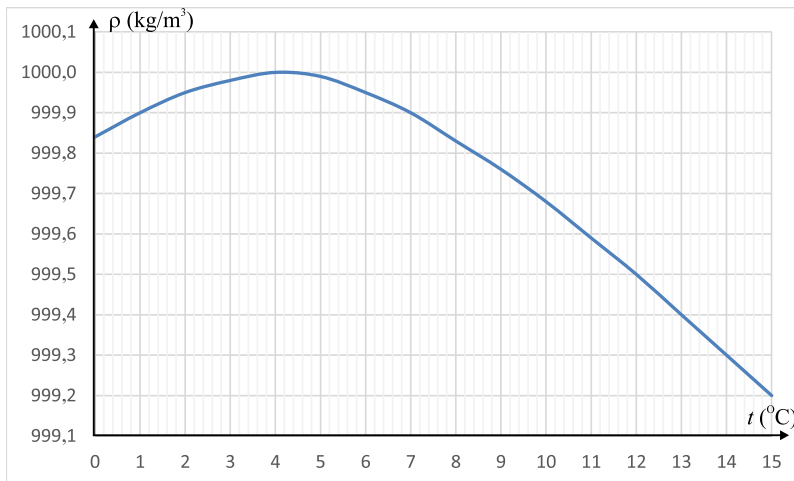
Yukarıda ulaştığımız “bütün sıvılar ısıtıldıklarında genişler, soğutulduklarında ise büzülür” sonucu bir yasa değil, bir kuraldır. Kuralların istisnaları olabilir ve bu kuralın da Dünya’daki yaşam için son derece önemli olan bir istisnası vardır.

Suyun sıcaklığı azaldıkça hacmi de azalır; ancak bu durum yalnızca 4 °C’ye kadar geçerlidir. Bu nedenle suyun yoğunluğu 4 °C’de en büyük değerine ulaşır. Suyun sıcaklığı 4 °C’den 0 °C’ye düşürülmeye devam edildiğinde ise su büzülme yerine genişler ve yoğunluğu azalır. Bu olaya suyun anomalisi denir.

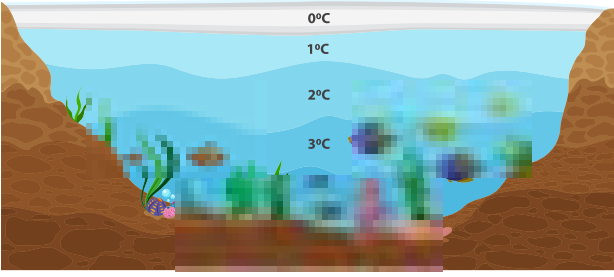
Suyun anomalisi, 4 °C’nin altındaki sıcaklıklarda su moleküllerinin hidrojen atomları arasında güçlü moleküller arası kuvvetlerin oluşmasıyla açıklanabilir. Bu kuvvetlerin etkisiyle moleküller, daha fazla yer kaplayan kristal yapılar oluşturmaya başlar. Bu nedenle hacim artar, yoğunluk ise azalır. Şekil 2’de suyun yoğunluğunun sıcaklığa bağlı değişimini gösteren grafik verilmiştir. Grafikten, suyun yoğunluğunun 4 °C’de en yüksek değerde olduğu ve 1000 kg/m³ olduğu görülmektedir.

0 °C’de su buza dönüşür. Bu durumda bütün moleküller kristal bir örgü yapısında dizilir. Böylece hacim daha da artar ve yoğunluk daha da azalır.

Buzun yoğunluğu sudan daha küçük olduğu için buz, suyun yüzeyinde yüzer.



Şekil 2. Suyun yoğunluğunun sıcaklığa göre değişimi.



Şekil 3. Suyun anomalisi, kışın su ekosistemlerinin devamlılığını sağlayan temel etkidir.

Suyun bu sıra dışı davranışı, Dünya'daki yaşam için hayati öneme sahiptir.

Kışın denizlerde ve göllerdeki su soğumaya başlar; ilk olarak yüzeydeki su soğur. Yoğunluğu arttığı için aşağıya çöker, daha sıcak su ise yukarı yükselir. Bu süreç, yüzeydeki suyun sıcaklığı 4 °C'ye düşene kadar devam eder. 4 °C'nin altındaki sıcaklıklarda yüzeydeki suyun yoğunluğu azalır ve artık aşağıya çökmez.

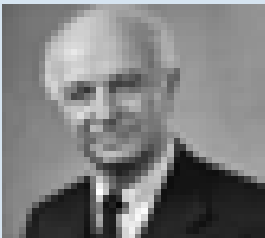
Yüzeydeki suyun sıcaklığı 0 °C'ye düştüğünde su donar. Buz tabakasının altında ise su sıvı hâlde kalır; deniz ve göllerin dibinde 4 °C sıcaklığındaki su bulunur. Denizlerin ve göllerin diplerinin hiçbir zaman donmaması, sucul bitki ve hayvanların yaşamlarını sürdürebilmelerini sağlar.

Doğada suyun anomalisi başka sonuçlara da yol açar. Suyun 4 °C'den 0 °C'ye kadar soğurken genleşmesi ve donması, kayalarda çatlakların oluşmasına ve parçalanmalarına, heyelanlara ve kaya kütlelerinin dağılmasına neden olur. Günlük yaşamda ise bu durum, kışın su borularının zarar görmesine, yollarda çatlakların oluşmasına ve dondurucudaki sıvı dolu cam şişelerin kırılmasına yol açabilir. Ayrıca, radyatördeki suyun donmasını önlemek için antifriz kullanılmadığında, araç sistemlerinde mekanik arızalara da neden olabilir.



Şekil 4. a) Suyun genleşmesi ve donması sonucu asfalt yolda meydana gelen hasar. b) Suyun genleşmesi

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Linus Pauling, 1901–1994

Linus Pauling, Alman-Amerikan kökenli bir bilim insanı olup 20. yüzyılın en etkili kimyagerlerinden ve bilim iletişimcilerinden biridir. Çalışmaları, kimyasal bağların ve moleküler yapının modern anlamda anlaşılmasının temelini oluşturmuştur. Pauling, su ve buzun yapısında hidrojen bağlarının rolünü ilk kez sistematik olarak açıklamış ve bu özel moleküller arası kuvvetlerin suyun sıra dışı özelliklerinden sorumlu olduğunu göstermiştir. Onun analizleri ve modelleri sayesinde buzun neden kristal bir yapıya sahip olduğu ve bu nedenle sudan daha düşük yoğunluğa sahip olduğu anlaşılmıştır.

Büyük bilimsel katkılarının yanı sıra Pauling, iki Nobel Ödülü alan nadir bilim insanlarından biridir. 1954 yılında, kimyasal bağlar ve moleküllerin yapısı üzerine yaptığı araştırmalar nedeniyle Nobel Kimya Ödülü'nü; 1962 yılında ise nükleer denemelere karşı yürüttüğü aktif kampanya nedeniyle Nobel Barış Ödülü'nü kazanmıştır. Böylece Pauling, tarihte iki farklı alanda iki Nobel Ödülü'nü tek başına kazanan tek kişi olarak yerini almıştır.

İLERİ DÜZEY

5+

Bir cismin veya sıvının ısıtıldığında sahip olduğu hacim V , eğer $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki hacmi V_0 ve cismin ısıtıldığı sıcaklık t ($^{\circ}\text{C}$ cinsinden) biliniyorsa, aşağıdaki formül yardımıyla tam olarak hesaplanabilir:

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

β ile hacimsel genleşme katsayısı gösterilir ve bu katsayı farklı maddeler için farklı değerler alır. Bir cismin yapıldığı malzemenin hacimsel genleşme katsayısı ne kadar büyükse, cisim veya sıvı ısıtıldığında hacmi de o kadar fazla artar. Bu kuralın istisnası, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığındaki sudur.

Oda sıcaklığında suyun hacimsel genleşme katsayısı $3 \cdot 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, alkolün hacimsel genleşme katsayısı ise $1,1 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ değerindedir. Bu verilerden, her iki sıvı aynı sıcaklığa kadar ısıtıldığında alkolün neden sudan daha fazla genleştiği açıkça görülebilir.



İLGİNÇ BİLGİLER

Eğer suyun anomali olmasaydı, göller, denizler ve okyanuslar tamamen donardı; bu nedenle içlerinde canlı yaşamı hiçbir zaman oluşamazdı.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Bir sıvı ısıtıldığında hacmi artar (genleşir).
2. İçine sıvı konulmuş ve ince bir cam boru yerleştirilmiş bir kabı ısıtarak gösterebiliriz. Sıvı seviyesi boruda yükselir.
3. Çünkü buzun yoğunluğu sudan daha küçüktür. Bu nedenle suyun yüzeyinde yüzer.
4. Çünkü su donarken genişler ve hacmi artar. Şişe tamamen doluysa çatlayabilir veya kırılabilir.
5. Şekil 2'deki grafiğe göre: a) Suyun yoğunluğu en büyük değerine $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ulaşır.
b) Sıcaklık $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düştüğünde, suyun yoğunluğu azalmaya başlar.
c) $999,9\text{ kg/m}^3$ yoğunluk değerini tam olarak belirlemek için grafiğin görülmesi gerekir.
d) $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki yoğunluğu belirlemek için de grafiğin görülmesi gerekir. Grafik olmadan kesin değer



HATIRLAYINIZ

- Isıtıldıklarında sıvıların hacmi artar. Farklı sıvılar farklı oranlarda genleşir.
- Hacmin artması, sıvının yoğunluğunun azalması anlamına gelir.
- Suyun anomali, suyun yoğunluğuyla ilgili bir olaydır. Diğer sıvılardan farklı olarak su, en büyük yoğunluğuna donma noktasında ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) değil, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ulaşır.
- Suyun anomali, düşük sıcaklıklarda su ekosistemlerinin varlığını sürdürebilmesini sağladığı için doğa ve yaşam açısından büyük önem taşır.

2.7. GAZLARDA ISIL DEĞİŞİMLER

GAZLARIN HACMİNİN SICAKLIKLA DEĞİŞİMİ
(CHARLES YASASI)

Gazlar, özellikleri bakımından katı ve sıvı maddelerden oldukça farklıdır. Gazlar, bulundukları kabın tüm hacmini doldurdıkları için hacimleri kolayca değiştirilebilir.

Bir gazın, serbestçe hareket edebilen bir pistonla kapatıldığını düşünelim. Şekil 2.21'de gösterildiği gibi gaz ısıtıldığında, sıcaklığın artmasıyla pistonun yukarı doğru hareket etmeye başladığı, yani gazın hacminin arttığı gözlenir. Bu durumda, katı ve sıvılarda olduğu gibi, gazın sıcaklığı arttıkça hacmi de artar.

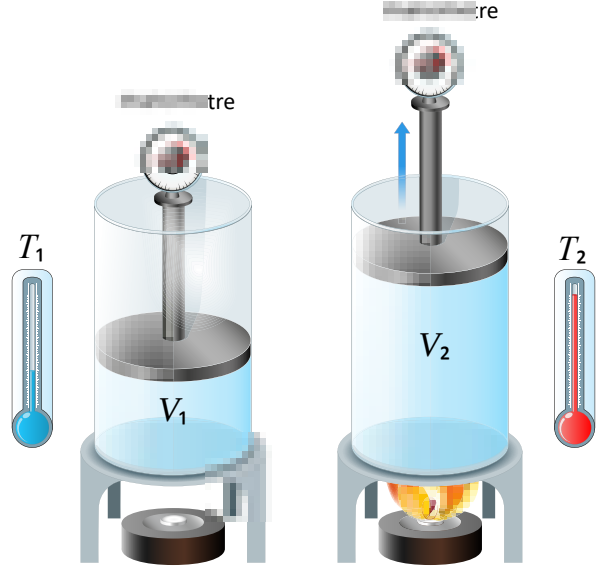
Gazın ısıtılması durdurulduğunda ise sıcaklığı azalır ve buna bağlı olarak gazın hacmi de küçülür.

Gaz ısıtıldığında, taneciklerinin kinetik enerjisi artar ve daha hızlı hareket etmeye başlar. Daha hızlı hareket eden tanecikler, kabın duvarlarına ve pistonu daha sık ve daha güçlü çarpar. Bunun sonucunda piston yukarı doğru hareket eder ve sabit (değişmeyen) basınç altında gazın hacmi artar.

Isıtılmadan önce gazın sıcaklığı T_1 (Kelvin cinsinden) ve hacmi V_1 olsun. Gaz, $T_2 = 2 \cdot T_1$ sıcaklığına kadar ısıtıldığında, hacminin $V_2 = 2 \cdot V_1$ olduğu gözlenir. Gazın sıcaklığı üç katına çıkarılırsa, hacmi de üç katına çıkar.

Buradan, sabit basınç altında gazın hacminin sıcaklığıyla doğru orantılı olduğu sonucu çıkar. Başka bir deyişle, gazın hacminin sıcaklığına oranı sabit bir değerdir (oranı sabiti k ile gösterilir). Bu sonuca, sabit basınç altında gazların ısı genleşmesini açıklayan Charles Yasası denir. Charles Yasası şu şekilde ifade edilir:

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



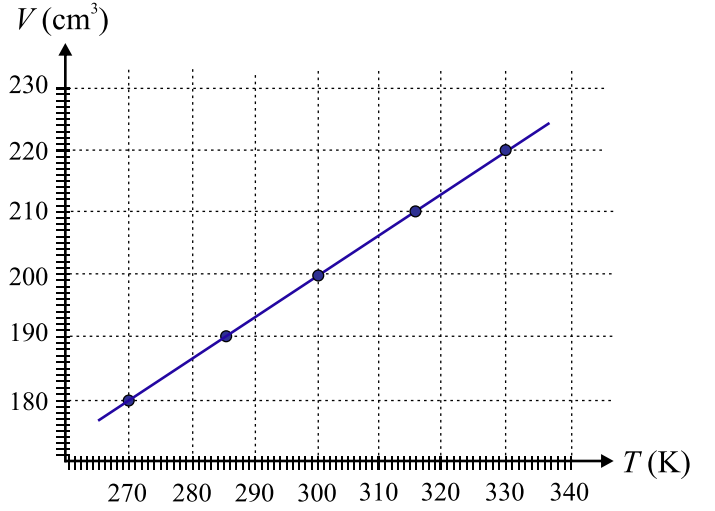
Şekil 1. Gazın sıcaklığı arttıkça hacmi de artar. Gazın basıncı sabit kalır.

Şekil 2'de, bir gazın 270 K'den 330 K'ye kadar ısıtılması gösterilmektedir. Gazın hacmi 180 cm³'ten 220 cm³'e çıkmıştır. Grafik bir doğru şeklindedir ve bu, gazın hacminin sıcaklığıyla doğru orantılı olduğunu kanıtlar.

Charles Yasası, gazın başlangıç hacmi, başlangıç sıcaklığı ve ısıtıldıktan sonraki son sıcaklığı biliniyorsa, gazın son hacmini hesaplamak için kullanılabilir. Bu hesaplama aşağıdaki eşitlik yardımıyla yapılır:

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

Gazların ısı genleşmesine bir kanıt olarak, sönük bir şekilde bırakılan bir topun güneşte bir süre sonra kendiliğinden şişmiş gibi görünmesi verilebilir. Sıcak hava balonlarında ise uçuş öncesinde balon, ısıtılmış hava ile doldurulur.



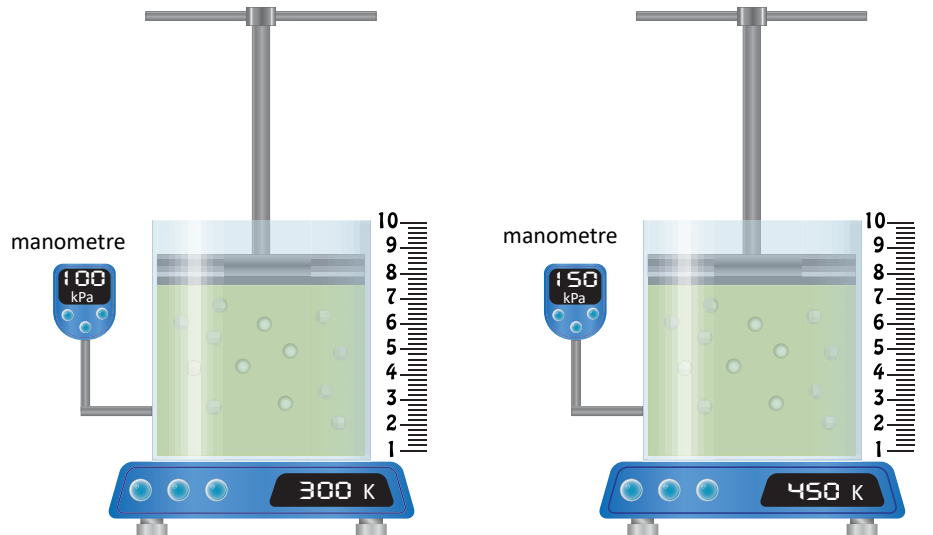
Şekil 2. Gazın hacminin sıcaklığa bağlı olarak değişimi

GAZLARIN BASINCININ SICAKLIKLA DEĞİŞİMİ (GAY-LUSSAC YASASI)

Eğer bir gaz, hacmi değişmeyen bir kap içinde bulunuyorsa, gazın ısıtılması yani sıcaklığının artırılması gazın basıncının da artmasına neden olur.

Şekil 3'te, hareket edemeyen bir pistonla kapatılmış bir kap gösterilmektedir. Başlangıçta gazın sıcaklığı 300 K iken, manometrenin gösterdiği basınç 100 kPa'dır. Gaz 450 K sıcaklığa kadar ısıtıldığında, basınç 150 kPa'a yükselir.

Kabın hacmi sabit olduğu için değişmez. Sıcaklık arttığında gaz tanecikleri daha fazla enerji kazanır ve daha hızlı hareket etmeye başlar.



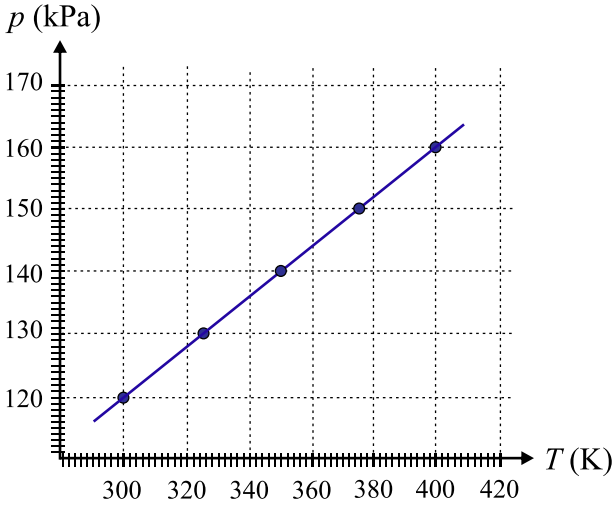
Şekil 3. Gazın sıcaklığı arttıkça basıncı da artar

Genleşmek için ek bir alan bulunmadığından, taneciklerin pistonu ve kabın duvarlarına çarpma sayısı artar; bunun sonucunda kaptaki basınç da yükselir. Bu nedenle sıcaklık arttığında ve hacim sabit kaldığında, gazın basıncı da artar.

Gazın ısıtılmasından önce sıcaklığı T_1 (Kelvin cinsinden), basıncı ise p_1 olsun. Gaz, $T_2 = 2 \cdot T_1$ sıcaklığına kadar ısıtıldığında, basıncının $p_2 = 2 \cdot p_1$ olduğu gözlenir. Sabit hacimde, gazın basıncının sıcaklığına oranı sabit bir değerdir (bu orantı sabiti K ile gösterilir ve sıcaklık ile basınca bağlı değildir). Başka bir deyişle, gazın basıncı sıcaklığıyla doğru orantılıdır. Bu sonuca, sabit hacimde gazın basıncının sıcaklıkla değişimini açıklayan Gay-Lussac Yasası denir. Gay-Lussac Yasası şu şekilde yazılabilir:

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

Şekil 4'te, bir gazın 300 K'den 400 K'ye kadar ısıtılması gösterilmektedir. Gazın basıncı 120 kPa'dan 160 kPa'a yükselmiştir. Grafik bir doğru şeklindedir ve bu, gazın basıncının sıcaklığıyla doğru orantılı olduğunu kanıtlar.



Şekil 4. Gazın basıncının sıcaklığa bağlı olarak değişimi.

Gay-Lussac Yasası, gazın başlangıç basıncı, başlangıç sıcaklığı ve ısıtıldıktan sonraki son sıcaklığı biliniyorsa, gazın son basıncını hesaplamak için kullanılabilir. Bu hesaplama aşağıdaki eşitlik ile yapılır

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

Gazın sıcaklığı arttıkça basıncının arttığına dair bir kanıt, gazlı içeceklerle dolu plastik şişelerin güneşte bırakıldığında şekillerinin bozulması veya patlayabilmesidir. Güneşte bırakılan bir otomobilin lastiklerindeki basınç da artar. Doğal gazla doldurulan tüplerin üzerinde ise, ısı kaynaklarından uzak tutulmaları gerektiği yazılıdır.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Pistonla kapatılmış bir kaptan, 270 K sıcaklığında ve 0,001 m³ hacminde hava bulunmaktadır.

- a) Gaz 540 K sıcaklığa kadar ısıtılıyor. Piston yukarı doğru hareket ettiğine göre, ısıtıldıktan sonra gazın hacmini hesaplayınız.

b) Gazın sıcaklığı 540 K iken basıncı 100 000 Pa'dır. Gaz 270 K'ye kadar soğutuluyor, ancak piston sıkıştığı için aşağı hareket etmiyor. Gaz soğuduktan sonraki basıncını hesaplayınız.

Verilen::	a) Gaz sabit basınç altında ısıtıldığından, şu ilişki geçerlidir:
$V_1 = 0,001 \text{ m}^3$ $T_1 = 270 \text{ K}$ $T_2 = 540 \text{ K}$ $P_1 = 100000 \text{ Pa}$ $P_2 = P_1 = 100000 \text{ Pa}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 0,001 \text{ m}^3 \cdot \frac{540 \text{ K}}{270 \text{ K}} = 0,002 \text{ m}^3.$
İstenen:	b) Piston hareket etmediği için gazın hacminde bir değişiklik meydana gelemez; bu nedenle gazın basıncı değişir. Son durumdaki basınç için şu ilişki geçerli:
$V_2 - ?$ $P_3 - ?$	$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow P_3 = P_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 100000 \text{ Pa} \cdot \frac{270 \text{ K}}{540 \text{ K}} = 50000 \text{ Pa}.$

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Jacques Charles, 1746–1823

Fransız bilim insanı Charles, sıcak hava ve gazlarla ilgili deneysel çalışmalarıyla tanınır. Gazların hacminin sıcaklığa bağlı olarak nasıl değiştiğini ilk kez sistemli şekilde incelemiş, bunun için hassas balonlar ve hava ile doldurulmuş kapalı kaplar kullanmıştır. Isıl genleşme yasasının formülünü kendisi yayımlamamış olsa da, elde ettiği sonuçlar daha sonra Gay-Lussac tarafından matematiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle bugün Charles Yasası onun adını taşımaktadır.

Charles, fizik alanının yanı sıra havacılıkta da yenilikçiydi. Hidrojen gazıyla doldurulan ilk balonu yapmış ve onunla bizzat uçmuştur. Böylece modern havacılığın gelişmesine öncülük etmiştir.



ETKİNLİKLER

1. Gazların Isıl Genleşmesinin İncelenmesi

Boş bir plastik şişenin ağzına bir balon takın. Şişeyi sıcak su bulunan bir kaba yerleştirin. Ne gözlemliyorsunuz? Balon şişmeye başladı mı? Bu durum, ısınan gaz hakkında neyi gösterir? Daha sonra şişeyi musluktan akan suyun altına tutun. Ne oldu? Gazın sıcaklığı azaldığında balonun hacmi de küçüldü mü?

2. Charles ve Gay-Lussac Yasalarının İnteraktif İnternet Sayfası ile İncelenmesi

“Gaz Özellikleri” (Gas Properties) simülasyonunu aşağıdaki internet adresinden açın:

https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html

ve “İdeal” (Ideal) simülasyonunu etkinleştirin. Göreviniz, gazın basıncı, hacmi ve sıcaklığı arasındaki ilişkiyi incelemektir. Öncelikle hacmi sabit bir değere ayarlayın ve gazın sıcaklığını değiştirin. Her sıcaklık değeri için, defterinize gazın basıncını yazın. Basınç, sıcaklıkla doğru orantılı olarak artıyor mu? Orantı sabiti ne kadardır? Gaz taneciklerinin sayısını değiştirin ve Gay-Lussac Yasasının yine geçerli olup olmadığını kontrol edin.

Daha sonra hacmi değiştirme seçeneğini etkinleştirin ve gazın basıncını gözlemleyin. Gazı ısıtırsanız, yani sıcaklığını artırırsanız, gazın basıncı da artacaktır. Manometrenin, gaz ısıtılmadan önceki basınç değerini tekrar göstermesi için kabın hacmini artırmaya çalışın. Ne gözlemliyorsunuz? Basıncın sabit kalması için gazın hacmini artırmanız gerekti mi? İşlemi farklı bir sıcaklık değeri için tekrarlayın.



İLGİNÇ BİLGİLER

İlk başarılı sıcak hava aracı, 1783 yılında Dünya yüzeyinden havalanmıştır.

İLERİ DÜZEY



İdeal gaz, taneciklerinin hacminin tanecikler arasındaki boşluğa göre ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu ve taneciklerin yalnızca çarpışmalar sırasında birbirleriyle etkileştiği varsayılan bir gaz modelidir. Oksijen, azot veya hava gibi tüm gerçek gazlar, çok yüksek sıcaklıklara ısıtılmadıkları ve basınçları normal atmosfer basıncından çok daha büyük olmadığı sürece ideal gaz olarak kabul edilebilir. Gazlarda basınç, hacim ve sıcaklık aynı anda değişebilir. Örneğin, sıcak hava ile doldurulmuş bir balon yükselirken çevredeki havanın sıcaklığı yükseklik arttıkça azalır. Dış basınç da yükseklikle birlikte azalırken, balonun hacmi artar. Böyle bir durumda, gazın iki farklı durumu için (örneğin balonun bulunduğu iki farklı yükseklikte) aşağıdaki denklem yazılabilir:

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

Burada p_1 , V_1 ve T_1 , gazın birinci durumdaki basıncını, hacmini ve sıcaklığını; p_2 , V_2 ve T_2 ise gazın ikinci durumdaki basıncını, hacmini ve sıcaklığını ifade eder.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Katılar, sıvılar ve gazlar ısıtıldıklarında genleşirler (hacimleri artar).
2. Bir gazın hacmi 300 K sıcaklıkta 2 L'dir. Basınç sabit kalırken 600 K'ye ısıtılsa hacmi ne olur?
3. Bir hava balonunun hacmi 10 °C sıcaklıkta 20 L'dir. Basınç sabitken hacmin 40 L olması için gazın sıcaklığı kaç olmalıdır?
4. Hacmi sabit bir kapta bulunan gazın basıncı 27 °C'de 270 kPa'dır. 127 °C'de basıncı ne olur?
5. Hacim sabitken, bir gazın sıcaklığı 50 °C'den 100 °C'ye çıkarılırsa basıncı kaç kat artar?



HATIRLAYINIZ

- Sabit basınç altında belirli miktardaki bir gazın hacmi, sıcaklığıyla doğru orantılıdır.
- Sabit hacim altında belirli miktardaki bir gazın basıncı, sıcaklığıyla doğru orantılıdır.

2.8. SABİT SICAKLIKTA GAZLARDAKİ DEĞİŞİMLER

Sabit Sıcaklıkta Gazlardaki Değişimler – Boyle–Mariotte Yasası

Gazlar, her yöne doğru rastgele hareket eden ve farklı hızlara sahip çok sayıda molekülden oluşur. Bu tanecikler, gazın bulunduğu kabın duvarlarına sürekli çarparlar. Gazın her yönde uyguladığı basınç, işte bu çarpışmaların sonucunda oluşur. Moleküller duvarlara ne kadar sık ve ne kadar büyük hızla çarparsa, gazın basıncı da o kadar büyük olur.

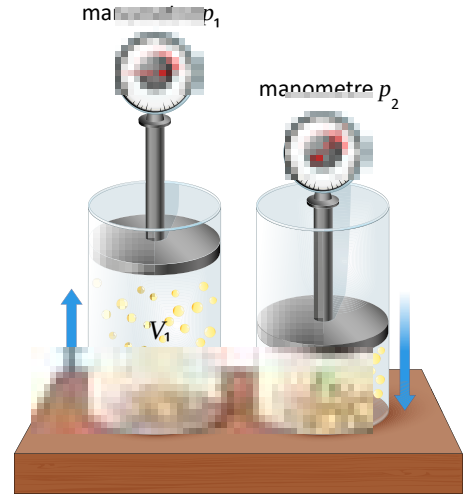
Bir önceki derste, gazın sıcaklığı değiştiğinde neler olduğunu gördük: Isıtıldığında moleküller daha fazla kinetik enerji kazanır ve bu durum hacmin veya basıncın değişmesine neden olur. Bu derste ise, gazın sıcaklığı sabit tutulurken hacmi değiştirildiğinde neler olduğunu inceleyeceğiz.

Sabit Sıcaklıkta Hacim ve Basınç Değişimi

Belirli miktardaki bir gazın, hareketli pistonla kapatılmış silindirik bir kap içinde bulunduğunu düşünelim (Şekil 1). Gazın sıcaklığının sabit kaldığını kabul edelim. Başlangıç durumunda gazın hacmi V_1 , basıncı ise p_1 olsun. Daha sonra pistonu yavaşça aşağı doğru itiyoruz. Böylece gaz sıkışır (kompresyon olur) ve daha küçük bir hacim olan V_2 'yi kaplar.

Sıcaklık değişmediği için moleküllerin kinetik enerjisi de aynı kalır; yani ortalama hızları değişmez. Ancak artık hacim daha küçüktür. Moleküller arasındaki boşluk azaldığından, moleküller kabın duvarlarına ve pistonla çok daha sık çarparlar. Çarpışma sayısı arttıkça gazın basıncı da artar.

Buna göre, sabit sıcaklıkta gazın hacmi azalır ise basıncı artar. Aynı şekilde, gazın hacmi artarsa basıncı azalır. Daha büyük hacim, moleküller arasında daha fazla boşluk olması anlamına gelir. Bu nedenle pistonla çarpışma sayısı azalır ve basınç düşer.



Şekil 1. Sabit sıcaklıkta, gazın hacmi azaldığında basıncının artması.

Sabit sıcaklıkta hacim ile basınç arasındaki ilişkiye dair ilk ölçümler Robert Boyle ve Edme Mariotte tarafından yapılmıştır. Onlar, belirli miktardaki bir gaz için aynı sıcaklıkta basınç ile hacmin çarpımının sabit kaldığını gözlemlemişlerdir, yani:

$$p \cdot V = C ,$$

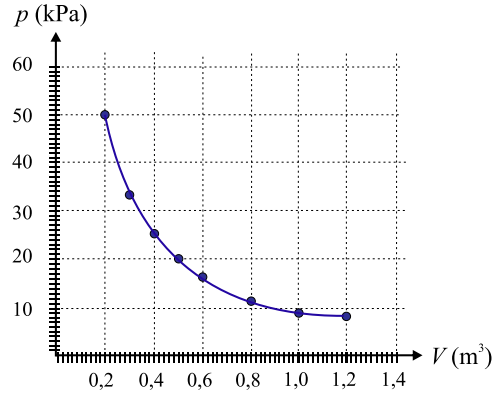
Burada C , gazın hacmine veya basıncına bağlı olmayan orantı sabitidir.

Boyle–Mariotte Yasası, basınç ile hacmin ters orantılı olduğunu gösterir. Şekil 2’de gazın basıncının 50 kPa’dan 8,3 kPa’a düştüğü görülmektedir. Buna karşılık gazın hacmi 0,2 m³’ten 1,2 m³’e yükselmiştir. Aynı gazın, aynı sıcaklıktaki iki farklı durumu için şu ilişki yazılabilir:

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

Bu denklem sayesinde, sıcaklık sabit kaldığında gazın hacmi değiştiğinde son basıncı hesaplayabiliriz. Ya da tersine, basıncın nasıl değiştiğini biliyorsak gazın hacmini bulabiliriz.

Gazın basıncının hacimle değiştiğine dair bir örnek, bisiklet lastiği pompasıdır. Pistona bastığımızda pompanın içindeki havanın hacmi azalır, bu nedenle basınç artar ve hava lastiğin içine girer. Su altında dalış yaparken de dalgıcın üzerine etki eden basınç artar. Bunun sonucunda akciğerlerdeki havanın hacmi azalır. Bu örnek de basınç değiştiğinde gazın hacminin değiştiğini göstermektedir.



Şekil 2. Sabit sıcaklıkta gazın basıncının hacmine bağlılığı.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Hacmi 0,15 m³ olan bir gaz, basıncı 2,5 kat artana kadar sıkıştırılıyor. İşlem sabit sıcaklıkta gerçekleşiyorsa, gazın son hacmini hesaplayınız.

Verilen::	Gazdaki değişim sabit sıcaklıkta gerçekleştiğinden, sıkıştırma işleminden sonraki gaz hacmi için şunlara sahibiz:
$V_1 = 0,15 \text{ m}^3$ $\frac{p_2}{p_1} = 2,5$	
İstenen:	
$V_2 - ?$	$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} = 0,15 \text{ m}^3 \cdot \frac{1}{2,5} = 0,06 \text{ m}^3$ Sonuç: $V_2 = 0,06 \text{ m}^3$.

İLERİ DÜZEY



Hava, gazların bir karışımıdır. Karışımındaki her gazın kendine ait bir basıncı vardır. Bu durum, gazlar fiziğinin en önemli yasalarından biri olan Dalton'un Kısmi Basınçlar Yasası'nı ortaya çıkarır. Bu yasaya göre, bir gaz karışımının toplam basıncı, karışımı oluşturan tüm gazların kısmi (bireysel) basınçlarının toplamına eşittir. Başka bir deyişle, her gaz basıncın bir kısmına katkıda bulunur ve bu katkıların toplamı karışımın toplam basıncını verir. Örneğin, karışım üç gazdan oluşuyorsa şu şekilde yazabiliriz: $p_{\text{toplam}} = p_1 + p_2 + p_3$ Burada p_1 , p_2 ve p_3 , gazların her birinin kısmi basıncını ifade eder.



ETKİNLİKLER

1. Gaz Basıncının Hacme Bağlılığının Araştırılması

Boş bir şırınga alın ve ucunu parmağınızla kapatın. Pistonu iterek hacmi azaltın. Tanecikler şırınganın duvarlarına ve parmağınıza daha sık çarpar; yani basınç artar. Parmağınızda ne hissediyorsunuz? Şimdi hacmi artırın; pistonu dışarı doğru çekin. Bu durumda parmağınızda ne hissediyorsunuz? Basınç hangi durumda daha büyüktür?

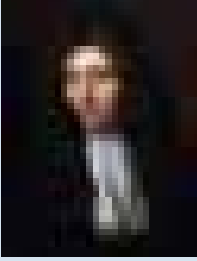
2. Boyle–Mariotte Yasasının İnteraktif Bir İnternet Sayfası ile İncelenmesi

“Gaz Özellikleri” (Gas Properties) simülasyonunu aşağıdaki internet adresinden açın: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html ve “İdeal” (Ideal) simülasyonunu etkinleştirin.

Gaz içeren kapalı bir kap seçin. Sıcaklığı sabit bir değere ayarlayın (ve değiştirmeyin!). Hacim kontrolünü kullanarak kabın hacmini azaltıp artırın. Gazın basıncını gösteren manometreyi gözlemleyin. Gazın birkaç farklı hacim değeri için hacim ve basınç değerlerini kaydedin. Verileri bir tabloya aktarın ve gazın basıncının hacme bağlılığını gösteren bir grafik çizin. Elde ettiğiniz grafik, Şekil 2'deki grafiğe benziyor mu?



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Robert Boyle 1627–1699

Robert Boyle, modern kimyanın ve deneysel fiziğin kurucularından biri olarak kabul edilen İngiliz bir doğa bilimcisiydi. Hava üzerine yaptığı deneyler, havanın sanıldığı gibi sürekli bir ortam olmadığını; taneciklerden oluştuğunu ve belirli fiziksel özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Boyle, araştırmalarında gazların farklı basınç ve hacimlerdeki özelliklerini incelemek için pnömatis pompa kullanmıştır. İşte bu deneyler sayesinde, sabit sıcaklıkta bir gazın basıncı ile hacmi arasındaki ilişkiyi keşfetmiştir. Günümüzde bu ilişki Boyle Yasası (Boyle–Mariotte Yasası) olarak bilinmektedir.



İLGİNÇ BİLGİLER

Normal solunum sırasında diyafram, göğüs boşluğunun ve akciğerlerin hacmini değiştirir. Bunun sonucunda akciğerlerdeki basınç değişir ve hava akciğerlere girer ya da akciğerlerden çıkar.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Sabit sıcaklıkta bir gazın basıncı ile hacmi arasındaki ilişki nasıldır?
2. Sıcaklık aynı kalırken gazın hacmi iki kat azaltılırsa basıncı nasıl değişir?
3. Bir gazın basıncı 100 kPa, hacmi 2 L'dir. Sıcaklık sabitken hacim 1 L'ye düşürülürse gazın basıncı ne olur?
4. Bir göldeki hava kabarcığının yüzeydeki hacmi 50 cm³'tür (basınç 100 kPa). Daha büyük bir derinlikte basınç 150 kPa olduğuna göre, hava kabarcığının sıcaklığı sabit kabul edilirse hacmi kaç cm³ olur?
5. Bir gazın basıncı 100000 Pa, hacmi ise 600 mL'dir. Sıcaklık sabitken basınç %25 azaltılırsa hacmi ne olur?



HATIRLAYINIZ

- Gazın basıncı, gaz taneciklerinin kabın duvarlarına çarpması sonucu oluşur.
- Gazın hacmi azalır, sabit sıcaklıkta gazın basıncı artar.
- Gazın hacmi artarsa, sabit sıcaklıkta gazın basıncı azalır.

2.9. İÇ ENERJİ, ISI VE SICAKLIK

KAVRAMLAR

İç Enerji

Isı (Q)

Isı Alışverişi (Transferi)

Isıl Denge (veya Termal Denge)

Daha önce öğrendiğimiz gibi, her madde çok sayıda yapı taneciğinden; yani atom, iyon veya moleküllerden oluşur ve bu tanecikler sürekli hareket hâlinindedir. Madde ya da cisim katı, sıvı veya gaz hâlinde olsun, yapı tanecikleri hiçbir zaman durmaz. İşte bu taneciklerin hareketi ve birbirleriyle etkileşimleri, fizikteki en önemli fiziksel büyüklüklerden biri olan iç enerjiyi oluşturur.

Bir cismin iç enerjisi, onu oluşturan tüm taneciklerin toplam enerjisidir: taneciklerin titreşim veya hareketlerinden kaynaklanan kinetik enerji ile tanecikler arasındaki etkileşimlerden kaynaklanan potansiyel enerjinin toplamıdır.



Şekil 1. Gayzerler, muazzam iç enerjileri nedeniyle su püskürtürler.

Bir cismin sıcaklığı ne kadar yüksekse, taneciklerin ortalama kinetik enerjisi ve dolayısıyla iç enerjisi de o kadar büyüktür. Bu nedenle, aynı kütleye sahip sıcak suyun iç enerjisi soğuk suyun iç enerjisinden daha fazladır.

İç enerjiye, cismin bir bütün olarak sahip olduğu kinetik enerji ve kütle çekim potansiyel enerjisi dâhil değildir. Bir cisim yerde dururken belirli bir yüksekliğe kaldırılırsa, onun kütle çekim potansiyel enerjisi değişir; ancak iç enerjisi değişmez.

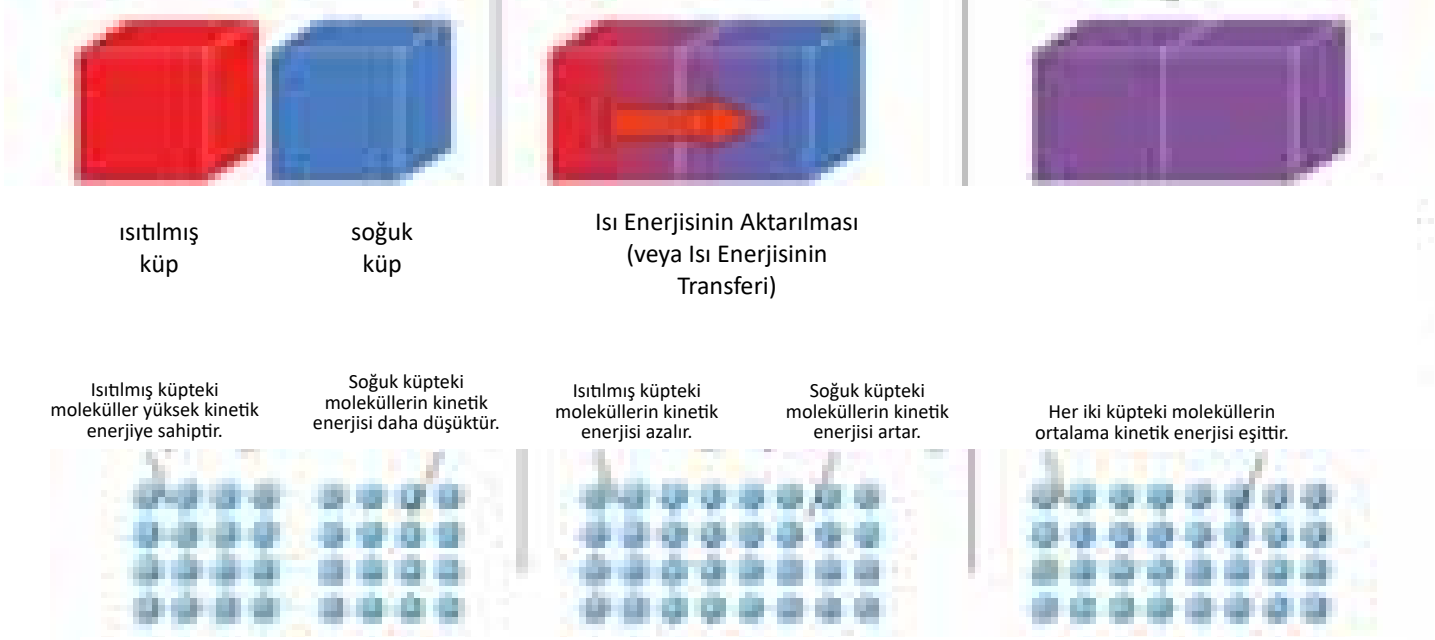
Sıcaklık, bir cismin ne kadar sıcak olduğunu gösteren bir ölçüdür; yani taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin ölçüsüdür. Sıcaklığın, toplam iç enerjinin bir ölçüsü olmadığını anlamak önemlidir. Bu nedenle iki cisim aynı sıcaklığa sahip olabilir; ancak kütleleri aynı değilse veya farklı maddelerden yapılmışlarsa, iç enerjileri farklı olur. Farklı maddelerde taneciklerin toplam potansiyel enerjisi farklıdır ve bu enerji miktarı madde miktarına da bağlıdır.

Bir cismin iç enerjisi iki şekilde değişebilir: iş yapılmasıyla veya ısı alışverişi yoluyla.

Elektrikli ocağın çok kızmış bir gözünün üzerine su damlaları sıçratıldığında, damlaların zıpladığı gözlemlenebilir. Bu durum, ocağın iç enerjisinin iş yaptığını gösterir. Aynı zamanda iç enerjinin bir **kısım ısı olarak** su damlalarına aktarılır; çünkü damlalar ısınır ve içlerindeki su buharlaşır. Her iki durumda da ocağın iç enerjisi azalır. Bir cismin iç enerjisi iş yapılarak da artırılabilir. Örneğin ellerinizi birbirine sürttüğünüzde, yaptığınız mekanik iş iç enerjiye dönüşür.

Isı (Q) veya ısı enerjisi, sıcaklık farkı nedeniyle bir cisimden başka bir cisme aktarılan enerjidir. Isı enerjisi kendiliğinden her zaman sıcaklığı daha yüksek olan cisimden sıcaklığı

daha düşük olan cisme doğru aktarılır. İki cisim arasında ısı alışverişi gerçekleştiğinde, sıcaklığı daha yüksek olan cismin sıcaklığı azalırken, sıcaklığı daha düşük olan cismin sıcaklığı artar. İki cismin sıcaklığı eşitlendiğinde ısı enerjisi alışverişi durur ve cisimlerin ısı dengede olduğu söylenir.



Şekil 2. Farklı sıcaklıklara sahip iki cisim arasında ısı alışverişi ve ısı dengenin sağlanması..

Bir cismin iç enerjisindeki, ısı alışverişi sonucu meydana gelen değişim şu formülle ifade edilir:

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

Burada E_1 cismin başlangıçtaki iç enerjisini, E_2 son iç enerjisini, Q ise cismin aldığı veya verdiği ısı enerjisini gösterir. İkinci denklem birincisiyle aynıdır. ΔE , cismin iç enerjisindeki değişimi ifade eder.

Aynı zamanda Q , daha soğuk cismin aldığı ısı enerjisi olduğu gibi, daha sıcak cismin verdiği ısı enerjisidir. Bir cisim ısı enerjisi aldığı anda iç enerjisi artar. Isı enerjisi verdiğinde ise iç enerjisi azalır.

Bunu basit bir örnekle açıklayabiliriz: Metal bir kaşık sıcak çorbanın içine konulduğunda, çorbadan kaşığa ısı aktarılır. Bir süre sonra kaşık ısınır. Bunun nedeni çorbanın kaşığa geçmesi değil, çorbadaki taneciklerin çarpışmalar yoluyla enerjilerinin bir kısmını kaşığa aktarmasıdır. Bu şekilde kaşığın iç enerjisi artarken, çorbanın iç enerjisi azalır ve çorba soğur.



Şekil 3. Tropikal bölgelerde yetişen bir bitkinin yaprakları

Buharlaşma ile soğuma olayı özellikle ilginçtir. Bir sıvı buharlaştığında, en hızlı hareket eden yani kinetik enerjisi en yüksek olan moleküller sıvının yüzeyinden ayrılarak gaz hâline geçer. Bu nedenle sıvıda kalan moleküllerin ortalama kinetik enerjisi azalır ve sıvının sıcaklığı düşer. Bu yüzden ter buharlaştığında cildimiz serinler.

Benzer şekilde, cilde biraz alkol sürüldüğünde yüzey hemen soğur. Çünkü alkol sudan çok daha hızlı buharlaşır ve ciltten daha fazla ısı alır. Doğa bu mekanizmayı sürekli kullanır: Okyanusların yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma Dünya'nın ortalama sıcaklığını düşürür; bitkiler yapraklarından suyu buharlaştırarak (Şekil 3) serinler; köpekler ise dillerini dışarı çıkararak buharlaşma yoluyla daha hızlı soğurlar.

İç enerji, ısı ve sıcaklık birbiriyle ilişkili ancak farklı kavramlardır. Sıcaklık, taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür. İç enerji, tüm taneciklerin toplam kinetik ve potansiyel enerjisidir. Isı ise sıcaklık farkı nedeniyle cisimler arasında aktarılan enerjiyi ifade eder. Bu kavramlar arasındaki ilişkinin anlaşılması; ısınma, soğuma ve hâl değişimleriyle ilgili tüm süreçlerin öğrenilmesinin temelini oluşturur.



İLGİNÇ BİLGİLER

Sıcak çayın soğuması için üzerine üflediğimizde, aslında buharlaşmayı hızlandırmış oluruz.

İLERİ DÜZEY



Bir gaza ısı enerjisi verilirse, bu ısının bir kısmı gazın ısınmasına, yani iç enerjisinin artmasına harcanır; gaz hacmini artırabiliyorsa, bir kısmı da iş yapmak için kullanılır. Örneğin, hareketli pistonlu bir kap içindeki gaza ısı enerjisi verilirse, bu enerjinin bir kısmı iç enerjinin artmasına (gazın sıcaklığının yükselmesine), bir kısmı ise mekanik iş yapılmasına, yani pistonun hareket ettirilmesine harcanır. Bu sonuç Termodinamiğin Birinci Yasası olarak adlandırılır ve aşağıdaki formülle ifade edilir:

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

Burada Q gaza verilen ısı enerjisini, ΔE iç enerjideki değişimi ve A yapılan işi gösterir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Edme Mariotte, 1620–1684)

Mariotte, Fransız fizikçi ve rahip, Fransız Bilimler Akademisi üyesi ve Avrupa'da deneysel fiziğin öncülerinden biriydi. Mariotte, havanın kütleye sahip olduğunu deneysel olarak ilk kez kanıtlamış; ayrıca bitkilerde suyun hareketiyle ilgili olayları ve cisimlerin farklı ortamlardaki düşme yasalarını incelemiştir.

Mariotte'un en önemli katkısı, sabit sıcaklıkta bir gazın basıncı ile hacmi arasındaki ilişkiyi bağımsız olarak keşfetmesidir. Robert Boyle aynı yasayı birkaç yıl önce İngiltere'de yayımlamış olsa da, Mariotte bu sonucu doğrulamış ve geliştirerek şu şekilde kesin olarak ifade etmiştir: Sabit sıcaklıkta, belirli miktardaki bir gazın basıncı ile hacminin çarpımı sabittir. Bu nedenle yasa günümüzde Boyle–Mariotte Yasası olarak adlandırılmaktadır.

Bu yasa, gazın iç enerjisiyle doğrudan ilişkilidir; çünkü sıcaklık, taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür. Yasa yalnızca sıcaklığın sabit kaldığı durumlarda geçerlidir.



ETKİNLİKLER

1. Buharlaşma ile Soğuma

Bir parça pamuğu suyla, diğerini ise alkolle ıslatın. Pamukları cam levhaların üzerine yerleştirin ve bir termometre ile levhaların sıcaklığını ölçün. Hangi cam levhanın sıcaklığı daha hızlı düşüyor? Ölçüm sonuçlarından hangi sonuca varabilirsiniz?



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Aynı sıcaklıktaki fakat farklı kütlelere sahip iki cismin iç enerjileri neden farklıdır?
2. Normalde buharlaşacak olan tüm molekülleri sihirli bir şekilde tutabilseydik, suyun sıcaklığına ne olurdu?
3. Farklı sıcaklıklara sahip iki cisim arasında ısı denge nasıl sağlanır?
4. Başlangıç iç enerjisi 2000 J olan bir cisim, 800 J ısı alıyor ve daha sonra çevresine 300 J ısı veriyor. Bu değişimlerden sonra cismin iç enerjisini bulunuz.
5. 70 °C sıcaklıktaki bir bardak çay, ortam sıcaklığının 20 °C olduğu bir odada bırakılıyor. Isıl denge sürecini açıklayınız ve çayın iç enerjisinde ne gibi değişiklikler olduğunu belirtiniz.



HATIRLAYINIZ

- İç enerji, bir cisimdeki tüm taneciklerin sahip olduğu toplam enerjidir.
- Sıcaklık arttıkça iç enerji de artar.
- Isı, sıcaklık farkı nedeniyle cisimler arasında aktarılan enerjidir.
- Isı, kendiliğinden her zaman daha sıcak cisimden daha soğuk cisme doğru aktarılır ve bu aktarım ısı denge sağlanıncaya kadar devam eder.
- Buharlaşma sırasında sıvı soğur; çünkü en hızlı hareket eden moleküller sıvının yüzeyini terk eder.

2.10. ISININ AKTARILMASI. ISI İLETİMİ (KONDÜKSİYON)

KAVRAMLAR

Isı İletimi (Kondüksiyon)

Isı iletkenleri

Isı yalıtkanları

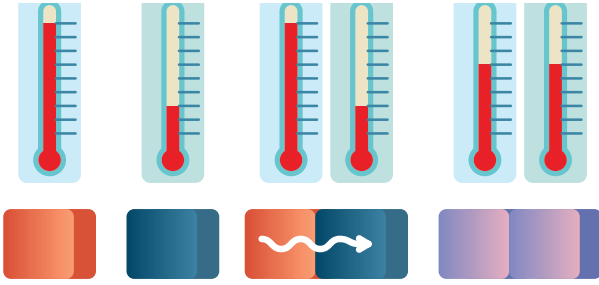
Isı, sıcaklığı yüksek olan bir cisimden sıcaklığı düşük olan bir cisme, ısıl denge sağlanıncaya kadar her zaman aktarılan enerjidir. Doğada ve teknolojiye ısı aktarımının üç temel yolu vardır: **kondüksiyon (ısı iletimi)**, **konveksiyon (taşınım)** ve **radyasyon (ışınım)**. Bu üç yöntemde de enerji aktarılmasına rağmen, her biri farklı şekilde gerçekleşir ve maddenin özelliklerine bağlıdır. Burada yalnızca ısı iletimi (kondüksiyon) üzerinde daha ayrıntılı duracağız.

Isı İletimi (Kondüksiyon)

Kondüksiyon, maddenin bir yerden başka bir yere taşınması olmadan ısının aktarılmasıdır. Bir metal kaşığın bir ucu sıcak çayın içine konulduğunda, kaşığın tamamının ve elimizde

tuttuğumuz diğer ucunun da yavaş yavaş ısındığını hissederiz. Bunun nedeni, kaşığın sıcak uç kısmındaki taneciklerin çaydan ısı enerjisi alarak ortalama kinetik enerjilerini artırmalarıdır.

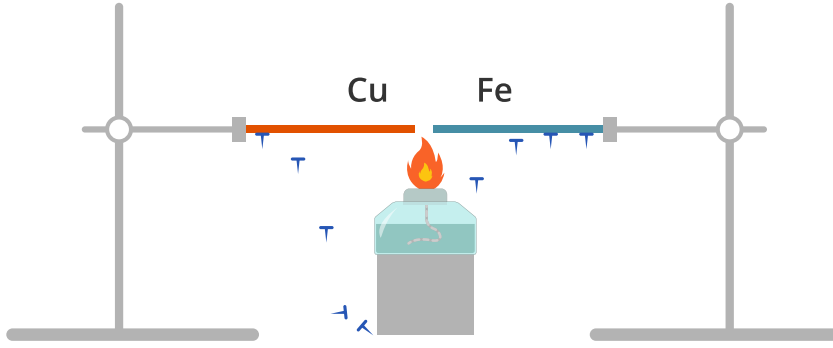
Bu enerji, kristal örgüdeki komşu taneciklerle gerçekleşen çarpışmalar yoluyla kaşığın tüm uzunluğu boyunca diğer taneciklere aktarılır. Kaşık çayın içinde ne kadar uzun süre kalırsa, o kadar fazla ısınır. Isı enerjisinin aktarımı, cisimlerin sıcaklıkları eşitlendiğinde sona erer. Şekil 1'de farklı sıcaklıklara sahip iki cisim arasında ısı enerjisinin aktarımı gösterilmektedir.



Şekil 1. Isı enerjisinin kondüksiyon (iletim) yoluyla aktarılması

Isı iletimi aşağıdaki deneyle kolayca gösterilebilir (Şekil 2). Statiflere sabitlenmiş metal çubuklara, eşit aralıklarla balmumu kullanılarak metal çiviler tutturulmuştur.

Çubukların uçları bir mum aleviyle ısıtılır. Her iki çubuk da aynı yükseklikte ve mumdan eşit uzaklıkta yerleştirilmiştir. Isıtmadan kısa bir süre sonra balmumunun erimeye başladığı ve çivilerin düşmeye başladığı görülür. Önce aleve en yakın olan çiviler, daha sonra ise diğerleri birer birer düşer. Aleve doğrudan temas eden çubuk uçları en fazla ısınır. Çubukların bu bölümlerinde moleküller daha hızlı hareket etmeye başlar, ortalama kinetik enerjileri artar ve bu enerji komşu taneciklere aktarılır. Böylece sıcaklık çubukların tüm uzunluğu boyunca artar. Bu deneyde, bakır çubuk üzerindeki çivilerin daha hızlı düştüğü gözlemlenebilir. Bu durum, maddelerin ısıyı aynı şekilde iletmediğinin bir kanıtıdır.



Şekil 2. Bakır ve demirden yapılmış iki metal çubukta ısı iletimi

Isı İletkenleri ve Isı Yalıtkanları

Maddeler, ısıyı iletme özellikleri bakımından önemli ölçüde farklılık gösterir.

Isı iletkenleri, ısıyı iletebilen maddelerdir. En iyi iletkenler metallerdir: gümüş, bakır, alüminyum ve çelik. Bu nedenle bu metallerin bazıları tencere ve tava yapımında, radyatörlerde ve ısı değiştiricilerinde kullanılır.

Isı yalıtkanları ise ısıyı kötü ileten maddelerdir. Ahşap, plastik ve kauçuk gibi maddeler çok düşük ısı iletkenliğine sahiptir ve bu nedenle yalıtkan olarak kullanılır. Hava ve diğer gazlar da iyi birer ısı yalıtkanıdır; çünkü tanecikleri arasında büyük boşluklar bulunur ve bu nedenle tanecikler birbirleriyle seyrek çarpışır.

Yün, tüy ve strafor gibi maddeler küçük gözeneklerinde hava tutarak ısı yalıtımı sağlar. Bu nedenle pişirme kaplarının sapları plastik veya ahşaptan yapılır; kışlık montların içi ise tüy ile doldurulur.

Isı Yalıtkanları ve İklim Değişikliği

Evlerde enerjinin en fazla tüketildiği alanlardan biri ısıtma sistemleridir. Binalarda iyi bir ısı yalıtımı bulunmadığında, ısı kayıpları büyük olur ve bu durum elektrik enerjisi veya fosil yakıt tüketiminin artmasına yol açar. Bu yalnızca enerji tüketimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda küresel ısınmaya katkıda bulunan bir gaz olan karbondioksit salımını da artırır.

Bu nedenle, kaliteli ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması iklim değişikliğini azaltmaya yönelik önemli önlemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Evlerin dış cephelerine strafor uygulanması ve aralarında hava tabakası bulunan çift camlı pencerelerin kullanılması, ısı kaybını azaltmanın yollarından sadece birkaçıdır. Enerji verimli evler yalnızca daha az enerji tüketmekle kalmaz, aynı zamanda daha iyi bir iç ortam iklimi sağlar; bu da insanların sağlığını ve konforunu doğrudan etkiler.



İLGİNÇ BİLGİLER

Gümüş, ısıyı en iyi ileten metaldir; ancak yüksek maliyeti nedeniyle nadiren kullanılır.



ETKİNLİKLER

1. Farklı Maddeler Üzerindeki Bir Buz Parçası.

Bir metal (bakır veya demir), ahşap, plastik, cam ve strafor levha üzerine birer buz parçası koyun. Buz parçalarının yaklaşık olarak aynı şekil ve büyüklükte olmasına dikkat edin. Buz parçalarının nasıl eridiğini gözlemleyin. Hangisi önce, hangisi en son eridi? Elde ettiğiniz sonuçlara göre maddeleri ısı iletkenleri ve ısı yalıtkanları olarak sınıflandırınız.

İLERİ DÜZEY

5+

İletim yoluyla bir malzemeden geçen ısı miktarı, kalınlığı d olan bir malzeme için aşağıdaki formülle ifade

$$\text{edilebilir: } Q = k \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{d} \cdot t,$$

Burada Q , t süresi boyunca malzemeden geçen ısı enerjisini; S , ısının aktarıldığı yüzey alanını; ΔT , malzemenin iki tarafı arasındaki sıcaklık farkını ifade eder. k ise malzemenin ısı iletkenlik katsayısı olarak adlandırılır. ısı iletkenlik katsayısı, farklı malzemeler için farklı değerler alır. Bu katsayının değeri ne kadar büyükse, malzeme ısıyı o kadar iyi iletir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI - FİZİKÇİ



Jean-Baptiste Joseph Fourier 1768–1830

Fourier, ısı iletimi üzerine çalışmalar yapmış Fransız bir matematikçi ve fizikçidir. Daha genç yaşlarda fizik ve matematiğe büyük ilgi göstermiştir. 1822 yılında yayımladığı *Isının Analitik Teorisi* adlı eserinde, ısının farklı maddeler içinde nasıl yayıldığını açıklayan ısı iletimi Yasası'nı ortaya koymuştur. Fourier ayrıca Dünya'daki sera etkisini ilk açıklayan bilim insanıdır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Kondüksiyon (ısı iletimi) nedir ve katı cisimlerde ısı nasıl aktarılır?
2. Bir elinizde tahta, diğer elinizde metal bir parça bulunmaktadır. Her iki cisim de daha önce aynı ortamda bulunduğuna (aynı sıcaklıkta olduğuna) göre, metal parça neden daha soğuk hissedilir?
3. İnsanlar kışın neden çok katmanlı giysiler giyer? Bu uygulama ile hangi ısı aktarım süreci azaltılır ve katmanlar arasındaki havanın önemi nedir?
4. Bir metal çubuğun bir ucu 150°C 'ye kadar ısıtılmıştır. Birkaç dakika sonra çubuğun diğer ucu 40°C 'ye ulaşmaktadır. ısı enerjisinin çubuk boyunca aktarımı nasıl gerçekleşir?
5. Pencereelerde kullanılan çift cam, kondüksiyonu (ısı iletimini) nasıl azaltır ve enerji verimliliğini nasıl artırır?



HATIRLAYINIZ

- Kondüksiyon (ısı iletimi), ısının cismin bir bölgesinden diğer bir bölgesine veya temas hâlindeki bir cisimden diğerine aktarılması sürecidir.
- Kondüksiyonda enerji aktarılır, ancak madde aktarılmaz.
- ısı iletkenleri ısı enerjisinin aktarılmasını sağlar; ısı yalıtkanları ise ısının aktarılmasını engeller.

2.11. KONVEKSİYON (TAŞINIM) VE RADYASYON (IŞIMA) YOLUYLA ISI AKTARIMI

KAVRAMLAR

Taşınım (Konveksiyon)

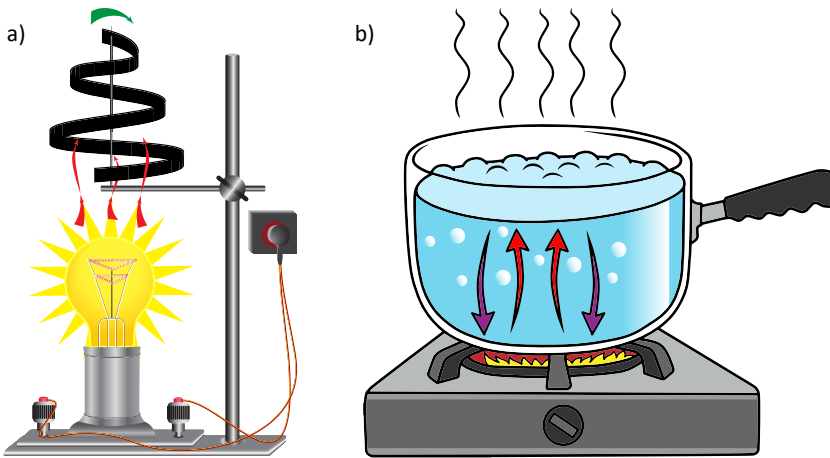
Işıma (Radyasyon)

soğurma

Isı, bir cisimden diğerine farklı yollarla aktarılabilir. Bu aktarım, maddedeki taneciklerin hareket edip edememesine ve cisimler arasında maddesel bir ortamın bulunup bulunmamasına bağlıdır. Katı maddelerde ısı genellikle iletim yoluyla aktarılır. Ancak sıvı ve gazlarda, tanecikler hareket edebildiği için ısı enerjisinin aktarımı **çoğunlukla taşınım (konveksiyon)** yoluyla gerçekleşir. Bu iki yolun dışında, ısıнын aktarılmasının üçüncü bir yolu daha vardır: **ışınım (radyasyon)**. Isı enerjisi ışınım yoluyla boşlukta (vakumda) da aktarılabilir. Bu iki sürecin anlaşılması; doğal olayların, iklimin ve modern teknolojik cihazların çalışma prensiplerinin açıklanması açısından önemlidir..

Konveksiyon (Taşınım)

Bir gazın ya da sıvının herhangi bir bölümü ısıtıldığında, o bölümdeki tanecikler daha fazla kinetik enerji kazanır, daha hızlı hareket etmeye başlar ve birbirlerinden uzaklaşırlar. Hacmin artması sonucunda sıvının veya gazın sıcak kısmının yoğunluğu azalır ve bu kısım yukarı doğru yükselir. Onun yerine daha soğuk ve daha yoğun olan sıvı (veya gaz) gelir; bu kısım da ısınarak yukarı doğru hareket etmeye devam eder. Böylece gaz veya sıvı içinde dairesel bir hareket oluşur. **Taşınım (konveksiyon)**, ısıнын maddenin taneciklerinin bir yerden başka bir yere taşınması yoluyla aktarılması sürecidir.



Şekil 1. Isının taşınımı (konveksiyon): a) Havada b) Suda.

Bu süreç günlük yaşamda kolaylıkla gözlemlenebilir. Elimizi bir mum alevinin üzerine yaklaştırdığımızda, yukarı doğru yükselen sıcak hava akımlarını hemen hissederiz. Elektrik ampulünün üzerine hafif bir kâğıt spiral yerleştirildiğinde, sıcak havanın yukarı doğru hareket etmesi nedeniyle spiral dönmeye başlar. Benzer şekilde, bir kap

içindeki suda da ısı taşınımı gerçekleşir. Kabı alttan ısıttığımızda, sıcak su yukarı doğru yükselirken soğuk su aşağı iner. Suyu biraz boya veya ince tahta talaşı eklenirse, oluşan akımlar açıkça görülebilir.

Konveksiyonun doğada da çok büyük önemi vardır. Rüzgâr, büyük hava kütlelerinin taşınması sonucunda oluşur. Sıcak hava tabakaları yukarı yükselirken, soğuk hava tabakaları Dünya'nın yüzeyine doğru alçalır. Denizlerde ve okyanuslarda, ısıyı taşıyan ve biyolojik dengenin korunmasını sağlayan konveksiyon akımları bulunmaktadır.

Konvektif hareketin en bilinen örneği Gulf Stream (Körfez Akıntısı)'dır. Bu akıntı, Batı Avrupa kıyıları boyunca sıcak su taşır ve bu bölgelerin iklimini daha sıcak ve yaşam için daha elverişli hâle getirir. Evlerde ise merkezi ısıtma sistemleri konveksiyon yardımıyla çalışır: Radyatörler çevreyi ısıtırken sıcak hava yukarı yükselir, soğuk hava aşağı iner ve yeniden ısınır.



Şekil 2. Evde ısı enerjisinin taşınımı (konveksiyon)



Şekil 3. Sıvı, deney tüpünün üst kısmından ısıtılırsa, ısı enerjisi deney tüpünün tabanına aktarılmaz.

Konveksiyonun yalnızca sıvı ve gazlarda gerçekleşebileceğini anlamak önemlidir; çünkü bu maddelerde tanecikler öteleme hareketi yapabilirler. Sıvılar veya gazlar üstten ısıtıldığında, üst katmanlar ısıdıktan sonra düşük yoğunlukları nedeniyle üstte kalırlar; soğuk katmanlar ise altta kalır ve yukarı yükselemezler. Bu tür ısıtmada ısı eşit şekilde dağılmaz. Bu nedenle sıvı ve gazların, taşınımın gerçekleşebilmesi için her zaman alttan ısıtılması gerekir.



ETKİNLİKLER

1. Sıvılarda Konveksiyon (Taşınım)

Oda sıcaklığındaki suyla doldurulmuş geniş ve saydam bir kaba su koyunuz. Kabin bir ucuna sıcak su dolu plastik bir şişe yerleştiriniz. Karşı ucuna ise içinde buz bulunan plastik bir şişe koyunuz. Sıcak su şişesinin yakınındaki suya birkaç damla kırmızı gıda boyası damlatınız. Buzlu şişenin yakınındaki suya ise birkaç damla mavi gıda boyası damlatınız. Boyaların hareketini gözlemleyiniz. Kırmızı boya nasıl hareket ediyor, mavi boya nasıl hareket ediyor? Elde ettiğiniz sonuçlardan sıcak ve soğuk suyun yoğunluğu hakkında ne çıkarabilirsiniz?

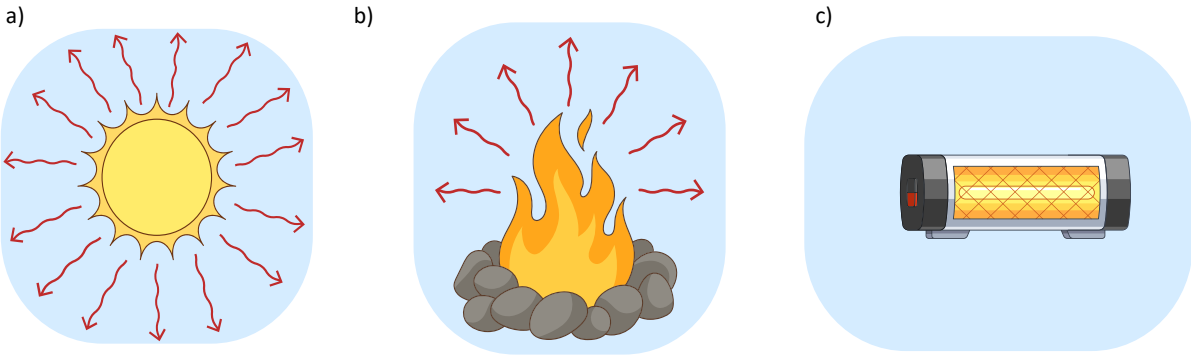
2. Gazlarda Konveksiyon (Taşınım).

Yaklaşık 40 cm aralıkla iki kap yerleştiriniz. Kaplardan birinde buz, diğerinde ise sıcak su bulunsun. Öğretmeniniz, duman oluşturmak için tütsü çubuğu yaksın. Tütsü çubuklarını kaplara dokundurmadan kapların yakınına getiriniz. Çubuk sıcak su kabının yakınındayken duman nasıl hareket ediyor? Soğuk su kabının yakınındayken nasıl hareket ediyor? Sıcak ve soğuk kapların yakınındaki havanın yoğunluğu hakkında ne sonuç çıkarabilirsiniz?

Radyasyon (Işıma)

Bazı durumlarda ısı, cisimler arasında hava ya da başka bir ortam bulunmasa ve cisimler birbirleriyle temas hâlinde olmasa bile aktarılabilir. Bu, ışıma (radyasyon) sayesinde gerçekleşir. Işıma, ısının ısı ışınları aracılığıyla aktarılması sürecidir. Bir cismin iç enerjisinin bir kısmının, ısı ışınları yoluyla başka bir cisme aktarılmasına ışıma denir. Işıma, boşlukta (vakumda) da gerçekleşebilir. Örneğin, Güneş Dünya'yı ışıma yoluyla ısıtır.

Işıma günlük yaşamda da kolaylıkla hissedilebilir. Kamp ateşinin ya da elektrikli sobanın yanında durduğumuzda, aramızdaki hava ısınmamış ve iyi bir ısı iletkeni olmasa bile ısı bize ulaşır.

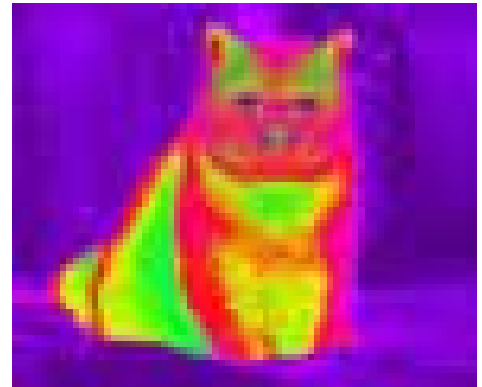


Şekil 4. Işıma yoluyla ısı aktarımı: a) Güneşten b) Kamp ateşinden c) Isıttıcıdan.

Tüm sıcak cisimler ısı ışınları yayar; Güneş, elektrik lambası, soba ve hatta insan vücudu buna örnektir. Bir cismin sıcaklığı ne kadar yüksekse, yaydığı ışık ve ısı miktarı da o kadar fazla olur. Cismin yüzeyi de ışıma sürecinde önemli bir rol oynar. Koyu renkli ve pürüzlü yüzeyler, açık renkli ve düzgün yüzeylere göre ısı enerjisini çok daha hızlı soğurur. Bu nedenle yakıt depoları daha az ısı soğurmaları için açık renklere boyanır; insanlar da yaz aylarında aşırı ısınmayı önlemek amacıyla açık renkli giysiler giyerler..

Işıma, ısıyı korumak istediğimiz durumlarda da yararlıdır. Termosun çift cidarlı yapısı vardır ve cidarlar arasındaki boşlukta seyreltilmiş hava bulunur; bu sayede ısı iletimi önlenir. İç yüzeyi ise aynalıdır; bu da ısı ışınlarının soğurulmasını azaltır. Böylece ısı kaybı önlenir ve sıvılar uzun süre sıcak kalır.

Termal kameralar, ısıyı, yani cisimlerin yaydığı termal ışıma "görmemizi" sağlayan cihazlardır. Tıpta, inşaat sektöründe ve güvenlik alanında kullanılırlar. Her cisim termal ışıma yayar.



Şekil 5. Termal kamera ile elde edilmiş görüntü

Termal kamera bu ışınları algılar ve sıcaklığa bağlı olarak farklı renklerle gösterilen bir termal görüntüye dönüştürür. Sıcak bölgeler kırmızı/sarı renklerde, soğuk bölgeler ise mavi/mor renklerde gösterilir (Şekil 5).



ETKİNLİKLER

3. Rengin Isınma Üzerindeki Etkisi

İki aynı kutuyu suyla doldurunuz. Kutulardan birini beyaz kâğıtla, diğerini ise siyah kâğıtla kaplayınız. Kutuları güneş alan bir yere yerleştiriniz veya bir lambayla aydınlatınız. Başlangıçta her iki kutudaki suyun sıcaklığını ölçünüz. Her 5 dakikada bir her iki kutudaki suyun sıcaklığını ölçünüz. Toplam beş ölçüm yapınız. Beyaz ve siyah kutular için sıcaklığın zamana bağlı değişimini grafik üzerinde gösteriniz. Ne sonuç çıkarabilirsiniz? Hangi kutu daha hızlı ısınmaktadır?

4. Farklı Malzemelerde Sıcaklık Ölçümü

Aynı anda, asfalt, beton, kum, çimen, toprak, cam, sac ve benzeri malzeme parçalarını güneş ışığına veya bir elektrik lambasının ışığına maruz bırakınız. Aynı zaman aralıklarında her bir malzemenin sıcaklığını ölçünüz. Daha sonra aynı malzemeleri gölgeye koyunuz ve sıcaklıklarını tekrar ölçünüz. Elde edilen değerleri tablo ve grafik hâlinde düzenleyiniz. Sonuçları analiz ediniz ve farklı yapı malzemelerinin ısı özelliklerini, bunların küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerindeki etkileriyle ilişkilendiriniz.

İLERİ DÜZEY 5+

Bir sıcak cisim enerji yaydığı anda, bu enerji her yöne doğru yayılır ve kaynaktan uzaklaştıkça giderek daha geniş bir yüzeye dağılır. Gözlemci veya diğer cisim kaynaktan ne kadar uzakta bulunursa, yayılan toplam enerjinin o kadar küçük bir kısmı ona ulaşır. Bu nedenle, bir cismin birim yüzeyine birim zamanda ulaşan ısı enerjisini ifade eden ısıtım şiddeti, uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Matematiksel olarak, ısıtım şiddeti I ile kaynaktan olan uzaklık r arasındaki ilişki aşağıdaki formülle ifade edilir:

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

Burada P , cismin bir saniyede yaydığı toplam enerji miktarını (güç) ifade eder; $\pi = 3,14$ olarak alınır.

Bu formülden, kaynaktan olan uzaklık iki katına çıkarıldığında, ısıtım şiddetinin dört kat azaldığı görülebilir.



İLGİNÇ BİLGİLER

Koyu renkli kum çölleri gündüzleri 70 °C'nin üzerinde sıcaklıklara ulaşabilirken, gece boyunca sıcaklık 10 °C'ye kadar düşebilir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Josef Stefan 1835–1893

Sloven fizikçi Josef Stefan, modern Isıl Işınım Teorisi'nin kurucularından biridir. Stefan, yaptığı deneyler sonucunda, sıcak bir cismin birim yüzeyinden yayılan ışıının gücünün, cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvvetiyle orantılı olduğunu ortaya koymuştur. Bu keşif günümüzde Stefan–Boltzmann Yasası olarak bilinmektedir. Isıl ışıının açıklanmasına Avusturyalı bilim insanı Ludwig Boltzmann da önemli katkılar sağladığı için yasa her iki bilim insanının adıyla anılmaktadır. Stefan, çalışmalarıyla ısı ışınlarının doğasının, ayrıca ışıının sırasında cismin yüzey özellikleri ile sıcaklığının etkisinin anlaşılmasına büyük katkıda bulunmuştur. Onun araştırmaları; termosların, ısı yalıtım sistemlerinin, termal modellerin ve iklim modellerinin geliştirilmesine temel oluşturmıştır. Stefan–Boltzmann Yasası günümüzde de Güneş dâhil olmak üzere yıldızların yaydığı ışıının hesaplanmasında kullanılmaktadır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Konveksiyon neden demir bir çubukta gerçekleşemezken suda gerçekleşebilir?
2. Odada tavana yakın hava neden daha sıcak, zemine yakın hava neden daha soğuktur?
3. Çölde hava sıcaklığı gündüz 45 °C'ye ulaşırken gece 10 °C'nin altına düşmektedir. Işıma ve konveksiyonun bu büyük sıcaklık farklarının oluşumundaki etkisini açıklayınız.
4. Hava, ısıнын zayıf bir iletkeni olmasına rağmen radyatör odadaki havayı neden hızlı bir şekilde ısıtır?
5. Şekilde gösterilen durumda ısı enerjisinin aktarılma yollarını açıklayınız.



HATIRLAYINIZ

- Taşınım (konveksiyon), bir maddenin taneciklerinin bir yerden başka bir yere hareket etmesiyle gerçekleşen ısı aktarımı sürecidir.
- Taşınım yoluyla ısı aktarımı sıvılarda ve gazlarda gerçekleşir.
- Isı enerjisinin bir cisimden başka bir cisme ısı ışınları aracılığıyla aktarılmasına ışıım (radyasyon) denir.
- Isı ışıımı, cismin sıcaklığına ve yüzeyinin özelliklerine bağlıdır.

2.12. ÖZGÜL ISI KAPASİTESİ (SİĞASI)

KAVRAMLAR

özgül ısı kapasitesi(sığası) (c)

Her cisim, ısı alarak ya da ısı vererek sıcaklığını artırabilir veya azaltabilir. Ancak farklı maddelerden yapılmış cisimler aynı hızda ısınmaz. Aynı miktarda ısı, başlangıçta aynı sıcaklıkta olan iki cisme verildiğinde, bu cisimlerin ulaştıkları son sıcaklıklar farklı olur. Örneğin yazın sahilde kum ile su arasındaki sıcaklık farkı kolayca gözlemlenebilir. Sabah saatlerinden itibaren hem kum hem de göl suyu Güneş tarafından ısıtılmasına rağmen, kum suya göre çok daha fazla ısınır. Bunun nedeni, suyun özgül ısı kapasitesinin büyük, kumun ise küçük olmasıdır.

Özgül ısı kapasitesi, bir maddenin 1 kg kütlesinin sıcaklığını 1 °C değiştirmek için gerekli olan ısı miktarını gösteren fiziksel bir büyüklüktür. Örneğin, 1 kg suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için 4190 J ısı gerekirken, 1 kg demirin sıcaklığını aynı miktarda artırmak için yalnızca 450 J ısı gereklidir. Su ya da demir 1 °C soğutulduğunda ise, ısınırken aldığı enerji kadar enerjiyi çevreye verir. Özgül ısı kapasitesinin SI birim $\frac{J}{kg \cdot K}$ veya $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ sistemindeki birimi 'dir (1 K'lık sıcaklık farkının 1 °C'lık sıcaklık farkına eşit olduğunu hatırlayınız). Suyun yüksek özgül ısı kapasitesi iklim üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Okyanuslar, denizler ve göller, büyük ısı kapasiteleri sayesinde çevrelerindeki kara bölgelerinde gündüz ve gece sıcaklıkları arasındaki farkı azaltır. Günlük yaşamda ise metal kapların hızla ısındığını, ancak içlerindeki suyun kaynamasının daha uzun sürdüğünü gözlemleriz. Bu da gerekli ısı miktarının maddenin cinsine bağlı olduğunun bir başka kanıtıdır. Aşağıdaki tabloda bazı maddelerin özgül ısı kapasitesi değerleri verilmiştir. Suyun özgül ısı kapasitesinin yüksek olması, onun iç enerji şeklinde büyük miktarda ısı depolayabilmesini sağlar. Buna karşılık demirin ısı depolama kapasitesi oldukça düşüktür.

Madde	J/(kg·°C) cinsinden ifade edilen özgül ısı kapasitesi c.
Su	4190
Zeytin	2000
Demir	450
Alüminyum	900
Beton	800

Tablo 1. Bazı maddelerin özgül ısı kapasiteleri.

Bir cismin (veya bir maddenin) ısıtılması için gerekli olan ısı miktarı Q , onun kütlesine, sıcaklığının ne kadar artırılmak istendiğine ve hangi maddeden yapıldığına bağlıdır. Bu ilişki aşağıdaki formülle ifade edilir:

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

Burada m cismin kütlesi, c cismin yapıldığı maddenin özgül ısı kapasitesi, t_1 cismin başlangıç sıcaklığı ve t_2 ise cismin ulaşacağı son sıcaklıktır. Bir cismin sıcaklığı t_2 sıcaklığından t_1 sıcaklığına düşürüldüğünde, aynı miktarda ısıyı çevreye verir. Formül aşağıdaki şekilde de yazılabilir:

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

Burada Δt , cismin sıcaklığındaki değişimi ifade eder: $\Delta t = t_2 - t_1$.

Deneyisel koşullarda bu formül kolayca doğrulanabilir. Elektrikli bir ocakta aynı anda aynı kaplar içinde 250 g su ve 500 g su ısıtıldığında, kütlesi daha büyük olan suyun daha yavaş ısındığı, yani sıcaklığının daha yavaş arttığı gözlemlenir. Formüle göre aynı sıcaklığa ulaşabilmesi için kütlesi daha büyük olan suyun daha fazla ısı enerjisi alması gerekir.

Ayrıca suyun oda sıcaklığından 50 °C'ye ve 50 °C'den 100 °C'ye kadar ısınması için gereken süre ölçülürse, ikinci sıcaklık aralığında suyun ısınması için daha fazla zamana ihtiyaç duyulduğu görülür. Bu durum, verilmesi gereken ısı enerjisinin sıcaklık değişiminin büyüklüğüne de bağlı olduğunu doğrular.

Elektrikli bir ocak üzerine, oda sıcaklığında bulunan eşit kütlerde su ve yağ içeren iki kap yerleştirilip sıcaklıkları sürekli ölçüldüğünde, yağın sudan çok daha hızlı ısındığı görülür. Bu da sıcaklık değişiminin maddenin cinsine bağlı olduğunu gösterir. Eşit kütlerdeki su ve yağ aynı miktarda ısı alsalar da, yağın özgül ısı kapasitesi daha küçük olduğu için daha kısa sürede daha yüksek sıcaklığa ulaşır.



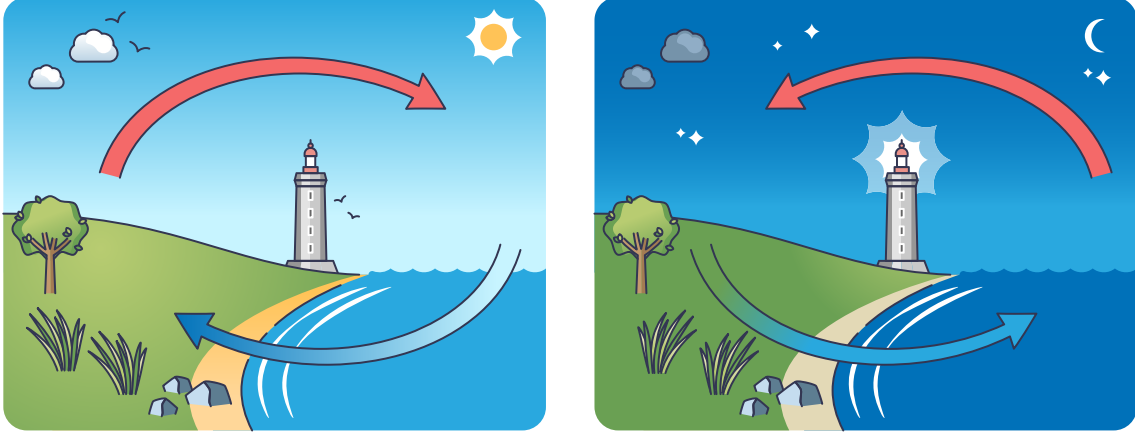
ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

250 g kütleli suyun, 20 °C'den 90 °C'ye kadar ısıtılması için gerekli olan ısı enerjisini hesaplayınız. Suyun özgül ısı kapasitesini bir önceki sayfadaki tablodan alınız.

Verilen::	
$m = 250 \text{ g} = 0,25 \text{ kg}$	
$t_1 = 20^\circ \text{C}$	
$t_2 = 90^\circ \text{C}$	
$c = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$	
İstenen:	
$Q - ?$	

Suya verilmesi gereken ısı miktarı şöyledir:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 0,25 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot (90^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C}) = 73325 \text{ J} .$$



Şekil 1. Gündüz ve gece karadan denize ve denizden karaya doğru hava akımları.

Maddelerin ısınma hızı doğada önemli bir rol oynar. Bunun bir örneği, deniz kıyılarında görülen hava akımlarıdır. Bu olay, kara ile denizin farklı hızlarda ısınıp soğuması nedeniyle meydana gelir. Gündüzleri kara, sudan daha hızlı ısındığı için kara üzerindeki hava yükselir ve denizden gelen daha serin hava karaya doğru eser. Gece ise bunun tersi gerçekleşir. Deniz suyu daha yavaş soğuduğundan, deniz üzerindeki hava yükselir; karadaki daha soğuk hava ise denize doğru hareket eder, yani soğuk rüzgâr denize doğru eser. Bu olay göllerin çevresinde de gözlemlenebilir. Büyük özgül ısı kapasitesi sayesinde su, iklimin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Hava akımlarının oluşumu, kara ve denizin farklı şekilde ısınıp soğumasının doğrudan bir sonucudur.

Özgül ısı kapasitesinin önemi; teknoloji, enerji üretimi ve günlük yaşamda oldukça büyüktür. Evlerde yağın sudan daha hızlı ısındığı bilinir ve bu nedenle yemek pişirirken dikkatli olunur. Sanayide ise soğutma sistemleri, kullanılan sıvıların ısı kapasitesine göre hassas bir şekilde tasarlanmalıdır. Enerji sektöründe de termik santrallerde veya endüstriyel tesislerde büyük miktardaki suyun sıcaklığını artırmak için gerekli olan ısı enerjisinin hesaplanmasında ayrıntılı çalışmalar yapılır.



ETKİNLİKLER

1. Bir maddenin ısınma hızı, onun kütlesine bağlıdır..

250 g ve 500 g suyu aynı kaplarda elektrikli ocakta ısıtınız. Her iki dakikada bir kaplardaki suyun sıcaklığını ölçünüz. Sonuçları bir tabloya kaydediniz. Beş ölçüm yapınız ve suyun sıcaklığının ısıtma süresine bağlı değişimini gösteren bir grafik çiziniz. Elde ettiğiniz sonuçlardan hangi sonuca ulaşabilirsiniz?

2. Farklı Maddelerin Isıtılması

Eşit kütlerde su ve yağ aynı kaplarda elektrikli ocakta ısıtınız. Her iki dakikada bir suyun ve yağın sıcaklığını ölçünüz. Sonuçları bir tabloya kaydediniz. Beş ölçüm yapınız ve su ile yağın sıcaklığının ısıtma süresine bağlı değişimini gösteren bir grafik çiziniz. Elde ettiğiniz sonuçlardan hangi sonuca ulaşabilirsiniz? Grafik, birinci etkinlikte elde edilen grafikte aynı mıdır, yoksa bazı farklılıklar var mıdır? Sonuçların neden farklı olduğunu açıklayan bir hipotez oluşturunuz.

İLERİ DÜZEY

5+

Çoğu zaman farklı cisimler için, cismin tamamını ısıtmak için gereken ısı miktarını gösteren ısı kapasitesi de tanımlanır. Buna göre, bir cismin ısı kapasitesi; cismin yapıldığı maddenin özgül ısı kapasitesi c ile cismin kütlesi c 'nin çarpımına eşittir, yani $C = c \cdot m$. Isı kapasitesi bilinen bir cismin sıcaklığını Δt kadar artırmak için gerekli olan ısı miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

Bir cismin ısı kapasitesi, o cismin sıcaklığının 1°C değişmesi için alması veya vermesi gereken ısı enerjisi miktarını ifade eder.



İLGİNÇ BİLGİLER

En büyük özgül ısı kapasitesine hidrojen (H_2) sahiptir. Bu nedenle hidrojen, en iyi ısı yalıtıcılarından biridir. Hidrojenin özgül ısı kapasitesi $14300 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 'dir.



ÜN L Ü B İ L İ M İ N S A N I – F İ Z İ K Ç İ

Joseph Black, 1728–1799

Joseph Black, özgül ısı kapasitesi kavramını ilk ortaya koyan İskoç-İrlandalı bir hekim ve kimyacıydı. Farklı maddelerin sıcaklıklarında aynı değişimi sağlamak için farklı miktarlarda ısı enerjisine ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşmıştır. Yaptığı deneyler, suyun son derece yüksek bir özgül ısı kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Bu bulgu daha sonra iklim olaylarının ve ısıtma sistemlerinin anlaşılmasının temelini oluşturmuştur. Black ayrıca gizli ısı (latent ısı) kavramını da keşfetmiştir. Bir maddenin erime veya buharlaşma sırasında sıcaklığı değişmeden büyük miktarda ısı alabileceğini açıklamıştır. Bu keşifler; makine mühendisliği, tıp ve sanayinin gelişiminde büyük etkiye sahip olmuştur.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Özgül ısı kapasitesi nedir?
2. Bir cismin sıcaklığında belirli bir değişim sağlamak için aldığı veya verdiği ısı miktarı hangi büyüklüklere bağlıdır?
3. 1 kg suyun sıcaklığını 5°C artırmak için ne kadar ısı gereklidir?
4. Kütlesi 2 kg olan demir bir küp, 20°C 'den 80°C 'ye kadar ısıtılıyor. Alınan ısı miktarını hesaplayınız.
5. Kütlesi 0,5 kg olan bir metal bloğun özgül ısı kapasitesi $c=500 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 'dir. Blok 5000 J ısı enerjisi soğursa sıcaklığı ne kadar değişir?



HATIRLAYINIZ

- Özgül ısı kapasitesi, bir maddenin 1 kg'ının sıcaklığını 1°C değiştirmek için gerekli olan ısı miktarını gösteren fiziksel bir büyüklüktür.
- Bir cismin ısıtılması için gerekli olan ısı enerjisi, cismin kütlesine (m), sıcaklık değişimine Δt ve cismin yapıldığı maddenin özgül ısı kapasitesine (c) bağlıdır. Bu enerji aşağıdaki formülle hesaplanır: $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$.

2.13. ISIL DENGİ. ENERJİNİN KORUNUMU YASASI

KAVRAMLAR

kalorimetre

Farklı sıcaklıklara sahip iki cisim birbiriyle temas ettirildiğinde, sıcaklığı daha yüksek olan cisimden sıcaklığı daha düşük olan cisme doğru ısı aktarımı başlar. Bu süreç, cisimlerin sıcaklıkları eşitleninceye kadar devam eder. Cisimler arasında artık ısı alışverişinin olmadığı bu duruma **ısıl denge** denir. **Cisimlerin sıcaklıklarının eşitlendiği andaki sıcaklığa ise denge sıcaklığı denir.**

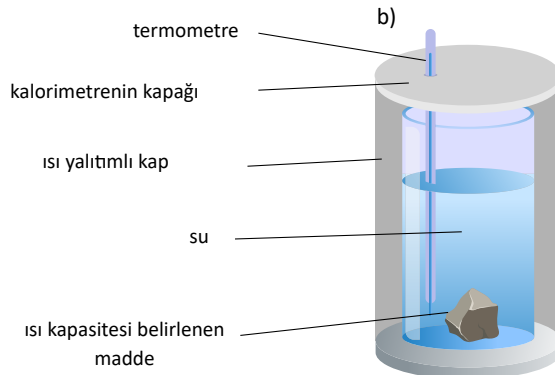
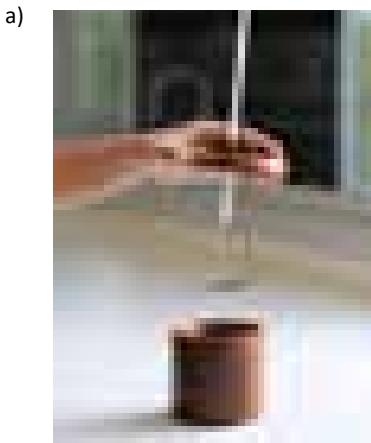
Sıcaklıkların eşitlenme süreci, **Enerjinin Korunumu Yasası**'na uygun olarak gerçekleşir. Bu yasaya göre: Sıcak olan cismin verdiği ısı miktarı, soğuk olan cismin aldığı ısı miktarına eşittir. Başka bir ifadeyle:

$$Q_1 = Q_2 ,$$

Burada Q_1 , sıcak olan cismin verdiği ısı miktarını; Q_2 ise soğuk olan cismin aldığı ısı miktarını göstermektedir. Kütlesi m_1 , sıcaklığı t_1 ve özgül ısı kapasitesi c_1 olan bir cisim düşünelim. Bu cisim, kütlesi m_2 , sıcaklığı t_2 ($t_2 < t_1$) ve özgül ısı kapasitesi c_2 olan ikinci bir cisme ısı enerjisi aktarır. Enerjinin yalnızca birinci cisimden ikinci cisme geçtiğini ve çevreye herhangi bir ısı kaybı olmadığını kabul edelim. Isıl denge sağlandıktan sonra her iki cisim de t sıcaklığına ulaşacaktır ($t_2 < t < t_1$). Bu sıcaklık, Enerjinin Korunumu Yasası kullanılarak belirlenebilir. Birinci cismin verdiği ısı miktarı $Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t)$, ve ikinci cismin aldığı ısı miktarı $Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$ olduğuna göre, şu eşitlik yazılabilir:

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

Isı verme, ısı alma ve sıcaklıkların eşitlenmesi süreçleri, kalorimetre adı verilen bir düzeneğe yardımıyla deneysel olarak da incelenebilir. **Kalorimetre**, çevreye enerji kaybını en aza indirerek ısı değişimlerini ölçmek için kullanılan yalıtılmış bir kaptır. Kalorimetre içinde farklı sıcaklıklara sahip maddeler (sıvılar veya sıvı ile katı maddeler) karıştırılır. Ölçülen denge sıcaklığı sayesinde, maddelerden birinin aldığı ya da verdiği ısı miktarı, kütlesi veya özgül ısı kapasitesi hesaplanabilir.



Şekil 1. a) Karıştırıcı kalorimetre b) Bir katı cismin ısı kapasitesinin kalorimetre ile belirlenmesi

Kalorimetre kullanılırken, sıvının sıcaklık değişimini izlemek amacıyla içine bir termometre yerleştirilir. Ayrıca, ısının sıvı içinde eşit şekilde dağılmasını sağlamak için kalorimetrelerde genellikle bir karıştırıcı da bulunur (Şekil 1).



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Bir kalorimetrede 20°C sıcaklığında $0,25\text{ kg}$ su bulunmaktadır. Kalorimetreye, sıcaklığı 70°C olan ve kütlesi $0,15\text{ kg}$ olan metal bir küre bırakılıyor. Isıl denge sıcaklığı 23°C olarak ölçülmüştür. Kürenin yapıldığı metalin özgül ısı kapasitesini hesaplayınız. Suyun özgül ısı kapasitesini $4190\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$ alınız..

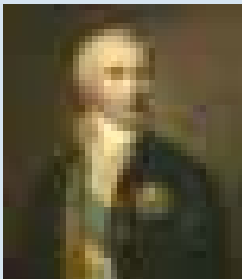
Verilen::	Kürenin sıcaklığı suyun sıcaklığından daha yüksek olduğu için küre ısı verir, su ise bu ısıyı alır. Enerjinin Korunumu Yasası'nı kullanırsak şu eşitliği elde ederiz:
$m_1 = 0,15\text{ kg}$	$Q_1 = Q_2,$
$m_2 = 0,25\text{ kg}$	$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2),$
$t_1 = 70^{\circ}\text{C}$	$c_1 = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)}{m_1 \cdot (t_1 - t)},$
$t_2 = 20^{\circ}\text{C}$	
$t = 23^{\circ}\text{C}$	
$c_2 = 4190\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$	
İstenen:	$c_1 = \frac{0,25\text{ kg} \cdot 4190\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot (23^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})}{0,15\text{ kg} \cdot (70^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C})} = 446\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}.$
$c_1 - ?$	

Isıl denge, çevremizde sürekli gerçekleşen bir süreçtir. Örneğin, sıcak su dolu bir bardak masa üzerinde bırakıldığında, sıcaklığı oda sıcaklığına eşitleninceye kadar çevresindeki havaya ısı verir. Bu sırada hava çok az miktarda ısınır. Cisimler, ısı denge sağlanıncaya kadar çevreleriyle sürekli olarak ısı alışverişinde bulunurlar.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Pierre-Simon Laplace, 1749–1827



Pierre-Simon Laplace, mekanik, astronomi ve termodinamik alanlarına yaptığı büyük katkılarla tanınan Fransız matematikçi ve fizikçidir. Antoine Lavoisier ile birlikte, kimyasal tepkimeler sırasında açığa çıkan ısıyı eriyen buz miktarı üzerinden ölçen ilk buz kalorimetresini geliştirmiştir. Bu aygıt, modern kalorimetrenin başlangıcı olarak kabul edilir. Laplace, ısının ölçülebilen bir büyüklük olduğunu ilk gösteren bilim insanlarından biridir. Ayrıca ısı süreçlerinin matematiksel olarak açıklanması üzerinde çalışmış ve bilimin gelişimine kalıcı katkılar sağlamıştır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Bardağa eklenen buz, erirken büyük miktarda ısı enerjisi alır; buna rağmen sıcaklığı yaklaşık olarak 0°C 'de sabit kalır.

İLERİ DÜZEY

5+

Bir cisim katı hâlden sıvı hâle geçerken (erime) veya sıvı hâlden gaz hâline geçerken (buharlaşma), cisim ısı almaya devam etmesine rağmen sıcaklığı değişmeyebilir. Sıcaklığın artması yerine, parçacıklar arasındaki bağların koparılması için kullanılan bu enerjiye gizli ısı (latent ısı) denir.

Erime gizli ısı, bir maddenin birim kütlesini sıcaklığını değiştirmeden eritmek için gerekli enerji miktarıdır. Buharlaşma gizli ısı ise daha büyüktür; çünkü parçacıkların sıvıdan tamamen ayrılarak gaz hâline geçebilmesi için daha fazla enerji gerekir. Erime veya buharlaşma gizli ısı aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$Q = m\lambda,$$

Burada Q , cismin erime veya buharlaşma sırasında aldığı ısı miktarını; m , maddenin kütlesini; λ ise J/kg cinsinden ifade edilen özgül erime gizli ısını veya özgül buharlaşma gizli ısını gösterir.

Buzun özgül erime gizli ısı 334000 J/kg, suyun özgül buharlaşma gizli ısı ise 2260000 J/kg'dır.



ETKİNLİKLER

1. Kalorimetre Yapımı ve Bir Cismin ya da Sıvının Özgül Isı Kapasitesinin Belirlenmesi

Basit bir kalorimetre yapmak için, biri diğerinin içine sığabilecek büyüklükte iki kavanoz alınız. Isı kaybını azaltmak amacıyla iki kavanoz arasındaki boşluğa strafor, pamuk veya kumaş gibi bir yalıtım malzemesi yerleştiriniz. Sıcaklığı ölçebilmek için kavanoz kapaklarına termometrenin geçirilebileceği küçük delikler açınız. İçteki kavanoza, kütlesi bilinen bir miktar su koyunuz ve sıcaklığını termometre ile ölçünüz. Daha sonra kalorimetrenin içine, kütlesi bilinen sıcak veya soğuk bir cisim (örneğin metal bir küp) yerleştiriniz. Bu cismin sıcaklığını da kalorimetreye koymadan önce ölçünüz. Ölçümler sırasında her iki kavanozun kapakları kapalı tutulmalıdır. Isıl denge sıcaklığını ölçünüz ve bu değeri kullanarak cismin özgül ısı kapasitesini hesaplayınız. Suyun özgül ısı kapasitesi bilinmektedir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Isıl denge nedir?
2. Farklı sıcaklıklara sahip iki cisim arasında ısı nasıl aktarılır?
3. Isıl denge sürecinde Enerjinin Korunumu Yasası nasıl ifade edilir?
4. Bir kalorimetrede sıcaklığı 80 °C olan 200 g su bulunmaktadır. Buna sıcaklığı 20 °C olan 100 g su ekleniyor. Çevreye ısı kaybı olmadığı kabul edilirse, denge sıcaklığını hesaplayınız.
5. Kütlesi 120 g olan ve 100 °C'ye kadar ısıtılmış bilinmeyen bir metal, sıcaklığı 20 °C olan 200 g suyun içine bırakılıyor. Denge sıcaklığı 24 °C olarak ölçülüyor. Çevreye ısı kaybı olmadığı kabul edilirse, metalin özgül ısı kapasitesini hesaplayınız.



HATIRLAYINIZ

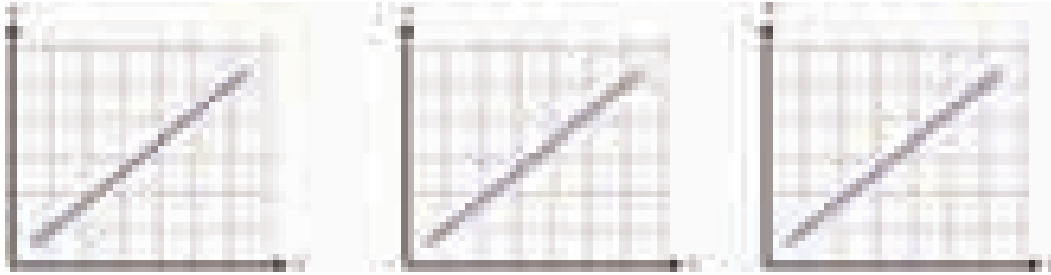
- Farklı sıcaklıklara sahip iki cisim temas ettirildiğinde, ısı enerjisi sıcaklığı daha yüksek olan cisimden sıcaklığı daha düşük olan cisme aktarılır; yani ısı, yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru geçer.
- Isı enerjisinin aktarımı, iki cisim ısıl dengeye ulaşıncaya kadar devam eder.
- Çevreye ısı kaybı olmadığı durumda, sıcak cismin verdiği ısı miktarı, soğuk cismin aldığı ısı miktarına eşittir.

KONU 2.

DEĞERLENDİRME SORULARI VE PROBLEMLER

1. Atomlardan oluşan üç maddeyi ve moleküllerden oluşan üç maddeyi yazınız.
2. İki maddenin kütleleri eşit, yoğunlukları farklıysa hacimleri hakkında ne söylenebilir? Tanecik modeli yardımıyla açıklayınız.
3. Gazlar neden sıkıştırılabilirken sıvılar ve katılar sıkıştırılamaz?
4. Yemek kokusunun mutfakta hızla yayılmasını açıklayınız.
5. Bal neden sudan daha yavaş akar? Bu durum moleküller arası kuvvetlerle nasıl ilişkilidir?
6. Bir katı madde sıvı hâle geçerken taneciklerin dizilişi ve hareketi nasıl değişir?
7. Bir madde belirli bir sıcaklıkta erirken, başka bir madde sıcaklık arttıkça yumuşamakta ve aynı anda hem katı hem sıvı hâlde bulunabilmektedir. Bu durum, maddelerin iç yapıları hakkında ne gösterir?
8. Sıcaklığın $^{\circ}\text{C}$ cinsinden negatif olabilmesine rağmen Kelvin (K) cinsinden neden negatif olamayacağını açıklayınız.
9. Bir laboratuvarında sıcaklık 298 K'den 308 K'ye yükselmiştir. a) Sıcaklık kaç K artmıştır? b) Bu artış kaç $^{\circ}\text{C}$ 'ye karşılık gelir?
10. Bir deneyde suyun 80 $^{\circ}\text{C}$ 'den 20 $^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğuması incelenmektedir. Suyun her 10 dakikada 5 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklık kaybettiği ölçülmüştür. Sıcaklığın zamana bağlı değişim grafiğini çiziniz. Grafiğin eğimi neyi ifade eder?
11. Cıvanın erime noktası 234,32 K, kaynama noktası ise 629,85 K'dir. a) -45 $^{\circ}\text{C}$ 'de cıva hangi hâlde bulunur? b) 370 $^{\circ}\text{C}$ 'de cıva hangi hâlde bulunur?
12. Cam şişeler, içlerine kaynar su doldurulduğunda neden çatlayabilir veya kırılabilir?
13. Bir bakır telin uzunluğu ısıtıldığında 50,00 cm'den 50,06 cm'ye çıkmıştır. Uzunluktaki değişim ne kadardır?
14. Kütle 2 kg ve hacmi 0,00025 m³ olan çelik bir silindir ısıtıldığında hacmi %0,2 artmaktadır. a) Isıtıldıktan sonraki hacmi nedir? b) Isıtma sonucunda silindirin yoğunluğu nasıl değişir?
15. Farklı sıvılar neden aynı sıcaklık değişiminde eşit miktarda genleşmez?
16. Sıvıların ısı genleşmesi sıvılı termometrelerde nasıl kullanılır?
17. Bir kapta 20 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 1 L su bulunmaktadır. Isıtıldıktan sonra hacmi %0,2 artarsa suyun yeni hacmi ne olur?
18. Bir piston içinde 300 K sıcaklıkta ve 1,2 L hacminde hava bulunmaktadır. Gazın sıcaklığı sabit basınç altında 450 K'ye çıkarılıyor.
a) Yeni hacmi hesaplayınız.
b) Havanın yoğunluğu kaç kat değişmiştir?
19. Bir otomobil lastiğinin iç basıncı 15 $^{\circ}\text{C}$ 'de 220 kPa'dır. Araç kullanıldıktan sonra lastik içindeki havanın sıcaklığı 75 $^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselmiştir.
a) Yeni basınç ne olur?
b) Lastiğin dayanabileceği en yüksek basınç 300 kPa ise araçla güvenli şekilde sürüş yapılabilir mi?
20. Bir gazın başlangıç basıncı 100 kPa ve hacmi 3 L'dir. Sıcaklık sabit tutulduğunda, basınç 150 kPa'a çıkarılırsa gazın hacmi ne olur?

21. Pistonlu bir silindirde, 80 kPa basınç altında 500 cm³ hacminde gaz bulunmaktadır. Piston hareket ettirilerek gazın hacmi 125 cm³'e düşürülüyor. Gazın yeni basıncı ne olur?
22. Aşağıdaki grafiklerden hangisinde gazın hacminin değişmediği (sabit kaldığı) bir süreç gösterilmektedir?



23. Giydiğimiz tişört ıslak olduğunda neden daha çok üşürüz?
24. İki cismin sıcaklığı aynıysa, iç enerjileri de aynı mıdır?
25. 1 g suyun buharlaşması için 2260 J enerji gerekmektedir. Derisinden 2 g su buharlaşan bir öğrencinin iç enerjisindeki azalmayı hesaplayınız.
26. Yazın açık renkli, kışın ise koyu renkli giysiler giymek neden daha uygundur?
27. İki küçük şişeye 50 °C sıcaklıkta eşit miktarda su konuluyor. Birinci şişe alüminyum folyoya, ikinci şişe ise yünlü bir kumaşa sarılıyor. 15 dakika sonra birinci şişedeki suyun sıcaklığı 15 °C, ikinci şişedeki suyun sıcaklığı ise 5 °C azalmıştır. Hangi malzeme daha iyi bir ısı yalıtkanıdır? Nedenini açıklayınız.
28. Yüksekliği 3 m olan bir odada, zemindeki hava sıcaklığı 22 °C, tavan yakınındaki hava sıcaklığı ise 27 °C'dir. Konveksiyon bu sıcaklık dağılımını nasıl oluşturur? Odayı ısıtan radyatörler daha yükseğe yerleştirilseydi ne değişirdi?
29. Vakumda ısı, konveksiyon yoluyla aktarılabilir mi?
30. Bir seranın içindeki sıcaklık 25 °C, dışarıdaki sıcaklık ise 4 °C olarak ölçülmüştür. Işıma ve konveksiyonun birlikte bu sıcaklık farkını nasıl oluşturduğunu açıklayınız. Isı neden içeride "hapsolmuş" gibi kalır?
31. Kenar uzunluğu 5 cm olan bir buz küpünün sıcaklığı -20 °C'den -5 °C'ye yükseliyor. Buzun yoğunluğu 990 kg/m³ ve özgül ısı kapasitesi 210 J/(kg·°C) olduğuna göre, buzun aldığı ısı enerjisini hesaplayınız.
32. Kütlesi 0,5 kg olan metal bir cisim 150 °C'den 50 °C'ye kadar soğutuluyor. Cismin yapıldığı maddenin özgül ısı kapasitesi 380 J/(kg·°C)'dir.
- a) Cisim ne kadar ısı kaybetmiştir?
- b) İç enerjisindeki azalma ne kadardır?
33. Aynı sıcaklığa kadar ısıtılmış 1 kg su ile 1 kg demirden hangisi daha fazla ısı enerjisi depolar?
34. Kıyı bölgelerindeki iklim neden kıtaların iç kesimlerindeki iklime göre daha ılımandır?
35. Bir araştırmacı, 0,2 kg A sıvısı ile 0,2 kg B sıvısını aynı elektrikli ısıtıcıda ısıtıyor. 3 dakika sonunda A sıvısının sıcaklığı 18 °C, B sıvısının sıcaklığı ise 9 °C artıyor. Hangi sıvının özgül ısı kapasitesi daha büyüktür? Kaç kat daha büyüktür?
36. 25 °C sıcaklıktaki 300 g suyun içine, kütlesi 150 g ve sıcaklığı 100 °C olan bir metal cisim bırakılıyor. Bir süre sonra denge sıcaklığı 32 °C oluyor. Suyun özgül ısı kapasitesi bilindiğine göre, metalin özgül ısı kapasitesini hesaplayınız.

KONU 3:

ELEKTRİKLENME VE MANYETİZMA

Bu ünite, cisimlerin nasıl elektriklendiğini ve elektrik alan aracılığıyla birbirleriyle nasıl etkileştiğini öğreneceksin. Elektrik akımının sadece “ışık veren bir tel” olmadığını; bazı katı, sıvı ve gazlarda gerçekleşebilen taneciklerin hareketi olduğunu anlayacak, ayrıca onu ışık, ısı ve manyetik etki gibi sonuçlarından tanıyabileceksin. Elektrik devresinde akımın yönünü belirlemeyi, akımın nasıl oluştuğunu ve nasıl aktığını açıklamayı öğreneceksin.

Fizik, güvenliğimizi de önemser. Bu nedenle elektrik çarpmasına karşı nasıl korunman gerektiği konusunda bilgi edineceksin. Ayrıca mıknatısların özelliklerini, kutuplarını ve manyetik alan içindeki etkileşimlerini inceleyecek, manyetik kuvvetlerin de elektrostatik kuvvetler kadar gerçek ve önemli olduğunu keşfedeceksin.

Elektriksel ve manyetik olaylar arasındaki ilişkiyi kurmayı ve bunları karşılaştırmayı öğreneceksin. Böylece, her ikisinin de modern teknolojinin temelini oluşturan büyük bir bütünün, yani elektromanyetizmanın parçaları olduğunu göreceksin. Kuzeyi gösteren pusuladan dünyayı hareket ettiren elektrik motorlarına kadar, bu görünmez kuvvetlerin her zaman çevremizde bulunduğunu ve günlük yaşamımızı sürekli şekillendirdiğini anlayacaksın.

Öğrenme Kazanımları

Öğrenci, aşağıdakileri yapabilecektir:

- Cisimlerin elektriklenmesi sırasında meydana gelen değişimleri ve cisimlerin elektrik alan aracılığıyla birbirleriyle etkileşimini açıklar.
- Elektrik akımının metallerde, sıvılarda ve gazlarda nasıl oluştuğunu etkileri üzerinden tanımlar; elektrik devresinde akımın yönünü belirler ve akımın oluşumunu ile akışını açıklar.
- Elektrik çarpmasına karşı gerekli güvenlik önlemlerini alır.
- Mıknatısların özelliklerini ve manyetik kuvvetlerin varlığını, manyetik alan içindeki etkileşimleri aracılığıyla açıklar.
- Elektriksel ve manyetik olaylar arasındaki ilişkiyi kurar ve bu olayları karşılaştırır.

3.1. ATOMUN YAPISI VE ELEKTRİK YÜKLERİ

KAVRAMLAR

Atom

elektron
katmanı

elektron

nötron

elementer elektrik yükü

proton

kulon

elektrik miktarı

atom çekirdeği

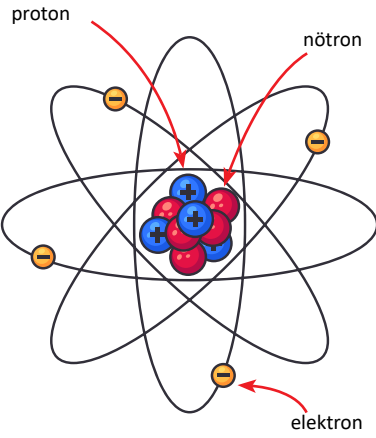
iyon

pozitif iyon (katyon)

negatif iyon (anyon)

Atomun Yapısı

19. yüzyılın sonuna kadar **atomlar**, maddenin en küçük yapı taşları, yani kimyasal elementleri oluşturan tanecikler olarak kabul ediliyordu. Her kimyasal element, kendine özgü özelliklere sahip karakteristik bir atoma sahiptir.



Şekil 1. Atomun en basit gösterimi - çekirdekte protonlar ve nötronlar bulunur, elektronlar ise çekirdeğin etrafında dolar.

En basit modele göre atomlar, küresel şekilli çok küçük tanecikler olarak düşünülebilir. Daha sonra, 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarında, atomun son derece küçük olmasına rağmen bölünemez olmadığı, aksine kendine özgü bir iç yapıya sahip olduğu keşfedildi. Günümüzde her atomun, **çekirdek** adı verilen merkezi bir bölümden ve onun etrafında hareket eden **elektronlardan** oluştuğunu biliyoruz. **Elektronların çekirdek** etrafında bulunabileceği bölgeye elektron katmanı denir. Çekirdek büyük yoğunluğa ve kütleye sahiptir ve burada protonlar ile nötronlar bulunur. **Protonlar ve nötronlar** ortak bir adla **nükleonlar** olarak adlandırılır (“nucleus” Latince çekirdek anlamına gelir). Her atom için proton sayısının elektron sayısına eşit olması karakteristiktir. Farklı elementlerin atomları, çekirdekteki proton sayılarına ve buna bağlı olarak elektron katmanındaki elektron sayılarına göre birbirlerinden ayrılır. Örneğin, hidrojen atomunun elektron bulunurken, oksijen atomunda tam olarak sekiz proton ve sekiz elektron bulunur. Şekil 1’de çekirdeğinde dört proton ve katmanında dört elektron bulunan bir atom gösterilmiştir. Bu, berilyum (Be) atomudur. Periyodik Sistemdeki her elementin atomları, çekirdekte belirli sayıda protona, yani elektron katmanında belirli sayıda elektrona sahiptir.



ETKİNLİKLER

1 Atomların Araştırılması

Periyodik Sistemin yapısını kimya derslerinde öğrendin. Bir elementin Periyodik Sistemdeki atom numarası, o elementin atom çekirdeğindeki proton sayısına eşittir. Farklı elementlerin kaç protona sahip olduğunu incele. Hangi elementin atomu çekirdeğinde en fazla protona sahiptir? Li, C, N ve O gibi daha hafif çekirdeklere sahip bazı atomları çizmeye çalış. Çekirdeklerdeki nötron sayısı, proton sayısına eşit

İki Tür Elektrik Yükü

Elektrik yükü, kütle gibi bazı taneciklere ait bir özellik ya da niteliklidir. Bazı tanecikler bu özelliğe sahipken, bazıları değildir. Yüke sahip olan taneciklere yüklü tanecikler denir. Yüklü tanecikler çoğu zaman **yük taşıyıcıları** olarak da adlandırılır. Deneysel olarak doğada yalnızca iki tür yükün bulunduğu belirlenmiştir ve bunlar **pozitif yük ile negatif** yük olarak adlandırılır. Protonlar pozitif yüke, elektronlar negatif yüke sahiptir; nötronların ise yükü yoktur ve onlar için **elektriksel olarak nötr** denir.

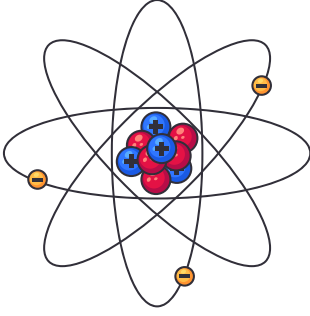
Elektrik yükü, ölçülebilen bir fiziksel büyüklüktür. Bunun için kullanılan bir diğer terim ise **elektrik miktarıdır** (elektrisite). **Elektrik miktarının** simgesi q , temel birimi ise koulondur (1 C). Hassas deneysel ölçümler sonucunda, doğadaki en küçük elektrik miktarının elektronun ve protonun yükü olduğu belirlenmiştir ve bu değer $1,6 \cdot 10^{-19}$ C olduğu bulunmuştur. Bu elektrik miktarına **elementer elektrik yükü** adı verilir. Yük, skaler bir büyüklüktür. Bir cisim pozitif yüklüyse, onun elektrik miktarını pozitif bir büyüklük olarak yazarız; ancak cisim negatif yüklüyse, onun elektrik miktarını negatif bir büyüklük olarak yazarız. Buna göre protonun yükü için $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C ve elektronun yükü için $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C yazabiliriz. Doğada başka bir elektrik yükü türü yoktur.

Atomdaki proton ve elektron sayıları eşit olduğundan, atomun bir bütün olarak elektriksel bakımdan nötr olduğu sonucuna varabiliriz. Bu nedenle doğadaki maddeler ve cisimler; hava, su, balon, saç, giysi, tarak ve daha birçok örnekte olduğu gibi elektriksel olarak nötrdür. Bir cismin elektriksel olarak nötr olması, içinde yük bulunmadığı anlamına gelmez; aksine, içinde hem pozitif hem de negatif yükler vardır, ancak bunlar dengededir.

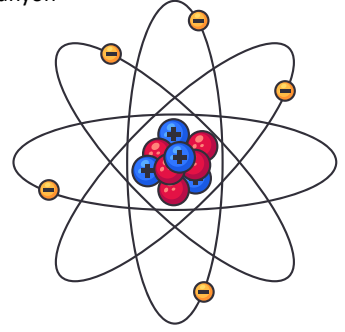
Atomu oluşturan tanecikler, aralarındaki kuvvetlerin etkisiyle bir arada tutulur. Çekirdekte proton ile proton, proton ile nötron ve nötron ile nötron arasında güçlü çekici nükleer (çekirdek) kuvvetler etki eder. Bu nedenle protonlar ve nötronlar çekirdeği kolayca terk edemezler. Öte yandan, elektronları çekirdek çevresinde tutan kuvvetler nükleer kuvvetlerden daha zayıftır. Bu yüzden bir veya daha fazla elektronun atomdan ayrılması çok daha kolaydır. Çekirdeğe en uzak elektronlar atomdan en kolay ayrılabilen elektronlardır; çünkü onların uzaklaştırılması için en az enerji gerekir.

Bir veya daha fazla elektron atomdan ayrıldığında, atom **pozitif iyon (katyon)** hâline gelir. Kopan elektronlar nötr bir atoma bağlanabilir; bu durumda atom **negatif iyon (anyon)** hâline gelir. Dolayısıyla, elektron eksikliği ya da elektron fazlalığı bulunan yüklü atoma iyon denir. Nötr bir atomdan iyon oluşması sürecine ise **iyonlaşma** denir.

a) katyon



b) anyon



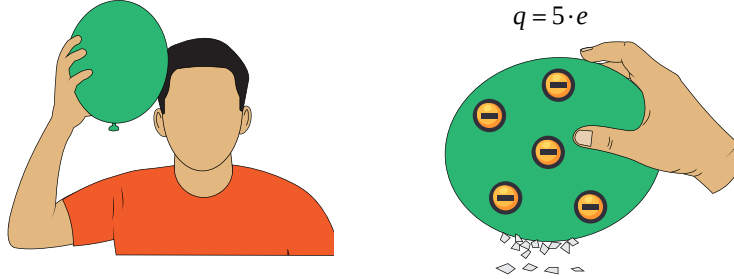
Şekil 2.

a) Katyon - elektron sayısı proton sayısından daha azdır

b) Anyon - elektron sayısı proton sayısından daha fazladır.

Elektronlar yalnızca atomdan ayrılmakla kalmaz, bir cisimden başka bir cisme de geçebilir. Bu şekilde elektrikleşmiş cisimler oluşur.

Elektrikleşmiş bir cisimde ya elektron fazlalığı ya da elektron eksikliği vardır. Bir cisimde elektron fazlalığı varsa, cisim negatif yüklüdür. Elektron eksikliği varsa, cisim pozitif yüklüdür.



Şekil 3. Balon saça sürtüldükten sonra, üzerine 5 adet negatif elementer elektrik yükü geçmiştir.

Şekil 3'te gösterilen deneyden, herhangi bir cismin yükünü aşağıdaki formülle ifade edebileceğimiz sonucuna varabiliriz:

$$q = n \cdot e,$$

Burada n , elementer elektrik yüklerinin sayısını (pozitif tam sayı), e ise elementer elektrik yükünün büyüklüğünü ifade eder.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

1 C elektrik yükünde kaç elementer elektrik yükü bulunduğunu hesaplayınız.

Verilen:

$$q = 1C$$

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

İstenen:

$$n = ?$$

a. 1 C yük ile yüklenmiş bir cisimde bulunan elementer elektrik yüklerinin sayısı:

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



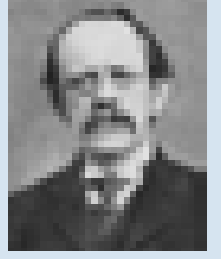
İLGİNÇ BİLGİLER

Atomun kütlesinin %99,9'undan fazlası çekirdekte bulunur. Elektronun kütlesi, protonun kütlesinden yaklaşık 1836 kat, nötronun kütlesinden ise yaklaşık 1839 kat daha küçüktür.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Joseph John Thomson, 1856–1940

Thomson, modern atom fiziğinin gelişiminde derin izler bırakmış İngiliz bir fizikçidir. 1897 yılında gerçekleştirdiği bir dizi deneyle atomun bölünemez bir tanecik olmadığını göstermiştir. Deneylerinde çok küçük kütleye ve negatif elektrik yüküne sahip tanecikler gözlemlemiştir. Günümüzde bu tanecikler elektron olarak adlandırılmaktadır ve bunlar, insan tarafından keşfedilen atomun ilk yapı taşlarıdır. Thomson, bu keşfiyle atomun bölünemez bir tanecik olduğu düşüncesini çürütmüş ve modern Atom Teorisi'nin gelişmesine öncülük etmiştir. Elektronu keşfetmesinin yanı sıra Thomson, atomun yapısına ilişkin ilk modellerden birini de önermiştir. Bu model, ünlü “üzümlü pudring modeli” olarak bilinir. Bu modele göre elektronlar, atom büyüklüğünde pozitif yüklü bir yapı içerisine gömülmüş durumdadır; tıpkı pudringin içindeki kuru üzüm taneleri gibi. Thomson, gazların elektrik iletkenliği üzerine yaptığı araştırmalar nedeniyle 1906 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü almıştır.



İLERİ DÜZEY 5+

Eğer bir cisim pozitif, diğeri ise negatif yükle yüklenmişse, birbirleriyle temas ettiklerinde bu yükler yeniden dağılır. Eğer her iki cisim de eşit miktarda ancak zıt işaretli yükle yüklenmişse, temas sonrasında her iki cisim de elektriksel olarak nötr hâle gelir. Aynı boyutlardaki iki cisme dokundurulduğunda, birinci cismin yükü q_1 , ikinci cismin yükü q_2 ise, temas sonrasında her bir cismin sahip olacağı yük aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

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

Bu son denklem yalnızca cisimlerin aynı boyutlarda olması durumunda geçerlidir. Eğer cisimler zıt işaretli yüklerle yüklenmişse, pozitif yüklü cismin yükü pozitif bir değer, negatif yüklü cismin yükü ise negatif bir değer olarak alınmalıdır.

Yükün yeniden dağılımı, kapalı bir sistemde Elektrik Yükünün Korunumu Yasasına göre gerçekleşir. Bu yasaya göre, yalıtılmış bir sistemde toplam elektrik yükü değişmez.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Eğer atom çekirdeğindeki proton sayısı ile elektron katmanındaki elektron sayısı eşitse, atomun toplam yükü ne kadardır?
2. Çekirdekte bulunan hangi taneciğin elektrik yükü yoktur?
3. Bir cismin $5 \cdot 10^{12}$ elektron eksiği vardır. Bu cisim pozitif mi yoksa negatif mi yüklüdür?
4. $3,2 \cdot 10^{-19}$ C'luk bir elektrik yükü kaç elementer yük içerir?
5. Cismin $5 \cdot 10^{12}$ fazla elektronu varsa, elektrik yükünü hesaplayınız.



HATIRLAYINIZ

- Atom, atom çekirdeğinden (protonlar ve nötronlar) ve çekirdek etrafında hareket eden elektronlardan oluşur.
- Atomun kütlesinin büyük bir kısmı atom çekirdeğinde bulunur.
- Doğada iki tür elektrik yükü vardır (pozitif ve negatif).
- Elektrik yükünün temel birimi bir kulondur (1 C).
- Elektronun yüküne elementer elektrik yükü denir.

3.2 CİSİMLERİN ELEKTRİKLENMESİ

KAVRAMLAR

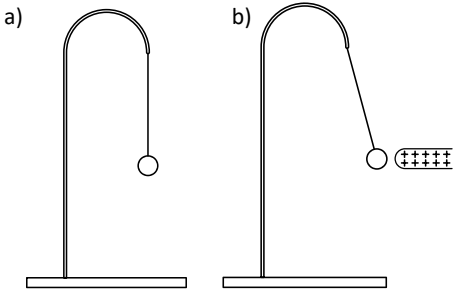
elektiriksel etki (indüksiyon)

elektroskop

elektrometre

Elektrikle yüklenmiş cisimler

Elektrostatik kuvvet, uzaktan etki eden kuvvetlerden biridir ve elektrikle yüklenmiş cisimler arasında etki eder. Eğer iki cisim aynı tür yükle yüklüyse (**aynı işaretli yüklü cisimler**), birbirlerini iterler. Eğer cisimler zıt işaretli yüklerle yüklüyse (**zıt işaretli yüklü cisimler**), birbirlerini çekerler. Bir cismin elektrikle yüklü olup olmadığını belirlemek için, onu başka bir yüklü cisimle etkileştiririz.



Şekil 1. a) Elektrostatik sarkaç denge konumundadır. b) Yüklü bir cisim elektrostatik sarkaca yaklaştırıldığında, küre denge konumundan sapar.

Bir cismin elektrikle yüklü olup olmadığı en basit şekilde elektrostatik sarkaç ile kontrol edilebilir (Şekil 1a).

Elektrostatik sarkaç; strafor, mantar veya mürver bitkisinin özünden yapılmış hafif bir kürenin, elektrik yükünü iletmeyen bir ipliğe asılmasıyla oluşturulur. Yüklü bir cisim küreye yaklaştırıldığında, küre yer değiştirir; yani cisim küreyi çeker. Bu durum Şekil 1b'de gösterilmiştir.

Elektrostatik sarkacın küresine yüksüz bir cisim yaklaştırılırsa, küre denge konumundan sapmaz.

Bir cismin elektrikle yüklü olup olmadığını belirlemek için kullanılan diğer bir araç elektroskop tur. Elektroskop, birbirine temas etmeyen iki metal bölümden oluşur. Birinci bölüm, üst kısmında metal bir küre (**elektroskopun başlığı**) bulunan iç metal çubuktur. Bu çubuğun alt kısmında ise Şekil 2a'da gösterildiği gibi iki ince metal yaprak bulunur.

Diş etkilerden korunması amacıyla metal yapraklar, her iki tarafı camla kapatılmış silindirik bir metal kutu içerisine yerleştirilmiştir. Bu kutu yalıtkan bir taban üzerine monte edilmiştir.

Elektroskop yüklü değilken yapraklar açık değildir. Elektroskopun başlığına elektriksel olarak nötr bir cisim dokundurulduğunda, yaprakların konumu değişmez. Elektroskopun başlığına yüklü bir cisim dokundurularak yük aktarılırsa, yük iç metal çubuk ve yapraklar üzerinde dağılır.

Metal yapraklar aynı cins yükle yüklendiğinden birbirlerini iterler ve Şekil 2b'de gösterildiği gibi açılırlar. Yapraklar başlangıç konumundan sapmışsa, elektroskopun başlığına dokundurulan cismin elektrikle yüklü olduğu sonucuna varabiliriz.

Skalalı elektroskoba **elektrometre** denir. Elektrometre ile yalnızca bir cismin elektrikle yüklü olup olmadığını belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda elektrometrenin başlığına

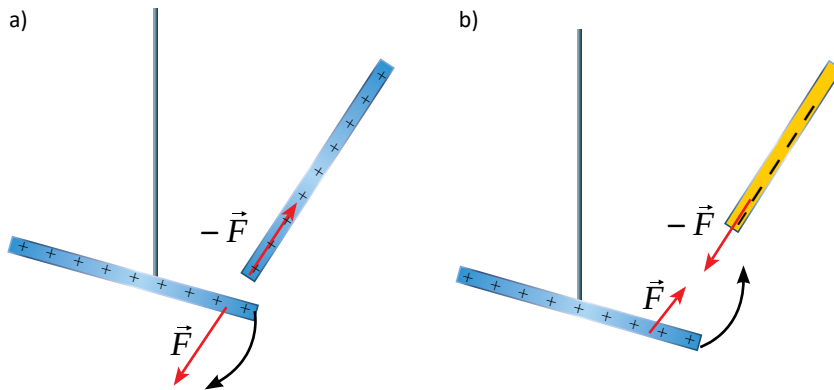
dokundurulan cismin yük miktarını da ölçebiliriz. **Şekil 3.** Pozitif yüklü bir cisme dokundurulduğunda elektrometrenin görünümü. Elektrometrede ibrenin saptığı görülmektedir. Bölmelendirilmiş ölçek üzerinden yükün büyüklüğü okunabilir.

Cisimlerin Elektriklenmesi

Cisimler birkaç şekilde elektrikleenebilir: iki cismin sürtünmesiyle, elektrikle yüklü bir cismin yüksüz bir cisme dokundurulmasıyla ve elektriksel etki (indüksiyon) yoluyla.

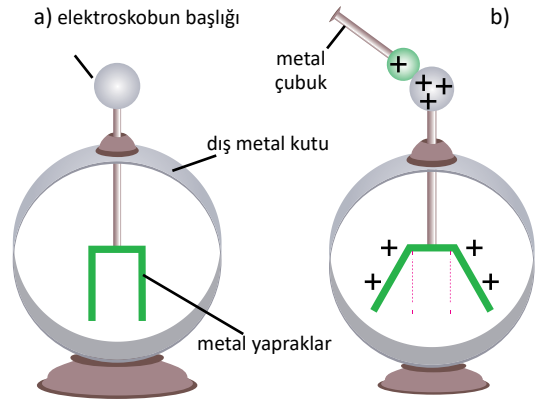
Cisimlerin Sürtünme ile Elektriklenmesi

Plastik veya cam bir çubuğu yünlü bir kumaşla sürttüğümüzde ve çubuğu küçük kâğıt parçalarına ya da saça yaklaştırdığımızda, kâğıt parçaları ve saç çubuğa doğru çekilir. İki cam çubuğu yünlü bir kumaşla sürtüp bunlardan birini serbestçe dönebilecek şekilde bir ipe asarsak, ardından diğer cam çubuğu ona yaklaştırdığımızda çubukların birbirini ittiğini gözlemleyiz (Şekil 4a). Ancak, ipe asılı olan cam çubuğa, yine yünlü bir kumaşla sürtülmüş plastik bir çubuk yaklaştırsak bunun tam tersi bir etki gözlemleyiz; yani çubuklar birbirini çeker (Şekil 4b).

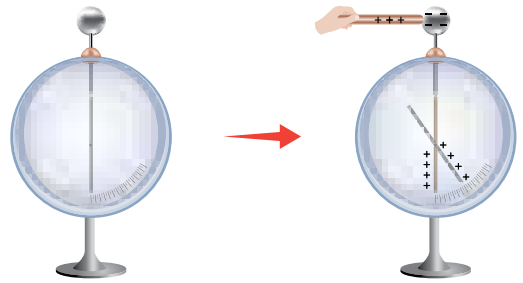


Şekil 4. a) Elektrikle yüklenmiş iki cam çubuğun birbirini itmesi. b) Elektrikle yüklenmiş bir cam çubuk ile bir plastik çubuğun birbirini çekmesi.

Sürtünme yoluyla, elektriksel olarak nötr cisimler elektrikleenebilir. Cam çubuk ile plastik çubuk zıt işaretli yüklerle elektrikenir. Yünlü bir kumaşla sürtülen cam çubuk, sürtünme sırasında bazı elektronlarını yünlü kumaşa verdiği için pozitif yüklenir. Yünlü bir kumaşla sürtülen plastik çubuk ise, yünlü kumaştan elektron aldığı için negatif yüklenir.



Şekil 2. a) Elektroskop b) Elektroskopun başlığına dokundurduğumuz cisim elektrikle yüklüdür; metal yapraklar birbirinden ayrılmıştır.



Şekil 3. Elektrometre ve elektrometrenin başlığına dokundurduğumuz cismin yük büyüklüğünün belirlenmesi.

Cisimlerin Dokunma ile Elektriklenmesi

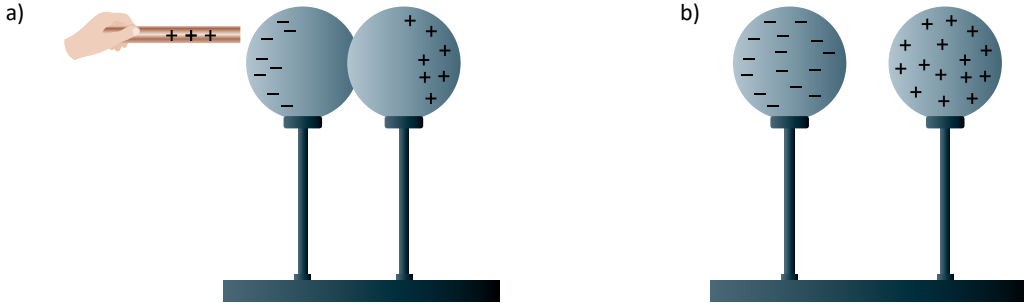
Eğer yüksüz bir cisme, daha önce elektriklenmiş bir cisim dokundurulursa, elektrik yükü iki cisim arasında dağılır. Cisimler birbirinden ayrıldıktan sonra yükün bir kısmı bir cisimde, diğer kısmı ise ikinci cisimde kalır.

Önceki örnekte olduğu gibi, ipe asılmış yüksüz bir cam çubuğa yüklü başka bir cam çubuk dokundurulup daha sonra ayrılırsa, her iki çubuk da pozitif yüklü hâle gelir. Bu çubuklardan birini diğerine yaklaştırdığımızda, birbirlerini ittiklerini gözlemleriz.

Cisimlerin Elektriksel Etki (İndüksiyon) ile Elektriklenmesi

Eğer yalıtkan ayaklar üzerine yerleştirilmiş ve birbirine temas eden iki metal küreye, örneğin pozitif yüklü bir cisim yaklaştırılırsa, serbest elektronlar çekici elektrostatik kuvvetin etkisiyle pozitif yüklü cisme doğru hareket eder.

Böylece cisme daha yakın olan metal kürede elektron fazlalığı, daha uzakta olan metal kürede ise elektron eksikliği oluşur. Yüklü cisim ilk kürenin yakınında tutulurken birbirine temas eden metal küreler hafifçe ayrılırsa, birinci küre negatif, ikinci küre ise pozitif yüklenmiş olur. Bu elektriklenme yöntemi yalnızca metallerde gerçekleşebilir ve elektriksel etki (indüksiyon) ya da elektriksel indüksiyon ile elektriklenme olarak adlandırılır.



Şekil 5. Elektriksel etki (indüksiyon) ile elektriklenme. a) Birinci küreye pozitif yüklü bir cisim yaklaştırıldığında, cisimlerde yük ayrışması meydana gelir. b) Küreler birbirinden ayrıldığında, cisimler eşit büyüklükte fakat zıt işaretli yüklerle yüklü kalır.



ETKİNLİKLER

1. Elektroskobun İki Yöntemle Elektriklenmesi

Cam bir çubuğu yünlü bir kumaşla sürt ve yüksüz bir elektroskobun başlığına dokundur. Ne gözlemliyorsun? Elektroskop hangi yükle yüklenmiştir? Elektroskobu parmağınla dokunarak nötrleştir. Şimdi elektroskobu elektriksel etki (indüksiyon) ile yükendir. Yeniden yünlü bir kumaşla sürttüğün cam çubuğu elektroskobun başlığına yaklaştı. Yaprakların açıldığını göreceksin. Bu olayı açıklayınız. Elektroskobun negatif yükleri hangi bölümünde toplanmıştır, hangi bölümünde ise negatif yük eksikliği oluşmuştur? Çubuk başlığın yakınındayken elektroskobun başlığına parmağınla dokun. Bu şekilde negatif yükler Dünya'ya aktarılır. Parmağını ve cam çubuğu uzaklaştır. Elektroskop şimdi nasıl yüklenmiştir?

İLERİ DÜZEY 5+

İki yüklü noktasal cisim vakumda bulunduğunda, aralarındaki etkileşim kuvveti bu cisimlerin yüklerine ve aralarındaki uzaklığa bağlıdır. Yükler arasında etki eden bu kuvvete Coulomb kuvveti (Kulon kuvveti) denir ve büyüklüğü aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

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

Burada F, cisimlerin birbirlerine uyguladıkları kuvveti; q_1 ve q_2 , yüklerin büyüklüklerini; r ise iki yük arasındaki uzaklığı göstermektedir. k ile gösterilen büyüklük, orantı sabitidir ve vakum için değeri:

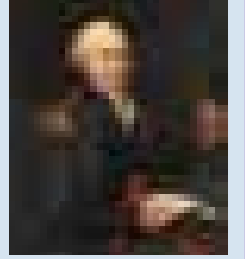
$= 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}^2}$ olarak alınır. Her kuvvet iki cisim arasındaki karşılıklı etkileşimin sonucu olduğundan, Coulomb(Kulon) kuvvetinin her iki yük üzerinde de etki ettiği sonucuna varabiliriz.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

KULON (Charles-Augustin de Coulomb 1736–1806)

Coulomb(Kulon), elektrostatik alanının temellerini atan çalışmalarıyla tanınan Fransız mühendis ve fizikçidir. Geliştirdiği ünlü burulma terazisi (torsiyon terazisi) sayesinde, elektrikle yüklü cisimler arasındaki etkileşim kuvvetinin hangi büyüklüklere bağlı olduğunu ilk kez belirlemeyi başarmıştır. Yaptığı ölçümlere dayanarak Coulomb(Kulon) Yasası'nı formüle etmiştir. Bu yasaya göre, iki yüklü cisim arasındaki kuvvet; yüklerinin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.

Bu yasa, tüm elektrostatik olayların anlaşılmasında temel bir öneme sahiptir. Çalışmalarına duyulan saygı nedeniyle, elektrik yükünün SI birim sistemindeki temel birimi kulon (C) olarak adlandırılmıştır.



📢 İLGİNÇ BİLGİLER

Elektroskop, 400 yıldan daha uzun bir süre önce geliştirilmiş olmasına rağmen günümüzde hâlâ aynı çalışma prensibiyle kullanılmaktadır.

📝 SORULAR VE ÖDEVLER

1. Elektroskoptaki metal yapraklar, bir yük yaklaştırıldığında neden birbirinden ayrılır?
2. Bilinmeyen bir cismin pozitif mi yoksa negatif mi yüklü olduğunu nasıl belirleyebilirsin?
3. İki metal küre temas hâlinde. Birinci küreye pozitif yüklü bir cisim yaklaştırılıp daha sonra küreler ayrılır. Ayrıldıktan sonra iki kürenin yüklerini açıklayınız.
4. Elektrometre ile elektroskop arasındaki farkı açıklayınız.
5. Cisimler hangi üç yolla elektrikleenebilir?

💡 HATIRLAYINIZ

- Yüklü cisim, elektron fazlalığına veya elektron eksikliğine sahip olan cisimdir.
- Aynı işaretli yükler birbirini iter, zıt işaretli yükler ise birbirini çeker.
- Elektroskop, bir cismin elektrikle yüklü olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir araçtır.
- Cisimler sürtünme, dokunma ve elektriksel etki (indüksiyon) yoluyla elektrikleenebilir.

3.3. ELEKTRİK ALANI

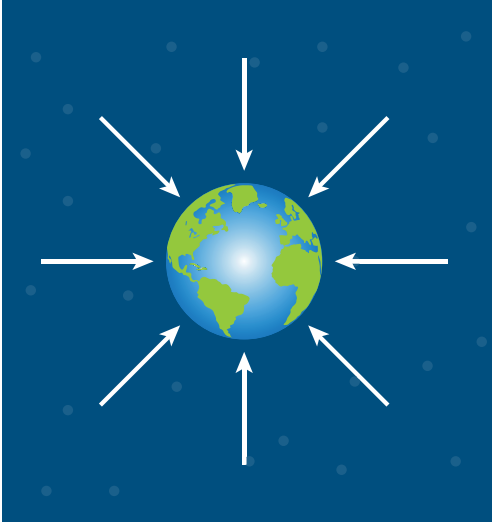
KAVRAMLAR

Elektrik alanı

Elektrostatik Kuvvet

elektrik alan kuvvet çizgileri

Bir yükün belirli bir noktada bulunması, o yükün çevresindeki ortamı veya uzayı değiştirir. Her ne kadar bunu duyularımızla doğrudan algılayamasak da, deneyler ve araştırmalar sayesinde belirli bir elektrik yükünün çevresindeki uzayda neler meydana geldiğini ortaya koyabiliriz



Şekil 1. Dünya'nın yerçekimi kuvvetinin yönü ve etki alanı.

Karşılaştırma yaparak daha önce karşılaştığınız bir olayı ele alabiliriz. Dünya'nın yakınında bulunan her cisme, dikey olarak aşağı yönelmiş bir yerçekimi kuvveti etki eder. Dünya olmasaydı bu kuvvet de var olmazdı.

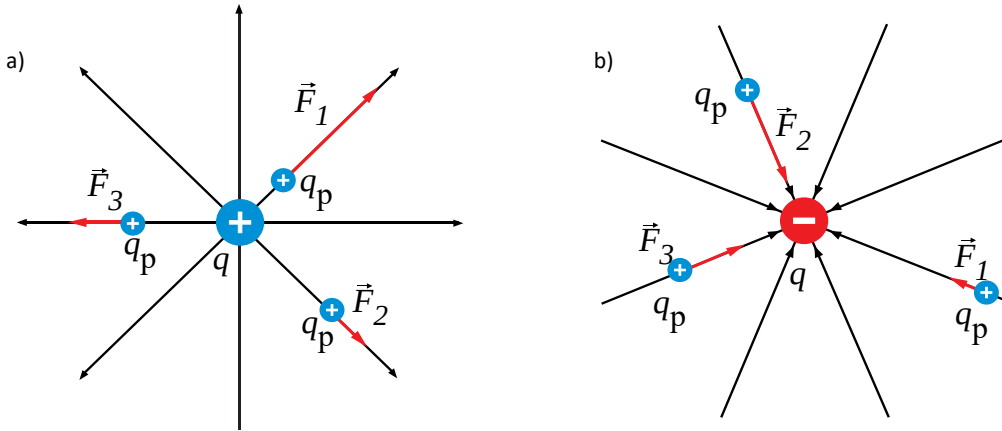
Dünya'nın çevresindeki uzay, yıldızların ve gezegenlerin bulunmadığı uzay bölgelerinden farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle Dünya'nın çevresinde bir yerçekimi alanı bulunduğunu söyleriz (Şekil 1). Dünya'nın yerçekimi alanı nedeniyle cisimler onun yüzeyine doğru çekilir.

Kütlesi olan her cismin çevresinde bir yerçekimi alanı bulunmasına rağmen, Dünya'nın yakınında en etkili olan yerçekimi alanı Dünya'nınkindir.

Şekil 1'de, Dünya'nın yerçekimi alanında bulunan bir cisme etki eden yerçekimi kuvvetinin yönü gösterilmiştir. Çizilen vektörler Dünya'nın merkezine doğru, yani radyal yönde yönelmiştir (vektörler Dünya yüzeyine diktir). Dünya'nın çevresinde yerçekimi alanının oluşmasına benzer şekilde, her yükün veya yüklü cismin çevresindeki uzay da değişir; yani bu bölgede bir elektrik alanı bulunduğunu söyleriz. Elektrik alanını incelemek için deneme yükü kullanılır. Deneme yükü, anlaşma gereği pozitif kabul edilen noktasal bir yüküdür. Elektrik alanın bulunduğu bölgeye deneme yükü getirildiğinde, bu yüke elektrostatik kuvvet etki eder. Eğer deneme yükünün getirildiği bölgede elektrik alan yoksa, üzerine elektrostatik kuvvet de etki etmez. Pozitif yüklü bir cismin yanına pozitif bir deneme yükü getirildiğinde, deneme yüküne itici bir elektrostatik kuvvet etki eder ve yük cisimden uzaklaşma eğilimi gösterir. Buna karşılık, negatif yüklü bir cismin yanına pozitif bir deneme yükü getirildiğinde, deneme yüküne çekici bir elektrostatik kuvvet etki eder ve yük negatif yüklü cisme doğru çekilir. Şekil 2a'da, pozitif yüklü bir cismin yakınına getirilen bir deneme yükü (q_p) gösterilmektedir. Şekil 2b'de ise aynı deneme yükünün negatif yüklü bir cismin yakınına getirilişi gösterilmektedir.

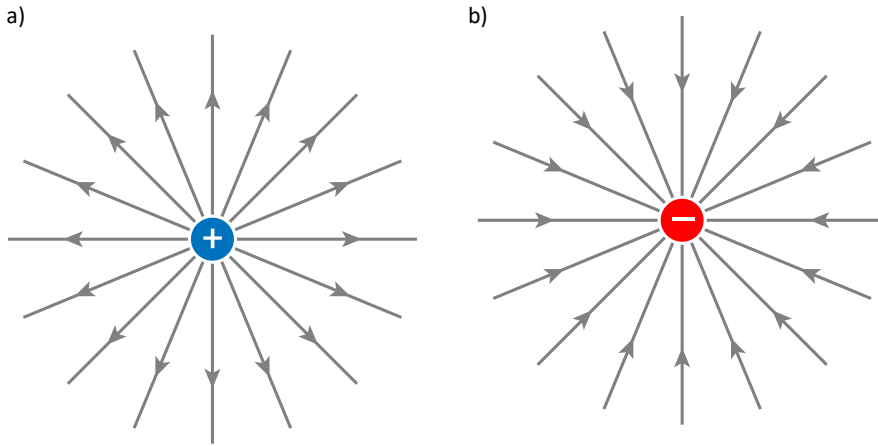
Şekilde, yüke etki eden kuvvetlerin doğrultusu ve yönü de gösterilmiştir.

Her iki durumda da deneme yüküne etki eden elektrostatik kuvvetler, Dünya yüzeyinin yakınındaki bir cisme etki eden yerçekimi kuvvetleri gibi radyal doğrultudadır.



Şekil 2. Bir deneme yüküne etki eden elektrostatik kuvvetin doğrultusu ve yönü; cismin yükü a) pozitif ise, b) negatif ise.

Elektrostatik alanı tanımlamak için elektrik alan çizgileri kullanılır. Bunlar, deneme yüküne etki eden elektrik kuvvetinin doğrultu ve yönünü gösteren hayali çizgilerdir. Buna göre elektrik alan çizgileri, cisimden radyal doğrultularda uzanır; pozitif yükün yüzeyinden çıkar ve negatif yükün yüzeyinde son bulur, Şekil 3'te gösterildiği gibi.



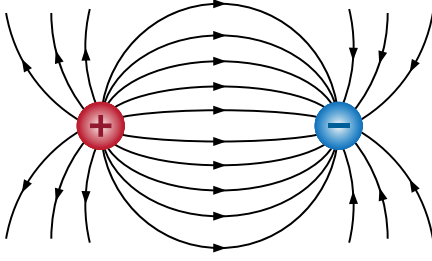
Şekil 3. Elektrik alan çizgileri:
a) Pozitif yükte b) Negatif yükte.

Elektrik alan çizgileri açık çizgilerdir ve düz ya da eğri olabilirler.

Çizgilerin yoğunluğundan elektrik alanın hangi bölgede daha güçlü olduğu belirlenebilir. Çizgilerin yoğunluğunun fazla olması, alan şiddetinin de büyük olduğu anlamına gelir. Uzayın belirli bir

bölgesinde, birim yüzeyden geçen alan çizgilerinin sayısı elektrik alanın şiddetini belirler.

Şekil 4'te, birbirine yakın konumlandırılmış iki yükten oluşan bir sistemin alan çizgileri gösterilmektedir. Alan çizgilerinin pozitif yükten negatif yüke doğru yöneldiği ve eğri çizgiler oluşturduğu görülebilir. Yüklerin yakınında elektrik alanın şiddeti en büyüktür (çünkü uzayın birim yüzeyinden geçen alan çizgilerinin sayısı burada en fazladır). Yüklerden uzaklaştıkça elektrik alanın şiddeti azalır.



Şekil 4. Zıt işaretli iki yükten oluşan bir sistemin elektrik alan çizgileri.

Noktasal bir yükün çevresindeki elektrik alan homojen değildir, yani yükün çevresindeki her noktada aynı şiddete sahip değildir.

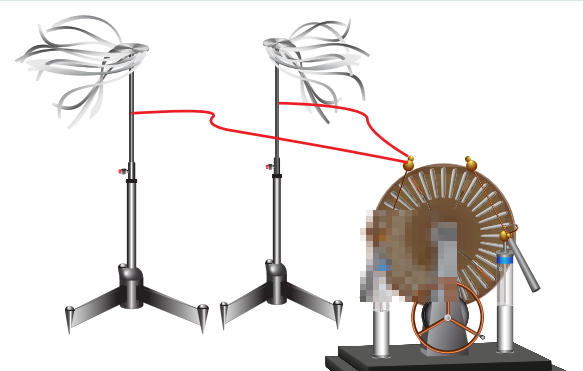
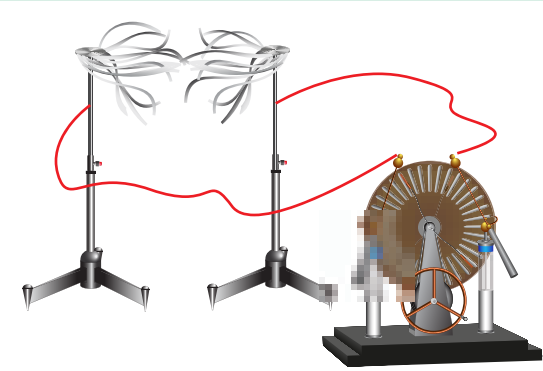
Yüke daha yakın bölgelerde elektrik alanın şiddeti daha büyüktür. Yükten uzaklaştıkça alanın şiddeti azalır.



ETKİNLİKLER

1. Elektrik Alan Çizgilerinin İncelenmesi

İki kâğıt püskülü yalıtkan bir taban üzerine yerleştiriniz. Püskülün metal küresi yüklü değilken kâğıt şeritlerin durumunu gözlemleyiniz. Daha sonra, her iki püskülün metal kürelerini elektrostatik makinenin veya okulda varsa Van de Graaff jeneratörünün uçlarına bağlayınız. İki püskül zıt işaretli yüklerle yüklendiğinde kâğıt şeritlerin nasıl konumlandığını gözlemleyiniz. Kâğıt şeritler yerine püsküller, örneğin yün gibi tekstil malzemelerinden de yapılabilir. Daha sonra her iki püskülü elektrostatik makinenin aynı kutbuna bağlayınız. İki püskül aynı işaretli yüklerle yüklendiğinde kâğıt şeritlerin nasıl konumlandığını gözlemleyiniz.



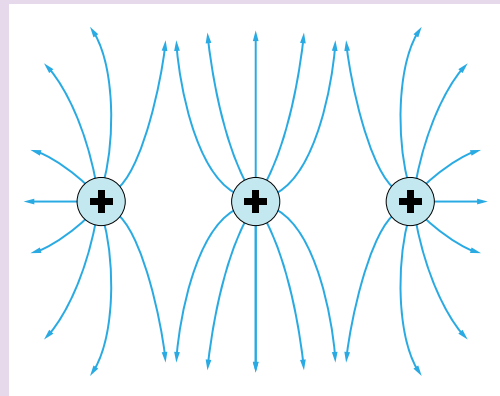
ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Doğru üzerinde yerleştirilmiş üç pozitif noktasal yükten oluşan bir sistemin elektrik alan çizgilerini çiziniz.

Çözüm: Tüm yükler pozitif yüklü olduğundan, elektrik alan çizgileri bu yüklerden dışarıya doğru çıkmalıdır.

Ayrıca, bu sistemin yakınında negatif yük bulunmadığını kabul ettiğimiz için, bu çizgiler sonsuza doğru uzanmalıdır.

Bunun yanında, şekilde gösterildiği gibi, alan çizgilerinin birbirini kesmediğini de unutmamalısınız.



Elektrik alan çizgileri uzayda gerçekten var olan çizgiler değildir; bunlar, elektrik alanı göstermemize yardımcı olan bir modeldir. Ancak elektrik alan çizgilerini, örneğin yüklü püsküllerle yapılan etkinlikte olduğu gibi, görselleştirebiliriz.



ETKİNLİKLER

2. Etkileşimli Bir İnternet Sayfası Kullanarak Elektrik Alanının Şiddetinin İncelenmesi

Charges and Fields (Polneji i Polinja) Simülasyonu“Yükler ve Alanlar” simülasyonunu açınız.

Bir adet pozitif noktasal yük yerleştiriniz ve alan çizgilerini gösteriniz. Elektrik alan çizgilerinin doğrultu ve yönlerini gözlemleyiniz. Daha sonra ikinci bir pozitif yük ekleyiniz ve elektrik alan çizgilerinin nasıl değiştiğini inceleyiniz. İki yükün arasına bir negatif yük yerleştiriniz ve üçüncü yükün eklenmesiyle alanın nasıl değiştiğini açıklayınız. Yaklaşık olarak homojen bir alan oluşturacak bir düzen kurmaya çalışınız. Farklı büyüklüklere sahip yüklerden oluşan sistemlerin elektrik alanlarını oluşturunuz ve inceleyiniz.

İLERİ DÜZEY 5+

Bir noktadaki elektrik alan şiddeti (E), birim deneme yüküne (q_p) etki eden F kuvvetine eşittir. Buna göre elektr alan şiddeti aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

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

Elektrik alan şiddetinin birimi newton bölü coulomb (N/C)'dur. Son denklemde, vakumda bulunan iki yük arasındaki etkileşmeyi veren Coulomb kuvveti denklemi yerine yazılırsa, q yükünün r uzaklığında oluşturduğu elektrik alanın şiddeti için aşağıdaki ifade elde edilir:

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

Elektrik alanını tanımlamanın bir başka yolu da elektrik potansiyelidir.

Bir noktadaki potansiyel, alanı oluşturan yükten r uzaklığında bulunan birim deneme yükünün ne kadar potansiyel enerjiye sahip olduğunu gösterir. Buna göre, deneme yükünün sahip olduğu potansiyel enerji için aşağıdaki ifade yazılabilir:

$$E_p = q_p \cdot \varphi$$

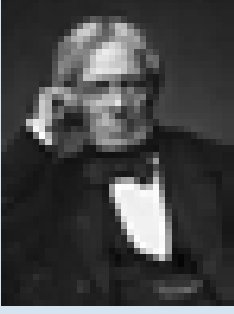
q yükünün, kendisinden r uzaklıktaki bir noktada oluşturduğu elektrik potansiyeli aşağıdaki formülle hesaplanır:

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

Elektrik potansiyelinin birimi 1 joule bölü coulomb (1 J/C)'dur. Büyük İtalyan fizikçi Alessandro Volta'nın onuruna bu birime volt adı verilmiştir: $1 \frac{J}{C} = 1V$. Her iki denklemde de k , orantı sabitini göstermektedir ve vakum için değeri: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$. Elektrik alan şiddeti ve elektrik potansiyeli, bir yükün oluşturduğu elektrik alanı tanımlamanın iki farklı fakat birbiriyle ilişkili yoludur.

Elektrik alan şiddeti, kuvvet gibi vektörel bir büyüklüktür; buna karşılık elektrik potansiyeli skaler bir büyüklüktür.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

**Michael Faraday 1791–1867)**

Michael Faraday, elektrik ve manyetizmanın gelişimine büyük katkılar sağlamış İngiliz bir fizikçi ve kimyacıydı. Yoksul bir aileden geliyordu ve resmî bir yükseköğrenim almamıştı; ancak büyük merakı ve azmi sayesinde bilim tarihinin en büyük deneycilerinden biri hâline geldi. Elektrik ve manyetik olayları sistemli olarak ilk inceleyenlerden biri olmuş ve bu iki olgunun birbiriyle yakından ilişkili olduğunu göstermiştir. Faraday, yüklerin ve mıknatısların çevresindeki uzayda kuvvetlerin nasıl etki ettiğini açıklamak için alan kavramını ortaya koymuştur. Kuvvetlerin uzaktan “gizemli” bir şekilde etki ettiğini düşünmek yerine, küçük bir deneme yüküne veya bir mıknatısa kuvvetin etki edeceği doğrultuları gösteren alan çizgilerini tasarlamıştır. Günümüzde bu kavram, elektrik biliminin temelini oluşturur. Elektrik motorları, transformatörler ve jeneratörler gibi birçok cihaz, Faraday'ın deneysel olarak keşfettiği yasalara dayanmaktadır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Fabrika bacalarındaki elektrostatik filtreler, yüklü toz ve duman parçacıklarını “yakalamak” için güçlü elektrik alanları oluştururlar.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. İki yük arasındaki temassız etkileşim nasıl gerçekleşir?
2. Elektrik alan çizgileri neyi temsil eder?
3. Elektrik alan çizgilerinin pozitif yükten çıktığını ve negatif yüke girdiğini neden kabul ettiğimizi açıklayınız.
4. Elektrik alan çizgilerini kullanarak alanın şiddetini nasıl belirleriz?
5. Üç noktasal yük aynı doğru üzerinde yerleştirilmiştir. Soldan sağa doğru yükler şöyledir:

$$q_1 = +q, q_2 = +q, q_3 = -q.$$

a) Bu yük sisteminin elektrik alan çizgilerini çiziniz.

b) Uzayın hangi bölgesinde elektrik alanın şiddeti en büyüktür?



HATIRLAYINIZ

- Her yüklü cisim, çevresindeki uzayda bir elektrik alanı oluşturur.
- Elektrik alan çizgileri, deneme amaçlı pozitif bir yüke etki eden elektrik kuvvetinin yönünü gösteren hayali çizgilerdir.
- Eğer deneme yüküne elektrostatik kuvvet etki etmiyorsa, uzayın o bölgesinde elektrik alan yoktur.
- Alan çizgileri, pozitif yükün yüzeyinden çıkar ve negatif yükün yüzeyinde son bulur.
- Alan çizgileri ne kadar sık ise, uzayın o bölgesindeki elektrik alan o kadar güçlüdür.
- Noktasal bir yükün oluşturduğu elektrik alan homojen değildir.

3.4. ELEKTRİK AKIMI VE ELEKTRİK AKIMI KAYNAKLARI

KAVRAMLAR

serbest elektronlar

elektrik akımı

yönlü hareket

iletkenlik

doğru akım (DC akım)

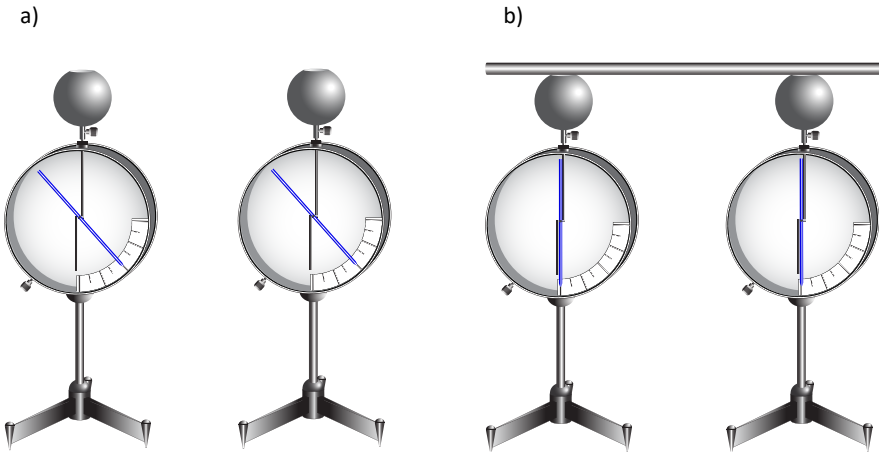
alternatif akım (AC akım)

elektrik devresi

elektrik akımının yönü

Günlük yaşamda sürekli olarak elektrik akımıyla karşılaşırız. Lambalar, buzdolapları ve bilgisayarlar gibi elektrikli cihazlar ve aletler, ancak elektrik şebekesine bağlandıklarında ve içlerinden akım geçtiğinde çalışabilirler. Elektrik akımının ne olduğunu anlayabilmek için, öncelikle elektrik yüklerini ve onların hareketlerini incelememiz gerekir.

Eğer iki elektrometre aynı miktarda elektrik yüküyle, fakat zıt işaretli olarak yüklenirse, ibreleri aynı sapmayı gösterir. Elektrometrelerden birinde elektron fazlalığı, diğesinde ise elektron eksikliği vardır.



Şekil 1. Elektrik akımının akışı

a) Elektrometreler, eşit miktarda ancak zıt işaretli yüklerle yüklenmiştir. İki elektrometre metal bir çubukla birbirine bağlanacaktır; ibreler sapma göstermektedir. b) Metal çubukla bağlandıktan sonra elektrometreler artık yüklü değildir.

İki elektrometrenin başlıkları bir metal çubukla birbirine bağlandığında, elektronlar fazla olan elektrometreden eksik olan elektrometreye doğru hareket eder. Bu elektron akışı sonucunda yükler birbirini dengeler.

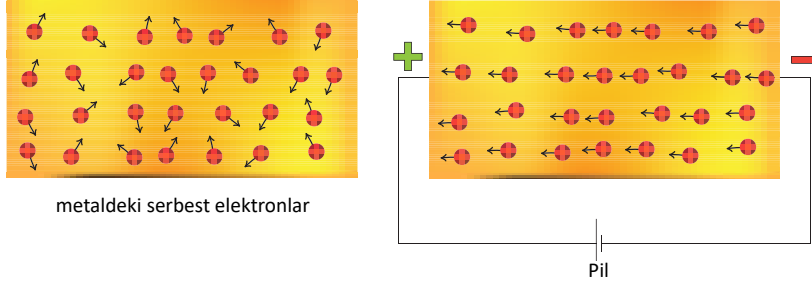
Böylece ibreler başlangıç konumlarına geri döner ve her iki elektrometre de elektrikselsel olarak nötr (yüksüz) hâle gelir.

Bu durum, elektrik yüklerinin metal içinde hareket ettiğini gösterir. Bu hareket, birinci elektrometrede artık elektron fazlalığı kalmadığında ve ikinci elektrometrede de elektron eksikliği giderildiğinde sona erer.

Böylece metal boyunca elektrik akımının geçtiği gösterilmiş olur.

Metallerde çok sayıda serbest elektron bulunur; yani bunlar herhangi bir atoma bağlı olmayan ve serbestçe hareket edebilen elektronlardır. Elektrometrelerin oluşturduğu elektrik alanlarının etkisi altında, metal çubuktaki serbest elektronlar elektron fazlalığı bulunan elektrometreden, elektron eksikliği bulunan elektrometreye doğru hareket etmeye başlar. Bu nedenle metallerden elektrik akımı geçebilir. Elektrik akımının geçebildiği maddelerin elektrikselsel iletkenlik özelliğine sahip olduğu söylenir.

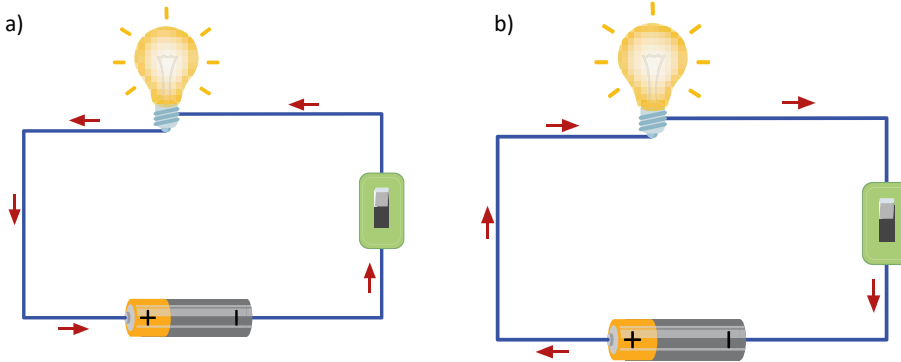
Metal bir cisim elektrik alanı içinde değilken, içindeki serbest elektronlar her yönde rastgele hareket ederler (buna düzensiz veya ısı hareketi denir). Metal bir elektrik alanının içine konulduğunda ise elektronlar belirli bir yönde hareket etmeye başlarlar, Şekil 2'de gösterildiği gibi. İşte metallerdeki elektronların bu **yönlü hareketi, elektrik akımının oluşmasını sağlar**.



Şekil 2. a) Metaldeki serbest elektronların rastgele (düzensiz) hareketi.
b) Pilin oluşturduğu elektrik alanının etkisi altında serbest elektronların yönlü hareketi.

Elektrik Devresi ve Elektrik Akımının Yönü

En **basit elektrik devresi** (Şekil 3), bir elektrik kaynağından (örneğin pil), elektrik yüklerinin hareket ettiği metal iletken tellerden, devredeki akımı açıp kapatan bir anahtardan ve elektrik enerjisi tüketen bir alıcıdan (ampul, motor veya LED diyot gibi) oluşur. Metallerde yönlü hareket eden yük taşıyıcıları serbest elektronlar olduğundan, böyle bir devrede elektronlar kaynağın negatif kutbundan pozitif kutbuna doğru hareket ederler. Ancak elektrik akımının araştırılmaya başlandığı ilk dönemlerde, yönlü hareket eden yük taşıyıcıları hakkında çok az şey biliniyordu.



Şekil 3. Basit bir elektrik devresi
a) Oklarla, elektronların yönlü hareketi gösterilmiştir.
b) Oklarla, geleneksel akım yönü (teknik akım yönü) gösterilmiştir.

İlk varsayım, pozitif yüklerin maddelerin içinde yönlü olarak hareket ettiği şeklindedir.

Günümüzde bunun birçok durumda doğru olmadığını bilmemize rağmen, elektrik devrelerinde akımın incelenmesinde **akımın yönü** pilin pozitif kutbundan negatif kutbuna doğrudur kabul edilir. Bu yöne **akımın kabul edilen yönü veya teknik akım yönü** denir ve pozitif yüklerin hareket yönüne karşılık gelir.

Elektrik akımının bir devrede akabilmesi için birkaç şartın yerine getirilmesi gerekir. Öncelikle, elektrik devresi kapalı olmalı, yani devrede herhangi bir kesinti bulunmamalıdır. Ayrıca, akımın geçtiği maddelerde serbest yükler bulunmalıdır. Son olarak, uçları arasında sürekli bir elektrik alanı oluşturan bir elektrik kaynağı bulunmalıdır. Elektrik akımı yalnızca katı maddelerden geçmez. Akımın geçtiği iletken ortam sıvı veya gaz hâlinde de olabilir. Metal teller, elektrik akımının geçtiği katı hâlde iletken maddelere örnektir. Tuz, asit ve baz çözeltileri ise elektrik iletkenliğine sahip sıvı maddelere örnektir. Belirli koşullar altında gazlardan da elektrik akımı geçebilir. Havadaki elektrik boşalması veya şimşek/yıldırım olayı, gaz ortamında akımın geçmesine örnektir.

Doğru Akım ve Alternatif Akım

Kaynağın elektrik alanını oluşturma şekline bağlı olarak doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) olmak üzere iki tür akım vardır.

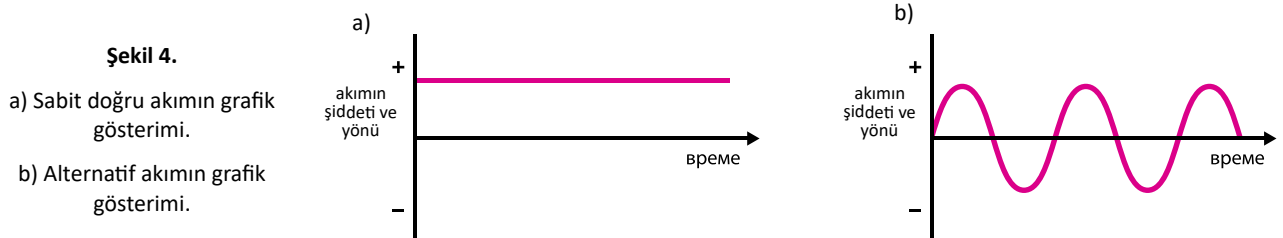
Doğru akım, devreye bir pil bağlandığında oluşur. Elektrik yükleri sürekli olarak aynı yönde hareket eder. Eğer doğru akımın şiddeti zamanla değişmiyorsa, buna sabit akım denir. Alternatif akım ise, bir alıcı elektrik şebekesine bağlandığında elde edilir. Bu akımın hem şiddeti hem de yönü belirli aralıklarla değişir.

Elektrik santralleri alternatif akım üretirken, piller ve güneş panelleri doğru akım sağlar.

Bir kaynağın hangi tür akım üreteceği; mekanik, ısı, ışık veya kimyasal enerji gibi enerji türlerinin elektrik enerjisine nasıl dönüştürüldüğüne bağlıdır. Elektrik enerjisi kullanan cihazlar genellikle iki gruba ayrılır:

- Doğru akımla çalışan cihazlar: LED lambalar, elektrikli scooterlar ve elektrikli otomobiller.
- Alternatif akımla çalışan cihazlar: Buzdolapları ve elektrikli su ısıtıcıları (termosifon/bojler).

Bunun yanında, şebekeden gelen alternatif akımı kullanıp içeride doğru akıma dönüştüren birçok cihaz da vardır. Bilgisayarlar buna örnektir.



İLGİLİ BİLGİLER

Ampul, elektronların hızı saniyede yalnızca birkaç milimetre ile birkaç santimetre arasında olmasına rağmen, neredeyse anında yanar. Bunun nedeni, iletkenlerde elektrik alanının çok hızlı bir şekilde oluşmasıdır.



ETKİNLİKLER

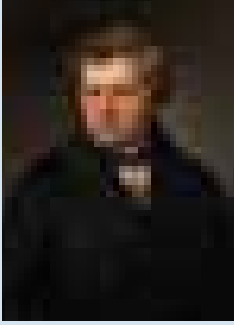
1. Akımın Şiddetini ve Akımın Yönünü İnteraktif Bir İnternet Sayfası Yardımıyla İnceleme

“AC Devre Kurma Seti – Sanal Laboratuvar” (Circuit Construction Kit: AC - Virtual Lab) simülasyonunu açınız. Kablolar yardımıyla bir alıcıyı (ampulü) bir doğru akım kaynağına (pile) bağlayınız. Ampul yanıyor mu? Uygulamanın sağ köşesinden akımın görünmesini sağlayınız. Daha sonra bir durumda elektronların hareketini gözlemleyiniz (“electrons” seçeneğini seçiniz), diğer durumda ise akımın kabul edilen yönünü gözlemleyiniz (“conventional” seçeneğini seçiniz). Ne gözlemliyorsunuz?

Elektrik devresinde elektronların hareket yönü nasıldır? Akımın kabul edilen yönü (teknik akım yönü) nasıldır?



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Ohm (Georg Ohm 1789–1854)

Georg Simon Ohm, elektrik olaylarının anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuş Alman bir fizikçidir. Ohm, elektrik akımının farklı iletkenler boyunca akışını dikkatle incelemiş ve iletkendeki elektrik alanın (gerilim düşümü ile ifade edilen), akım şiddeti ile elektrik direnci arasındaki matematiksel ilişkiyi ilk kez deneysel olarak ortaya koymuştur. Bu ilişki günümüzde Ohm Yasası olarak bilinmektedir. Onun keşifleri sayesinde elektrik devreleri ve elektrikli cihazlar doğru bir şekilde tasarlanabilmektedir. Kendisinin anısına, elektrik direncinin SI birimi olan ohm (Ω) onun adıyla adlandırılmıştır.

İLERİ DÜZEY 5+

Elektrik akımının şiddeti (I), bir iletkenin enine kesitinden belirli bir zaman aralığında (t) geçen elektrik yükü miktarının (q) zamana oranıdır. Elektrik akımının şiddeti şu formülle hesaplanır:

$$I = \frac{q}{t}$$



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Elektrik akımı nedir?
2. Elektronların ısı (rastgele) hareketi ile yönlü hareketi arasındaki fark nedir?
3. Elektrik akımının yönü olarak hangi yönü kabul ederiz?
4. Doğru akımla çalışan iki, alternatif akımla çalışan iki cihaz örneği veriniz.
5. Gazlar içinde elektrik akımının geçmesine iki örnek veriniz.



HATIRLAYINIZ

- Elektrik alanı olmadığında, iletkendeki yükler rastgele (düzensiz) hareket eder.
- İletkenin uçları arasında bir elektrik alan oluşturulduğunda, yükler yönlü olarak hareket eder.
- Elektrik devresinde elektronlar, kaynağın negatif kutbundan pozitif kutbuna doğru hareket eder.
- Akımın teknik (kabul edilen) yönü, anlaşma gereği pozitif kutuptan negatif kutba doğru olan yöndür.
- Elektrik akımı doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) olabilir.

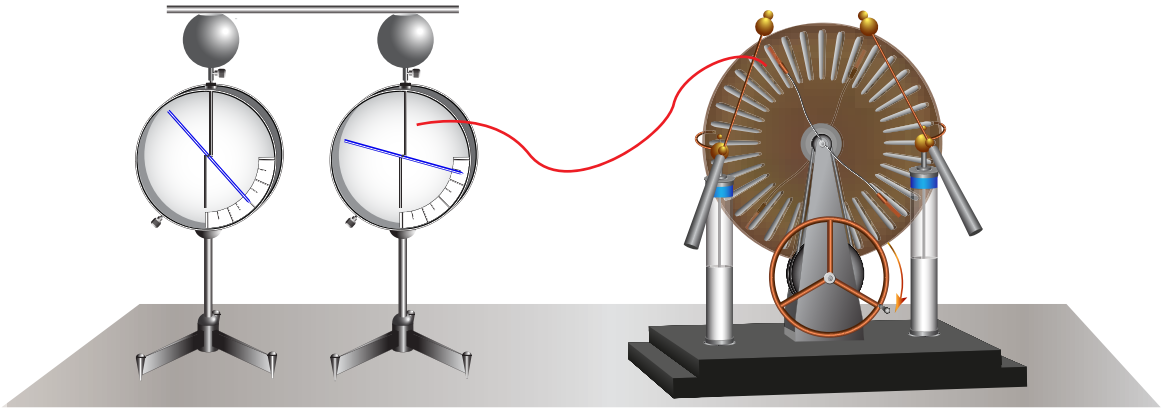
3.5. ELEKTRİK AKIMI KAYNAKLAR

KAVRAMLAR

elektrik kaynağı

galvanik pil

Bir önceki derste, **zıt işaretlerle yüklü elektrometreler birbirine bağlandığında metal bir çubuk üzerinden elektrik akımının geçtiğini** incelemiştik. Ancak bu akım çok kısa süreliydi. Bunu, elektrometrenin ibresinin hemen yüksüz olduğunu gösteren konuma dönmelerinden anlayabiliriz. Bir elektrometredeki fazla negatif yükler (elektronlar), metal çubuk üzerinden hızla diğer elektrometreye geçmiştir. Yükler yeniden dağıldıktan sonra iletken artık **elektrik alanı kalmaz** ve bu nedenle akımın akışı durur. Metal çubuğun bir ucunda fazla yük bulunmazsa, elektrik alanını oluşturacak bir etki de olmaz. İletken bir elektrik alan bulunduğu anda ise bu alan, yüklerin iletkenin bir ucundan diğer ucuna doğru hareket etmesini sağlar.



Şekil 1. İnflüans makinesi ile sürekli bir elektrik alanının oluşturulması.

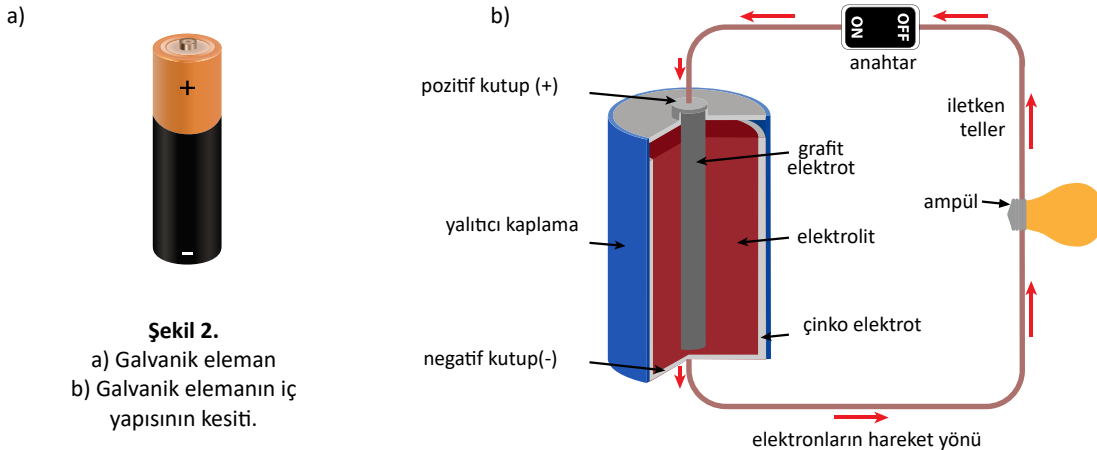
Elektrik akımının iletken akmaya devam edebilmesi için elektrik alanının sürekli olarak korunması gerekir. Bunu sağlamanın bir yolu, elektrometrelerden birine sürekli elektrik yükü taşımaktır. Örneğin, elektrometrelerden biri bir inflüans makinesinin ucuna bağlanabilir. Makinenin kolu çevrildiğinde oluşan elektronlar iletken üzerinden diğer elektrometreye aktarılır ve akım sürekli olarak akar. Böylece mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülmüş olur. İnflüans makinesi yalnızca elektrik alanı ve akımın oluşumunu göstermek için kullanılır; ancak pratik bir elektrik akımı kaynağı değildir. Gerçekte, akımın sürekli olarak akmasını sağlamak için kimyasal enerjinin depolandığı cihazlar kullanılır. Bu cihazlar devreye bağlandığında akımın sürekli akmasını sağlar. Bu tür cihazlara **elektrik kaynağı** veya **elektrik akımı kaynağı** denir. Her elektrik kaynağında bir enerji türü elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu dönüşüm;

- mekanik enerjiden elektrik enerjisine,
- ısı enerjisinden elektrik enerjisine,
- ışık enerjisinden elektrik enerjisine,
- kimyasal enerjiden elektrik enerjisine ve benzeri şekillerde gerçekleşebilir.

Galvanik eleman

Piller günlük yaşamımızın bir parçasıdır. Uzaktan kumandalarda, bilgisayar farelerinde, duvar saatlerinde, birçok çocuk oyuncağında, cep telefonlarında, bilgisayarlarda, elektrikli scooterlarda, elektrikli otomobillerde, robotlarda ve daha birçok cihazda bulunurlar. Doğada yalnızca birkaç elektrik akımı kaynağı vardır. Bunlara örnek olarak şimşek ve elektrikli yılan balığı gibi bazı su canlıları verilebilir. Ancak bu kaynaklar insanlar için erişilmesi zor, kısa süreli ve kullanışsızdır. Bu nedenle insanlar tarafından üretilen elektrik akımı kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur. İlk başarılı çalışmalar, 18. yüzyılın ikinci yarısında iki İtalyan bilim insanı olan Luigi Galvani ve Alessandro Volta tarafından gerçekleştirilmiştir. Zamanla doğru akım kaynakları geliştirilmiş olsa da temel prensip değişmemiştir: kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi. Bu tür kaynaklara genel olarak galvanik elemanlar veya kimyasal akım kaynakları denir. Galvanik eleman, kimyasal enerjinin kendiliğinden elektrik enerjisine dönüştüğü bir düzendir. Başka bir ifadeyle, farklı maddeler arasında gerçekleşen kontrollü kimyasal tepkimeler sayesinde çalışan bir elektrik akımı kaynağıdır. Şekil 2'de, genellikle silindirik yapıda olan bir galvanik eleman (elektrokimyasal hücre) gösterilmektedir. Galvanik eleman, doğru akım kaynağı olarak görev yapan ve içinde kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesine olanak sağlayan bir düzendir. **Galvanik elemanın** iki kutbu vardır: **Pozitif kutup** ve **Negatif kutup**. En yaygın kullanılan galvanik elemanlarda dıştaki metal kap çinkodan yapılmıştır ve negatif elektrot görevini görür. Pilin ortasında ise karbon (grafit) çubuk bulunur ve bu çubuk pozitif elektrot olarak görev yapar. İki elektrot arasında, iyonların hareket etmesini sağlayan bir elektrolit bulunur. Bu parçalar birlikte çalışarak, elektrotların doğrudan temas etmeden kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesini sağlar.

Her galvanik elemanın dış yüzeyi ayrıca bir yalıtkan malzeme ile kaplanmıştır. Galvanik eleman elektrik devresine bağlandığında, elektrolitte kimyasal reaksiyonlar başlar. Bu reaksiyonlar sırasında **çinko (negatif elektrot) elektron verir (serbest bırakır)**.



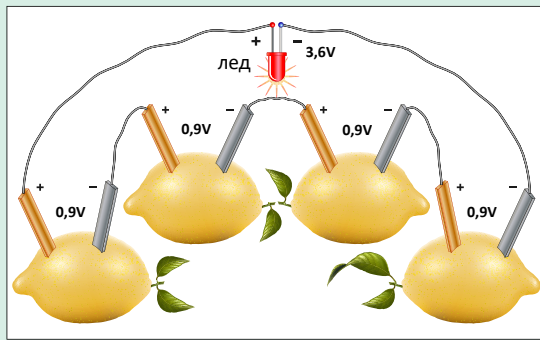
Şekil 2.
a) Galvanik eleman
b) Galvanik elemanın iç yapısının kesiti.

Bu elektronlar pilin iç kısmından geçemezler. Bu nedenle devre üzerinden, yani negatif kutuptan pozitif kutba doğru hareket ederler ve bu sırada devreye bağlı olan alıcıya (tüketiciye) enerji taşırlar. Aynı zamanda elektrolit, iyonların (elektronlarını kaybetmiş atomların) pil içinde hareket etmesini sağlar. Böylece devre tamamlanır ve galvanik elemanın içinde elektrik akımının kesintisiz olarak akması mümkün olur. Bu şekilde galvanik eleman, elektrolitteki atomlardan elektronların ayrılmasını sağlayacak yeterli kimyasal enerji bulunduğu sürece sürekli bir elektron akışı oluşturur.

Galvanik elemandaki kimyasal enerji tükendiğinde ise, **galvanik elemanın boşaldığı (bittiği) söylenir.**



ETKİNLİKLER



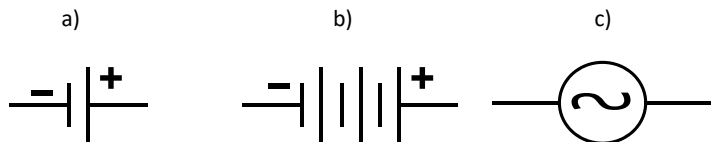
1. Gruplara ayrılınız. Her grupta farklı renklerde birkaç LED lamba, 4 adet limon, 4 adet bakır levha, 4 adet çinko levha ve bağlantı kabloları bulunmaktadır. Bu malzemeleri kullanarak her grup bir pil, yani seri bağlı dört galvanik elemandan oluşan bir sistem oluşturmalıdır. Devrenin bağlantı şeması şekilde verilmiştir. Bu sistem bir elektrik akımı kaynağı oluşturur ve LED lamba yanar. Araştırınız: Bu şekilde oluşturulan devrede neden elektrik akımı oluşmaktadır? Devreye farklı sayılarda limon bağlayınız. Ampul (LED) hangi durumda en parlak şekilde yanmaktadır.

Galvanik Eleman ve Batarya(Pil)

İki veya daha fazla galvanik elemanın birbirine bağlanmasıyla oluşan akım kaynağına batarya denir. Bilimsel terminolojide kullandığımız kavramlarla günlük hayatta kullandığımız kavramların bazen aynı anlama gelmediğini fark etmişsinizdir. Örneğin, 1,5 V'luk tek bir galvanik eleman için günlük dilde yanlış olarak “pil” veya “batarya” ifadesi kullanılabilir. Şekil 3a'da, doğru akım kaynağı olarak kullanılan bir galvanik elemanın sembolü verilmiştir. Şekil 3b'de, seri bağlanmış iki veya daha fazla galvanik elemandan oluşan bir bataryanın sembolü verilmiştir. Şekil 3c'de ise bir alternatif akım kaynağının sembolü gösterilmiştir. Günümüzde batarya teknolojisi büyük bir hızla gelişmektedir. Birçok bilim insanı, elektrik enerjisini kimyasal enerji şeklinde büyük miktarlarda depolayabilen bataryalar geliştirmek için çalışmalar yürütmektedir. Bu tür bataryalara duyulan ihtiyaç, güneş enerjisinin elektrik üretiminde giderek daha fazla kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Güneş panelleri gün boyunca elektrik enerjisi üretir. Bu enerji, bataryalarda kimyasal enerji şeklinde depolanabilirse, gece saatlerinde de kullanılabilir.

Şekil 3.

- a) Galvanik elemanın gösterildiği sembol
b) Batarya sembolü c) Alternatif akım kaynağının sembolü



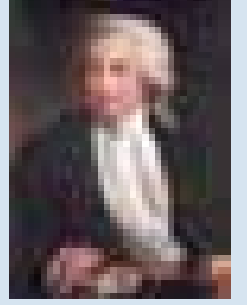
Ayrıca, çevreyi kirletmeyecek yeni batarya türlerinin üretimi için de araştırmalar yapılmaktadır. Günümüzde kullanılan bazı bataryalar zehirli maddeler içerdiğinden, bunların aşırı kullanılması ve uygun olmayan şekilde çöpe atılması insan sağlığı üzerinde zararlı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, bataryalar boşalmış olsalar bile hiçbir zaman sökülmemelidir. Kullanım ömürleri sona erdiğinde ise mutlaka bataryalar için ayrılmış özel toplama kutularında biriktirilmelidir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Luigi Galvani 1737–1798)

Galvani, elektrik akımının canlılar üzerindeki fizyolojik etkilerinin keşfedilmesinde önemli rol oynayan İtalyan bir doktor, anatomist ve doğa bilimcisiydi. Bolon'ya Üniversitesi'nde anatomi profesörü olarak çalışırken, kurbağaların kas ve sinirleri üzerinde deneyler yaptı. Metal cisimlerle temas ettirildiğinde kurbağa kaslarının kasıldığını gözlemledi. Galvani, canlı organizmalarda özel bir elektrik türünün bulunduğu sonucuna vardı ve buna “hayvansal elektrik” adını verdi. Sinir sisteminin elektrik sinyalleri ürettiğini ve ilettiğini düşünüyordu.

Daha sonra Alessandro Volta, bu deneylerde elektrik akımının kaynağını farklı bir şekilde açıklamış olsa da, Galvani'nin çalışmaları elektrofizyolojinin gelişmesinde belirleyici olmuştur. Elektrofizyoloji, canlı dokulardaki elektriksel olayları inceleyen bilim dalıdır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Tarihteki ilk elektrolitli galvanik elemanın, Antik Babil'de yapıldığı düşünülmektedir. “Bağdat Bataryası”, yaklaşık 2.000 yıllık bir arkeolojik eser olup, insan yapımı ilk elektrik akımı kaynağı olduğu kabul edilmektedir.

İLERİ DÜZEY 5+

Galvanik elemanda elektromotor kuvvet (EMK) oluşur. EMK, bir kaynağın elektrik yüklerini hareket ettirme yeteneğini karakterize eden fiziksel bir büyüklüktür. Bu büyüklük her galvanik elemanın üzerinde yazılıdır ve volt (V) cinsinden ifade edilir. Araştırmınız: Kaynağın elektromotor kuvveti (EMK) ile devredeki elektrik akımının şiddeti arasındaki ilişki nedir?

SORULAR VE ÖDEVLER

1. İki elektrometre arasında akan akım neden kısa sürelidir?
2. Elektrik devresinde neden bir elektrik akımı kaynağına ihtiyaç vardır?
3. Galvanik elemanda elektrolitin görevi nedir?
4. Galvanik eleman ile batarya arasındaki fark nedir?
5. Doğru akım kaynaklarına iki örnek veriniz.

HATIRLAYINIZ

- Elektrik akımı kaynağı, akımın devrede sürekli olarak akmasını sağlayan bir aygıttır.
- Galvanik eleman, kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü bir aygıttır.
- Galvanik eleman, doğru akım kaynağıdır.
- Batarya, iki veya daha fazla galvanik elemandan oluşan bir sistemdir.

3.6. İLETKENLER, YARI İLETKENLER VE YALITKANLAR

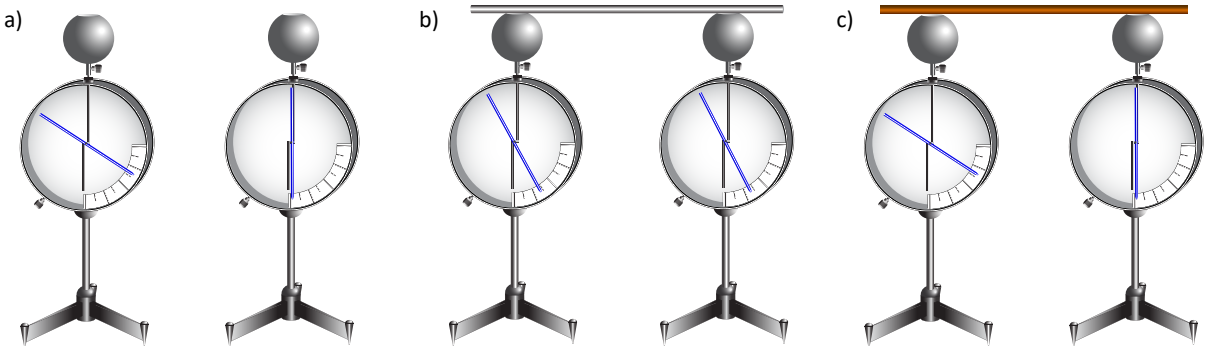
KAVRAMLAR

iletken

galvanik eleman

yalıtkan

Farklı maddeler, kimyasal bileşimlerine, iç yapılarına ve atomlar arasındaki bağlara bağlı olarak farklı fiziksel özelliklere sahiptir. Maddelerin en önemli özelliklerinden biri, elektrik yüklerini iletebilme yetenekleridir. Eğer bir elektrometreyi elektrikleştirip onu metal bir çubukla elektrikleşmemiş başka bir elektrometreye bağlarsak, birinci elektrometrenin ibresindeki sapmanın azaldığını, ikinci elektrometrenin ibresindeki sapmanın ise arttığını gözlemleriz. Bu durum Şekil 1'de gösterilmiştir. Eğer birinci elektrometre negatif yüklü ise, elektronların bir kısmı metal çubuk üzerinden ikinci elektrometreye geçer. Buna karşılık, birinci elektrometre pozitif yüklü ise, ikinci elektrometredeki serbest elektronların bir kısmı birinci elektrometreye geçer. Her iki durumda da metal içerisinde elektrik akımının geçtiğini söyleriz. Deneyi tekrar edip bu kez elektrometreleri metal çubuk yerine ahşap veya plastik bir çubukla bağlarsak, ikinci elektrometrenin elektrikleşmediğini görürüz. Bu da bu malzemelerden elektrik akımı geçmediği anlamına gelir.



Şekil 1.

- a) Elektriklenmiş ve elektriklenmemiş elektrometre.
b) Serbest elektronlar metal çubuk boyunca yönlü olarak hareket eder.
c) Plastik çubukta elektronların yönlü hareketi yoktur.

Elektriksel iletkenliklerine göre maddeler: iletkenler, yarı iletkenler ve yalıtkanlar olarak sınıflandırılır.

İletkenler ve Yalıtkanlar

İletkenler, elektrik akımını ileten maddelerdir. Bu maddelere örnek olarak, çok sayıda serbest elektrona sahip oldukları için elektrik akımını iyi ileten metaller verilebilir. Metaller arasında en iyi iletkenler gümüş, altın ve bakırdır. Metal iletkenlerde yük taşıyıcıları serbest elektronlardır. Metaller kristal bir yapıya sahiptir. Bazı elektronlar, özellikle çekirdekten daha uzakta bulunanlar, çekirdeğe sıkı bir şekilde bağlı değildir.

Bu, kristal örgünün düğüm noktalarında pozitif iyonların, yani bir veya daha fazla elektronu eksik olan atomların bulunduğu anlamına gelir. Bu elektronlar serbest elektronlar gibi davranır ve atomlar arasında hareket edebilirler. Metal iletkenin uçları arasında bir elektrik alan oluştuğunda, metaldeki serbest elektronlar yönlü olarak hareket etmeye başlar.

Elektrolitler de iletkendir. Tuz, baz ve asit çözeltileri elektrolitlere örnektir. Bu maddelerde yük taşıyıcıları pozitif ve negatif iyonlardır. Elektrolitlerdeki iyonlar, su molekülleri ile suda çözülmüş madde parçacıkları arasındaki etkileşim sonucunda oluşur.

Gazlar, normal koşullarda iletken değildir. Ancak gazlarda serbest elektronlar ve pozitif iyonlar oluşturulabilir. Bu yüklü parçacıkların yönlü hareketi sayesinde gazlardan da elektrik akımı geçebilir.

Yalıtkanlar, plastik, kauçuk, porselen, seramik, cam, kâğıt ve kuru ahşap gibi elektrik akımını iletmeyen maddelerdir. Bu maddelerde serbest yük taşıyıcıları bulunmaz. Bu tür maddelerde serbest yükler bulunsalar bile (örneğin sürtünme ile elektrikleştirilmiş olsalar), bu yükler serbestçe hareket edemezler. Gazlar ve normal koşullardaki hava da yalıtkandır. Bununla birlikte, güçlü elektrik alanları altında veya gazlar yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında, içlerinden elektrik akımı geçebilir.



Şekil 2. Elektrik mühendisliğinde kullanılan iletken teller, metalden (genellikle bakırdan) yapılır ve dış ortamdan yalıtkan bir madde ile izole edilir.

Yarı İletkenler

Bazı maddeler belirli koşullarda yalıtkan, başka koşullarda ise iletken gibi davranabilir. Örneğin, kuru ahşap yalıtkandır, ancak ıslak ahşap iletken olabilir. Cam normal koşullarda yalıtkan olmasına rağmen, yüksek sıcaklıklarda iletken gibi davranır.

Dış koşulların etkisiyle meydana gelen bu değişiklikler nedeniyle, iletkenler ile yalıtkanlar arasında kesin bir sınır çizmek mümkün değildir. Uygun dış koşullar altında bazı maddelerde serbest yük taşıyıcılarının sayısı artabilir.

Yarı iletkenler, silisyum ve germanyum gibi, elektiriksel iletkenliği sıcaklığa ve bileşimlerindeki katkı maddelerine (safsızlıklara) bağlı olan maddelerdir. Bu nedenle elektronik alanında geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bu maddeler düşük sıcaklıklarda yalıtkan gibi davranırken, sıcaklık arttıkça iletkenlikleri de artar. Bunun nedeni, sıcaklığın yükselmesiyle serbest yük taşıyıcılarının sayısının artmasıdır. Yarı iletkenler, endüstriyel elektronik, otomasyon ve robotik teknolojilerinin temelini oluşturur. Yarı iletken elemanlar (diyotlar, transistörler ve entegre devreler) düşük enerji tüketimine sahiptir ve günümüzde neredeyse her elektrikli cihazın temel bir parçasıdır.



Şekil 3. Floresan lambalar, halk arasında yaygın olarak "neon lambaları" olarak bilinen ışık kaynaklarıdır. Bu lambalarda elektrik akımı, seyreltilmiş bir gazın içinden geçer.



ETKİNLİKLER

1. Yalıtkan mı, iletken mi?

Sınıfınızda gördüğünüz malzemeleri iletkenler ve yalıtkanlar olarak gruplandırınız. Sonuçlarınızı diğer sınıf arkadaşlarınızın elde ettiği sonuçlarla karşılaştırınız. Sınıfınızda bulunan hangi elektronik cihazlarda yarı iletkenlerin bulunduğunu düşünüyorsunuz? Cevabınızı tartışınız.



Şekil 4. Yarı iletken elektronik elemanlar: diyotlar, transistörler ve entegre devreler.



İLGİNÇ BİLGİLER

Bir metal iyi bir elektrik iletkeniyse, çoğu zaman aynı zamanda iyi bir ısı iletkenidir.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



William Shockley 1910–1989

Shockley, elektronik dünyasında devrim yaratan Amerikalı bir fizikçi ve mühendisti. John Bardeen ve Walter Brattain ile birlikte, 1947 yılında ilk transistörü geliştirdi. Transistör, elektrik akımını yükseltebilen veya açıp kapatabilen küçük bir yarı iletken elemandır. Bu yenilik, o dönemde radyo alıcılarında ve elektronik cihazlarda kullanılan büyük, kolay bozulan ve enerji açısından verimsiz elektron lambalarının yerini almıştır. Ortak çalışmaları sayesinde Shockley ve meslektaşları, 1956 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü kazanmışlardır. Bu ödül, 20. yüzyılın en önemli buluşlarından biri için verilmiştir.

Transistörün etkisi son derece büyüktür. Günümüzde bilgisayarlarda, cep telefonlarında, hesap makinelerinde, robotlarda ve akıllı cihazlarda kullanılan entegre devrelerin, mikroçiplerin ve işlemcilerin temel yapı taşıdır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. İletkenler nedir ve nerelerde kullanılır?
2. Hangi durumlarda bir yalıtkan iletken hâline gelebilir?
3. Hava normal koşullarda neden yalıtandır?
4. Yıldırımın bir gaz içerisinden geçen elektrik akımı olduğunu neden söyleriz?
5. Yarı iletkenler neden önemlidir?



HATIRLAYINIZ

- Elektrik akımını iyi ileten maddelere elektriksel iletkenler denir.
- Elektrik akımını iletmeyen maddelere elektriksel yalıtkanlar denir.
- Yarı iletkenler, belirli dış koşullar altında serbest yük taşıyıcılarının sayısının artabildiği maddelerdir.

3.7 ELEKTRİK AKIMININ KULLANIMINDA GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

KAVRAMLAR

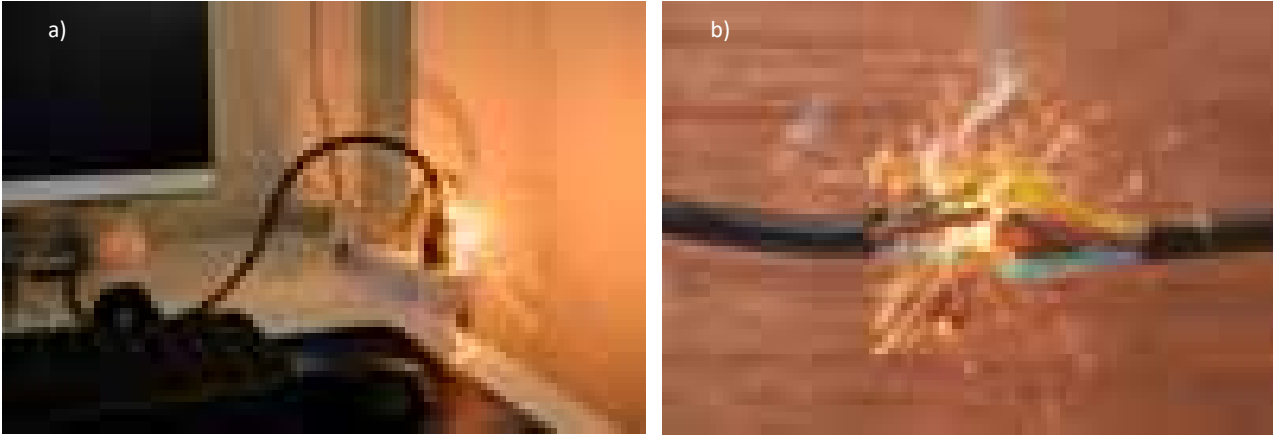
elektrik çarpması

kısa devre

Elektrik akımı; evlerde, sanayide, sağlık alanında ve iletişimde büyük öneme sahiptir. Aydınlatma, ısıtma, elektrikli cihazların çalışması ve modern teknolojinin gelişmesi elektrik akımı sayesinde mümkün olmaktadır. Ancak elektrik akımı çok yararlı olmasına rağmen, doğru kullanılmadığında tehlikeli de olabilir. Bu nedenle, elektrik kullanımı sırasında uygun güvenlik önlemlerine uyulmalıdır.

Elektrik Kullanırken Güvenlik Önlemleri

Elektrik akımının en büyük tehlikesi, ciddi yaralanmalara, yanıklara ve hatta ölüme neden olabilen elektrik çarpmasıdır. Elektrik çarpması sırasında elektrik akımı insan vücudundan geçer. Elektrik çarpması; hasarlı elektrikli cihazlara, yalıtımsız iletkenlere dokunulduğunda veya elektrikli cihazlar nemli ortamlarda kullanıldığında meydana gelebilir. Bunun yanı sıra, elektrik akımının yanlış kullanımı yangınlara da neden olabilir. Bunun sebepleri farklı olabilir. Örneğin, kısa devre, bir güç kaynağının iki kutbuna bağlı iki iletkenin, aralarında herhangi bir tüketici (alıcı) bulunmadan doğrudan temas etmesi durumunda meydana gelir.



Şekil 1. a) Elektrik tesisatının aşırı yüklenmesi nedeniyle meydana gelen kısa devre.
b) iletken kabloları kaplayan yalıtım malzemesinin hasar görmesi sonucu meydana gelen kısa devre.

Kısa devre, yalıtım malzemesinin hasar görmesi nedeniyle, güç kaynağının iki kutbuna bağlı iki iletkenin birbirine temas etmesi durumunda da meydana gelebilir. Bu gibi durumlarda devreden çok büyük bir akım geçer ve bunun sonucunda iletkenlerin koruyucu yalıtım katmanları tutuşabilir. Yangınların bir diğer nedeni ise elektrik tesisatının aşırı yüklenmesidir. Bu durum, aynı prize veya aynı uzatma kablosuna aynı anda çok sayıda elektrikli cihazın bağlanması sonucu ortaya çıkabilir.

En önemli güvenlik önlemlerinden biri, elektrik iletkenlerinin iyi yalıtılmış olmasıdır. İletken kablolar, metalle doğrudan teması önleyen yalıtım malzemeleriyle kaplanmalıdır.

Ayrıca elektrik tesisatlarında, aşırı yüklenme veya kısa devre durumunda akımı kesen sigortalar ve otomatik devre kesiciler kullanılır.

Bir diğer önemli güvenlik önlemi ise topraklamadır. Topraklama sayesinde elektrikli cihazların metal kısımları toprağa bağlanır. Böylece cihazdan büyük bir akım geçmesi durumunda, bu akım toprağa iletilir ve elektrik çarpması riski önlenmiş olur.



Şekil 3. Elektrik çarpması tehlikesinin bulunabileceği alanları gösteren uyarı işareti (genellikle yüksek gerilim hatları, büyük transformatörler ve demiryolu hatları yakınlarında bulunur).



Şekil 2. Sigortalar – evlerde kısa devre meydana geldiğinde elektrik akımını otomatik olarak kesen devre kesiciler.



Şekil 4. Çok sayıda yüksek gerilim enerji nakil hattının bulunduğu bölgelerde elektrik çarpması riski çok yüksektir ve bu alanlarda bulunmak yasaktır.

Evde elektrikli cihazları kullanırken belirli kurallara uyulması gerekir. Elektrikli cihazlara ıslak elle dokunulmamalı ve bu cihazlar suya yakın yerlerde kullanılmamalıdır.

Hasarlı kablolar ve prizler kullanılmamalı, derhâl değiştirilmelidir. Ayrıca cihazlar kullanılmadıklarında veya evde kimse bulunmadığında mutlaka elektrik bağlantısından çıkarılmalıdır. Prizlere çok fazla cihaz bağlanarak aşırı yüklenme yapılmamalıdır; çünkü bu durum aşırı ısınmaya ve yangına neden olabilir.

Elektrik tesisatları ve elektrikli cihazlarla çalışan kişiler, yalıtkan eldivenler, lastik ayakkabılar ve uygun şekilde yalıtılmış aletler gibi koruyucu ekipmanlar kullanmalıdır.

Herhangi bir elektrikli cihaza müdahale etmeden veya onu tamir etmeden önce, cihazın elektrik kaynağıyla bağlantısı kesilmeli ve üzerinde gerçekten elektrik bulunmadığı kontrol edilmelidir. Elektrik tesisatları üzerinde çalışma ve elektrikli cihazların onarımı yalnızca gerekli eğitimi almış uzman kişiler tarafından yapılmalıdır.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

(Thomas Edison 1847–1931)

Edison, elektrik sistemlerinin geliştirilmesinde büyük etkisi olan Amerikalı bir mucitti. Elektrik ampulünü geliştirerek daha kullanışlı hâle getirmiş ve şehirlerde elektrik enerjisinin dağıtılması için ilk pratik sistemi kurmuştur. Böylece elektrik akımı evlerde ve atölyelerde güvenli bir şekilde kullanılabilir hâle gelmiş, bu da günlük yaşamda önemli bir dönüm noktası olmuştur. Edison ayrıca sigortalar, anahtarlar ve elektrik çarpmasına ve yangınlara karşı koruma standartları geliştirmiştir. Onun çalışmaları, açık güvenlik kurallarına sahip ilk ev tipi elektrik tesisatlarının oluşturulmasına öncülük etmiştir.



ETKİNLİKLER

1. Elektrik Çarpması Tehlikeleri

Günlük hayattan bazı durumları inceleyiniz: banyoda saç kurutma makinesi kullanmak, prize ıslak ellerle dokunmak, hasarlı bir uzatma kablosu kullanmak. Her durum için sınıf arkadaşlarınızla, elektrik çarpması tehlikesinin olup olmadığını ve nedenini tartışınız. Verilen durumlarda elektrik çarpmasını önlemek için hangi güvenlik önlemlerinin alınması gerektiğini belirtiniz.



İLGİNÇ BİLGİLER

Kuşlar, iki ayakları da aynı elektrik kablosu üzerinde bulunduğu sürece elektrik çarpmadan kabloların üzerinde durabilirler.

İLERİ DÜZEY

5+

İnsan vücudu büyük miktarda su ve çözünmüş tuz içerdiğinden elektrik akımını iletebilir. Elektrik akımı vücuttan geçtiğinde kasların kasılmasına, kalbin çalışmasının bozulmasına ve sinir sisteminin zarar görmesine neden olabilir. İnsan vücudunun elektriksel iletkenliğini ve ayrıca kalp durması yaşayan hastalarda elektrik şoku vererek kalbin normal çalışmasını yeniden sağlayabilen defibrilatörün çalışma prensibini araştırınız.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Kısa devre nasıl yangına neden olabilir?
2. Elektrik kablolarındaki yalıtımın görevi nedir?
3. Topraklama insanları elektrik çarpmasından neden korur?
4. Neden aynı uzatma kablosuna çok sayıda elektrikli cihaz bağlanmamalıdır?
5. Elektrikli cihazların veya elektrik tesisatlarının onarımını yapan çalışanlar hangi koruyucu ekipmanları kullanmalıdır?



HATIRLAYINIZ

- Elektrik çarpması, elektrik akımının insan vücudundan geçmesi sonucu meydana gelir.
- Kısa devre, çok büyük bir akımın geçmesine neden olur ve yangına yol açabilir.
- Yalıtım, sigortalar ve topraklama elektrik güvenliği için temel koruma önlemleridir.

3.8. SIVILARDA ELEKTRİK AKIMI

KAVRAMLAR

Elektrolitik ayrışma

anyon

anot

katot

elektrolit

iyon

elektrot

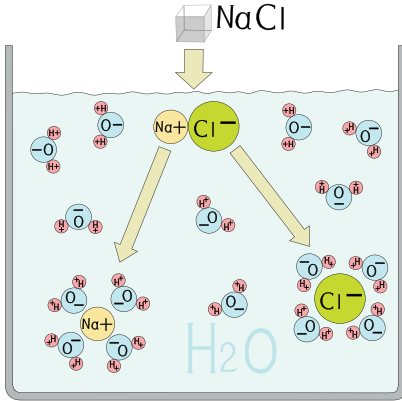
katyon

elektroliz

galvanizleme

Elektrik akımı sıvılardan da geçebilir; ancak sıvılarda yük taşıyıcıları, pozitif yüklü iyonlar (katyonlar) ve negatif yüklü iyonlardır (anyonlar). Saf sıvıların bazıları, örneğin damıtılmış su, yalıtkandır. Elektrik akımını iletebilen sıvılar ise **tuzların, bazların ve asitlerin sulu çözeltileridir**. Bir tuzun, bazın veya asidin sulu çözeltisine **elektrolit** denir. Bir tuz, baz veya asit suda çözündüğünde, çözünen madde iyonlarına ayrılır. Bu olaya **elektrolitik ayrışma (elektrolitik dissosiyasyon)** denir.

Örneğin, suya sofrata tuzu (sodyum klorür, NaCl) eklendiğinde, tuz pozitif yüklü sodyum iyonlarına ve negatif yüklü klor iyonlarına ayrışır.

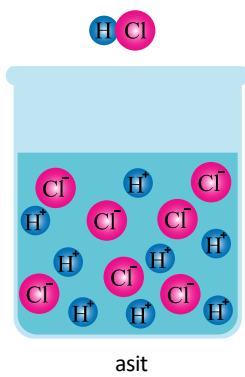
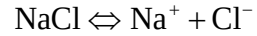
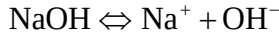
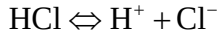


Şekil 1. Sodyum klorür taneciğinin suda elektrolitik ayrışması.

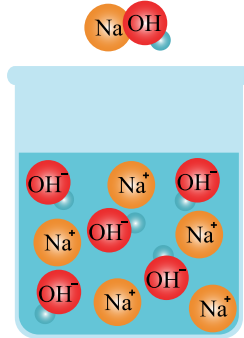
Şekil 1'de, bir sodyum klorür taneciğinin elektrolitik ayrışması gösterilmiştir. Çözelti içindeki iyonların hareketi rastgeledir (düzensizdir).

Ayrıca, asitler ve bazlar da suda iyonlarına ayrışır.

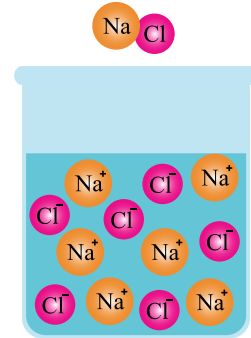
Aşağıda, bir asit olan hidroklorik asidin (HCl), bir baz olan sodyum hidroksitinin (NaOH) ve bir tuz olan sodyum klorürün (NaCl) elektrolitik ayrışmasına ait kimyasal denklemler verilmiştir.



asit



baz



tuz

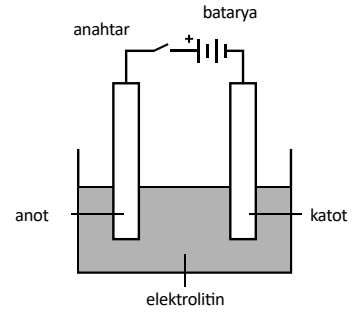
Şekil 2. Asidin, bazın ve tuzun suda elektrolitik ayrışması.

İyon içeren çözeltiler, yani elektrolitler, elektrik akımını iletebilir. Bir elektrolitte ne kadar fazla iyon bulunursa, elektrik akımını o kadar iyi iletir.

Örneğin, deniz suyu; daha fazla mineral ve tuz içerdiğinden, bunların oluşturduğu iyonlar sayesinde musluk suyuna göre elektrik akımını daha iyi iletir.

İçinde elektrolit bulunan bir kaba iki metal veya grafit çubuk yerleştirelim (Şekil 3). Çubuklar birbirine temas etmemelidir. Bu çubukları bir güç kaynağına (pil/batarya) ve bir anahtara bağlayarak elektrik devresine bağlayalım. Elektrolit içine yerleştirilen bu çubuklara **elektrot** denir.

Bataryanın pozitif kutbuna bağlı olan elektrota, pozitif elektrot (**anot**) denir. Bataryanın negatif kutbuna bağlı olan elektrot ise negatif elektrot (**katot**) olarak adlandırılır. Devrenin dış kısmını kapattığımızda, elektrolit içindeki elektrotlar arasında bir **elektrik alanı** oluşur. Bu alanın etkisiyle pozitif iyonlar (**kasyonlar**), negatif yüklü olan katoda (elektron fazlası bulunan elektrota) doğru hareket eder; negatif iyonlar (**anyonlar**) ise anoda doğru hareket eder. Bu olay, **sıvılarda elektrik akımı**, yani elektrik alan içinde pozitif ve negatif iyonların yönlü hareketidir. Akımın yönü, metal iletkenlerde olduğu gibi, kabul gereği güç kaynağının **pozitif kutbundan negatif kutbuna doğru** alınır. İyonlar elektrotlara ulaştıklarında nötrleşirler. Pozitif iyonlar katottan elektron alırken, negatif iyonlar anoda elektron verir. Oluşan tanecikler elektrotlar üzerinde birikebilir veya elektrotla ya da elektrolitle başka bir (**ikincil**) kimyasal reaksiyona girebilir. Katotta genellikle metal iyonları veya hidrojen açığa çıkar; **anotta** ise elektrolitin türüne bağlı olarak ametaller veya oksijen açığa çıkabilir.



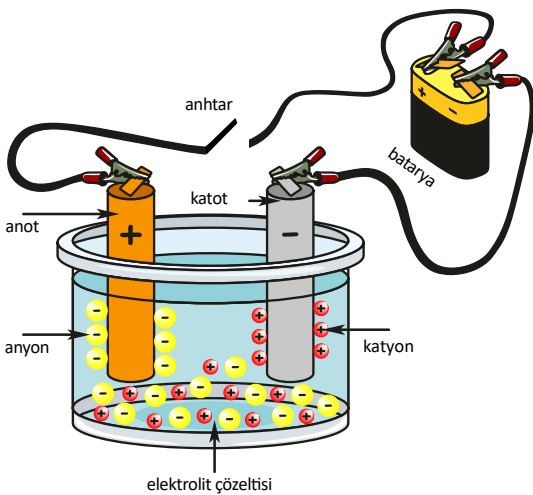
Şekil 3. Elektrolit içinden elektrik akımının geçişi.

İyonların elektrolit içindeki bu yönlü hareketi, **sıvılardaki elektrik akımını** oluşturur (Şekil 4). Elektrik akımı bir elektrolitten geçtiğinde, akımın elektriksel etkisinin yanı sıra kimyasal etkisi de ortaya çıkar. Bu etkiye **elektroliz** denir.

Elektroliz sırasında elektrotlar üzerinde kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir ve bazı maddeler açığa çıkar veya çökler.

Örneğin, **hidroklorik asidin elektrolizinde**, katotta **hidrojen**, anotta ise **klor** açığa çıkar.

Bakır sülfatın ($\text{CuSO}_4 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$), elektrolizinde ise katotta **bakır çökler**. Eğer anot da bakırdan yapılmışsa, anotta yeni bakır sülfat tanecikleri oluşur; başka bir ifadeyle **anot çözünür**.

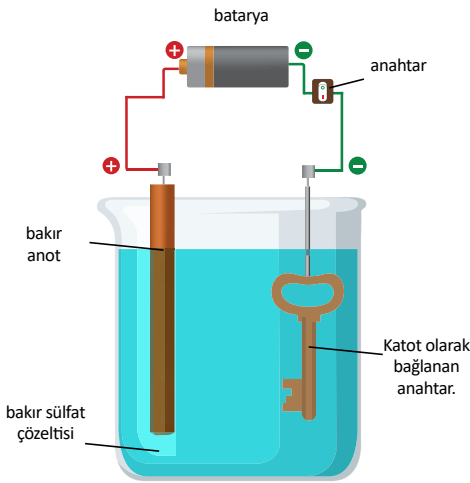


Şekil 4. Elektrolit içinde elektrik akımının oluşumu

Elektrolizin önemli pratik uygulamalarından biri galvanizlemedir. Galvanizleme, elektrik akımı yardımıyla bir metalin yüzeyine başka bir metalin ince bir tabakasının kaplanması işlemidir. Galvanizleme: metalleri korozyondan (paslanmadan) korumak, dekoratif bir görünüm kazandırmak ve dayanıklılıklarını artırmak amacıyla kullanılır.

Örneğin, demirden yapılmış eşyalar paslanmamaları için çinko, parlak görünmeleri için ise krom ile kaplanır. Kaplanmak istenen cisim katoda, kaplama yapılacak metal ise anoda bağlanır. Her iki elektrot da, kaplamada kullanılacak metalin iyonlarını içeren bir elektrolit içine daldırılır. Çözeltiden elektrik akımı geçtiğinde, anottaki metal iyonları katoda doğru hareket eder ve katodun yüzeyinde çökerek koruyucu veya dekoratif bir tabaka oluşturur.

Şekil 5'te bir anahtarın bakır ile galvanizlenmesi gösterilmiştir. Anahtar katot olarak bağlanmış, anot ise bir bakır levhadır. Her iki elektrot da bakır sülfat çözeltisine daldırılmıştır. Anottan gelen pozitif yüklü bakır iyonları anahtarın üzerinde çöker ve böylece anahtarın yüzeyi ince bir bakır tabakasıyla kaplanmış olur.



Şekil 5. Bakır ile galvanizleme

Elektroliz, önemli maddelerin elde edilmesinde de kullanılır. Örneğin, tuzlu suyun elektrolizi ile birçok endüstriyel sürecin temelini oluşturan klor ve sodyum hidroksit elde edilir. Alüminyum üretiminde, metalin cevherinden elde edilmesinin tek yolu elektrolizdir. Otomobillerdeki akülerden, cep telefonlarındaki lityum-iyon pillere kadar birçok enerji depolama sisteminde elektrolit önemli bir bileşendir. Elektrolit, kimyasal enerjinin depolanmasını ve daha sonra yük taşıyıcılarının yönlü hareketini sağlayarak elektrik akımının oluşmasını mümkün kılar.



ETKİNLİKLER

1. Elektrolit İçinden Elektrik Akımının Geçişi

Bir cam kaba damıtılmış su koyunuz. Suya, bir batarya, anahtar ve küçük bir ampule bağlayacağınız iki grafit veya metal elektrot daldırınız. Anahtar açıkken ampul yanıyor mu? Damıtılmış sudan elektrik akımının geçmesi hakkında ne sonuç çıkarırsınız? Daha sonra, damıtılmış suya biraz sofr tuzu ekleyip bir kaşıkla karıştırınız. Anahtarı açınız. Ampul yanıyor mu? Ampulün yanmasından, çözeltiden elektrik akımının geçmesi hakkında ne sonuç çıkarırsınız?

2. Bir cismin bakırla kaplanması.

Katod olarak bağlanmış bir metal cismi (örneğin bir anahtarı) ve anot olarak bağlanmış bir bakır parçasını bakır sülfat çözeltisine daldırınız. Elektrotları bir batarya ve bir anahtar ile elektrik devresine bağlayınız. Anahtarı kapatarak akımı veriniz ve akımın devrede 20 dakika boyunca dolaşmasını sağlayınız. Ne gözlemliyorsunuz? Anahtarın üzerinde bakır birikmiş midir? Galvanizleme hangi amaçlarla kullanılabilir?

İLERİ DÜZEY

5+

Katotta çöken metalin kütlesi m , akım şiddeti I ile galvanizleme süresi t ile doğru orantılıdır.

Bu kütle aşağıdaki formülle hesaplanabilir: $m = k \cdot I \cdot t$ Burada k , farklı çözünmüş maddeler için farklı değerler alan orantı sabitidir.

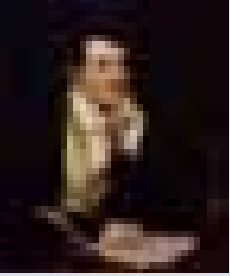


İLGİNÇ BİLGİLER

Galvanizleme, 19. yüzyılda keşfedilmiştir.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Humphry Davy, 1778–1829

Humphry Davy, elektrokimyanın ve elektrolizin deneysel uygulamalarının öncülerinden biri olan İngiliz kimyacı ve fizikçiydi. Elektrik akımının bileşikleri temel bileşenlerine ayırmak için kullanılabileceğini ilk gösteren kişi olmuştur. Davy, elektroliz yöntemini kullanarak daha önce saf hâlde bilinmeyen sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve baryum gibi birçok yeni kimyasal elementi yalıtmayı başarmıştır.

Çalışmalarıyla, kimyasal bağların elektrik akımı yardımıyla koparılabilceğini göstermiş; bu da elektrolizin bir süreç olarak anlaşılmasında önemli bir adım olmuştur.

Davy'nin araştırmaları, endüstriyel elektrolizin gelişiminin temelini oluşturmuş ve öğrencisi olan Michael Faraday'ın sonraki çalışmalarını büyük ölçüde etkilemiştir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Elektrolitler nedir ve neden elektrik akımını iletebilirler?
2. Akım kaynağının pozitif ve negatif kutbuna bağlı elektrotlar nasıl adlandırılır?
3. Bir metal cismi bakırla kaplamak istersek, bu cismi nereye yerleştirmeliyiz (anoda mı, katoda mı) ve neden?
4. Sıvılardaki elektrik akımı neden fizik ile kimya arasında bir bağlantı oluşturur?
5. Doğru akım (bataryadan) yerine prizden alınan alternatif akımı kullanırsak elektroliz sürecine ne olur? İyonlar bir elektrot üzerinde kalıcı olarak çökebilir mi?



HATIRLAYINIZ

- Çözelti içinde serbest elektrik yüklerinin (pozitif ve negatif iyonların) oluşması sürecine elektrolitik ayrışma (elektrolitik dissosiyasyon) denir.
- İyon içeren ve elektrik akımını ileten sıvıya elektrolit denir.
- Pozitif iyonlar (katyonlar), kapalı bir elektrik devresinde negatif elektrota (katoda) doğru hareket eder.
- Negatif iyonlar (anyonlar), kapalı bir elektrik devresinde pozitif elektrota (anoda) doğru hareket eder.
- Maddelerin elektrik akımı yardımıyla ayrıştırılması süreci elektroliz olarak adlandırılır.
- Galvanizleme, bir metal cismin başka bir metalle kaplanmasını sağlayan teknolojik bir işlemdir.

3.9. GAZLARDA ELEKTRİK AKIMI VE ATMOSFERDEKİ ELEKTRİKSEL OLAYLAR

KAVRAMLAR

İyonlaşma

iyonlaştırıcılar

serbest elektronlar

iyonlar

şimşek

gök gürültüsü

paratoner

Gazlarda Elektrik Akımı

Elektrik akımı, metal iletkenler gibi katı maddelerden ve elektrolitler gibi sıvılardan geçebilir. Metallerde yük taşıyıcıları serbest elektronlar, elektrolitlerde ise iyonlardır. Peki, elektrik akımı gazlardan da geçebilir mi? Bilindiği gibi gazlar, elektriksel olarak nötr olan moleküller ve atomlardan oluşur. Başka bir deyişle, gazlar serbest yük taşıyıcıları içermez. Bu nedenle normal koşullarda gazlardan elektrik akımı geçmez. Bu sonuç günlük deneyimlerimizle de uyumludur. Nitekim bir elektrik devresinin herhangi bir yerinde kesinti olursa devreden akım geçmez. Kesintinin meydana geldiği iki temas noktası arasındaki boşluk, iyi bir yalıtkan olan hava ile doludur. Hava gibi tüm gazlar da normal koşullarda yalıtkandır. Bununla birlikte, gaz içerisinde serbest yük taşıyıcılarının oluşabileceği koşullar da vardır. Bunun için nötr atom veya moleküllerden elektron koparmaya yetecek kadar enerji sağlanması gerekir. Elektronu koparılan bir atom veya molekül pozitif iyon hâline gelir. Öte yandan bir elektron, nötr bir atom ya da moleküle bağlanarak negatif iyon oluşturabilir. Böylece iyonlar ve serbest elektronlar meydana gelir. Nötr atom veya moleküllerden iyon ve elektron elde edilmesi sürecine iyonlaşma denir.

İyonlaşma için gerekli enerji; gazın yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmasıyla, gazın içinden geçen yüksek enerjili ışınlarla, güçlü bir elektrik alanla, hızlı parçacıkların çarpışmalarıyla ve benzeri yollarla sağlanabilir. Gazların iyonlaşması için gerekli enerjiyi sağlayan her türlü cihaz veya kaynağa iyonlaştırıcı denir.



ETKİNLİKLER

1. Termik iyonlaştırıcı

Elektrometreyi negatif yükle yükleyiniz. Elektrometrenin başlığına yaklaştırılmış bir mum yakınız. Mumu söndürmeden yavaş ve dikkatli bir şekilde üfleyerek alevin elektrometrenin başlığına doğru yönelmesini sağlayınız. Elektrometrenin ibresinin sapmasında ne gibi bir değişiklik olduğunu gözlemleyiniz. Gözlemlediğiniz bu deneysel olayı açıklayınız. Şimdi, elektrometrenin negatif yerine pozitif yükle yüklenmiş olması durumunda ibrenin sapmasının nasıl değişeceğini düşününüz.



Aktivite 1'de, alevin yüksek sıcaklığı nedeniyle onun yakınındaki hava iyonlaşmıştır. Elektrometrenin başlığına yakın bölgede iyonlar (pozitif ve negatif) ile elektronlar bulunmaktadır. Pozitif iyonlar, elektrometrenin başlığındaki negatif yüke çekilir ve böylece elektrometre yüksüz hâle gelir. İbrenin sapmasının azalması, havadan elektrik akımının geçtiğini gösterir. İkinci durumda da elektrometre yine yüksüz hâle gelecektir. Bu kez negatif iyonlar elektrometrenin başlığına çekilecek, pozitif iyonlar ise itilecektir.

Birçok teknik cihaz ve aygıtın çalışması, gazlardan elektrik akımının geçmesine dayanır. Evlerin ve kurumların aydınlatılmasında da sıklıkla gazlardan geçen elektrik akımından yararlanır. Bu amaçla, uygun tüpler veya ampuller içine kapatılmış ve basıncı düşürülmüş gazlar kullanılır. Reklam lambaları buna örnektir; bu lambalarda ışığın rengi, tüpün içindeki gazın türüne bağlıdır. Ayrıca **neon lambaları ve enerji tasarruflu floresan lambalar** da bu prensiple çalışır.

Atmosferdeki Elektriksel Olaylar

Hava iyonlaştığında iletken hâle gelir ve içinden elektrik akımı geçebilir. Örneğin, elektrostatik makinenin küreleri birbirine yaklaştırıldığında ve yük oluşturmak için kol çevrildiğinde, küreler arasında kıvılcımlar oluşur. Bu, yapay olarak oluşturulmuş bir kıvılcım, yani laboratuvar koşullarında elektrik akımının geçmesidir. Atmosferde gazlardan elektrik akımının geçmesine örnek olarak şimşek, kutup ışıkları (aurora) ve volkanik patlamalar sırasında ışık yayılması verilebilir.



Şekil 1. Elektrostatik makinede oluşan elektrik kıvılcımı



Şekil 2. Havadan geçen elektrik akımı – şimşek.

Doğadaki gazlar üzerinden geçen elektrik akımına en tipik örnek şimşektir. Şimşek, bir bulut ile Dünya arasında veya bulutlar arasında gerçekleşen ve çok kısa süren bir elektrik boşalmasıdır. Havadan geçen bu elektrik akımını, gökyüzünde parlak bir çizgi ya da kısa süreli bir ışık parlaması olarak görürüz. Bu akım, havayı çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtır; hatta bu sıcaklık, Güneş'in yüzey sıcaklığından bile daha yüksek olabilir. Hava çok hızlı bir şekilde ısınır ve genişler. Bu da güçlü bir ses oluşturur. Şimşegin görülmesinden sonra duyduğumuz bu sese **gök gürültüsü** denir.

Bulut ile yeryüzündeki bir cisim arasında meydana gelen elektrik boşalmasına yıldırım denir. Işık, sestten çok daha büyük bir hızla yayıldığı için önce şimşegi görür, daha sonra gök gürültüsünün sesini duyarız. Yıldırım çarpması ve etkileri insanlar, hayvanlar ve doğa için çok tehlikeli ve yıkıcı olabilir. Yıldırım düşmesi sonucunda sık sık yangınlar da meydana gelir. Bu nedenle insanlar, bu tehlikeli doğa olayını kontrol altına almanın bir yolunu aramışlardır.



Şekil 3. Çatıya yerleştirilmiş paratoner

Benjamin Franklin, yıldırıma karşı korunmanın yolunu araştırmış ve keşfetmiştir. Franklin, yıldırımın oluşturduğu elektrik akımının büyük boyutlu bir iletkene aktarılması gerektiğini ve bu durumda akımın önemli bir etki oluşturmayacağını ortaya koymuştur. Böyle bir iletken ****Dünya (toprak)****dır. Bu düşünceden hareketle paratoner fikrini geliştirmiştir.

Paratoner, ucu sivri olan metal bir çubuktur ve bir yapının en yüksek noktasına yerleştirilir. Bu çubuk, birkaç metre derinliğe kadar toprağa uzanan metal bir iletkenle bağlantılıdır. Böylece sistem, yıldırım akımını güvenli bir şekilde toprağa ileterek yangın çıkmasını veya yapının zarar görmesini önler.

Paratoner kurulmasının yanı sıra, fırtına sırasında yıldırımdan korunmak için şu önerilere uyulmalıdır:

- Açık alanlarda (tarla, tepe, oyun sahası vb.) bulunmayınız.
- Yüksek ve tek başına duran nesnelerden (ağaçlar, direkler vb.) uzak durunuz.
- Kapalı bir mekâna veya metal gövdeli bir araca sığınınız.
- Kapalı alanda metal eşyalara dokunmaktan, elektrikli cihazları kullanmaktan ve pencerelerin yakınında durmaktan kaçınınız. Çünkü şimşegin elektrik enerjisi, evdeki elektrik ve su tesisatlarının metal kısımları aracılığıyla iletilebilir



Şekil 4. Paratonere yıldırım düşmesi.



ETKİNLİKLER

1. Araştırma – Çevremizdeki Paratonerler

Okulunuzda paratoner olup olmadığını ve neden o noktaya yerleştirildiğini araştırınız. Ayrıca evinizde veya binanızda paratoner bulunup bulunmadığını ve çevrenizdeki hangi binalarda paratoner bulunduğunu araştırınız.

İLERİ DÜZEY

5+

Yıldırımın geçtiği yer veya başka bir adıyla yıldırım kanalı, iyonlaşmış bir gaz örneğidir; fizikte buna plazma denir. Plazma, maddenin dördüncü hâli olarak kabul edilir. Plazmada serbest elektronlar ve iyonlar bulunduğundan elektrik akımını çok iyi iletir. Aynı prensip neon lambalarda, floresan tüplerde ve plazma ekranlarda da kullanılır. İyonlaşmış gazın teknolojide başka hangi alanlarda kullanıldığını araştırınız.

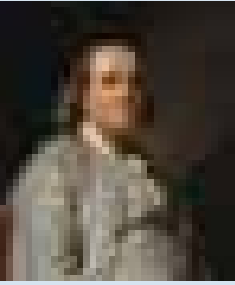


İLGİNÇ BİLGİLER

Yıldırımın geçtiği bölgedeki hava, 30.000 °C'ye kadar ısınabilir. Bu sıcaklık, Güneş'in yüzey sıcaklığından 5 katından daha fazladır.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Benjamin Franklin 1706–1790

Franklin, Amerikalı bir bilim insanı, siyasetçi ve 18. yüzyılın en tanınmış mucitlerinden biriydi. Resmî bir bilim eğitimi almamış olmasına rağmen, özellikle elektrik alanında büyük bir merak ve deneysel bir araştırma ruhuna sahipti. Franklin, şimşegin aslında atmosferde meydana gelen dev bir elektrik kıvılcımı olduğunu ilk öne süren kişidir. Bu düşüncesini kanıtlamak için 1752 yılında ünlü uçurtma deneyini gerçekleştirmiş ve bulutların elektrik yüklü olduğunu göstermiştir. Franklin ayrıca paratoneri icat etmiştir. Bu basit fakat dâhiyane araç, binlerce insanın ve yapının hayatını kurtarmış, günümüzde de Franklin'in zamanındakiyle aynı temel biçimde kullanılmaya devam etmektedir. Paratonerin geliştirilmesiyle Franklin, bilimsel keşiflerin insanların korunmasında nasıl uygulanabileceğini göstermiştir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Gazlar ne zaman yalıtkan, ne zaman elektrik akımını ileten bir ortam olur?
2. İyonlaşma nedir?
3. İyonlaşmanın meydana gelmesine yol açabilecek birkaç yöntemi sıralayınız.
4. Filamanlı ampuller, gazlardan elektrik akımının geçmesi prensibine göre mi çalışır?
5. Şimşekten sonra insanlar gök gürültüsünün sesini bekler ve bu genellikle onları korkutur. Şimşekten sonra korkmaya gerek olup olmadığını düşününüz ve açıklayınız.



HATIRLAYINIZ

- Normal koşullarda gazlar elektrik akımını iletmez, yani yalıtandır.
- İyonlaşma süreci sayesinde gaz, yalıtkan durumdan iletken duruma geçer.
- Şimşek, doğada gazlar üzerinden geçen elektrik akımının tipik bir örneğidir.
- Paratoner, en yüksek noktaya yerleştirilen, ucunda sivri bir uç bulunan metal bir çubuktur. Bu çubuk, toprağa uzanan metal bir iletkenle bağlantılıdır.

3.10. ELEKTRİK AKIMININ ETKİLERİ

KAVRAMLAR

ışık etkisi

ısı etkisi

mekanik etki

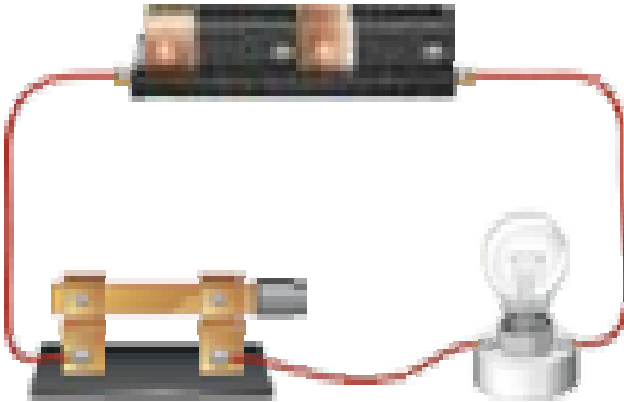
kimyasal etki

manyetik etki

Elektrik akımı, elektrik yüklerinin bir metal iletken, elektrolit veya gaz içerisinde belirli bir yönde hareket etmesidir. Akım farklı cihazlardan ve maddelerden geçtiğinde çeşitli değişikliklere, yani etkilere neden olur. Bu etkiler, elektrik akımının geçmesi sonucu ortaya çıkan olaylar, süreçler veya sonuçlardır.

Bu etkiler sayesinde elektrik enerjisi başka enerji türlerine dönüşür ve günlük yaşamda, sanayide, tıpta ve bilimde kullanılan birçok cihazın çalışmasını sağlar. Elektrik akımının neden olduğu değişime bağlı olarak **ışık etkisi, ısı etkisi, mekanik etki, kimyasal etki** ve manyetik etki olmak üzere beş temel etki ayırt edilir.

Bu etkiler birbirinden bağımsız olarak ortaya çıkmaz; aksine birbirleriyle yakından ilişkilidir ve çoğu zaman aynı anda meydana gelir. Bir elektrikli cihazda birden fazla etki birlikte görülebilir, ancak genellikle bunlardan biri baskın durumdadır ve amaçlı olarak kullanılır. Elektrik akımının tüm etkileri doğa yasalarına ve özellikle **enerjinin korunumu yasasına** uygundur.



Şekil 1. Elektrik akımının etkilerini incelemek

Elektrik akımının ışık etkisi

Elektrik akımının ışık etkisi, akımın geçmesi sonucunda ışık yayılması, yani elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşmesiyle ortaya çıkar. Bu etki günlük yaşamda oldukça yaygındır ve en sık elektrik lambalarında görülür. Klasik akkor lambada (flamanlı ampulde), elektrik akımı ince bir tungsten(volfram) telden geçer. Bu telin malzemesi, elektrik akımına önemli ölçüde direnç gösterecek şekilde seçilmiştir.

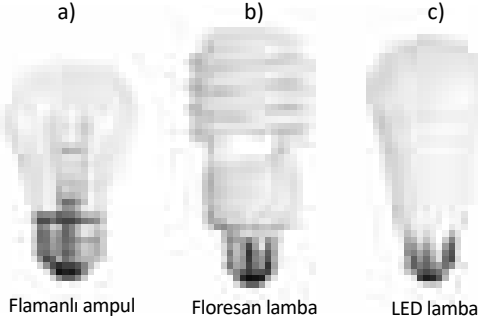


ETKİNLİKLER

1. Elektrik devresi ile elektrik akımının etkilerinin incelenmesi

Küçük gruplara veya ikililere ayrılarak, bir akım kaynağı (1,5 V 'luk piller kullanınız), anahtar, alıcı ve iletken kablolarla basit bir elektrik devresi kurunuz. Ampul, direnç teli veya elektromıknatıs gibi farklı alıcılar kullanınız. Duyu organlarınızın (göz, kulak) veya bir ölçüm cihazının yardımıyla elektrik akımının etkilerini araştırınız. Elektrik enerjisinin bir enerji türünden başka bir enerji türüne dönüşümü hakkında tartışınız ve sonuç çıkarınız.

Bu nedenle tel çok yüksek sıcaklıklara kadar ısınır ve ışık yaymaya başlar. Gördüğümüz ışık, filamanın aşırı derecede ısınmasının bir sonucudur. Bu şekilde ışık elde etmek basit bir yöntemdir; ancak çok verimli değildir. Çünkü elektrik enerjisinin büyük bir kısmı ısı enerjisine, daha küçük bir kısmı ise ışık enerjisine dönüşür.



Şekil 2. Farklı lamba türleri: a) Flamanlı ampul, b) Floresan lamba ve c) LED lamba.

Klasik ampullerin yanı sıra, elektrik akımının bu etkisi floresan lambalar, neon lambalar, ışık yayan diyotlar (LED), lazerler ve diğer ışık kaynaklarında da kullanılır. LED'lerde ışık, yarı iletken malzemelerde gerçekleşen süreçler sonucunda oluşur. Bu sayede elektrik enerjisi ışık enerjisine çok daha verimli bir şekilde dönüştürülür. Elektrik akımının ışık etkisi: evlerin, sokakların aydınlatılmasında, sinyal cihazlarında, ekranlarda ve daha birçok alanda kullanılır.

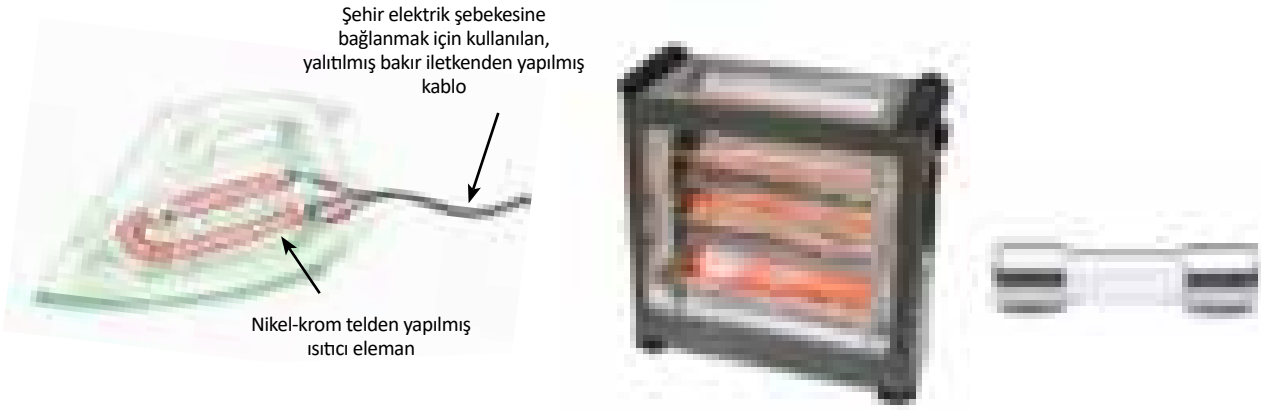
Elektrik akımının ısı etkisi

Elektrik akımının ısı etkisi, en yaygın ve en önemli etkilerden biridir. Elektrik akımı bir iletkenin geçtiğinde, akımı taşıyan parçacıklar malzemenin atomları ve iyonlarıyla çarpışır. Bu çarpışmalar sırasında elektrik enerjisinin bir kısmı malzemenin iç enerjisine, yani ısı enerjisine dönüşür. Bunun sonucunda iletkenin sıcaklığı artar. İletkende açığa çıkan bu ısı enerjisine Joule ısı denir. Isı etkisinin, elektrik akımının diğer tüm etkileriyle birlikte ortaya çıktığı söylenebilir.

Elektrik akımının ısı etkisinin çok geniş bir kullanım alanı vardır. Elektrikli ısıtıcılar, termosifonlar, elektrikli ocaklar, ütüler, saç kurutma makineleri ve daha birçok cihaz bu etkiye dayanarak çalışır. Bu cihazlarda akım, elektrik akımına yüksek direnç gösteren özel malzemelerden yapılmış iletkenlerden geçer. Yük taşıyıcılarının malzeme parçacıklarıyla çarpışması sonucu iletken ısınır. Daha sonra bu ısı çevreye aktarılır.

Bazı cihazlarda ısı istenen bir etki olsa da, bazı durumlarda istenmeyen bir sonuç olabilir. Örneğin elektronik cihazlarda aşırı ısınma arızalara neden olabileceğinden, soğutucular ve fanlar kullanılır.

Isı etkisi ayrıca elektrik tesisatlarında koruyucu bir görev de üstlenir. Sigortalar ve otomatik devre kesiciler, yüksek akım sonucu oluşan ısıdan yararlanarak çalışır. Akım izin verilen değeri aştığında, sigortanın içindeki iletken ısınır ve erir. Böylece devre kesilir ve daha büyük hasarların veya yangınların oluşması önlenir.



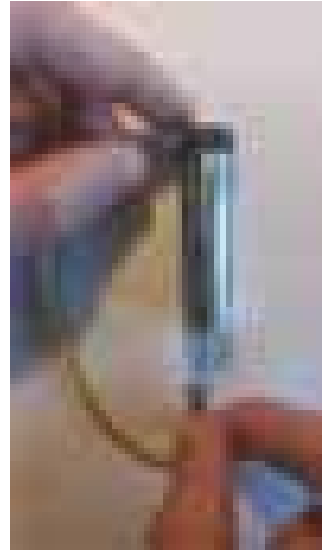
Şekil 3. Elektrik akımının ısı etkisinden yararlanan cihazlar (ütü, elektrikli ısıtıcı ve akımı kesmeye yarayan sigorta).

Elektrik akımının mekanik etkisi

Elektrik akımının mekanik etkisi, akımın bir cihazın veya onun bir parçasının hareket etmesine neden olmasıyla ortaya çıkar. Bu etki çoğunlukla elektrik akımı ile manyetik alan arasındaki etkileşimin sonucudur. Bir iletken akım geçtiğinde ve bu iletken bir manyetik alan içinde bulunduğunda, iletkeni onu hareket ettirebilecek bir kuvvet etki eder. Bu olay, elektrik motorlarının çalışma prensibinin temelini oluşturur.

Elektrik motorları, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren cihazlardır. Fanlar, çamaşır makineleri, mikserler, elektrikli el aletleri ve endüstriyel makineler gibi çok sayıda cihazda kullanılırlar.

Motorda elektrik akımı, manyetik alan içinde bulunan sargılardan (bobinlerden) geçer. Elektrik akımının mekanik etkisi sonucu ortaya çıkan kuvvet nedeniyle bu sargılar dönmeye başlar. Bu hareket sayesinde elektrik motorları mekanik iş yapabilir.



Şekil 4. Basit bir elektrik motoru – elektrik akımının mekanik etkisine örnek.



ETKİNLİKLER

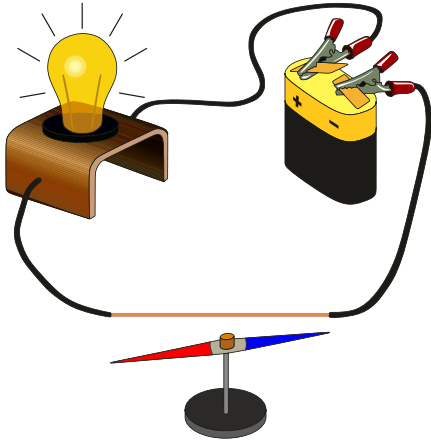
2. Basit elektrik motoru

Küçük bir neodimyum mıknatısı galvanik pilin negatif kutbuna sabitleyerek, iletken bir tel ve metal bir vida yardımıyla, Şekil 4'te gösterildiği gibi bir elektrik motoru oluşturunuz. Bu motorda elektrik akımının mekanik etkisini tartışınız. Mıknatıs kullanmadan motor çalışır mı? Bu kadar basit bir motorun başka çeşitlerini de araştırınız.

Elektrik akımının kimyasal etkisi

Elektrik akımı elektrolit sıvılardan geçtiğinde kimyasal değişikliklere neden olabilir. **Buna elektrik akımının kimyasal etkisi denir.** Bu süreçte çözeltideki maddeler ayrışır ve iyonlar elektrotlara doğru hareket eder. Kimyasal etki, **elektroliz** ve **galvanizleme** işlemlerinde kullanılır. Elektrik akımının kimyasal etkisi sayesinde sudan hidrojen ve oksijen, minerallerden ise alüminyum gibi saf kimyasal elementler elde edilir. Elektrik akımının kimyasal etkisi, galvanik hücrelerin ve pillerin çalışma temelini oluşturur.

Elektrik akımının manyetik etkisi



Şekil 5. Elektrik akımının manyetik etkisi

Elektrik akımının manyetik etkisinin temeli, Danimarkalı fizikçi Ersted'in keşfine dayanır. Yaklaşık iki yüz yıl önce Ersted, içinden elektrik akımı geçen her iletkenin çevresinde bir manyetik alan oluştuğunu belirlemiştir. Bu keşif, elektrik ve manyetik olaylar arasında güçlü bir ilişki olduğunu gösterdiği için fizik tarihinin en önemli keşiflerinden biridir. Elektrik akımının manyetik etkisinin çok büyük bir pratik önemi vardır. Elektromıknatıslar, transformatörler, elektrik motorları ve jeneratörler bu etkiye dayanarak çalışır. Elektromıknatısta, bir bobinden akım geçtiğinde ihtiyaç duyulduğunda açılıp kapatılabilen bir manyetik alan oluşur. Bu özellik; metal nesneleri kaldıran vinçlerde, elektrikli cihazlarda ve çeşitli otomasyon sistemlerinde kullanılır. Manyetik etki, elektrik enerjisinin iletilmesinde de önemli bir rol oynar.



İLGİNÇ BİLGİLER

Elektrik akımının fizyolojik etkisi, elektrik akımının canlı bir organizmadan geçtiğinde organlar, dokular ve vücut fonksiyonları üzerindeki etkisidir.

5+

Peltier etkisi, elektrik akımının metallerin soğumasına da neden olabileceğini gösteren ilginç bir örnektir. Bir Peltier modülünün nasıl yapıldığını ve bu modüllerin küçük buzdolaplarında, soğutucularda ve bilgisayar işlemcilerinde freon kullanılmadan soğutma amacıyla nasıl kullanılabileceğini araştırınız.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Giovanni Aldini (1762–1834)

Aldini, İtalyan bir fizikçiydi. Canlı dokular ve sinir sistemi üzerindeki elektrik akımının etkilerini sistemli olarak inceleyen ilk bilim insanlarından biridir. Aldini, kaslara ve sinirlere elektrik akımı uygulayarak deneyler yapmış ve küçük bir elektrik darbesinin bile kaslarda gözle görülür kasılmalara neden olabileceğini keşfetmiştir. O dönemde yaptığı gösteriler, elektrik enerjisinin vücut üzerinde doğrudan fizyolojik etkilere sahip olabileceğinin önemli bir kanıtı olmuştur.

Araştırmalarıyla Aldini: defibrilatörler, elektro uyarıcılar ve nörolojik tanı cihazları gibi tıbbi cihazların geliştirilmesinin temelini atmıştır. Çalışmaları, elektrik sinyallerinin sinir sistemi boyunca nasıl iletildiğinin daha iyi anlaşılmasını sağlamış; bu da günümüz tıbbının ve elektriksel uyarıya dayalı tedavi yöntemlerinin temelini oluşturmuştur. Aldini, elektrik ile biyoloji arasındaki ilişkiyi kuran öncülerden biri olarak kabul edilir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Beş elektrikli cihazın listesini yapınız ve her biri için elektrik akımının hangi etkileri oluşturduğunu belirleyiniz.
2. İnternette bir elektrikli su ısıtıcısının (boylerin) görselini bulunuz ve bu cihazda elektrik akımının ısı etkisini açıklayınız.
3. Elektrik akımının en az iki etkisinin aynı anda görüldüğü üç cihazı sıralayınız.
4. Elektrik akımının hem ısı etkisinin hem de ışık etkisinin görüldüğü bazı cihazları sıralayınız.
5. Bir elektrikli otomobilde ortaya çıkan elektrik akımı etkilerini analiz ediniz.



HATIRLAYINIZ

- Elektrik akımının birden fazla etkisi vardır: ışık etkisi, ısı etkisi, mekanik etki, kimyasal etki ve manyetik etki.
- Bu etkiler sayesinde elektrik enerjisi diğer enerji türlerine dönüşür.
- Elektrikli cihazlarda genellikle aynı anda birden fazla etki ortaya çıkar.

3.11. MIKNATISLAR VE MANYETİK ALAN

KAVRAMLAR

Manyetik alan

Manyetik alan çizgileri

homojen manyetik alan

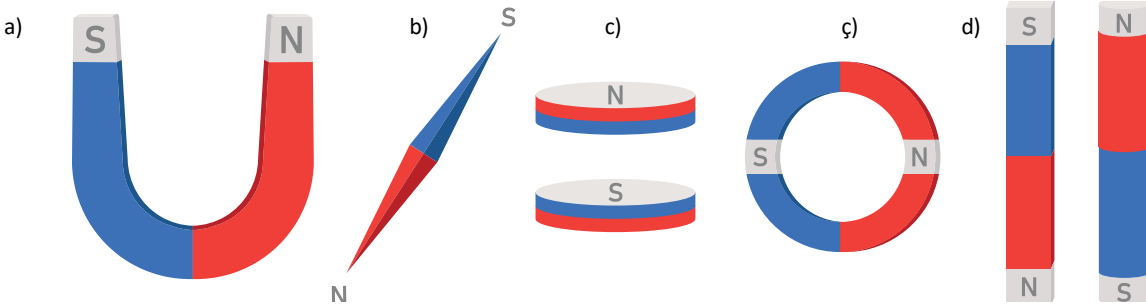
Dünya'nın manyetik alanı

Manyetizma, antik çağlarda günümüzde Türkiye sınırları içinde bulunan Magnezya bölgesinde keşfedilmiştir. Bu bölgede yaşayan insanlar, bazı taşların demiri çekme gibi olağan dışı bir özelliğe sahip olduğunu fark etmişlerdir. "Mıknatıs" sözcüğü de adını bu bölgeden almıştır. Doğal manyetizma, demir oksit olan ve manyetit (Fe_3O_4) adı verilen bir madende keşfedilmiştir. Manyetit, doğal olarak manyetik özellik gösteren tek madendir. Yani kendi başına manyetik alan oluşturabilir ve demir cisimleri çekebilir.



Şekil 1. Manyetit

Günümüzde doğal mıknatıslar, güçleri nispeten zayıf olduğu için nadiren kullanılmaktadır. Bunların yerine çelikten veya özel alaşımlardan yapılmış yapay mıknatıslar kullanılmaktadır. Mıknatıslar, kullanım amaçlarına göre farklı şekillerde üretilir. Örneğin çubuk mıknatıs, çubuk şeklindedir. At nalı mıknatısı (U harfi şeklinde) ise kutuplar birbirine yakın olduğundan, aradaki bölgede çok güçlü bir manyetik alan oluşturur. Mıknatıs iğnesi genellikle pusulalarda kullanılırken, halka ve silindir biçimindeki mıknatıslar çoğunlukla hoparlörlerde kullanılmaktadır.



Şekil 2. a) At nalı mıknatısı (at nalı şeklinde mıknatıs), b) Mıknatıs iğnesi, c) Silindirik mıknatıs, d) Halka mıknatıs, e) Çubuk mıknatıs (çubuk şeklinde mıknatıs).

Her mıknatısın iki manyetik kutbu vardır: Kuzey kutbu N (İngilizce "North") ve Güney kutbu S (İngilizce "South") ile gösterilir. Bir mıknatısı iki parçaya bölersek, her biri iki manyetik kutba sahip olan iki ayrı mıknatıs elde ederiz. Yalnızca tek bir manyetik kutba sahip bir mıknatıs bulunmaz. Aynı adlı manyetik kutuplar birbirini iter, farklı adlı manyetik kutuplar ise birbirini çeker. Bu etkileşim, mıknatısların çevresinde bir **manyetik alan** bulunduğunun, yani mıknatısların etrafındaki uzayın kendine özgü özelliklere sahip olduğunun bir kanıtıdır. Elektriksel etkileşim gibi manyetik etkileşim de uzaktan etki eden bir kuvvettir.

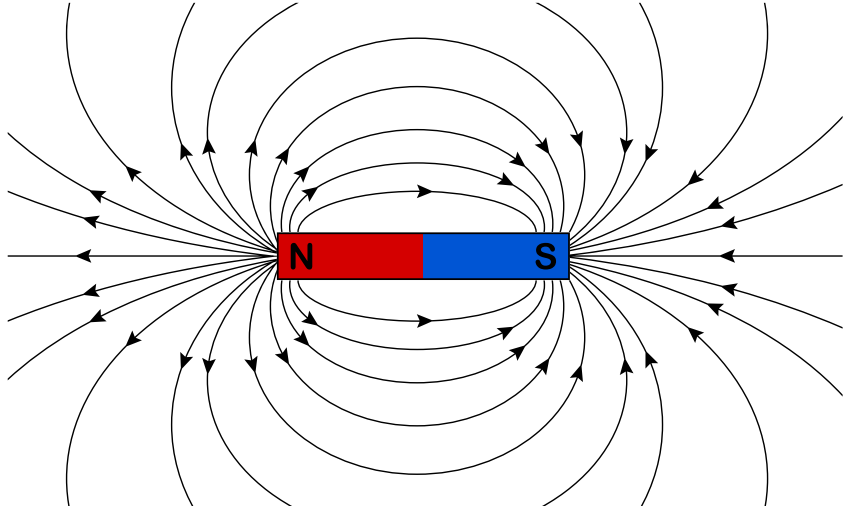


ETKİNLİKLER

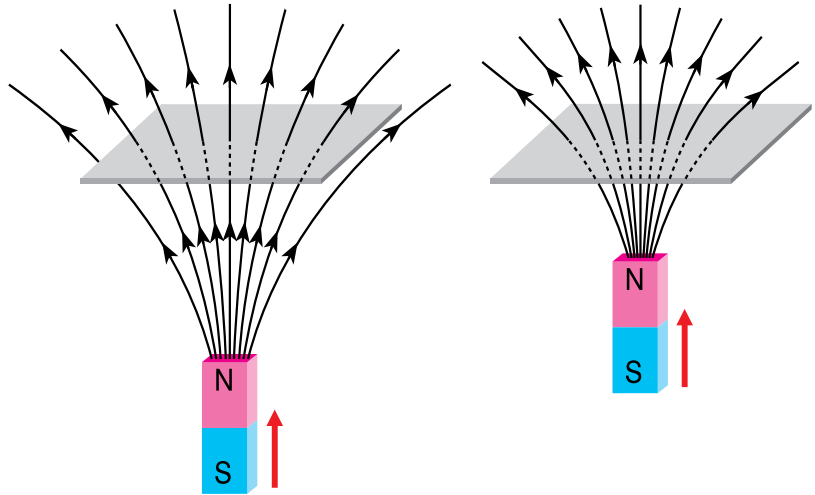
1. Manyetik etkileşimin incelenmesi

İki mıknatıs alınız ve bunları aynı adlı kutuplarıyla (kuzey-kuzey, güney-güney), ardından farklı adlı kutuplarıyla (kuzey-güney) birbirine yaklaştırınız. Daha sonra mıknatısı demir cisimlere (ataç, anahtar) yaklaştırınız. Ne gözlemliyorsunuz? Mıknatısın bir cismi çekmeye başlaması için ona dokunması gerekir mi?

Manyetik alan duyularımızla doğrudan algılanamasa da, onu **manyetik alan çizgileri** yardımıyla görselleştirebiliriz. Bunlar, mıknatısın kuzey kutbundan çıkan ve güney kutbuna giren kapalı çizgilerdir. Manyetik alan çizgileri, manyetik alanın her noktadaki yönünü ve doğrultusunu belirler. Belirli bir yüzeyi kesen manyetik alan çizgilerinin sayısı, bu çizgilerin **yığılma** **gösterir**. Manyetik alan çizgilerinin yoğunluğunun daha fazla olduğu yerlerde, manyetik alanın şiddeti de daha büyüktür. Şekil 4'te, manyetik alan çizgileri tarafından kesilen düz bir yüzey gösterilmektedir. Yüzey mıknatısa ne kadar yakınsa, o kadar fazla manyetik alan çizgisi bu yüzeyi keser. Bu da çizgi yoğunluğunun daha büyük, dolayısıyla manyetik alan şiddetinin daha güçlü olduğu anlamına gelir.



Şekil 3. Çubuk mıknatıstaki manyetik alan çizgileri.



Şekil 4. Manyetik alan çizgilerinin yoğunluğuna göre uzaydaki manyetik alanın şiddetini belirleriz.

Demir talaşları yardımıyla manyetik alan çizgileri görselleştirilebilir. Bu çizgilerin en yoğun olarak mıknatısın uçlarında, yani kutuplarında bulunduğu görülür. Manyetik alan bu noktalarda en güçlüdür. Mıknatıstan uzaklaştıkça manyetik alanın şiddeti azalır.



ETKİNLİKLER

2. Çubuk mıknatısı düz bir yüzey üzerine yerleştiriniz. Üzerine bir pleksiglas levha koyunuz. Levhanın üzerine dikkatlice demir talaşları serpiniz ve levhaya parmağınızla hafifçe vurunuz. Talaşlar düzenli çizgiler hâlinde sıralanacaktır. Ne gözlemliyorsunuz? Demir talaşları en yoğun olarak nerede bulunmaktadır?

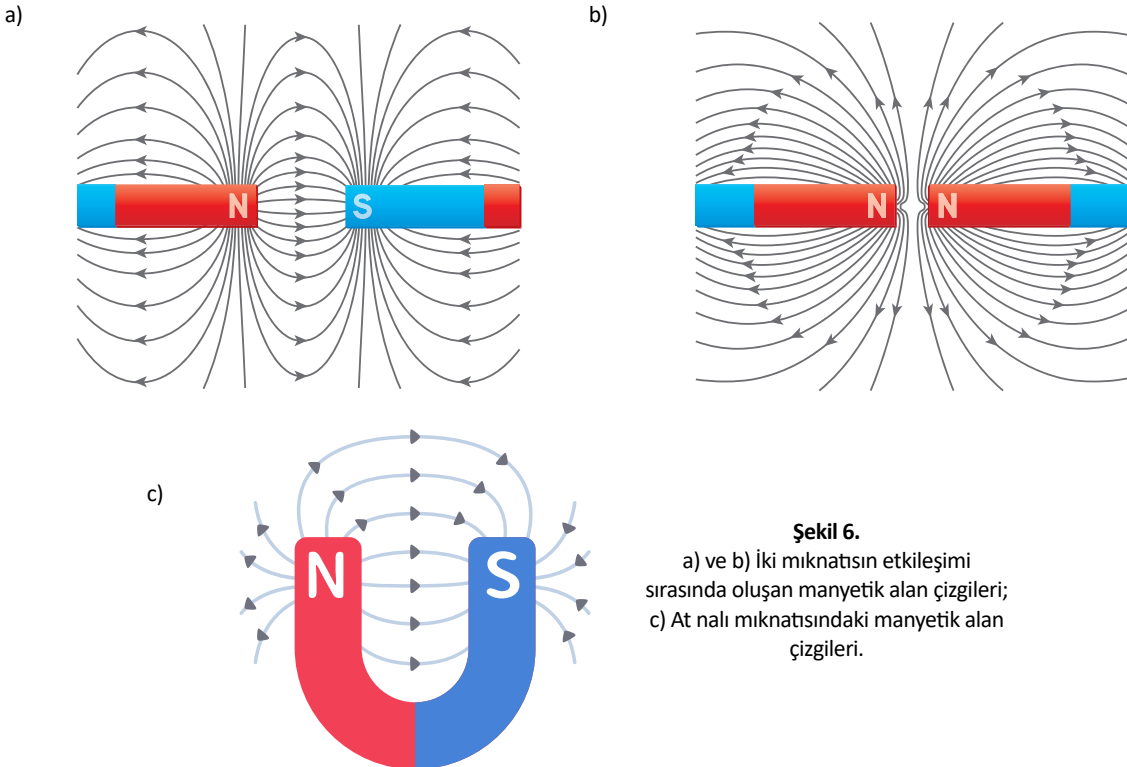
Manyetik alanın şiddeti her noktada aynı değildir. Çubuk mıknatısta, uzayın farklı noktalarındaki alanın şiddeti farklıdır. Bu nedenle bu alanın homojen olmayan (düzgün olmayan) bir manyetik alan olduğunu söyleriz. Homojen manyetik alan, uzayın her noktasında aynı şiddete, doğrultuya ve yöne sahip olan manyetik alandır. Böyle bir alan, birbirine paralel yerleştirilmiş iki manyetik kutup arasındaki bölgede yaklaşık olarak oluşturulabilir.

Bir Mıknatıs Olarak Dünya

Deneyimlerimizden biliyoruz ki pusula ibresi her zaman kuzey-güney doğrultusunu gösterir. Bunun nedeni, Dünya'nın çubuk mıknatısa benzer şekilde dev bir mıknatıs gibi davranmasıdır (Şekil 7). Her mıknatısta olduğu gibi Dünya'nın çevresinde de bir manyetik alan bulunur. Bu alana Dünya'nın manyetik alanı denir. Dünya'nın kuzey manyetik kutbu, coğ-

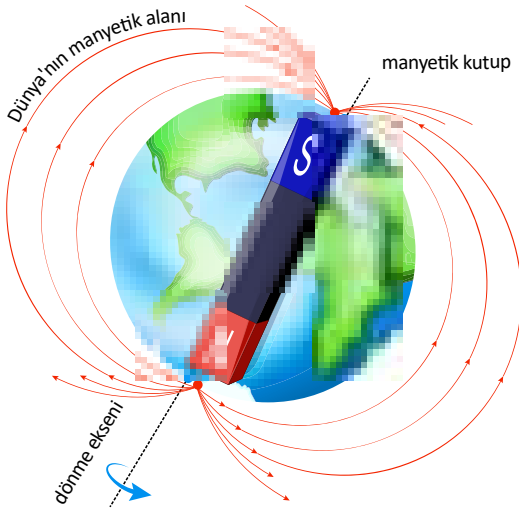


Şekil 5. Demir talaşlarıyla gösterilen manyetik alan çizgileri.



Şekil 6.

a) ve b) İki mıknatısın etkileşimi sırasında oluşan manyetik alan çizgileri; c) At nalı mıknatısındaki manyetik alan çizgileri.



Şekil 7. Dünya'nın çubuk mıknatıs gibi davranışı ve Dünya'nın manyetik alanı.

rafi güney kutbu yakınlarında; güney manyetik kutbu ise coğrafi kuzey kutbu yakınlarında yer alır.

Dünya'nın manyetik alanıyla etkileşimi nedeniyle pusulanın manyetik iğnesi her zaman yaklaşık olarak kuzey-güney doğrultusunu gösterir. Dünya'nın manyetik kutupları, coğrafi kutuplarla tam olarak çakışmaz; ancak pusulanın yön bulmada kullanılabilmesi için yeterince yakındırlar. Dünya'nın manyetik alanı, Güneş patlamaları sırasında oluşan zararlı ışınımına karşı doğal bir koruma sağlar ve bu parçacıkları gezegenler arası uzaya doğru saptırır. Bu durum Şekil 8'de gösterilmiştir



Şekil 8. Dünya'nın manyetik alanının, Güneş'ten gelen zararlı ışınımına karşı koruyucu işlevi.



ETKİNLİKLER

3. Kendi pusulanı yap (sağdaki şekildeki gibi)

Bir dik iğnesi alın ve mıknatısın bir kutbunu kullanarak iğne üzerinde yalnızca tek yönde (başından ucuna doğru) yaklaşık 30 kez sürtünüz. İğneyi bir mantar parçasından geçiriniz veya straforun üzerine yapıştırınız. Straforu dikkatlice su dolu bir kaba bırakıp yüzdürünüz. İğne dönerek kuzey-güney doğrultusunda duracaktır. İğnenin gösterdiği yönü, bir pusulanın manyetik iğnesinin veya fabrikada üretilmiş bir pusulanın gösterdiği yönle karşılaştırınız.



4. Pusula kullanarak kuzey-güney doğrultusunu ve kuzey yönünü belirleyiniz. Pusulanın gerçekten bu doğrultuyu gösterdiğinden nasıl emin olabilirsiniz?



İLGİNÇ BİLGİLER

Göçmen kuşlar ve deniz kaplumbağaları, Dünya'nın manyetik alanını algılar ve onu doğal bir Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) gibi kullanırlar.

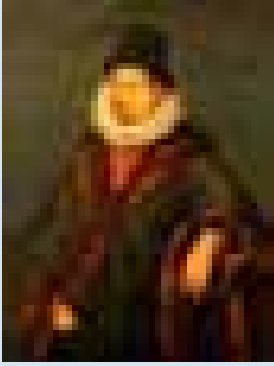
İLERİ DÜZEY



Dünya'nın manyetik alanının zamanla neden değiştiğini ve manyetik kutupların neden sabit olmayıp yavaş yavaş yer değiştirdiğini araştırınız. Bunun navigasyon ve Dünya üzerindeki yaşam açısından ne gibi sonuçları olabileceğini düşününüz.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



William Gilbert 1544–1603

Gilbert, manyetizma biliminin kurucusu olarak kabul edilen İngiliz bir hekim, fizikçi ve doğa bilimcisidir. Gilbert, mıknatısların incelenmesinde sistematik deneysel yöntemi ilk uygulayan bilim insanıdır. Dünya'nın dev bir mıknatıs gibi davrandığını keşfetmiş ve böylece pusula iğnesinin neden her zaman kuzey-güney doğrultusuna yöneldiğini açıklamıştır. Araştırmalarının sonuçlarını 1600 yılında yayımlanan ünlü De Magnete (Mıknatıslar Üzerine) adlı eserinde açıklamıştır. Bu eser, manyetizmaya adanmış ilk modern bilimsel kitap olarak kabul edilir. Gilbert bu çalışmasında, manyetik olaylarla elektriksel olaylar (örneğin yüklü cisimlerin birbirini çekmesi) arasında açık bir ayırım yapmış; böylece elektriğin ve manyetizmanın fiziğin ayrı alanları olarak gelişmesinin temellerini atmıştır. Çalışmaları, kendisinden sonra gelen

bilim insanlarını büyük ölçüde etkilemiş ve fizikte deneysel yöntemeye dayanan modern yaklaşımın başlangıcını oluşturmuştur.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Manyetik alan nedir?
2. Aynı adlı ve farklı adlı manyetik kutuplar nasıl etkileşir?
3. Manyetik alan çizgileri nedir ve bunların yoğunluğundan neyi belirleyebiliriz?
4. Dünya'nın neden bir manyetik alanı vardır?
5. Dünya'nın coğrafi kuzey kutbu ile manyetik kuzey kutbu birbirine yakın mıdır? Cevabınızı açıklayınız.



HATIRLAYINIZ

- Mıknatıslar, çevrelerinde oluşturdukları manyetik alan aracılığıyla etkileşime girerler.
- Manyetik alan, manyetik alan çizgileriyle gösterilir.
- Manyetik alanın şiddeti, alan çizgilerinin yoğunluğuna bağlıdır.
- Dünya, manyetik kutupları coğrafi kutuplara yakın konumlanmış büyük bir mıknatıstır.
- Pusula, kuzey-güney doğrultusunu belirlemek için Dünya'nın manyetik alanını kullanan bir yön bulma aracıdır.

3.12. ELEKTRİK AKIMININ MANYETİK ALANI. ELEKTROMİKNATİS

KAVRAMLAR

Doğrusal iletken

Bobin (solenoid)

Demir çekirdek

Elektromıknatıs

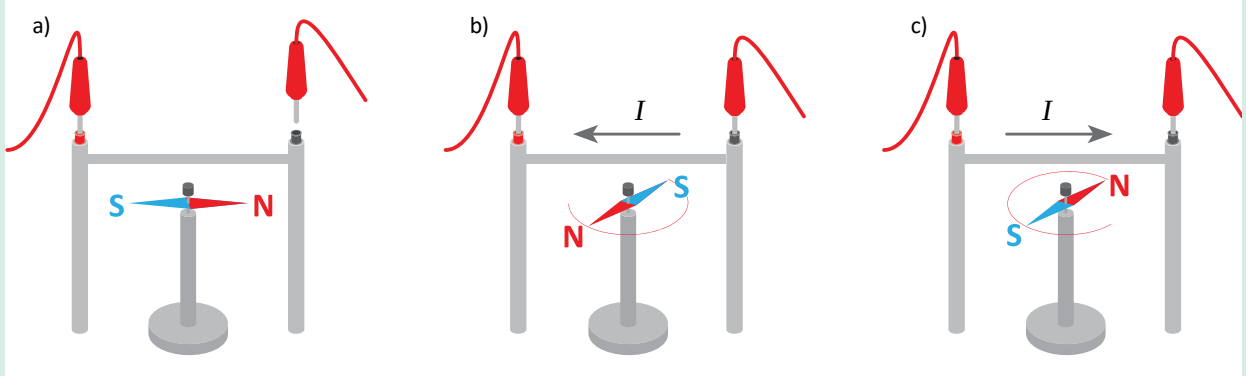
Mıknatıslanma

Uzun süre elektriksel ve manyetik olaylar birbirinden bağımsız doğa olayları olarak incelenmiştir. Ancak deneyler, bu olaylar arasında derin bir ilişki bulunduğunu göstermiştir. 1820 yılında bilim insanı Hans Christian Ersted, yakınındaki bir iletkenin elektrik akımı geçtiğinde pusula iğnesinin kuzey-güney doğrultusundan saptığını gözlemlemiştir. Böylece Ersted, **doğrusal bir iletken** elektrik akımı geçtiğinde iletkenin çevresinde bir manyetik alan oluştuğunu keşfetmiştir. Bu keşif, elektriksel ve manyetik olaylar arasındaki ilişkinin ilk kez ortaya konulmasını sağlamış ve elektrik enerjisi ile manyetizma arasındaki bağlantıyı göstermiştir.



ETKİNLİKLER

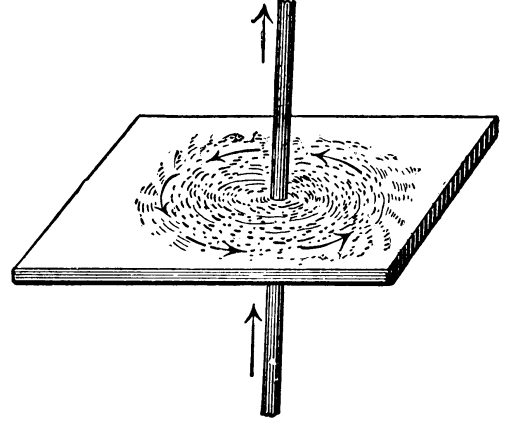
1. Basit bir elektrik devresi kurunuz (pil, anahtar, uzun bir tel ve küçük bir ampul). Pusulayı yerleştiriniz ve kuzey-güney doğrultusunu gösterdikten sonra, devredeki iletken tellerden birini pusulanın üzerine aynı doğrultuda yerleştiriniz. Devreyi kapattığınızda pusula iğnesine ne olur? Akımın yönünü (pilin kutuplarını değiştirerek) değiştirirseniz ne olur? Telin etrafındaki manyetik alanın şiddeti nasıl artırılabilir?



Şekil 1. Üzerinden elektrik akımı geçen bir iletken, pusulanın üzerine getirildiğinde manyetik iğnenin kuzey-güney doğrultusundan sapması. a) İletkenden akım geçmiyor. b) İletkende akım sola doğru akıyor. c) İletkende akım sağa doğru akıyor.

Elektrik akımının oluşturduğu manyetik alan, pusula iğnesinin manyetik alanıyla etkileşir. Bu etkileşim sonucunda manyetik iğne uzayda belirli bir doğrultuya yönelir ve iletkenle belirli bir açı oluşturur. Akım şiddeti arttıkça bu açı da artar. Manyetik iğne, iletkene dik bir doğrultuda durma eğilimindedir. Akımın yönünü değiştirirsek, iğnenin yönelimi de değişir. Bu durum, iletkenin çevresindeki manyetik alanın yönü ve şiddetinin, iletkenden geçen akımın yönüne ve şiddetine bağlı olduğunu gösterir. İletken ile manyetik iğne arasındaki bu etkileşimden, üzerinden akım geçen bir iletkenin mıknatıs gibi davrandığı sonucuna varabiliriz.

Üzerinden güçlü bir elektrik akımı geçen doğrusal bir iletkenin manyetik alanı, basit bir deneyle gösterilebilir. İletken, Şekil 2'de gösterildiği gibi yatay olarak yerleştirilmiş bir kartonun ortasından geçecek şekilde dikey olarak yerleştirilir. İletkenin çevresindeki manyetik alan çizgileri, ince demir talaşları yardımıyla açıkça gözlemlenebilir. Manyetik alan içinde bu talaşlar, alanın doğrultusunda dizilen çok küçük mıknatıs iğneleri gibi davranır. Yatay kartonun üzerine demir talaşları serpilirse, akım verildiğinde talaşlar iletkenin etrafında eş merkezli daireler şeklinde dizilir. Bu daireler, doğrusal iletkenin çevresindeki manyetik alanın şeklini ve şiddetini gösterir.



Şekil 2. Üzerinden akım geçen bir iletkenin çevresindeki manyetik alan çizgilerinin demir talaşları yardımıyla görünür hâle getirilmesi.

Doğrusal bir iletkenin çevresindeki manyetik alan homojen değildir. Manyetik alanın şiddeti, iletkene yakın bölgelerde en büyüktür; çünkü demir talaşları bu bölgelerde daha yoğun olarak toplanır. Bu durum, elektrik akımının manyetik etkiye sahip olduğunu ve manyetik alanın yalnızca kalıcı mıknatıslara özgü bir özellik olmadığını açıkça göstermektedir.

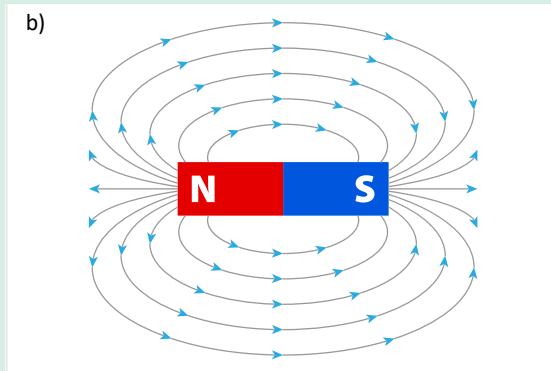
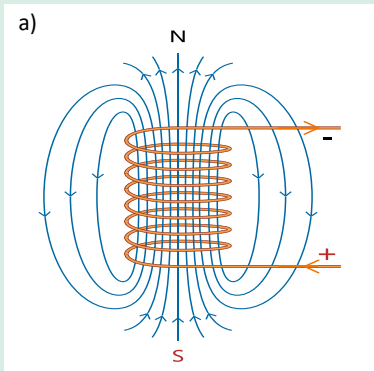
Bobinin (Solenoidin) Manyetik Alanı

Eğer doğrusal iletkeni spiral (sarım) şeklinde büksek, **bobin ya da solenoid** elde ederiz (Şekil 3). Solenoidin manyetik alanı, sıradan düz bir telin (doğrusal iletkenin) manyetik alanından çok daha güçlüdür.



ETKİNLİKLER

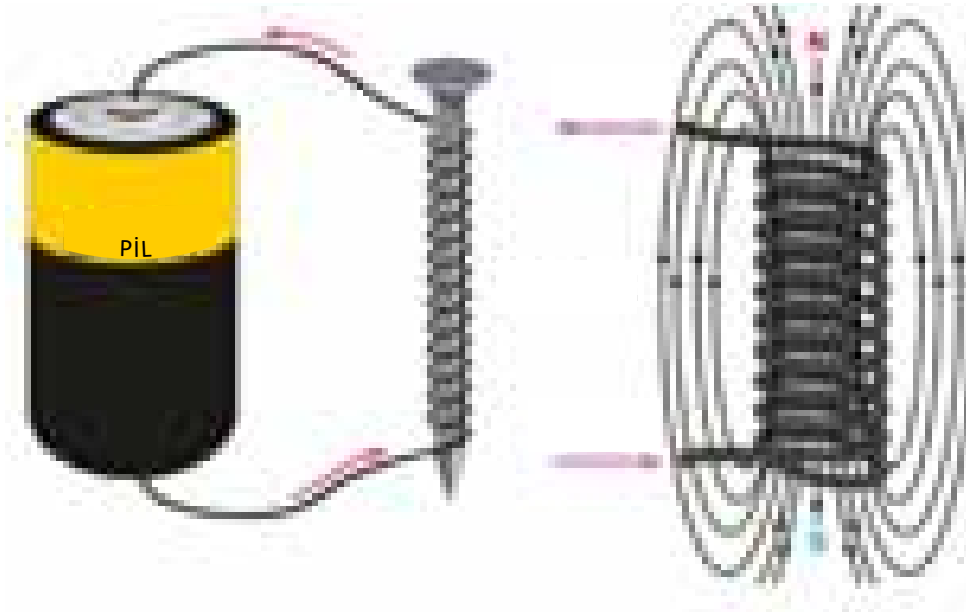
2. Çubuk mıknatısın ve solenoidin manyetik alanlarının karşılaştırılması. Şekil 4'te verilen çubuk mıknatısın ve solenoidin manyetik alanı ile ilgili görselleri inceleyiniz. Çubuk mıknatısın ve solenoidin manyetik alanlarının benzer yönleri nelerdir? Aralarındaki fark nedir? Solenoid her zaman çubuk mıknatıs gibi bir manyetik alan oluşturur mu?



Şekil 3. Manyetik alan: a) Üzerinden doğru akım geçen solenoid, b) Çubuk mıknatıs.

Solenoidin manyetik alanı, görünüş bakımından çubuk mıknatısın manyetik alanına çok benzer. Solenoidin iki ucu, kuzey ve güney manyetik kutup gibi davranır. Bobinin dışında manyetik alan çizgileri kuzey kutbundan çıkar ve güney kutbuna girer. Bobinin içinde ise bu çizgiler birbirine yaklaşık olarak paraleldir; bu da homojen bir manyetik alana işaret eder.

Elektromıknatıs



Şekil 4. Basit bir elektromıknatıs.

Elektromıknatıs, sarımların arasında iç kısma yerleştirilmiş demir çekirdeğe sahip bir bobindir. Çekirdekteki demir de mıknatıslanır ve içinden akım geçtiğinde bobinin manyetik alanını önemli ölçüde güçlendirir. Basit bir elektromıknatıs Şekil 4'te gösterilmiştir. Solenoidden akım geçtiğinde, hem içinde hem de çevresinde bir manyetik alan oluşur. Solenoidin iç kısmındaki manyetik alan homojendir. Bobinin içinde bulunan demir çekirdek mıknatıslanır, yani bir mıknatıs hâline gelir ve manyetik alanın şiddetini daha da artırır.

Elektromıknatısın manyetik alanının şiddeti, sarım sayısına (tel çekirdeğin etrafına ne kadar çok sarılmışsa manyetik alan o kadar güçlü olur) ve solenoidden geçen akımın şiddetine bağlıdır.

Elektromıknatıslar çok kullanışlıdır; çünkü manyetik alanları, akımın açılıp kapatılması veya akımın büyüklüğü ve yönünün değiştirilmesiyle kontrol edilebilir. Elektrikli zillerde, telefonlarda ve hoparlörlerde kullanılırlar. Bu cihazlarda manyetik alan, metal parçaların hareket etmesine ve ses oluşmasına neden olur. Sanayide ise elektromıknatıslar, büyük demir ci-

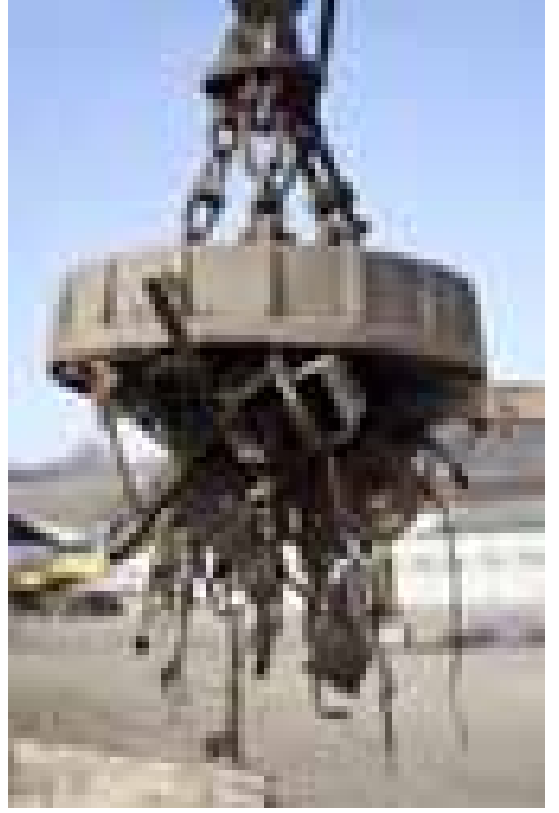


Şekil 5. Çeşitli elektrikli cihazlarda bulunabilen elektromıknatıslar.

simlerin kaldırılması ve taşınmasında kullanılır; böylece fabrikalarda ve depolarda verimli çalışma sağlanır (Şekil 6).

Tıpta güçlü elektromıknatıslar, manyetik rezonans (MR) cihazlarının temel parçalarından biridir. Bu cihazlar, güçlü bir manyetik alan oluşturarak insan vücudunun iç yapılarının ayrıntılı görüntülerinin elde edilmesini sağlar (Şekil 7). Günlük hayatta kullanılan çamaşır makineleri ve elektrik motorları gibi cihazlarda ise elektromıknatıslar, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür.

Demiryolu taşımacılığında, Maglev (manyetik levitasyonlu) trenlerde güçlü elektromıknatıslar kullanılır. Bu trenler rayların üzerinde “havada asılı” şekilde hareket eder. Böylece raylarla temas ve sürtünme ortadan kalkar, çok yüksek hızlara ulaşılması mümkün olur (Şekil 8).



Şekil 6. Manyetik vinç.



Şekil 7. Manyetik rezonans görüntüleme (MR çekimi).



Şekil 8. Rayların üzerinde havada süzülen Maglev treni.

Bu nedenle elektromıknatıslar, elektrik akımı ile manyetik kuvvetlerin pratik uygulamaları arasında önemli bir bağlantı oluşturur; teknolojinin gelişmesine ve yaşam kalitesinin artırılmasına katkı sağlar.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Hans Christian Ersted (1777–1851)

Ersted, modern fiziğin gelişiminde önemli rol oynamış Danimarkalı bir fizikçi, kimyager ve profesördü. Kopenhag Üniversitesinde profesör olarak görev yaparken, o dönemde birbirinden tamamen bağımsız kabul edilen elektrik ve manyetizma olaylarını araştırıyordu. 1820 yılında bir ders sırasında, bir telin yakınında bulunan manyetik iğnenin, telden elektrik akımı geçtiğinde saptığını gözlemledi. Bu basit fakat son derece önemli keşif, elektrik akımının bir manyetik alan oluşturduğunu gösteren ilk açık deneysel kanıt oldu. Bu keşifle Ersted, elektrik ve manyetizma arasındaki derin bağlantıyı ortaya koymuş ve elektromanyetizmanın fiziğin birleşik bir alanı olarak doğuşunu başlatmıştır. Çalışmaları, Ampère, Faraday ve Maxwell gibi daha sonraki bilim insanlarını büyük ölçüde etkilemiş; bu bilim insanları elektromanyetik teoremin temel yasalarını geliştirmiştir. Günümüzde Ersted'in keşfinin uygulamaları elektrik motorlarında, jeneratörlerde, transformatörlerde ve sayısız teknolojik cihazda kullanılmaktadır.



İLERİ DÜZEY

5+

Akımın akış yönüne bağlı olarak manyetik iğnenin (pusula iğnesinin) hangi yöne saptığını ve üzerinden akım geçen doğrusal bir iletkenin çevresindeki manyetik alan çizgilerinin yönünün nasıl olduğunu araştırınız.



İLGİNÇ BİLGİLER

Hoparlörlerde elektromıknatıslar, elektrik sinyallerini sese dönüştürür.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Üzerinden elektrik akımı geçen doğrusal bir iletkenin çevresindeki manyetik alan nasıl ortaya çıkar?
2. Manyetik etkisini kontrol etmek için elektromıknatısta hangi değişiklikleri yapabiliriz?
3. Çubuk mıknatısın manyetik alanı ile solenoidin (bobinin) manyetik alanı arasındaki iki benzerliği ve iki farkı sıralayınız.
4. Elektromıknatıs nedir ve demir çekirdek onun etkisini nasıl artırır?
5. Elektromıknatısların, sıradan (kalıcı) mıknatıslardan farklı olarak açılıp kapatılabilmesi neden yararlıdır?



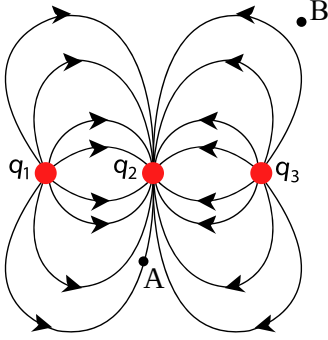
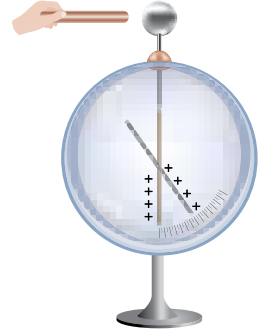
HATIRLAYINIZ

- Üzerinden elektrik akımı geçen her iletken, çevresinde bir manyetik alan oluşturur. Bu olay elektromanyetizmanın temelini oluşturur.
- Doğrusal bir iletkenin çevresindeki manyetik alan, akımın yönüne bağlıdır; akımın yönü değişirse iletkenin çevresindeki manyetik alanın yönü de değişir.
- Solenoidin manyetik alanı, çubuk mıknatısın manyetik alanına benzer.
- Solenoid yalnızca içinden akım geçtiği sürece mıknatıs gibi davranır; çubuk mıknatıs ise kalıcı bir mıknatıstır.
- Elektromıknatıs, içine demir çekirdek yerleştirilmiş bir bobindir. Demir çekirdek, manyetik etkiyi güçlendirir.

KONU 3.

DEĞERLENDİRME SORULARI VE PROBLEMLER

1. Atom nedir ve onu oluşturan parçacıklar nelerdir?
2. Bir atom elektron kaybettiğinde ne olur?
3. Sürtünme ile elektriklenme sırasında iki cisimden yalnızca biri elektrikleenebilir mi? Cevabınızı açıklayınız.
4. Yüklü cisimler arasında hangi tür etkileşim meydana gelir?
 - a) Kütle çekimsel
 - b) Manyetik
 - c) Elektrostatik
 - d) Nükleer
5. Yüksüz bir elektrometreye yüklü bir çubuk yaklaştırılıyor. Elektrostatik etki (indüksiyon) sonucu elektrometre elektrikleliyor ve ibresi sapıyor. Şekilde gösterilene göre, çubuk hangi tür yükle yüklenmiştir?
6. Hangi cisimlerin çevresinde elektrik alan bulunur?
7. Elektrik alan çizgileri nedir ve alanın tanımlanmasındaki görevleri nelerdir?



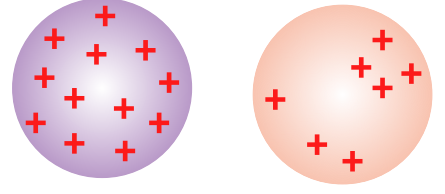
8. Şekilde, q_1 , q_2 ve q_3 olmak üzere üç yük tarafından oluşturulan bir elektrik alan gösterilmiştir.
 - a) Her bir yük hangi tür elektrik yüküyle yüklenmiştir?
 - b) Uzayın hangi noktasında elektrik alanın şiddeti daha büyüktür: A noktasında mı, B noktasında mı?
9. Belirli bir bölgedeki elektrik alan çizgilerinin yoğunluğu neyin ölçüsüdür?
 - a) Ortamın sıcaklığı
 - b) Akımın yönü
 - c) Elektrik alanın şiddeti
 - d) Yükün türü
10. Elektrik akımı nedir?
11. Doğru akım ile alternatif akım arasındaki fark nedir?
12. Hangi cihaza galvanik pil (galvanik eleman) denir?
13. Metallerde elektrik akımını taşıyan parçacıklar hangileridir?
 - a) Protonlar
 - b) Nötronlar
 - c) Pozitif iyonlar
 - d) Serbest elektronlar
14. İyi elektrik iletkeni olan üç malzemeye örnek veriniz.
15. Yalıtkanlar nedir ve elektrik tesisatlarında neden kullanılırlar?

16. Yarı iletkenler nedir?

17. Şekilde farklı malzemelerden yapılmış iki küre gösterilmektedir.

Bunlardan hangisi iletken malzemeden, hangisi yalıtkan malzemeden yapılmıştır?

Cevabınızı, iki küre arasındaki görsel farklılıklara dayanarak açıklayınız.



18. Elektrik akımı neden insanlar için tehlikeli olabilir?

19. Elektrikli cihazları kullanırken alınması gereken üç temel güvenlik önlemini yazınız.

20. Sigorta nedir ve görevi nedir?

21. Saf damıtılmış su elektrik akımını iletir mi? Neden?

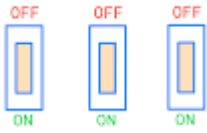
22. Sıvılarda elektrik akımını hangi parçacıklar taşır?

23. Gazlar hangi durumlarda yalıtkan, hangi durumlarda elektrik iletkeni olur?

24. Gazlarda iyonlaşmaya neden olabilecek bazı yöntemleri sıralayınız.

25. Fırtına sırasında yıldırımdan korunmak için hangi önlemleri alırsınız?

26. Elektrik akımı bir elektrolitten geçtiğinde nasıl bir etki meydana getirir?

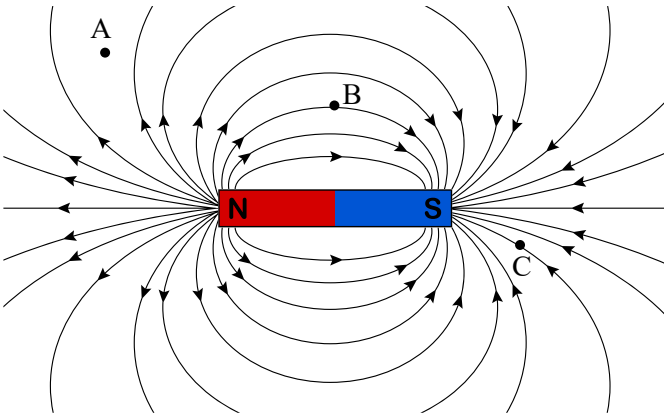
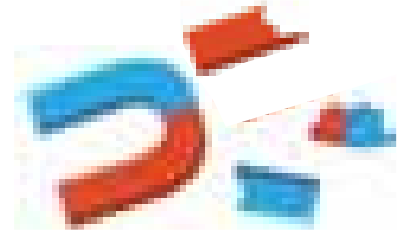


27. Bir odanın duvarında üç anahtar bulunmaktadır. Bunlardan biri gerçek, ikisi ise sahtedir. Anahtarları istediğiniz kadar açıp kapatabilirsiniz. Ancak lambanın bulunduğu yan odaya yalnızca bir kez girebilirsiniz. Masanın üzerindeki lambayı kontrol eden gerçek anahtarın hangisi olduğunu bulunuz.

28. Elektrik alan ile manyetik alanı düşününüz ve karşılaştırınız.

Oluşumları, etkileşimleri, alan çizgileri ve alan şiddetleri bakımından benzerlikleri ve farklılıkları nelerdir?

29. At nalı şeklindeki bir mıknatıs laboratuvar zeminine düşerek üç parçaya ayrılmıştır. Şekli defterinize çizin ve her bir mıknatıs parçasının kutuplarını gösteriniz.



30. Bir çubuk mıknatıs çizin ve manyetik kutuplarını gösteriniz. Şimdi mıknatısın iki parçaya bölündüğünü düşününüz. Uygun bir şekil çizin ve kutupları işaretleyiniz.

31. Bir çubuk mıknatısın çevresindeki uzayda A, B ve C olmak üzere üç nokta işaretlenmiştir. Bu noktalardan hangisinde mıknatısın manyetik alanı en büyük, hangisinde ise en küçüktür?

32. Demirden yapılmış üç metal küreniz var. Yapıştırıcı kullanmadan, küreleri üst üste koyarak dikey konumda durmalarını sağlayacak yaratıcı bir yöntem öneriniz.



KONU 4:

IŞIK

Bu ünite de ışığın nasıl yayıldığını ve neden gölge ile yarı gölge oluşturduğunu öğreneceksin. Gölgenin yalnızca bir “karanlık alan” olmadığını, ışığın bir engel tarafından engellenmesi sonucu oluştuğunu anlayacaksın. Ayrıca bu olayların Güneş Sistemi'nde ne kadar önemli sonuçlar doğurduğunu; Ay tutulması ve Güneş tutulması gibi olayları inceleyerek göreceksin.

Işğın yansımasının ne anlama geldiğini öğrenecek ve ışğın yansıma yasasını görüntülerin oluşturulmasında uygulayabileceksin. Küresel aynalarda görüntü çizebilecek, ayrıca araç aynalarının nasıl çalıştığı veya mağazalardaki bazı aynaların neden şekli bozulmuş görüntüler oluşturduğı gibi günlük yaşamla ilgili olayları açıklayabileceksin.

Beyaz ışğın renklerine ayrılması olayı olan dispersiyonu da tanıyacaksın. Bu sayede beyaz ışğın gökkuşağında olduğı gibi bir renk tayfına nasıl dönüştüğünü öğreneceksin. Renklerin karışımını, ışğın yansımasını ve soğurulmasını inceleyecek; çevremizdeki cisimlerin neden farklı renklerde görüldüğünü anlayacaksın.

Bu ünite sayesinde ışğın yalnızca görmemizi sağlayan bir unsur olmadığını; doğayı, teknolojiyi ve çevremizdeki sanatı anlamamızda temel bir anahtar olduğunu keşfedeceksin.

Öğrenme Kazanımları

Öğrenci şunları yapabilecektir:

- Işğın yayılmasını, gölge ve yarı gölgenin oluşma nedenlerini ve bunların uzaydaki sonuçlarını açıklayabilecektir.
- Işğın yansımasını açıklayabilecek ve görüntülerin oluşturulmasında yansıma yasasını uygulayabilecektir.
- Küresel aynalarla görüntü oluşturabilecek ve küresel aynalarda ışğın yansımasına ilişkin bilgilerini günlük yaşam problemlerinin çözümünde kullanabilecektir.
- Işğın kırılmasını açıklayabilecek ve bunu diyagramlarla gösterebilecektir.
- Merceklerle görüntü oluşturabilecek ve günlük yaşamda merceklerle ilgili problemleri çözebilecektir.
- Beyaz ışğın dispersiyonunu, renklerin karışımını, ışğın çeşitli renklerde yansımasını ve soğurulmasını açıklayabilecektir.

4.1. IŞIĞIN YAYILMASI

KAVRAMLAR

Birincil ve ikincil ışık kaynağı

Işık demeti

Işın

Işığın yayılma hızı

Işık kaynağı

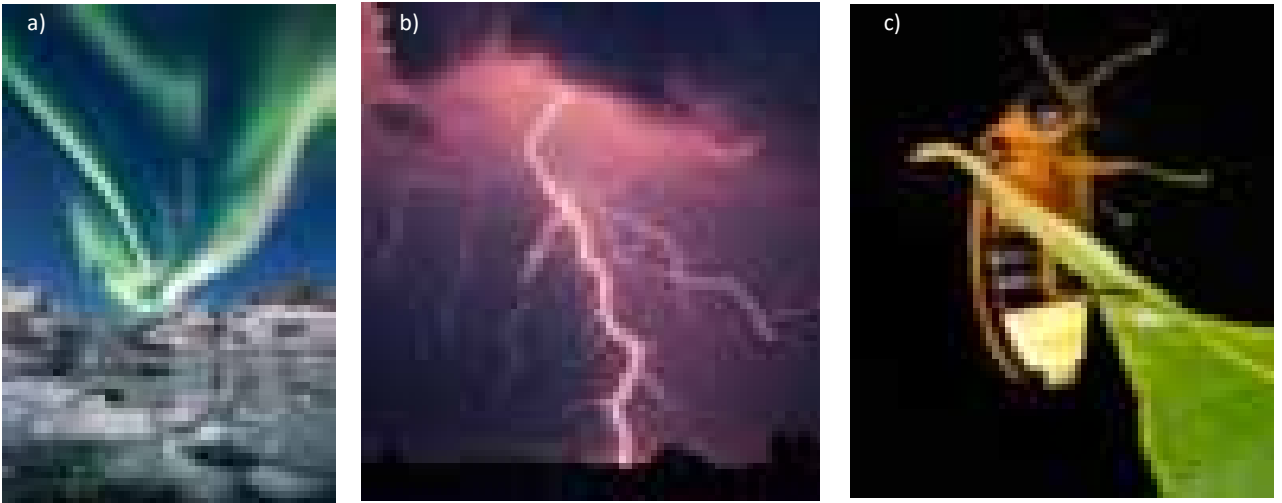
Işığın doğrusal yayılması

Noktasal ışık kaynağı

Işık, doğadaki en önemli olaylardan biridir; çünkü çevremizdeki dünyayı görmemizi ve algılamamızı sağlar. Işığın inceleyen fizik dalına optik denir. Işık yayan veya ışık saçan her cisme **ışık kaynağı** adı verilir. Bazı ışık kaynakları ışığı kendileri üretirken, bazıları ise üzerlerine düşen ışığı yansıttıkları için görünür.

Işık kaynakları iki gruba ayrılır: **Birincil ışık kaynakları**, ışığı kendileri üreten kaynaklardır. Bunlara yıldızlar, Güneş, kutup ışıkları, şimşek, mum alevi, lambalar, lazerler, ateş böceği ve bazı deniz canlıları örnek olarak verilebilir.

İkincil ışık kaynakları ise kendileri ışık üretmeyen, ancak üzerlerine düşen ışığı yansıtan cisimlerdir. Bu ışık, birincil ışık kaynaklarından gelir. Ay ve gezegenler ikincil ışık kaynaklarına örnektir. Ay, ikincil ışık kaynağının tipik bir örneğidir. Gece gökyüzünde parlak görünmesine rağmen kendi ışığını üretmez; yalnızca üzerine düşen Güneş ışığının bir kısmını yansıtır.



Şekil 1. Birincil ışık kaynakları: a) Kutup ışıkları, b) Şimşek, c) Ateş böceği.

Işığın kaynaktan yayılması veya izlediği yol, ışın ile gösterilir. Işık bir kaynaktan yayılırken ya da ilerlerken, bu durum ışın ile temsil edilir. Işın, ışığın yayılma doğrultusunu gösteren varsayımsal bir doğrudur. Ancak gerçekte bir **ışık kaynağından** çok sayıda ışın çıkar ve bunlar birlikte bir ışık demeti oluşturur.

Işık demeti, aynı yönde hareket eden ve ışık enerjisini taşıyan çok sayıda ışıktan oluşur. Başka bir deyişle, ışın çok küçük genişlikli bir ışık demeti olarak düşünülebilir.



Şekil 2. Işık demeti ve ışık ışınları.

Işık demetleri ve ışınları, Güneş ışığının bulutların arasından süzülerek geçtiği durumlarda görülebilir (Şekil 2).

Işık kaynakları noktasal da olabilir. Başka bir deyişle, bazı ışık kaynakları o kadar küçüktür ki ışık tek bir noktadan geliyormuş gibi görünür. Boyutları aydınlatıldığı yüzeye göre çok küçük olan ya da aydınlatılan cisme olan uzaklığına göre boyutları ihmal edilebilecek kadar

küçük olan ışık kaynaklarına **noktasal ışık kaynağı** denir. Uzakta bulunan bir bisikletin lambası veya gece gökyüzündeki uzak bir yıldız, bize yeterince küçük göründükleri için noktasal ışık kaynağı olarak kabul edilir. Noktasal ışık kaynaklarından yayılan ışığın her yöne eşit olarak yayıldığı kabul edilir.

Işık, hava, su veya cam gibi homojen ve saydam bir ortamda yayılırken doğrusal bir yol izler. Bu, ışının önünde opak bir engel bulunmadığı sürece doğrultusunu değiştirmeden düz bir çizgide ilerleyeceği anlamına gelir. Bunun en açık kanıtı, opak cisimlerin gölge oluşmasıdır. Opak bir cisim, ışının yayılmasını engeller. Işınlar cismin etrafından dolaşmadığı için cismin arkasında karanlık bir bölge oluşur.

Işık çok büyük bir hızla yayılır. **Işığın boşluktaki** yayılma hızı yaklaşık olarak saniyede 300 000 kilometre ya da $3 \cdot 10^8$ m/s'dir ve doğadaki en büyük hız olarak kabul edilir. Bu, ışığın yalnızca bir saniyede Dünya'nın Ekvator çevresini yaklaşık sekiz kez dolaşabilecek kadar mesafe katettiği anlamına gelir. Işığın hava, su ve camdaki yayılma hızı ise boşluktaki hızından daha küçüktür.



ETKİNLİKLER

1. Işığın doğrusal yayılması

İki kartona küçük dairesel delikler açınız. Kartonları, delikler aynı doğrultuda olacak şekilde art arda yerleştiriniz. Deliksiz üçüncü kartonu ise ışınları gözlemleyeceğiniz bir ekran olarak kullanınız. İlk kartonu bir el feneri ile aydınlatınız. Işık her iki delikten de geçiyor mu? Birinci deliğin yerini ikinci deliğe göre değiştirirseniz ne olur? Işık yine ekrana ulaşır mı? Bu etkinlik neyi kanıtlamaktadır? Deneyi bir de lazer kullanarak tekrarlayınız. Birinci deliği el feneriyle aydınlatmak ile lazerle aydınlatmak arasında bir fark olup olmadığını tartışınız.

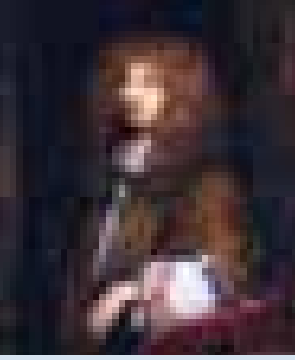
2. Karanlık bir ortamda ışınların görünürlüğü

Karanlık bir ortamda küçük bir el fenerini yakınız ve havaya biraz tebeşir tozu serpiniz. Ne gözlemliyorsunuz? Işınlar hangi doğrultuda yayılmaktadır? Deneyi bir de lazer kullanarak tekrarlayınız. Lazer ışınları da el fenerinden çıkan ışınlar gibi her yöne mi yayılmaktadır? Lazer ışınını, suya birkaç damla süt ekleyerek su içerisinde de gözlemleyebilirsiniz.

3. Birincil ve ikincil ışık kaynağı

Karanlık bir ortamda beyaz bir alüminyum folyoyu el feneriyle aydınlatınız. Daha sonra aynı işlemi alüminyum folyo yerine düzlem ayna kullanarak tekrarlayınız. El fenerini kapatıp cisimlerin ışık yayıp yaymadığını kontrol ediniz. Daha sonra el fenerini yeniden açınız. Bu cisimlerin ikincil ışık kaynağı olduğunu söyleyebilir miyiz?

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Christiaan Huygens 1629–1695)

Huygens, 17. yüzyılın en önemli Avrupalı bilim insanlarından biridir. Günümüzde ışığın dalga kuramı olarak bilinen teoriyi ortaya koymuştur. Bu kurama göre ışık, parçacık akışı olarak değil, uzayda yayılan bir dalga olarak kabul edilir. Bu görüş, o dönemde hâkim olan ve ışığın küçük parçacıklardan oluştuğunu savunan Isaac Newton'un düşüncesine karşıydı. Huygens'e göre, bir dalga cephesindeki her nokta yeni ve küçük dalgaların kaynağı olarak düşünülebilir. Bu küçük dalgalar Huygens dalgacıkları olarak adlandırılır. 1678 yılında ortaya koyduğu bu ilke, günümüzde dalga optiğinin temelini oluşturmaktadır. Huygens'in teorisi; ışığın yansıması, bir ortamdan başka bir ortama geçerken kırılması ve keskin kenarlı gölgelerin oluşumu gibi daha önce açıklanması zor olan birçok olayı basit ve anlaşılır bir şekilde açıklamıştır. Işıkla ilgili çalışmalarının yanı sıra Huygens, başka alanlarda da önemli katkılarda bulunmuştur. Satürn'ün halkalarının yaklaşık büyüklüğünü ilk hesaplayan kişi olmuş ve gezegenin uydularından biri olan Titan'ı keşfetmiştir. Ayrıca, döneminin en hassas saatlerinden biri olan sarkaçlı saati geliştirmiştir. Bu sayede zaman ölçümünün doğruluğu dünya genelinde önemli ölçüde artırılmıştır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Güneş'ten Dünya'ya ışık yaklaşık 8 dakika 20 saniyede ulaşır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Işık kaynağı nedir? Günlük yaşamdan birkaç örnek veriniz.
2. Birincil ışık kaynağı ile ikincil ışık kaynağı arasındaki fark nedir?
3. Ay birincil ışık kaynağı mıdır, yoksa ikincil ışık kaynağı mıdır? Nedenini açıklayınız.
4. Işın nedir? Işık demeti nedir?
5. Tebeşir tozu dışında, ışınları görünür hâle getirmek için başka bir yöntem öneriniz.



HATIRLAYINIZ

- Işık, ışık kaynaklarından yayılır. Işık kaynakları, birincil (ışığı kendileri üreten) ve ikincil (birincil ışık kaynaklarından gelen ışığı yansıtan) olmak üzere ikiye ayrılır.
- Işığın yayılma doğrultusunu gösteren varsayımsal doğruya ışın denir.
- Aynı yönde hareket eden ve ışık enerjisini taşıyan çok sayıdaki ışının oluşturduğu yapıya ışık demeti denir.
- Işık, homojen bir ortamda her yöne doğrusal olarak yayılır.
- Boyutları aydınlatıldığı yüzeye göre çok küçük olan veya aydınlatılan cisme olan uzaklığına göre boyutları ihmal edilebilecek kadar küçük olan ışık kaynağına noktasal ışık kaynağı denir.
- Doğadaki en büyük hız, ışığın hızıdır.

4.2. GÖLGE VE YARI GÖLGE

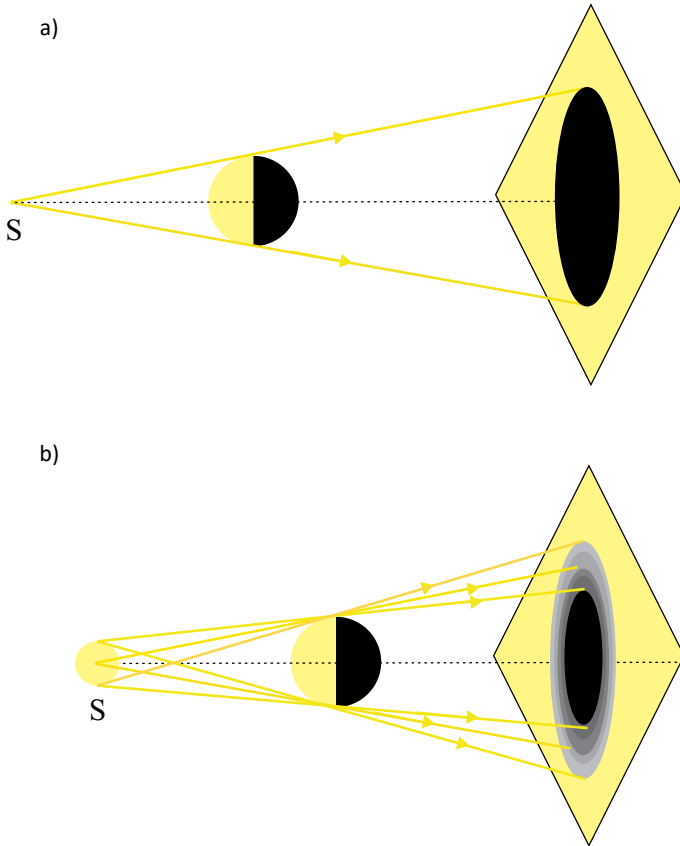
KAVRAMLAR

gölge

yari gölge

Işık, homojen ve saydam bir ortamda doğrusal olarak yayılır. Bu nedenle doğada birçok ilginç olay meydana gelir. Bunlardan biri de gölgelerdir. Gölge, bir cisim ışınların yayılmasını engellediğinde oluşan karanlık bölgedir. İlk bakışta basit gibi görünse de gölgeler, ışığın yayılması hakkında önemli bilgiler verir. Gölgenin oluşumu; ışık kaynağının ve cismin boyutlarına, ayrıca ışık kaynağı, cisim ve gölgenin olduğu yüzey arasındaki uzaklıklara bağlıdır.

Bir cisim üzerine noktasal bir ışık kaynağından gelen ışık düştüğünde, cisim ışınların bir kısmının yayılmasını engeller ve cismin arkasında **gölge** adı verilen karanlık bir bölge oluşur. Gölge, ışınların hiçbirinin ulaşamadığı uzay bölgesidir. Ancak ışık kaynağı noktasal olmayıp, aydınlatılan cismin boyutlarıyla karşılaştırılabilecek büyüklükte ise, bu durumda yalnızca gölge oluşmaz.



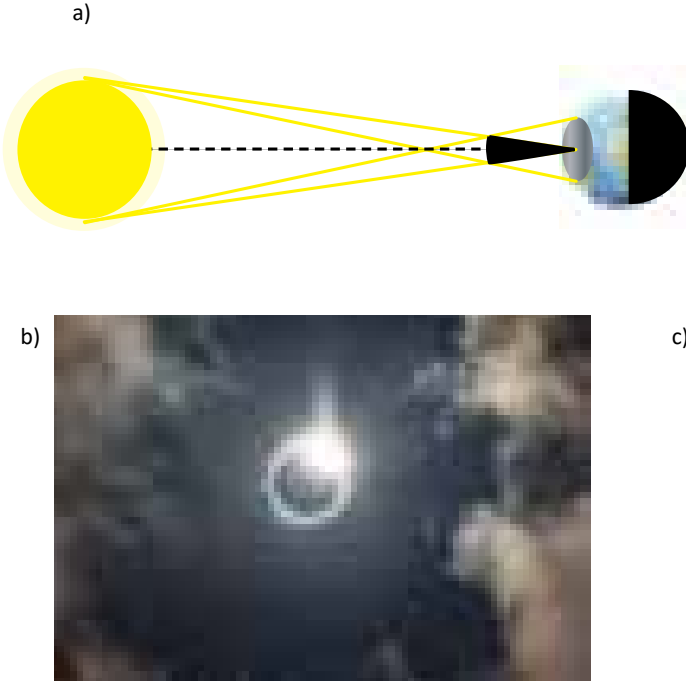
Şekil 1. a) Cismin noktasal bir ışık kaynağı ile aydınlatılması sonucu gölgenin oluşumu, b) Aynı cismin noktasal olmayan bir ışık kaynağı ile aydınlatılması sonucu gölge ve yari gölgenin oluşumu.

Cisme düşen ışık, ışık kaynağının farklı noktalarından geldiği için cisme farklı doğrultulardan ulaşır. Bu nedenle bazı ışınlar cisim tarafından engellenirken, bazıları cismin kenarlarından geçebilir. Böyle durumlarda cismin arkasında yalnızca tek bir karanlık bölge değil, iki farklı bölge oluşur: tamamen karanlık bir bölge ve onun çevresinde daha aydınlık bir bölge.

biçbir ışının ulaşamadığı merkezdeki tamamen karanlık bölgeye gölge, ışığın bir kısmının ulaşabildiği çevredeki bölgeye ise **yari gölge** denir. Yari **gölge** her zaman gölge-den daha aydınlıktır.

Şekil 1'de, opak bir küreyi aydınlatan noktasal bir ışık kaynağının oluşturduğu gölge ile aynı cismin noktasal olmayan bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılması sonucunda oluşan gölge ve yari gölge gösterilmiştir.

Noktasal bir ışık kaynağı kullanıldığında, kaynaktan çıkan ve kürenin yüzeyine teğet geçen ışınlar gölgenin sınırlarını belirler. Bu nedenle gölgenin sınırları keskin ve nettir. İkinci durumda ise, gölgenin oluşmasının yanı sıra, ışık kaynağının farklı noktalarından gelen ışınların bir kısmının ulaşabildiği bir bölge de oluşur. Bu bölge yarı gölgedir. Bu nedenle gölge ile yarı gölge arasındaki sınır keskin değildir. Gölge ve yarı gölge, günlük yaşamda açıkça gözlemlenebilir. Örneğin, bir ağacın altında oluşan gölge buna örnek verilebilir. Güneşli bir günde gölgenin kenarları bulanık görünür; çünkü Güneş büyük bir ışık kaynağıdır ve yarı gölge oluşmasına neden olur. Ancak karanlık bir ortamda küçük bir lamba kullanılırsa, sınırları oldukça keskin olan bir gölge elde edilebilir.



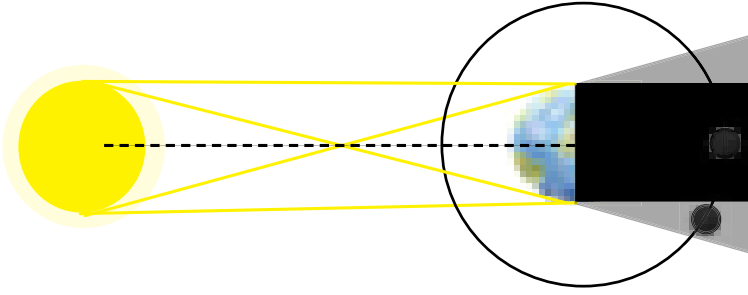
Gölge ve yarı gölgenin oluşması sonucunda **gece, Güneş tutulması, Ay tutulması ve Ay'ın evreleri gibi doğal olaylar meydana gelir.**

Gece ve gündüz, Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesi nedeniyle oluşur. Dünya'nın Güneş'e dönük olan kıs-

mı aydınlanır ve burada gündüz yaşanır. Güneş ışınlarını alamayan diğer kısmı ise gölgede kalır ve burada gece yaşanır.

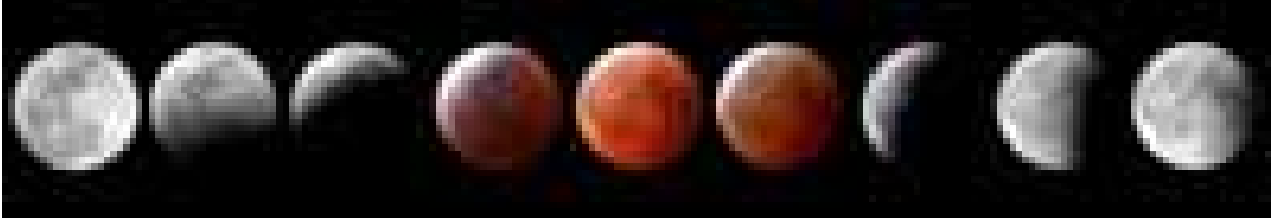
Her 24 saatte bir, Dünya'nın en kuzey ve en güney bölgeleri dışında kalan hemen hemen her yerinde günün bir bölümü gölgede, bir bölümü ise Güneş ışınlarıyla aydınlanmış durumdadır. Şekil 1b'deki kürenin Dünya'yı, noktasal olmayan ışık kaynağının ise Güneş'i temsil ettiğini düşününüz. Kürenin bir yarısının aydınlık, diğer yarısının ise gölgede olduğunu fark edersiniz.

Güneş tutulması ise daha ilginç bir olaydır. Güneş tutulması, Ay'ın Dünya ile Güneş arasına girerek Güneş ışınlarının doğrusal yayılmasını engellemesi sonucu meydana gelir. Ay, Dünya üzerinde tam gölgenin olduğu küçük bir bölge oluşturur. Bu bölgede Güneş tamamen örtülür. **Bu olaya tam Güneş tutulması** denir. Tam gölge bölgesinin çevresinde yarı gölge de oluşur. Yarı gölge, Güneş ışınlarının yalnızca bir kısmının ulaşabildiği Dünya üzerindeki bölgedir.



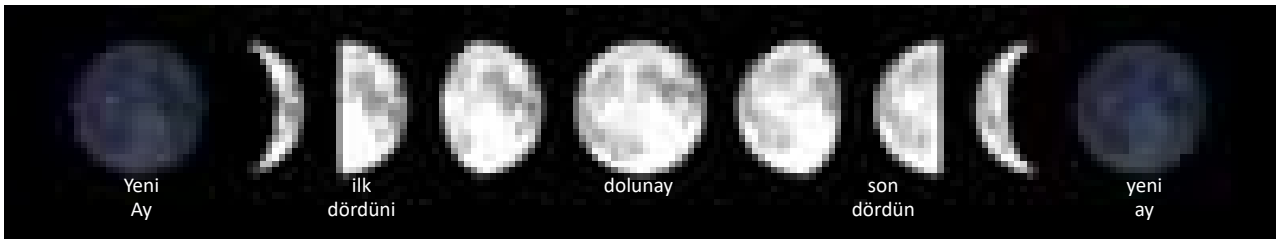
Şekil 3. Dünya'nın oluşturduğu gölge ve yarı gölge

Bu nedenle Dünya'nın bu bölgelerinde **parçalı Güneş tutulması gözlenir**. Ay'ın gölgesi Dünya'nın büyüklüğüne göre çok küçük olduğundan, Dünya üzerindeki tüm insanlar Güneş tutulmasını aynı anda gözlemleyemez.



Şekil 4. Ay'ın, Dünya'nın oluşturduğu yarı gölge ve tam gölge bölgelerinden geçişi sırasında Dünya'dan gözlenen parçalı ve tam Ay tutulması.

Dünya, Güneş ile Ay'ın tam arasına girdiğinde **Ay tutulması meydana gelir** (Şekil 3). Bu durumda Ay, Dünya'nın gölgesine girer. Ay'ın tamamı Dünya'nın tam gölge bölgesine girerse tam **Ay tutulması gözlenir**. Ay'ın yalnızca bir kısmı gölge veya yarı gölge bölgesinde bulunuyorsa parçalı **Ay tutulması görülür**. Ay tamamen yarı gölge bölgesinde bulunduğunda ise, yüzeyinden yansıyan ışık miktarı azalır ve Ay daha sönük görünür. Dünya, Ay'dan daha büyük olduğu için oluşturduğu gölge de daha büyüktür. Bu nedenle Ay tutulması, Dünya'nın geniş bir bölümünden gözlemlenebilir (Şekil 4).



Şekil 5. Dünya'dan gözlenen Ay'ın evreleri.

Ay'ın evreleri, Ay'ın Dünya etrafında dolanması ve Güneş'in Ay'ın yalnızca bir yarısını aydınlatması nedeniyle oluşur. Dünya'dan baktığımızda, Ay'ın aydınlık yarısının her zaman farklı bir kısmını görürüz. Bu yüzden Ay'ın şekli değişiyormuş gibi görünür. Ay'ın yaklaşık 29,5 gün boyunca görünüşünde meydana gelen bu değişimlere **Ay'ın evreleri denir**. Bu evreler, Ay'ın gerçekte şekil değiştirmesinden değil, aydınlık yüzünün Dünya'dan farklı açılardan görülmesinden kaynaklanır. Ay, Dünya ile Güneş arasındayken aydınlık yüzü bize dönük değildir; bu evreye Yeni Ay denir. Buna karşılık, Dünya Ay ile Güneş arasında bulunduğunda ve Ay'ın aydınlık yüzünün tamamı Dünya'ya dönük olduğunda Dolunay görülür.



İLGİNÇ BİLGİLER

Bu iki konum arasında ise İlk Dördün ve Son Dördün gibi ara evreler görülür. Bu evreler, Ay'ın aydınlık yüzünün Dünya'dan görülebilen kısmının değişmesi sonucu oluşur.



ETKİNLİKLER

1. Gölgenin büyüklüğü ve sınırlarının araştırılması

Bu etkinlikte, ışık kaynağı cisme yaklaştırıldığında veya cisimden uzaklaştırıldığında gölgenin büyüklüğünün ve sınırlarının nasıl değiştiğini inceleyeceksin.

Gölgenin oluşacağı ekran olarak kullanmak üzere beyaz bir kâğıdı dikey konumda yerleştir. Kâğıdın yaklaşık 30 cm önüne kurşun kalem veya tükenmez kalem gibi opak bir cisim yerleştir. Daha sonra, cisimden 1 m uzaklığa yerleştirdiğin el feneriyle cismi aydınlat. Kâğıt üzerinde oluşan gölgeyi gözlemler. Cetvel yardımıyla gölgenin yüksekliğini (uzunluğunu) ölç.

Ardından ışık kaynağını cisme 10 cm daha yaklaştır ve gölgenin uzunluğunu yeniden ölç. Birkaç ölçüm elde edene kadar bu işlemi sürdür. Tüm sonuçları bir tabloya kaydet.

Verileri topladıktan sonra bir grafik çiz. Yatay eksende ışık kaynağı ile cisim arasındaki uzaklığı, dikey eksende ise gölgenin yüksekliğini göster. Neler gözlemliyorsun? Gölgenin büyüklüğü, ışık kaynağı ile cisim arasındaki uzaklığa doğru orantılı olarak mı bağlıdır? Işık kaynağı opak cisme yaklaştırıldığında gölge büyüyor mu? Işık kaynağı cisimden uzaklaştırıldığında gölgenin büyüklüğü nasıl değişiyor? Işık kaynağı çok uzaktayken gölgenin sınırları nasıldır, cisme yakinken nasıldır?

2. Gölge ve yarı gölge diyagramlarının çizimi

Defterine küre, küp veya dikdörtgenler prizması gibi farklı şekillerde opak cisimler çiz. Bir ekran çiz ve ardından Şekil 1'de gösterildiği gibi biri noktasal, diğeri daha büyük olan iki farklı ışık kaynağı çiz. Işık kaynağından cisme gelen ışığı ışınlarla göster. Kaynaktan cismin kenarlarına ulaşan ışınları çiz. Işınların ulaşamadığı bölgelerde gölge oluşacaktır. Işınların bir kısmının ekrana ulaşıp bir kısmının ulaşamadığı bölgelerde ise yarı gölge meydana gelecektir. Farklı örnekler çizerek her cismi önce noktasal bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış gibi göster ve cisme ulaşan ışınları çiz. Daha sonra ışık kaynağının noktasal olmadığı durumu gösteren ikinci bir çizim yap. Neler gözlemliyorsun? Cisimlerin yalnızca gölge oluşturduğu durumlar hangileridir? Hangi durumlarda hem gölge hem de yarı gölge oluşur?



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Hipparkhos, MÖ 190–120

Nikealı Hipparkhos, Antik Çağ'ın en önemli astronomlarından biri ve gök cisimlerinin oluşturduğu gölgeleri sistemli bir şekilde inceleyen ilk bilim insanlarından biriydi. Hipparkhos, Ay'ın evrelerini doğru biçimde açıklayan ilk bilim insanı olmuş; Ay'ın evrelerini tutulmalardan ayırarak, bu evrelerin Dünya'nın oluşturduğu gölge ve yarı gölgeden değil, Ay'ın aydınlık yüzünün farklı açılardan görülmesinden kaynaklandığını göstermiştir. Ayrıca Ay tutulmalarını önceden tahmin etmeye yönelik yöntemler geliştirmiştir. Bu bilgi, eski uygarlıklar için büyük önem taşımaktaydı.

İLERİ DÜZEY

5+

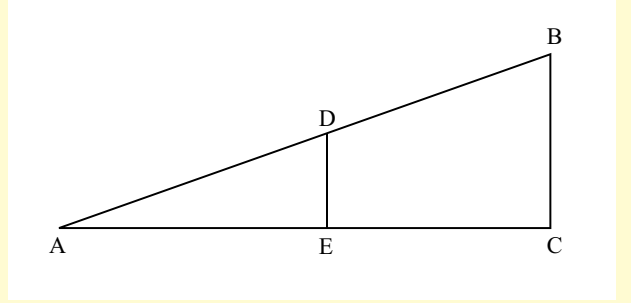
3 A Noktasal bir ışık kaynağının oluşturduğu gölgenin şekli ve büyüklüğü, benzer üçgenler yardımıyla hassas bir şekilde hesaplanabilir. Geometride, iki üçgenin iki açısı eşitse bu üçgenlerin benzer olduğu kabul edilir. Bu durumda karşılıklı kenarları orantılıdır. Yani üçgenlerden biri diğerinden daha büyük veya daha küçük olabilir; ancak şekilleri aynıdır. Şekil 6'da gösterilen ABC ve ADE üçgenleri benzerdir.

Bu üçgenler için aşağıdaki durum geçerlidir:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{AE}}{\overline{DE}}$$

Benzer üçgenler, gölgenin büyüklüğünü belirlemek için kullanılabilir.

Yüksekliği $\overline{DE}$ olan bir cisim, A noktasında bulunan noktasal bir ışık kaynağının önüne yerleştirilmiş olsun. Eğer ışık kaynağı ile cisim arasındaki uzaklık $\overline{AE}$ ve ışık kaynağı ile ekran arasındaki uzaklık ($\overline{AC}$ biliniyorsa, oluşan gölgenin büyüklüğü $\overline{BC}$ kolayca hesaplanabilir.



Şekil 6. Benzer üçgenler. Noktasal bir ışık kaynağının bir cismin gölgesini oluşturmaya ilişkin geometrik çizim.

SORULAR VE ÖDEVLER

1. Gölge ile yarı gölge arasında ne gibi farklar vardır?
2. Güneşli bir günde oluşan gölgelerin sınırları neden keskin değildir?
3. Güneş Sistemi'nde Ay gibi doğal uyduları olmayan gezegenler vardır. Bu gezegenlerde Güneş tutulması gözlemlenebilir mi? Açıklayınız.
4. Ay tutulması neden Dünya'nın büyük bir bölümünden görülebilir?
5. Işık kaynağı büyük olduğunda gölgenin küçülüp yarı gölgenin büyümesinin nedeni nedir?

HATIRLAYINIZ

- Gölge, opak bir cismin önüne yerleştirildiği bir ışık kaynağından gelen ışınların hiçbirinin ulaşamadığı, tamamen karanlık bölgedir.
- Yarı gölge, ışık ışınlarının yalnızca bir kısmının ulaşabildiği, kısmen aydınlık bölgedir.
- Küçük ve noktasal bir ışık kaynağı, keskin ve belirgin bir gölge oluştururken; boyutları daha büyük olan bir ışık kaynağı, hem gölge hem de yarı gölge oluşturur.
- Güneş tutulması, Ay tutulması ve Ay'ın evreleri gibi birçok doğa olayı, gölge ve yarı gölgenin oluşumu ile açıklanır.

4.3. IŞIĞIN YANSIMASI

KAVRAMLAR

Işığın yansımasi

Paralel ışık demeti

Gelme açısı

Yansıma açısı

Normal

Gelen ışın

Yansıyan ışın

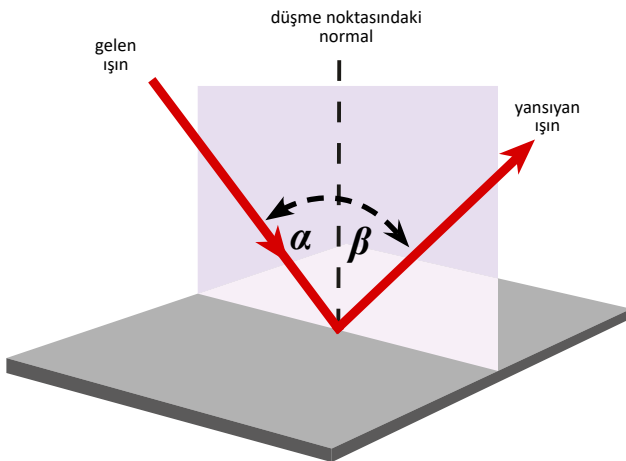
Dağınık yansımada

Işığın yansıma yasası

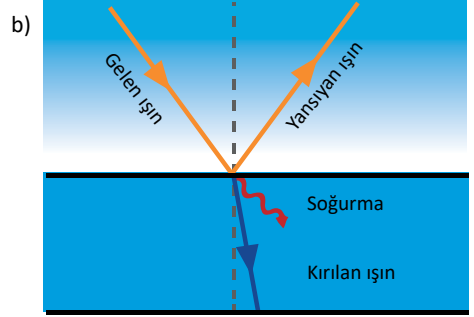
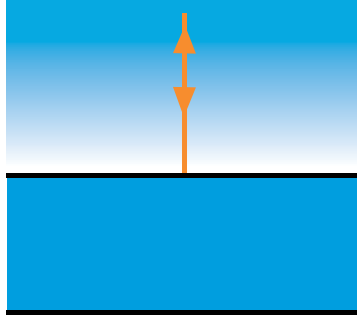
Elastik bir topu sert bir zemine serbestçe düşürsek, top zeminden yansıdıktan sonra hareket yönünü değiştirir ve dikey olarak yukarı doğru hareket eder. Topu zemine belirli bir açıyla fırlatırsak, zeminden yansıdıktan sonra hareket doğrultusu değişir.

Işık da tıpkı top gibi, bir yüzeye çarptığında yayılma yönünü veya doğrultusunu değiştirir. Bu olaya ışığın yansımasi (refleksiyonu) denir. Bir ışık ışını iki saydam ortamın sınırına geldiğinde şu olaylardan biri veya birkaçı gerçekleşebilir: **ışık yüzeyden yansıyabilir (reflekte olabilir)**, sınırda soğurulabilir ya da diğer ortama geçerek yayılmasını sürdürebilir. Yansıma sırasında ışık, yayılma yönünü veya doğrultusunu değiştirebilir.

Yansımayı açıklayabilmek için bazı temel kavramları tanımlayalım. Bir yüzeye gelen ışık ışınına gelen ışın denir. Işının yüzeye değdiği noktada, yüzeye dik (90°) olarak çizilen yarı doğruya **normal** denir. Açılar her zaman ışının yüzeye geldiği noktadan çizilen normale



Şekil 2. Işığın yansıma yasası.



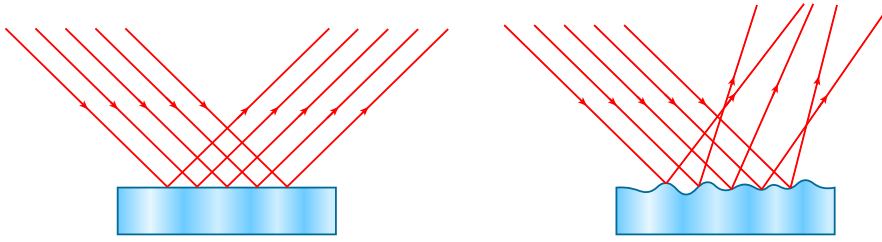
Şekil 1. Havadan gelen ışık su yüzeyine düşmektedir.

a) Işık, su yüzeyinden yansıdıktan sonra yalnızca yayılma yönünü değiştirir. b) Işık, yüzeyden yansıdıktan sonra yayılma doğrultusunu değiştirir.

Işığın yansıma yasasına göre, ışık iki ortamın sınırında öyle yansır ki gelme açısı yansıma açısına eşittir ($\alpha = \beta$). Ayrıca gelen ışın, yansıyan ışın ve normal aynı düzlemde bulunur.

Eğer ışık kaynağı ışınları yalnızca bir doğrultuda yayıyorsa, paralel ışın demeti elde edilir. Demetteki tüm ışık ışınları aynı yönde hareket eder ve aralarındaki uzaklık yayılma boyunca sabit kalır. Paralel bir ışın demeti düz bir yüzeye düştüğünde, tüm ışınlar yüzeye aynı açıyla gelir ve ışığın yansıma yasasına göre aynı açıyla yansır. Bu da demetteki ışınların yansıdıktan sonra da paralel kalması anlamına gelir. Paralel ışık demetinin düştüğü yüzey düz değilse, yüzeydeki küçük pürüzler nedeniyle paralel demetteki her ışın yüzeye farklı bir açıyla gelir ve farklı bir açıyla yansır.

Yansıyan ışınlar artık paralel değildir; bu durumda **ışığın dağınık yansıdığı** söylenir.



Şekil 3. Paralel ışın demetinin düz ve pürüzlü bir yüzeyden yansıması.

Dağınık yansıma, çevremizdeki cisimleri görebilmemizi sağlar. Çevremizde bulunan herhangi bir cismin her noktası ışığı farklı yönlerde dağınık olarak yansıtır; bu ışığın bir kısmı gözlerimize ulaşır ve cismin tamamını görmemizi sağlar.

Işığın yansıması olayı; aynaların, optik araçların, periskopların, lazerlerin ve günlük yaşamda kullanılan birçok cihazın anlaşılması açısından büyük önem taşır.



ETKİNLİKLER

1. Düz ve pürüzlü yüzeylerde dağınık yansıma

Biri düzgün (paralel yüzeyli cam levha), diğeri pürüzlü (ahşaptan yapılmış dikdörtgen prizma) olmak üzere iki farklı yüzey al. Bunları, yüzeylerini kâğıt üzerinde bulunan bir lazerle aydınlatabileceğin şekilde bir kâğıdın üzerine yerleştir. Lazer demetini havada görebilmek için biraz tebeşir tozu serp. Önce cam levhayı aydınlat. Lazer ışınının düştüğü noktada normale çiz ve iletki ile gelme açısını ve yansıma açısını ölç. İki açı büyüklük olarak eşit mi? Lazeri hareket ettirmeden levhayı sağa veya sola kaydır. Gelme açısını ve yansıma açısını tekrar ölç. İki ölçümün sonuçları aynı mı? Şimdi ahşap levhayı lazerle aydınlat. Işığın düştüğü noktada normal çiz ve tekrar gelme açısını ve yansıma açısını ölç. Lazeri hareket ettirmeden ahşap bloğu biraz sağa veya sola kaydır. Gelme açısını ve yansıma açısını tekrar ölç. Ahşap prizma için yapılan iki ölçümün sonuçları aynı mı?



İLGİNÇ BİLGİLER

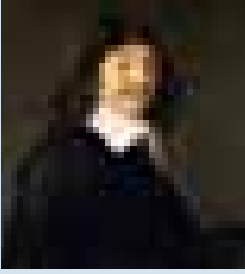
Lazerler, paralel ışık demetleri yayan ışık kaynaklarıdır.

İLERİ DÜZEY

5+

Aynı gelme açısında, ayna normal etrafında belirli bir açı kadar döndürülürse yansıyan ışının yönü ne kadar değişir, araştırınız.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



René Descartes 1596–1650

Descartes, optiğin gelişimine önemli katkılarda bulunmuş Fransız bir filozof, matematikçi ve bilim insanıydı. Işığın yansıma yasasını ilk kez matematiksel olarak formüle etmiştir. Descartes ayrıca ışığın hızının farklı ortamlarda aynı olmadığını ilk fark eden kişidir. Işık ışınları, normal ve yansımanın geometrisine ilişkin açıklamaları, modern optiğin temellerini oluşturmuştur.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Işığın yansımasının ne olduğunu açıklayınız.
2. Dağınık yansıma, çevremizdeki cisimleri görebilmemizi neden sağlar?
3. Kendinizi bir deniz kıyısında düşünün ve Güneş ışınlarının su yüzeyinden yansıdığını varsayın. Güneşin su yüzeyindeki görüntüsü neden “yayılmış” gibi görünür, yani neden tam dairesel değildir?
4. Bir lazer ışını düz bir yüzeye 65° açıyla düşmektedir. Deneyi uygulamalı olarak yapınız, ardından şekil çiziniz ve ışının hangi yönde yansıyacağını açıklayınız. Yansıma açısı kaç derecedir?
5. Bir ışık ışını, normale göre 40° açıyla düz bir yüzeye düşmektedir.
 - a) Gelen ışın ile düz yüzey arasındaki açı kaç derecedir?
 - b) Gelen ışın ile yansıyan ışın arasındaki açı kaç derecedir?
 - c) Yansıyan ışın ile düz yüzey arasındaki açı kaç derecedir?



HATIRLAYINIZ

- Işığın yansıması (refleksiyonu), ışık ışınının iki ortamın sınırına geldiğinde yayılma yönünü veya doğrultusunu değiştirmesi olayıdır.
- Gelen ışın, iki ortamın sınırına gelen ışık ışınıdır.
- Normal, gelen ışının düştüğü noktada yüzeye dik olarak çizilen varsayımsal doğrudur.
- Yansıyan (reflekte olan) ışın, yansıdıktan sonra farklı bir doğrultuda yayılan ışındır.
- Gelme açısı, gelen ışın ile normal arasındaki açıdır.
- Yansıma açısı, yansıyan ışın ile normal arasındaki açıdır.
- Gelme açısı, yansıma açısına eşittir.
- Paralel ışınlar, düz bir yüzeyden yansıdıktan sonra da paralel kalırlar.
- Paralel ışınlar, pürüzlü bir yüzeyden yansıdıktan sonra dağınık olarak yansır.

4.4. DÜZLEM AYNA VE DÜZLEM AYNADA GÖRÜNTÜ

KAVRAMLAR

cismin görüntüsü

ayna simetrisi

sanal görüntü

gerçek görüntü

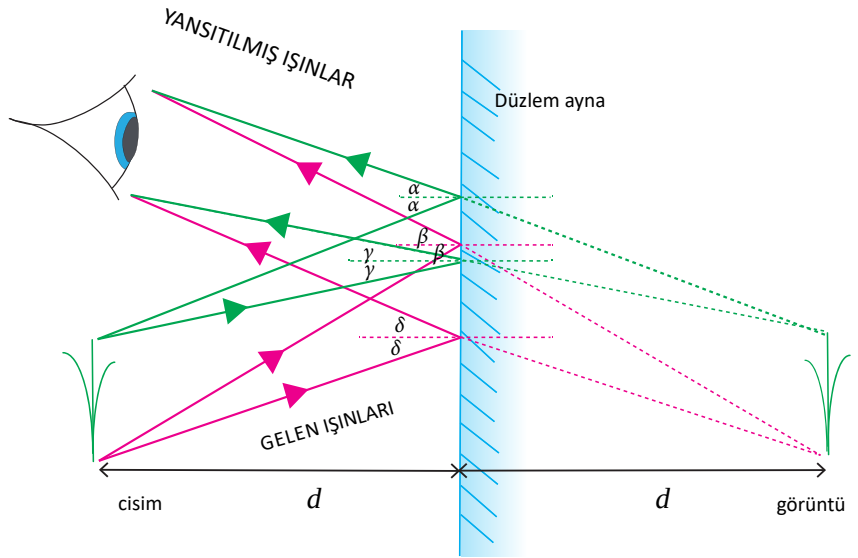
Her gün aynaya baktığımızda, bize tıpatıp benzeyen bir görüntü görürüz; ancak bu görüntü cam yüzeyin “arkasında” bulunuyormuş gibi görünür. Bu görüntü nasıl oluşur? Cevap, ışığın yansımaları olayında ve aynadan yansıyan ışık ışınlarının gözlerimize nasıl ulaştığında gizlidir.

Düzlem ayna, ışığı tamamen yansıtan düzgün ve düz bir yüzeydir. Işık ışınları bir cisimden gelip aynaya düştüğünde, ışığın yansıma yasasına göre yansır. Aynadan yansıyan ışınlar gözlerimize ulaşır. Gözlerimiz ve beynimiz ışığın yalnızca doğrusal yayıldığını algıladığından, ışığın aynanın içinde, yansıyan ışınların uzantılarının kesiştiği bir noktadan geldiği izlenimini ediniriz. Bu nedenle cisim aynanın arkasındaymış gibi görünür. Gördüğümüz şeye, düzlem aynadaki cismin görüntüsü denir.

Şekil 1'de, ışığın yansıma yasasına uygun olarak aynadan yansıyan ışınlar yardımıyla düzlem aynada görüntünün oluşumu gösterilmiştir. Şeklin daha anlaşılır olması için, görüntünün oluşumu bitkinin yalnızca iki noktasından çıkan ışınlarla gösterilmiştir. Gelen açı ile yansıma açısının tüm ışınlar için eşit olduğuna dikkat ediniz.

Gördüğümüz görüntüye, aynanın arkasında yansıyan ışınların uzantılarında oluşan **sanal görüntü** denir. Sanal görüntü, cisimle aynı şekle ve aynı büyüklüğe sahiptir. Aynaya

olan uzaklığı da cismin aynaya olan uzaklığına eşittir. Düzlem aynada oluşan görüntü her zaman sanaldır. Sanal görüntü, **gerçek görüntüden** (örneğin sinemada perde üzerine düşürülen görüntü gibi) farklı olarak bir ekran üzerine yansıtılamaz.



Şekil 1. Düzlem aynada görüntünün ışın diyagramı yardımıyla oluşumu. Her noktadan çıkan iki ışın, aynadan yansıdıktan sonra gözlemcinin gözüne girer. Bu ışınların aynanın arkasındaki uzantılarında sanal görüntü oluşur.

Düzlem aynadaki görüntü, cisimle **ayna simetrisine** sahiptir. Bu, cismin sol tarafının görüntünün sağ tarafı hâline gelmesi anlamına gelir. Harflerin aynada “ters” görünmesinin nedeni de budur.

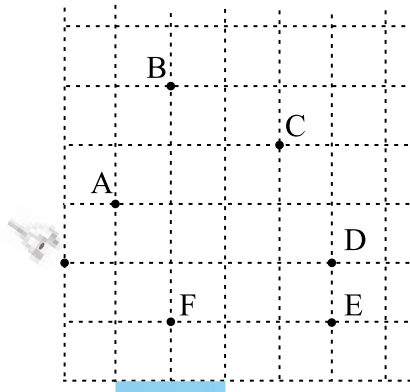


Şekil 2. a) Kızın sağ eli, aynadaki görüntüsünde sol el olarak görünür. b) (AMBULANCE) kelimesi, sürücünün önündeki aynaya baktığında doğru şekilde okunabilir. Ambulans aracının ön kısmındaki yazı ile aynadaki görüntüsü ayna simetrisine sahiptir.



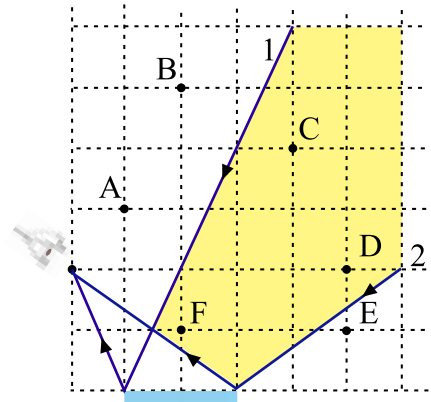
ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Aşağıdaki şekilde gösterilen A, B, C, D, E ve F noktalarından hangileri, göze aynaya bakıldığında görülebilir?

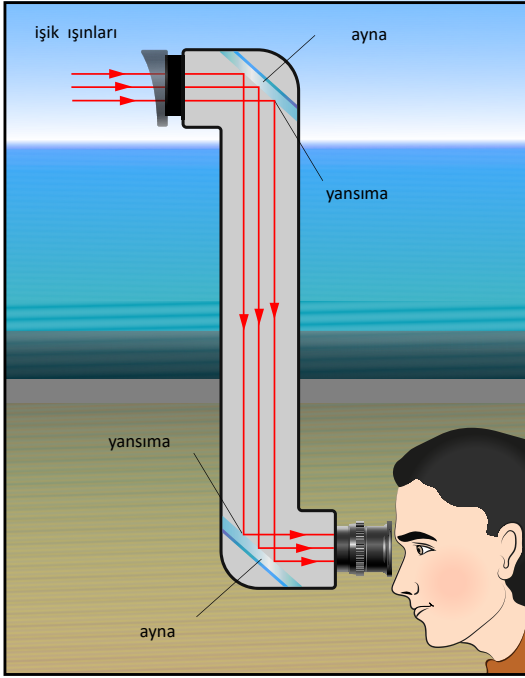


Çözüm:

Aynanın iki ucundan, aynadan yansıdıktan sonra göze ulaşabilecek ışınlar çizilir; aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi. Işığın yansıma yasasına göre, gelen ışın ile yansıyan ışın, ışının yüzeye düştüğü noktadaki normalle eşit açı yapmalıdır. 1 ve 2 numaralı ışınlar bu tür sınır ışınlarıdır. Bu iki ışın arasındaki tüm bölgeye görüş alanı denir ve göz, görüş alanı içindeki her noktayı görebilir. Buna göre göz tarafından görülebilen noktalar C, D ve F noktalarıdır.



Düzlem aynalar her yerde kullanılır: banyolarda, periskoplarda, optik aletlerde, hatta mimaride ve sanatta; kısacası ışık ışınlarının yayılma doğrultusunun değiştirilmesinin gerektiği her yerde kullanılırlar.



Şekil 3. Periskop, denizaltılardaki denizcilerin su yüzeyinin üzerini görmelerini sağlayan bir cihazdır. Suyun üzerindeki cisimlerden gelen ışınlar, iki düzlem ayna yardımıyla denizcinin gözüne yönlendirilir.



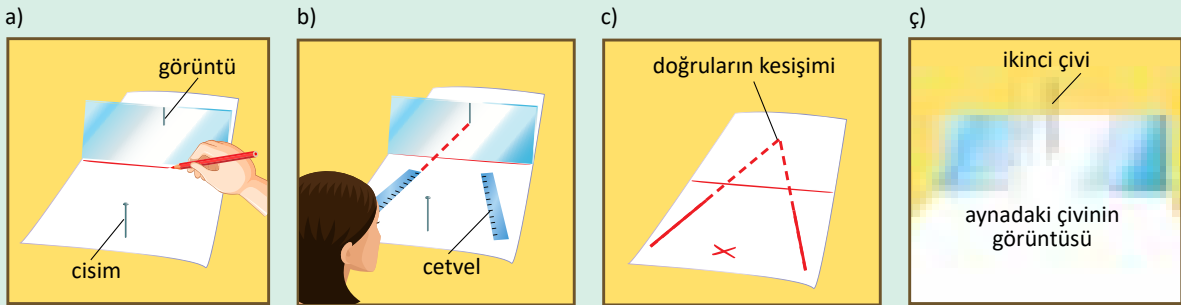
ETKİNLİKLER

1. 1. Düzlem Aynada Görüntünün Konumunun DeneySEL Olarak Belirlenmesi

Birinci yöntem: Küçük bir düzlem ayna ve beyaz bir kâğıt al. Aynayı, alt kenarı kâğıdın tam ortasında olacak şekilde dikey olarak yerleştir. Aynanın önüne, yaklaşık 10 cm uzaklıkta bir cisim, örneğin bir çivi koy. Aynayı sabit tutarken cisme bak. Gözlemler: Cismin görüntüsünün aynanın arkasında, sanki içeride hayali bir yatay yüzey üzerinde duruyormuş gibi görüldüğünü fark edeceksin; Şekil 4a'da gösterildiği gibi. Sanal görüntü aynadan ne kadar uzaktadır? Bakışını aynada tutarken görüntünün tam konumunu belirle. Yani, kâğıdın aynanın arkasında kalan tarafında, aynanın saydam olması durumunda görüntünün bulunacağını düşündüğün bir noktayı işaretlemeye çalış. Başını kaldırma. Noktayı aynı bakış açısından işaretlediğinden emin olmak için aynı konumda kal.

Bu noktayı işaretledikten sonra aynayı kaldır. Şimdi cisim ile ayna arasındaki uzaklığı ve ayna ile görüntünün bulunduğunu işaretlediğin nokta arasındaki uzaklığı ölçebilirsin. Bu uzaklıkların yaklaşık olarak aynı olduğunu göreceksin. Deneyi, cisimi farklı uzaklıklara (5 cm, 15 cm, 20 cm vb.) yerleştirerek tekrarla. Her seferinde aynı sonucu elde etmelisin: Düzlem aynadaki görüntü, her zaman aynanın arkasında, cismin aynanın önündeki uzaklığı kadar bir mesafede oluşur.

İkinci yöntem: Önceki bölümde olduğu gibi, bir cisimi kâğıt üzerine yerleştirilmiş dikey bir aynanın önüne koy; Şekil 4a'da gösterildiği gibi. Kâğıdın üzerine, aynadaki cismin görüntüsüne yöneltilmiş iki cetvel yerleştir; Şekil 4b'de gösterildiği gibi. Şimdi cetvelleri kullanarak aynaya kadar uzanan doğrular çiz. Aynayı kaldır ve doğruları kesiştikleri noktaya kadar uzat; Şekil 4c'de gösterildiği gibi. Doğruların kesişim noktası, aynadaki görüntünün konumudur. Cisimden aynaya olan uzaklık ile aynadan görüntüye olan uzaklık eşit midir? Yansıyan ışınların ayna arkasındaki uzantılarının, görüntünün konumunu işaretlediğin noktada tam olarak kesiştiğine dikkat et.



Şekil 4. a) Dikey aynanın önüne bir cismin yerleştirilmesi ve aynanın konumunun işaretlenmesi, b) Cisme yönlendirilmiş iki cetvelin yerleştirilmesi, c) Cetveller kullanılarak kesişme noktalarına kadar doğruların çizilmesi, d) Elde edilen sonuçların doğruluğunun kontrol edilmesi.

Deneyin doğruluğunu kontrol etmek istersen, doğruların kesiştiği noktaya, aynanın arkasına, Şekil 4g’de gösterildiği gibi aynı türden başka bir cisim yerleştir. Eğer ikinci çivi, birinci çivinin görüntüsünün bulunduğu konuma yerleştirilirse, hangi konumdan bakarsan bak, görüntü ile çıkışacaktır. Bu durumda görüntünün bulunduğu yer doğru belirlenmiş demektir. Bu basit deney, düzlem aynadaki görüntünün gerçekte aynanın arkasında bulunmadığını, yansıyan ışınların uzantılarının hayali olarak kesiştiği noktada oluştuğunu gösterir. Bu nedenle görüntünün sanal olduğunu söyleriz; ancak konumu kesin olarak belirlenebilir.

2. Düzlem Aynada Görüntü Oluşumunun Etkileşimli Bir İnternet Sayfası ile İncelenmesi

“Geometrik Optik: Temeller” (Geometric Optics: Basics) simülasyonunu şu internet adresinden aç:

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html

ve düzlem aynada görüntü oluşumunu incele. Simülasyonda genellikle bir mum veya ok şeklinde bir cisim ve onun önüne yerleştirilmiş bir düzlem ayna göreceksin. Görevin, ışınların izlediği yolu anlamak ve aynada gördüğün cismin görüntüsünün nerede ve nasıl oluştuğunu keşfetmektir. İşe, cisimden yayılan ışık ışınlarını dikkatlice gözlemleyerek başla. Işınları gösterme seçeneğini açarsan, onların farklı yönlerde yayıldığını göreceksin; ancak yalnızca bir kısmı aynaya ulaşacak ve yansıyacaktır. Aynaya gelen ışınlar, aynaya düştükleri açıyla aynı açı altında mı yansıyor? Bu kural, aynanın yüzeyine hangi noktadan çarparsa çarpın tüm ışınlar için geçerli mi? Daha sonra cismi aynaya yaklaştırıp uzaklaştırmaya başla. Bu sırada aynanın “arkasında” görünen görüntüyü gözlemler. Cisim hareket ettiğinde görüntünün de hareket edip etmediğine ve görüntünün aynanın arkasında, cismin aynanın önündeki uzaklığı kadar bir mesafede bulunup bulunmadığına dikkat et. Bu görüntü gerçek mi yoksa sanal mı? Işık gerçekten görüntüyü gördüğün yerden mi geliyor, yoksa beynin onu yansıyan ışınların uzantılarında mı oluşturuyor? Şimdi aynayı biraz sola veya sağa eğ. Yansıyan ışınların yönlerinin nasıl değiştiğine dikkat et. Cismin görüntüsü de yer değiştirecektir; böylece aynanın konumu değiştiğinde görüntünün konumunun da değiştiğini görebilirsin. Bu durumda da düzlem aynada ışığın yansıma yasası geçerli midir?

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Maria Goeppert-Mayer, 1906–1972

Goeppert-Mayer, Alman-Amerikalı bir fizikçiydi ve bilimsel kariyerine optik alanındaki araştırmalarla başladı. İlk yıllarında, laboratuvar koşullarında ışığın hassas bir şekilde yönlendirilmesi için düzlem aynalardan oluşan karmaşık sistemlerle çalıştı ve böylece ışığın ve onun yansımasının incelenmesine yönelik yöntemlerin gelişimine katkıda bulundu. Işığın optik sistemlerde soğurulması ve hareketi süreçlerini araştırdı; bu çalışmalar onu doğrudan ışık ışınlarının yansıma ve refleksiyon ilkeleriyle ilişkilendirdi. Daha sonra Goeppert-Mayer, atom çekirdeğinin yapısını açıklaması nedeniyle 1963 yılında Nobel Fizik Ödülü’nü aldı ve bu ödülü kazanan tarihteki ikinci kadın oldu.



İLGİNÇ BİLGİLER

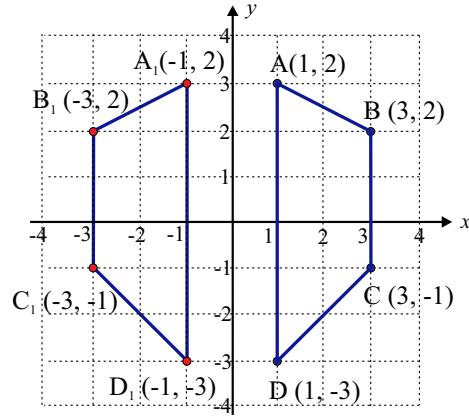
Aynalar, tiyatrodaki optik illüzyonlar için çok önemlidir. Bazen tek bir büyük düzlem ayna kullanılarak bütün sahneler oluşturulur.

İLERİ DÜZEY

5+

Eğer aynayı dikey bir düzlem olarak düşünersek, cismin her noktasının aynanın arkasında kendisine simetrik bir noktası vardır. Bu durumu açıklayan matematiksel dönüşümler de bulunmaktadır. Geometride, Kartezyen dik koordinat sisteminde koordinatları (x, y) olan her noktanın, y eksenine göre aynasal (eksenel) simetrik noktası $(-x, y)$ koordinatlarına sahiptir. Bu ilke tüm aynaların temelini oluşturur ve cismin sağ tarafının neden görüntünün sol tarafı olduğunu açıklar.

Geometri ve fizikte başka hangi simetri türlerinin bulunduğunu araştırınız.



Şekil 5. y eksenine göre ekstenel simetri altında, ADCB yamuğunun görüntüsü $A_1D_1C_1B_1$ yamuğudur. (x, y) koordinatlı nokta, $(-x, y)$ koordinatlı noktaya dönüşür.

SORULAR VE ÖDEVLER

1. Düzlem aynada oluşan görüntünün özelliklerini açıklayınız.
2. “Φ” harfinin ayna simetrisine sahip olduğunu söyleriz. Makedon alfabesindeki başka hangi harfler ayna simetrisine sahiptir?
3. Düzlem aynanın önünde 40 cm uzaklıkta duruyorsun. Görüntün aynanın arkasında hangi uzaklıkta bulunur?
4. Düzlem aynanın önüne, aynadan 25 cm uzaklıkta bir mum yerleştirilmiştir. Işın diyagramını çizin ve mumun aynadaki görüntüsünü oluşturunuz.
5. Bir öğrenci düzlem aynanın önünde 1,35 m uzaklıkta durmaktadır. Öğrenci ile görüntüsü arasındaki uzaklığı hesaplayınız, eğer öğrenci:
 - a) Aynaya 15 cm yaklaşırsa,
 - b) Aynadan 35 cm uzaklaşırsa.

HATIRLAYINIZ

- Düzlem aynadan yansımada, ışık ışınları yansıma yasasına göre yansır; bu nedenle görüntünün nerede oluşacağını tam olarak öngörebilir ve çizebiliriz.
- Düzlem aynadaki görüntü ile cisim aynı büyüklüktedir.
- Düzlem ayna her zaman sanal görüntü oluşturur.
- Görüntü, ayna düzlemine göre cisimle simetriktir; yani ayna simetrisi vardır.
- Düzlem aynada oluşan görüntü, aynadan cisim kadar uzaklıkta bulunur.

4.5. KÜRESEL AYNALAR

KAVRAMLAR

Küresel ayna

içbükey / konkav

küresel aynanın tepe noktası
ve odağı

karakteristik ışınlar

dışbükey / konveks

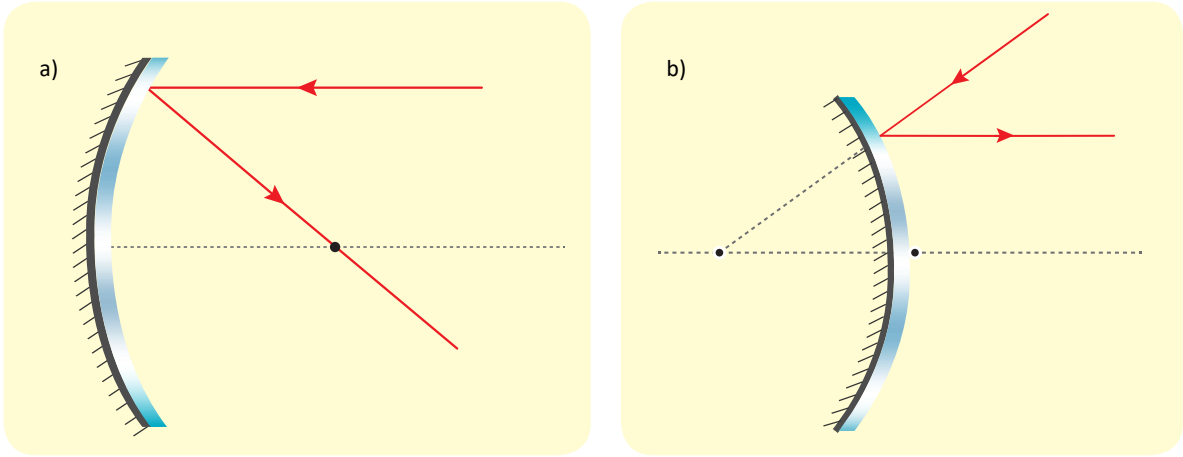
merkez

optik eksen

eğrilik yarıçapı

odak uzaklığı

Günlük yaşamda karşılaştığımız aynaların çoğu düzlem aynalardır. Bilimde, endüstride ve günlük yaşamda küresel aynalar da büyük önem taşır. Küresel aynalar, ışığı yansıtma özelliğine sahip küresel bir yüzeyin parçalarıdır. Küresel ayna, yansıtıcı yani aynalı yüzey küresel yüzeyin iç kısmında bulunuyorsa içbükey (konkav), yansıtıcı yüzey küresel yüzeyin dış kısmında bulunuyorsa dışbükey (konveks) olabilir (Şekil 1).

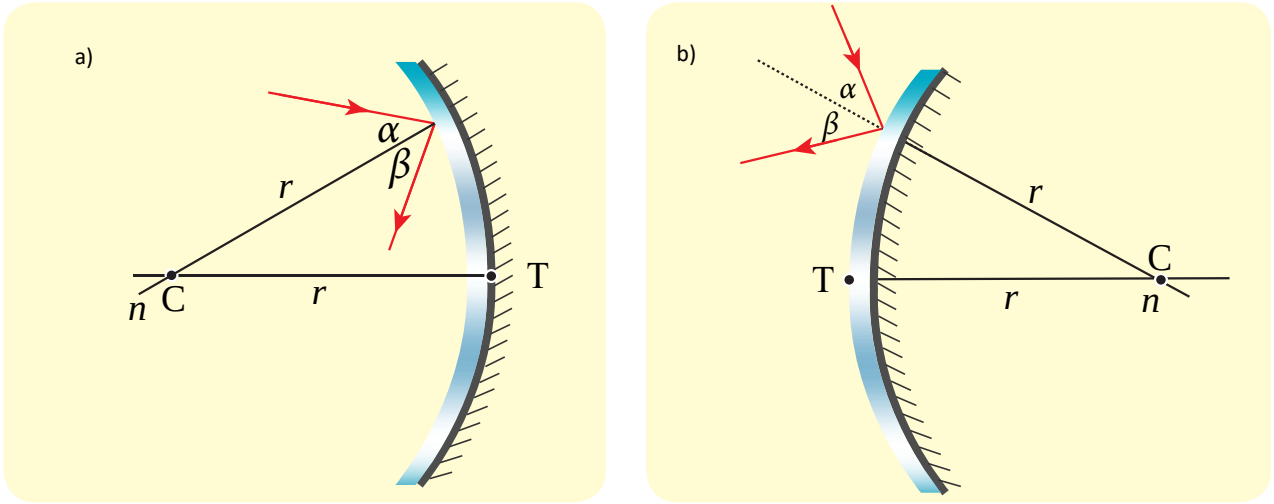


Şekil 1. a) İçbükey (konkav) ayna, b) Dışbükey (konveks) ayna.

Her küresel ayna, **küresel aynanın elemanları** olarak adlandırdığımız birkaç nokta ve doğru ile kolayca tanımlanabilir. Bunlar, ışığın nasıl yansıdığını ve küresel aynada görüntünün nasıl oluştuğunu anlamak için önemlidir.

Şekil 2’de gösterildiği gibi, aynanın “kesildiği” bir küre hayal edelim. Bu kürenin merkezi, **eğrilik merkezi** (C ile gösterilir) olarak adlandırılır; hayali kürenin merkezinden aynanın yüzeyine olan uzaklık ise **eğrilik yarıçapı** (r ile gösterilir) olarak adlandırılır. Aynanın tepe noktası, dışbükey aynanın en çıkıntılı noktası veya içbükey aynanın en çukur noktasıdır (T ile gösterilir). **Ana optik eksen**, aynanın tepe noktası ile eğrilik merkezinden geçen doğruya (TC doğrusu) denir ve küresel aynalardaki en önemli hayali doğruyu oluşturur.

Işığın yansıma yasası küresel aynalarda da geçerlidir. Aynanın yüzeyine belirli bir açıyla gelen ışın, aynı açıyla yansır ($\alpha = \beta$). Aynanın merkezinden ışının düştüğü noktaya çizilen yarıçap, o noktadaki normali temsil eder.

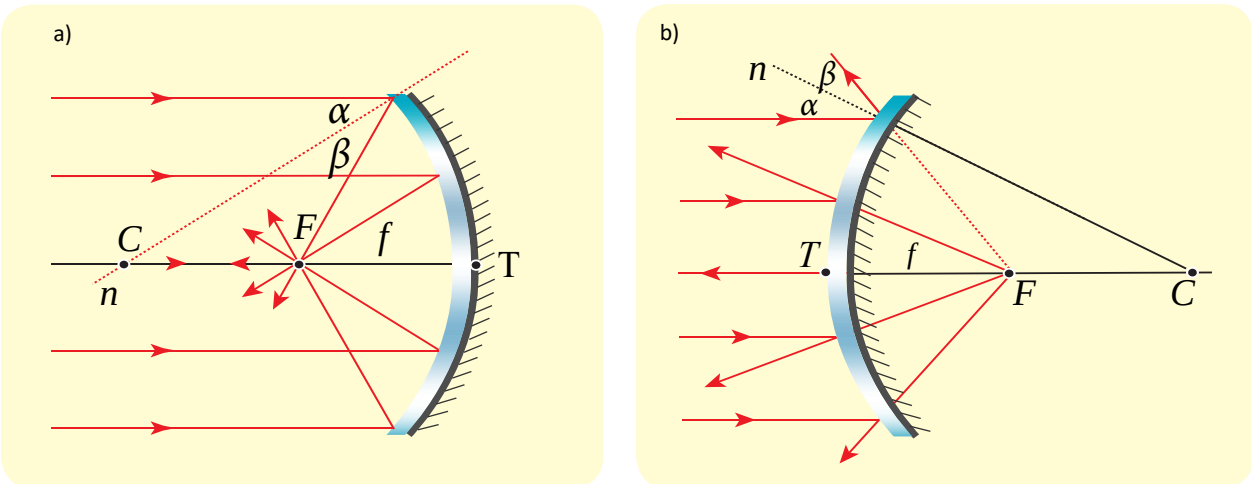


Şekil 2. a) içbükey ve b) dışbükey küresel aynanın elemanları.

Küresel aynanın en karakteristik elemanlarından biri odağıdır. İçbükey aynaya, ana optik eksene paralel ışınlar geldiğinde, yansdıktan sonra optik eksen üzerindeki bir noktada toplanırlar (Şekil 3a). Bu noktaya içbükey aynanın odağı denir. Ana optik eksene paralel ışınları bir noktada toplama özelliğinden dolayı içbükey aynalara yakınsak aynalar da denir. İçbükey aynaların odağının gerçek olduğu söylenir.

Dışbükey aynalarda, optik eksene paralel olarak aynaya gelen ışınlar yansdıktan sonra tek bir noktada toplanmaz, aksine uzaya dağılırlar. Bu ışınların uzantıları aynanın arkasındaki bir noktada kesişir; bu nokta dışbükey aynanın odağıdır (Şekil 3b). Bu nedenle dışbükey aynanın odağının sanal olduğu söylenir. Paralel ışın demetlerini yansdıktan sonra dağıttıkları için bu aynalara ıraksak aynalar da denir.

Tepe noktası ile odak arasındaki uzaklığa odak uzaklığı denir. Küresel aynalarda bu uzaklığın, eğrilik yarıçapının yarısına eşit olduğu gösterilmiştir; yani: $f = \frac{r}{2}$



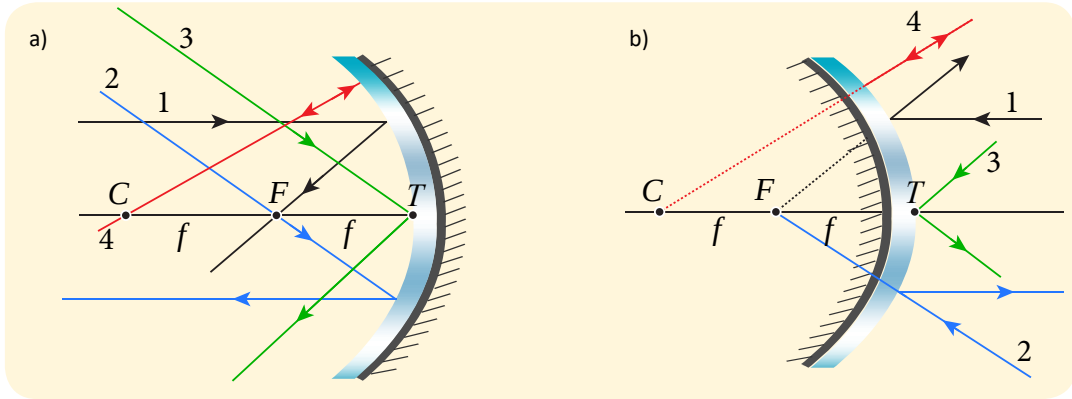
Şekil 3. a) içbükey veya yakınsak aynanın odağı ve b) dışbükey veya ıraksak aynanın odağı.

Küresel aynalarda görüntüleri daha kolay oluşturabilmek için karakteristik ışınlar kullanılır. Bu ışınların izlenmesi kolaydır ve cismin konumundan bağımsız olarak izleyecekleri yol önceden belirlenebilir. İçbükey aynada karakteristik ışınlar şunlardır:

1. Ana optik eksene paralel olarak ilerleyen ışın, aynadan yansıdıktan sonra aynanın odakından geçer (Şekil 4a'daki ışın 1).
2. Odaktan geçen ışın, aynadan yansıdıktan sonra ana optik eksene paralel olur (Şekil 4a'daki ışın 2).
3. Aynanın tepe noktasına ana optik eksene göre belirli bir açıyla gelen ışın, geliş açısına eşit bir açıyla yansır (Şekil 4a'daki ışın 3).
4. Eğrilik merkezinden geçen ışın, aynadan yansıdıktan sonra doğrultusunu değiştirmez; yalnızca yayılma yönü değişir (Şekil 4a'daki ışın 4).

Dışbükey aynada karakteristik ışınlar ise şunlardır:

1. Ana optik eksene paralel ilerleyen ışın, aynadan yansıdıktan sonra sanal odaktan geliyormuş gibi yayılır (Şekil 4b'deki ışın 1).
2. Sanal odağa doğru gelen ışın, aynadan yansıdıktan sonra optik eksene paralel olur (Şekil 4b'deki ışın 2).
3. Tepe noktasına ana optik eksene göre belirli bir açıyla gelen ışın, geliş açısına eşit bir açıyla yansır (Şekil 4b'deki ışın 3).
4. Eğrilik merkezine doğru gelen ışın, aynadan yansıdıktan sonra doğrultusunu değiştirmez; yalnızca yayılma yönü değişir (Şekil 4b'deki ışın 4).



Şekil 4. a) içbükey aynadaki karakteristik ışınlar ve b) dışbükey aynadaki karakteristik ışınlar.

Bu ışınlar kullanılarak, küresel aynanın önüne yerleştirilen bir cismin görüntüsü kolayca oluşturulabilir.

İLERİ DÜZEY



Benzer üçgenler, en genel durumda iki açılı eşit olan üçgenlerdir. Noktasal bir ışık kaynağı çizip, ondan çıkan ve içbükey aynadan yansıdıktan sonra bir noktada kesişen karakteristik ışınları çizdiğinizde, hangi üçgenlerin benzer olduğunu belirleyiniz.



ETKİNLİKLER

1. Küresel Aynada Noktasal Kaynağın Görüntüsü

İçbükey ve dışbükey aynanın önüne, ana optik eksen üzerinde bulunmayan noktasal bir ışık kaynağı çiziniz. Kaynaktan çıkan karakteristik ışınları çiziniz ve küresel aynalardan yansıdıktan sonra nerede kesiştiklerini belirleyiniz. Bu ışınların kesişme noktasının neyi temsil ettiğini tartışınız. Tüm öğrencilerin aynı sonuçları elde edip etmediğini tartışınız. Dışbükey aynada karakteristik ışınlar tek bir noktada kesişir mi? Dışbükey aynadaki yansıyan ışınları aynanın arkasına doğru uzatınız. Bu uzantılar kesişiyor mu?



ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Ibn al-Haytham 965–1040

İbn el-Heysem, küresel aynaları, onların odak uzaklıklarını ve ışık ışınlarının küresel aynalardan yansıdıktan sonraki davranışlarını sistemli olarak ilk inceleyen Arap fizikçi ve matematikçiydi. İçbükey aynaların geometrisini ayrıntılı biçimde analiz etmiş ve paralel bir ışık demetinin odaklanması olayını açıklamıştır. En önemli eseri olan “Optik Kitabı”, ışığın modern bilimsel incelemesinin temelini oluşturur. Onun geliştirdiği birçok yöntem, karakteristik ışık ışınlarının kullanımı ve görüntülerin geometrik olarak oluşturulması da dâhil olmak üzere, günümüzde hâlâ küresel aynalardaki görüntülerin incelenmesinde ve çiziminde kullanılmaktadır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Kaşık, küresel aynaya mükemmel bir örnektir: bir yüzü dışbükey, diğer yüzü ise içbükeydir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Eğrilik merkezi nedir ve küresel aynada nerede bulunur?
2. Optik eksen ile odak uzaklığı arasındaki fark nedir?
3. Bir aynanın eğrilik yarıçapı 60 cm ise, odak uzaklığını bulunuz.
4. Bir içbükey aynanın odak uzaklığı 25 cm’dir. Eğrilik yarıçapı kaçtır?
5. İçbükey küresel aynaya, ana optik eksen ile α açısı yapan 4 paralel ışın gelmektedir. Bu ışınların aynadan yansıdıktan sonraki yayılışını çiziniz ve hangi ışınların tek bir noktada kesiştiğini belirleyiniz.



HATIRLAYINIZ

- İki tür küresel ayna vardır: içbükey (konkav) ve dışbükey (konveks) ayna.
- Tepe noktası, içbükey aynada en çukur nokta; dışbükey aynada ise en çıkıntılı noktadır.
- Eğrilik merkezi, aynanın “kesildiği” kürenin merkezidir.
- Ana optik eksen, tepe noktası ile eğrilik merkezinden geçen doğrudur.
- Odak, ana optik eksene paralel olarak aynaya gelen ışınların yansıdıktan sonra kesiştiği noktadır.
- Odak uzaklığı, eğrilik yarıçapının yarısına eşittir.

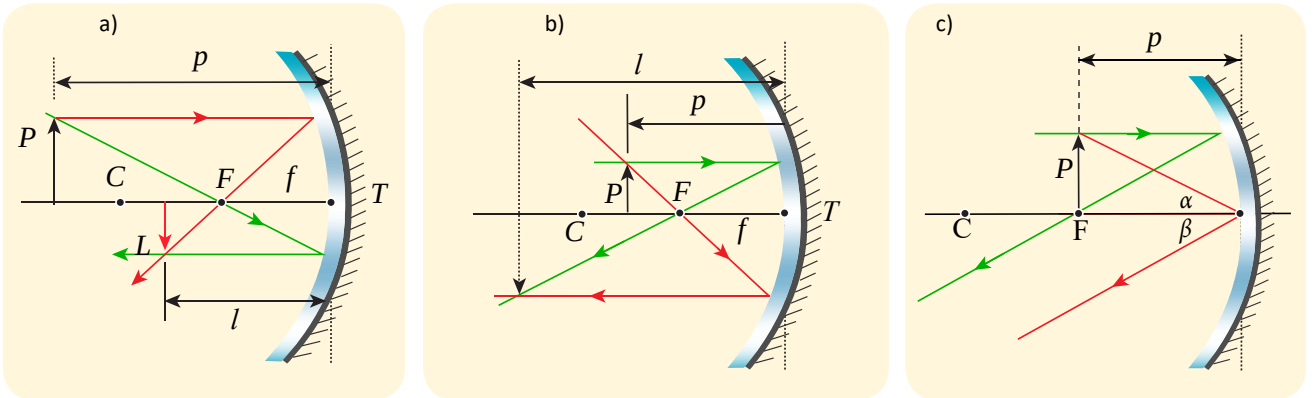
4.6. KÜRESEL AYNALARDA GÖRÜNTÜLERİN OLUŞTURULMASI

Küresel aynalarda oluşan görüntülerin konumu ve özelliklerini, en basit durum olan cismin bir ok şeklinde olduğu durumda inceleyeceğiz. Bu durumda yalnızca cismin optik ekseninden en uzakta bulunan noktasının görüntüsünü belirlememiz gerekir. Geriye kalan tüm noktalar, bu noktadan optik eksene çizilen normal üzerinde bulunur.

İçbükey Aynada Görüntü

Cisim içbükey aynanın önüne yerleştirildiğinde, odak ve merkeze göre konumuna bağlı olarak farklı görüntüler oluşabilir.

1. Cisim, eğrilik merkezinin (C) dışında, yani aynanın eğrilik yarıçapından daha büyük bir uzaklıkta bulunuyorsa ($p > r$), Şekil 1a'da gösterildiği gibi; oluşan görüntü küçülmüş, ters ve gerçektir. Görüntü, eğrilik merkezi ile odak arasında bulunur ($f < l < r$).
2. Cisim eğrilik merkezinde bulunuyorsa, görüntü cisimle aynı büyüklükte, gerçek ve ters olur.
3. Cisim eğrilik merkezi (C) ile odak (F) arasında bulunuyorsa ($f < p < r$), Şekil 1b'de gösterildiği gibi; görüntü büyümüş, ters ve gerçektir ve küresel aynanın eğrilik yarıçapından daha büyük bir uzaklıkta bulunur ($l > r$).
4. Cisim aynanın odağına yerleştirilirse ($p = f$), Şekil 1c'de gösterildiği gibi; ışınlar yansdıktan sonra kesişmez, yani birbirine paralel olur. Bu nedenle görüntünün aynadan sonsuz uzaklıkta oluştuğu söylenir (görüntü sonsuzdadır)



Şekil 1. İçbükey aynada görüntülerin oluşturulması: a) Cisim, aynanın eğrilik yarıçapından daha büyük bir uzaklıktadır.

b) Cisim, odak uzaklığından büyük ancak aynanın eğrilik yarıçapından küçük bir uzaklıktadır.

c) Cisim, aynanın odağına yerleştirilmiştir.

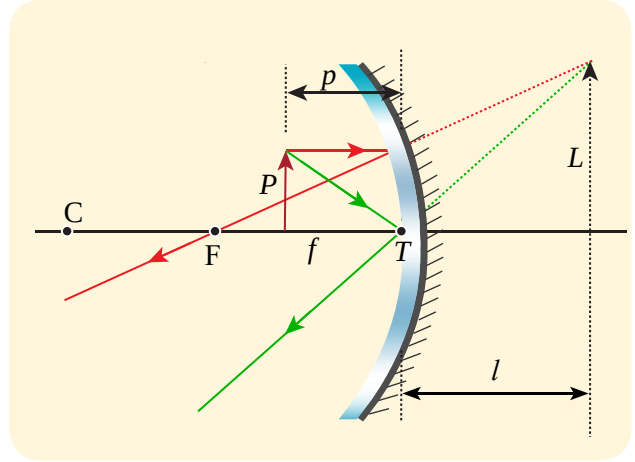
Şekillerin her birinde, p cismin aynaya olan uzaklığı, l aynadan görüntüye olan uzaklığı, r aynanın eğrilik yarıçapını ve f odak uzaklığını göstermektedir. Cismin yüksekliği P , görüntünün yüksekliği ise L ile gösterilmiştir. Bu gösterimler sonraki şekillerde de kullanılacaktır.

Şekil 1’de, üç durumun her biri için görüntülerin oluşturulması gösterilmiştir. Şekillerin daha anlaşılır olması için her birinde yalnızca iki karakteristik ışın çizilmiştir.

İçbükey aynada oluşan gerçek görüntüler, cismin aynanın önünde bulunduğu tarafın aynı tarafına yerleştirilen bir ekran (örneğin beyaz bir kâğıt) üzerinde elde edilebilir. Görüntüyü görmenin başka bir yolu da gözü görüntünün olduğu konuma yerleştirmektir. İçbükey ayna ile sanal görüntü de elde edilebilir.

5. Eğer cisim tepe noktası ile odak arasında yerleştirilmişse ($p < f$), Şekil 2’de gösterildiği gibi, yansıyan ışınlar aynanın önünde kesişmez. Bu ışınları kesikli çizgilerle uzatırsak, aynanın arkasında kesiştikleri görülür. Bu şekilde oluşan görüntüye sanal görüntü denir. Gözümüze gelen ışınlar, sanki aynanın arkasındaki bir noktadan geliyormuş gibi görünür.

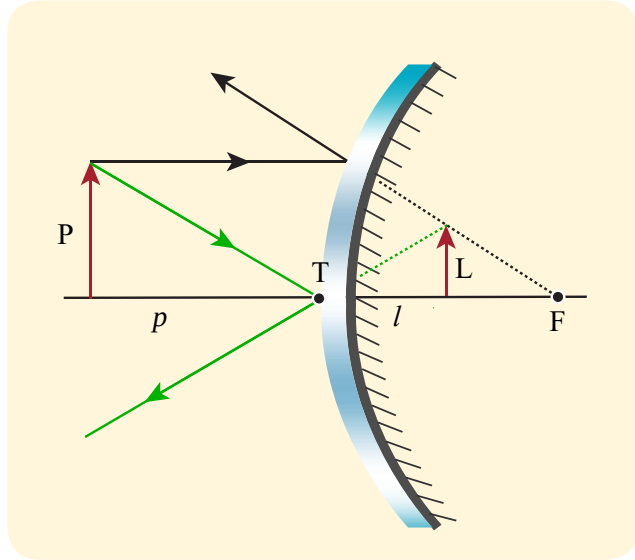
İçbükey aynada oluşan sanal görüntü her zaman cisimden daha büyüktür ve gerçek görüntülerden farklı olarak ters değildir. İçbükey aynada bir cismin sanal görüntüsünün oluşturulması Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. İçbükey aynada bir cismin sanal görüntüsünün oluşturulması. Cisim, odak uzaklığından daha küçük bir uzaklıkta yerleştirilmiştir.

Dışbükey Aynada Görüntü

Dışbükey aynada oluşan görüntüler, cismin konumundan bağımsız olarak her zaman sanal, düz ve küçüktür. Cisim aynadan uzaklaştıkça görüntüsü daha da küçülür ve görüntünün konumu odağa yaklaşır. Eğer cisim sonsuzda bulunuyorsa, görüntü odakta oluşur. Şekil 3’te, dışbükey küresel aynada görüntünün karakteristik ışınlar yardımıyla oluşturulması gösterilmiştir. Görüntü, yansıyan ışınların uzantılarının kesiştiği yerde oluşur.



Şekil 3. Dışbükey aynada görüntünün oluşturulması.

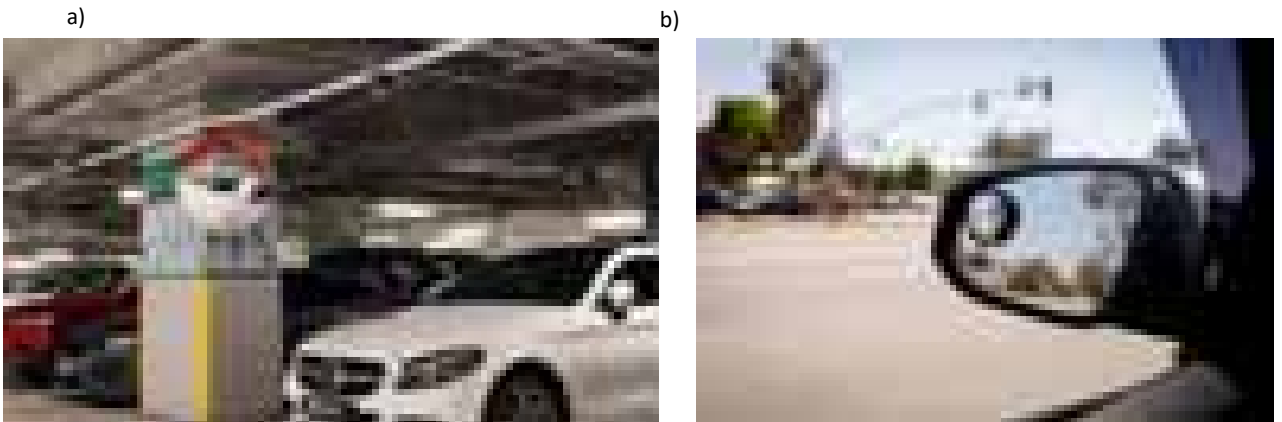
Küresel Aynaların Kullanım Alanları

İçbükey aynalar, ışığın toplanması veya odaklanmasının gerekli olduğu yerlerde önemli bir rol oynar. Cisim aynaya yakın olduğunda büyütülmüş ve net bir sanal görüntü oluşturabildikleri için diş hekimliğinde kullanılırlar; böylece diş hekimi dişin küçük ayrıntılarını hassas bir şekilde görebilir. Aynı büyütülmüş sanal görüntü oluşturma özelliği, kişinin yüzünü daha büyük ve daha net görmesini sağlayan kozmetik aynalarının yapımında da kullanılmalarını sağlar. İçbükey aynalar teknik cihazlarda da vazgeçilmezdir: otomobil farlarının reflektörleri, ışık ışınlarını paralel bir demet hâlinde yönlendirerek aracın önündeki daha uzak mesafelerin aydınlatılmasını sağlar.



Şekil 4. İçbükey küresel aynaların kullanımı: a) diş hekimliğinde, b) otomobil farlarında ve c) ışık ışınlarını bir noktada toplamak (odaklamak) ve cisimleri doğal yollarla yüksek sıcaklıklara kadar ısıtmak için kullanılan teknik sistemlerde.

Dışbükey aynalar, bir cismin küçültülmüş görüntüsünün elde edilmesi veya geniş bir görüş alanı sağlanması gereken yerlerde kullanılır. Üzerlerine gelen ışınlar küçültülmüş fakat düz bir sanal görüntü oluşturduğundan, bu aynalar önlerinde bulunan çok sayıda cismin görüntüsünü gösterebilir. Bu nedenle otomobillerin yan dikiz aynalarında kullanılırlar; çünkü sürücünün arkasındaki yolu daha geniş bir açıyla görebilmesi gerekir. Ayrıca kavşaklarda, garajlarda ve süpermarketlerde de kullanılırlar; çünkü sağladıkları ek görüş alanı daha fazla güvenlik anlamına gelir.



Şekil 5. Dışbükey küresel aynalar: a) Sürücünün aracıyla park yerinden çıkarken yolu net bir şekilde görebilmesi için yerleştirilen ayna, b) Otomobilin dikiz aynası.



ETKİNLİKLER

1. İçbükey Aynada Oluşan Görüntünün İncelenmesi

Bir içbükey aynayı bir tutucuya yerleştiriniz ve önüne bir mum veya küçük bir cisim (kalem ya da kartondan yapılmış bir ok) koyunuz. Aynanın karşısına ekran görevi görecek bir kâğıt yerleştiriniz. Cismi aynadan uzak, eğrilik merkezinin ötesine yerleştiriniz. Daha sonra cismi optik eksen boyunca yavaş yavaş aynaya doğru yaklaştırınız. Ekranda oluşan görüntünün nasıl değiştiğini gözlemleyiniz. Görüntü gerçek midir ve cisme göre daha büyük, daha küçük ya da aynı büyüklükte midir? Görüntü hangi durumlarda cisimden daha küçük, daha büyük veya aynı büyüklükte olur? Ekranda görüntü hangi durumda oluşmamaya başlar?

Daha sonra cismi odak ile ayna arasına yerleştiriniz ve aynada görülen görüntünün nasıl olduğunu gözlemleyiniz. Bu görüntüyü ekranda elde edebilir misiniz? Şimdi cismi aynanın odağına yerleştiriniz. Bu durumda görüntüyü ekranda elde edebilir veya aynada görebilir misiniz?

2. Dışbükey Aynada Oluşan Görüntünün İncelenmesi

Bir dışbükey ayna (otomobil yan aynası da olabilir) alınız ve önüne küçük bir cisim yerleştiriniz. Cismi aynaya yaklaştırıp uzaklaştırarak görüntüyü gözlemleyiniz. Görüntü gerçek midir? Onu bir ekran üzerinde elde edebilir misiniz? Cisim ile ayna arasındaki uzaklık arttıkça görüntünün boyutu önemli ölçüde değişiyor mu? Görüntü, cismin boyutuna göre büyütülmüş mü yoksa küçültülmüş mü görünmektedir?

3. Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumunun Etkileşimli Bir İnternet Sayfası ile İncelenmesi

O "Geometrik Optik" (Geometric Optics) simülasyonunu aşağıdaki internet adresinde açınız:

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html

ve küresel aynalarda görüntü oluşumunu inceleyiniz. Ekranda bir cisim (mum veya ok) ve içbükey ya da dışbükey ayna seçme seçeneği göreceksiniz. Göreviniz, karakteristik ışınları incelemek, kullandığınız küresel aynanın türüne ve cismin aynaya olan uzaklığına bağlı olarak görüntünün nasıl oluştuğunu keşfetmektir. Öncelikle içbükey aynayı seçiniz. Işınların yolunu takip edebilmek için ışın gösterimini açınız. Simülasyonda gösterilen üç karakteristik ışını gözlemleyiniz. Yansıyan ışınların nerede kesiştiğine ve görüntünün nerede oluştuğuna dikkat ediniz. Cismi aynaya yaklaştırıp uzaklaştırınız. Görüntünün büyüklüğü ve konumu değişiyor mu? Görüntü gerçek mi yoksa sanal mı? Düz mü yoksa ters mi? Daha sonra dışbükey aynayı seçiniz ve aynaya gelen her karakteristik ışının, aynanın arkasındaki bir noktadan geliyormuş gibi yansıdığını gözlemleyiniz. Cismi farklı uzaklıklara yerleştiriniz ve görüntünün büyüüp büyümediğini, küçülüp küçülmediğini veya aynı boyutta kalıp kalmadığını inceleyiniz. Dışbükey aynada hiçbir zaman gerçek bir görüntü elde edilebilir mi?

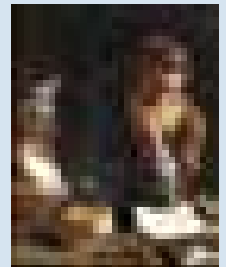
Aynanın eğrilik yarıçapını değiştiriniz ve bunun aynanın odak uzaklığını nasıl etkilediği gözlemleyiniz. Bunun görüntü oluşumu açısından ne anlama geldiğini düşününüz ve bu bilginin günlük yaşamda kullanılan aynalarda, otomobil farlarında, teleskoplarda ve diğer optik araçlarda nasıl uygulandığını tartışınız.



ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Archimedes (Archimedes 287–212 MÖ (Milattan Önce))

Arşimet, antik dünyanın en büyük bilim insanlarından biridir ve matematik ile fizikte yaptığı keşiflerle tanınır (7. sınıfta Arşimet'in kaldırma yasası ve Arşimet kaldırma kuvveti hakkında öğrenmiştiniz). Daha az bilinen bir gerçek ise, onun ışığın yansımaları da incelemiş olmasıdır. Efsaneye göre Arşimet, Siraküza Kuşatması sırasında düşman gemilerini yakmak için büyük içbükey aynalar kullanarak Güneş ışığını odaklamıştır. Bu efsanenin tarihsel doğruluğu tam olarak kanıtlanmış olmasa da, günümüzde içbükey aynaların Güneş ışığını tek bir noktada, yani aynanın odağında toplayabildiğini ve bu noktadaki ışık şiddetini önemli ölçüde artırabildiğini biliyoruz.





İLGİNÇ BİLGİLER

İçbükey aynalar, uzak galaksilerden gelen çok zayıf ışığı toplamak için teleskoaplarda kullanılır.

İLERİ DÜZEY



Küresel aynalar optiğinde önemli sonuçlardan biri, odak uzaklığı (f), cismin aynaya olan uzaklığı (p) ve görüntünün aynaya olan uzaklığı (l) arasındaki matematiksel ilişkidir. Bu ilişkiye küresel ayna denklemi denir:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$$

Yukarıdaki denklemde, eğer ayna dışbükey ise odak uzaklığı negatif alınır. Aynada oluşan görüntü sanal ise, görüntünün aynaya olan uzaklığı da negatif değer alır. Bu denklem, görüntünün konumunun grafiksel çizim yapılmadan hesaplanmasını sağlar. Görüntünün büyüklüğünün cismin büyüklüğüne oranına aynanın büyütmesi (u) denir. Aynanın büyütmesi, ayrıca görüntünün aynaya olan uzaklığının cismin aynaya olan uzaklığına oranı olarak da hesaplanabilir:

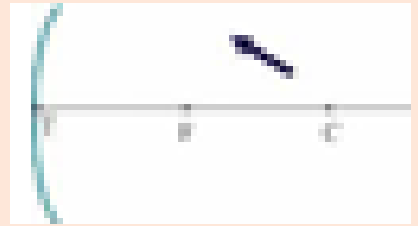
$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

Burada L görüntünün yüksekliği, P ise cismin yüksekliğidir. Cismin aynaya olan uzaklığı p , görüntünün aynaya olan uzaklığı ise l ile gösterilir. Eğer L/P (veya l/p) oranı 1'den büyükse, görüntü büyütülmüştür; 1'den küçükse, görüntü cisme göre küçültülmüştür. Bu oran 1'e eşitse, cisim ve görüntü aynı yüksekliğe sahiptir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Defterinize, dışbükey aynanın önünde 5 cm, 10 cm ve 15 cm uzaklıkta bulunan cisimlerin görüntülerini çizin. Dışbükey aynanın odak uzaklığı 5 cm'dir. Cisim aynadan daha uzak yerleştirildiğinde görüntünün büyüklüğüne ne olur? Aynayı pergel kullanarak çizin.
2. Yüksekliği 2 cm olan bir cisim, içbükey aynada yüksekliği 4 cm olan gerçek bir görüntü oluşturuyor. Cisim odak uzaklığına daha yakın mı yoksa daha uzak mı bulunmaktadır? Cevabınızı gerekçelendiriniz.
3. Bir cisim, odak uzaklığı 5 cm olan içbükey aynanın önünde 8 cm uzaklıkta bulunmaktadır. Karakteristik ışınları kullanarak görüntünün nerede oluşacağını belirleyiniz.
4. Yüksekliği 5 cm olan bir cisim, odak uzaklığı 10 cm olan dışbükey aynanın önünde 15 cm uzaklıkta durmaktadır. Görüntüyü çizin ve yüksekliğini belirleyiniz.
5. Şekilde gösterildiği gibi, içbükey aynanın önüne yerleştirilmiş OK biçimindeki cismin görüntüsünü çizin.



HATIRLAYINIZ

- İçbükey aynada oluşan görüntü, cismin aynaya olan uzaklığına bağlı olarak gerçek veya sanal olabilir.
- Dışbükey ayna ise, cisim nerede bulunursa bulunsun her zaman düz, küçültülmüş ve sanal bir görüntü oluşturur.

4.7. IŞIĞIN KIRILMASI

KAVRAMLAR

Işığın kırılması /
refraksiyonu

Saydam ortam

Optik ortam

Kırılma açısı

Kırılma indisi

Opak ortam (ışık geçirmeyen
ortam)

Şeffaflık / ışık
geçirgenliği

Işık hızı

Kırılan ışın

Düzlem-paralel levha

Işık bazı maddelerden geçebilirken bazı maddelerden geçemez. Havanın, camın, suyun ve bazı plastik türlerinin saydam olduğu bilinmektedir; çünkü ışık bu maddelerin içinden geçebilir. Buna karşılık ahşap, metal ve kumaş opak maddelerdir; çünkü ışık bunların içinden geçemez. Işığın geçiren maddelere **saydam ya da ışık geçirgen** maddeler denir.

Işığın boşluktaki hızı (c) yaklaşık olarak 300.000 km/s'dir. Ancak ışığın hızı her saydam ortamda aynı değildir. Işığın içinden geçebildiği her maddeye optik ortam denir. Işığın farklı optik ortamlardaki hızı farklıdır. Boşluk dışındaki her optik ortamda ışığın hızı, c değerinden daha küçüktür. Bir optik ortamda ışığın hızı ne kadar küçükse, o ortamın optik olarak o kadar yoğun olduğu söylenir. Bu durumu açıklamak için fizikte kırılma indisi (n) adı verilen fiziksel büyüklük kullanılır. Kırılma indisi, ışığın boşluktaki hızı (c) ile herhangi bir optik ortamdaki hızı (v) arasındaki oran olarak tanımlanır.

$$n = \frac{c}{v}$$

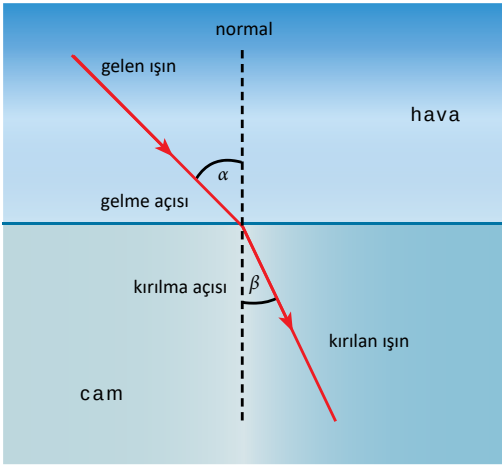
Kırılma indisi boyutsuz bir büyüklüktür ve ışığın bir optik ortamdaki hızının, boşluktaki ışık hızından kaç kat daha küçük olduğunu gösterir.

Optik ortam	Kırılma indisi (n)
Hava (0°C)	1,0003
Hava (40°C)	1,0002
Su	1,33
Yağ	1,46
Cam	1,50
Elmas	2,42

Tablo 1. Bazı maddeler için ışığın kırılma indisleri.

İnce bir ışık demeti, iki optik ortam arasındaki sınıra normale göre ölçülen α gelme açısıyla geldiğinde, demetin bir kısmı geldiği ortama aynı açıyla geri yansır. Ancak demetin bir kısmı ikinci ortama geçer; **yani ışın kırılır**. Bu ışın, normale göre ölçülen β **kırılma açısıyla** yoluna devam eder (Şekil 1). Işığın yayılma doğrultusundaki bu değişime **ışığın kırılması ya da refraksiyonu** denir.

Işığın kırılmasının nedeni, farklı optik ortamlarda ışığın farklı hızlarla yayılmasıdır. Başka bir deyişle, farklı optik ortamların kırılma indisleri farklıdır.



Şekil 1. Işığın iki ortam arasındaki sınırda kırılması.

1. Eğer ışık optikçe daha az yoğun bir ortamdan (kırılma indisi n_1 daha küçük olan ortamdan) optikçe daha yoğun bir ortama (kırılma indisi n_2 daha büyük olan ortama) gelirse, normale doğru kırılır. Bu durumda:

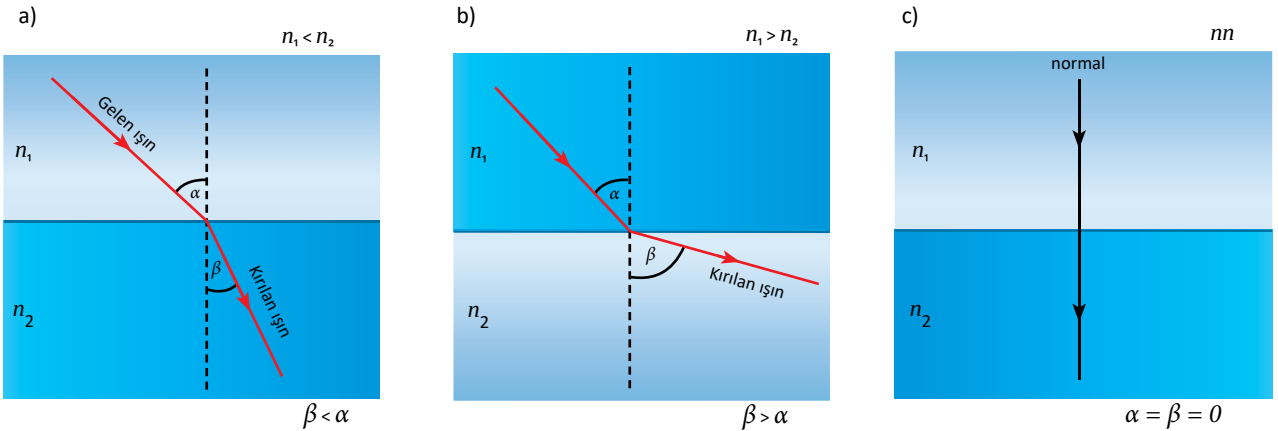
$$\alpha > \beta \text{ olur (Şekil 2a).}$$

2. Ters durumda, eğer ışık optikçe daha yoğun bir ortamdan optikçe daha az yoğun bir ortama geçerse, ışık normalden uzaklaşarak kırılır. Bu durumda:

$$\alpha < \beta \text{ olur (Şekil 2b).}$$

3. Eğer ışık, kırılma indisleri farklı olan iki ortamın sınırına dik olarak gelirse, ışığın yayılma doğrultusu değişmez. Bu durum, ışığın optikçe daha az yoğun ortamdan daha yoğun ortama ya da daha yoğun ortamdan daha az yoğun ortama geçmesi hâlinde de geçerlidir (Şekil 2c).

Işığın kırılması için şu kural geçerlidir: Gelen ışın, normal ve kırılan ışın aynı düzlemde bulunur.



Şekil 2. a) İki optik ortam arasında ışığın kırılması; burada birinci optik ortam, ikinci optik ortama göre daha az yoğundur. b) İki optik ortam arasında ışığın kırılması; burada birinci optik ortam, ikinci optik ortama göre daha yoğundur. c) Işığın, normale göre sıfır derecelik gelme açısıyla iki optik ortamın sınırına geldiği durumdaki geçişi.

Bu ifadelerle Işığın Kırılma Yasası verilmiş olur.

Işığın kırılması günlük yaşamda kolaylıkla gözlemlenebilir. Bir kaşığı suya batırıp yukarıdan veya yandan baktığımızda, kaşık “kırılmış” ya da bükülmüş gibi görünür (Şekil 3a).

Su altındaki cisimlere baktığımızda, beynimiz kırılan ışınları doğrusal olarak uzatır ve bu nedenle cisimlerin gerçek konumlarından daha sığ bir derinlikte bulunduğu izlenimini oluşturur. Bu yüzden havuzun tabanı olduğundan daha sığ görünür ve su altındaki cisimler

gerçekte bulunduklarından daha az derinlikteymiş gibi algılanır. Bu durum Şekil 3b'de gösterilmiştir.

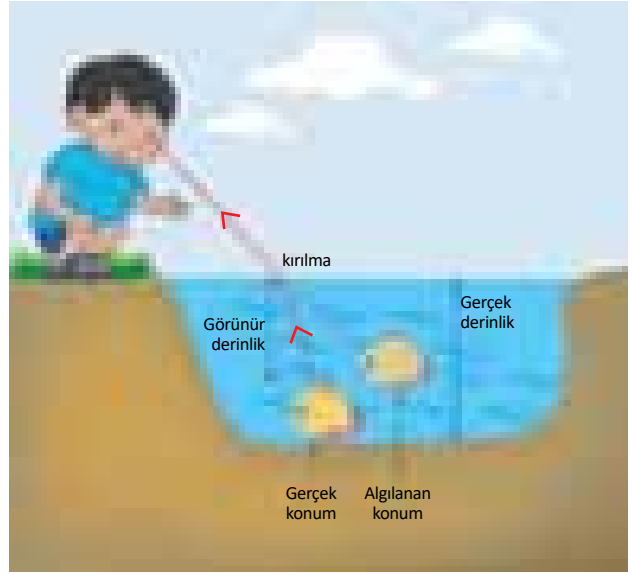
a)



Şekil 3.

a) Su dolu bir kaba daldırılmış kaşık.

b) Öğrenci, balığı su-hava sınırında kırıldıktan sonra gözüne ulaşan ışınların uzantsında görmektedir. Bu nedenle balık, gerçekte bulunduğu derinlikten daha sığda bulunuyormuş gibi görünür.



ETKİNLİKLER

1. Plan-paralel levhada ışığın kırılması.

Şeffaf ve iki düz paralel yüzeye sahip bir levha, plan-paralel levha olarak adlandırılır. Bu levha camdan veya plastikten yapılmış olabilir. Bir lazerden çıkan ışık ışını levhanın paralel yüzeylerinden birini aydınlatınız. Gelen ışının izlediği doğruyu ve levha içinde kırılan ışının izlediği doğruyu çiziniz. Işık levhaya düştüğü noktada bir normal çiziniz ve ışığın havadan cama geçerken doğrultusunun nasıl değiştiğini dikkatlice inceleyiniz. Işık plan-paralel levhaya düştüğü açıyı değiştirerek deneyi tekrarlayınız ve ışığın levhaya girmeden önce ve levha içinde izlediği doğruları yeniden çiziniz. Gelme açısı arttığında kırılma açısının da artıp artmadığını gözlemleyiniz. Farklı gelme açıları için kırılma açılarını ölçünüz ve sonuçları tablo hâlinde gösteriniz. Son olarak, lazer ışığının levha yüzeyine dik olarak düşmesini sağlayınız. Bu durumda kırılan ışına ne olduğunu inceleyiniz. Işık ışını bu durumda da doğrultusunu değiştiriyor mu?

2. İnteraktif bir internet sayfası kullanarak ışığın kırılmasının incelenmesi.

“Işık Bükülmesi” (Bending Light) simülasyonunu açınız ve PhET Bending Light Simülasyonu internet sayfasındaki “Giriş” (Intro) bölümünü seçiniz. Ekranda, yukarı-aşağı hareket ettirebileceğiniz bir lazer ışını ve iki saydam optik ortam arasındaki sınır yüzeyi görülecektir. Göreviniz, ışığın bir optik ortamdaki diğerine geçerken tam olarak ne olduğunu ve ortam değiştirirken neden yayılma doğrultusunu değiştirdiğini araştırmaktır.

İlk olarak üst ortam olarak hava, alt ortam olarak ise su seçiniz. Lazer ışını, sınır yüzeyinin normaline göre herhangi bir açıyla gelecek şekilde yönlendiriniz. Işının bir kısmının yansıdığını, bir kısmının ise ikinci optik ortama girerek yayılma doğrultusunu değiştirdiğini gözlemleyiniz.

Bir açıölçer kullanarak gelme açısını ve kırılma açısını ölçünüz. Daha sonra ışının gelme açısını değiştiriniz. Kırılma açısının da değişip değişmediğini inceleyiniz. Bu işlemi en az beş farklı gelme açısı için tekrarlayınız ve sonuçları bir tabloya kaydediniz. Neler gözlemliyorsunuz? Hangi sonuca ulaşabilirsiniz?

Kullandığınız maddelerin kırılma indislerini simülasyonun sağ köşesinden okuyabilirsiniz.

Şimdi optik ortamların yerlerini değiştiriniz. Üst ortam cam, alt ortam ise su olsun. Etkinliğin ilk bölümünde olduğu gibi, ışını farklı gelme açılarıyla gönderiniz ve kırılma açılarını ölçünüz. Sonuçları tekrar bir tabloya kaydediniz. Bu durumda hangi sonuca ulaşabilirsiniz?

Farklı optik maddelerin çeşitli kombinasyonlarını seçmeye çalışınız ve her seferinde ışını göndermeden önce tahminde bulununuz: Kırılan ışın normale doğru mu yoksa normalden uzaklaşarak mı sapacaktır? Daha sonra simülasyonu kullanarak tahmininizin doğru olup olmadığını kontrol ediniz.

Simülasyon yardımıyla, ışın iki optik ortam arasındaki sınıra normale dik olarak geldiğinde ışığın kırılıp kırılmadığını inceleyiniz. Ayrıca, iki optik ortamın kırılma indisleri aynı olduğunda, ortamlar arasındaki sınırdaki ışığın kırılıp kırılmadığını da araştırınız.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 1.

Kırılma indisi 2,42 olan elmasta ışığın yayılma hızını hesaplayınız.

Verilen:	Elmas içindeki ışığın yayılma hızı için:
$n = 2,42$	
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	
İstenen:	
$v - ?$	

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,42} = 1,24 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK 2.

Aşağıdaki şekilde ışığın üç ortam boyunca yayılması gösterilmiştir. Işık, kırılma indisi n_1 olan havadan, kırılma indisleri n_2 ve n_3 olan iki optik ortama geçmektedir. Işın, kırılma indisi n_3 olan optik ortamdan geçtikten sonra tekrar havaya çıkmaktadır.

- Optik ortamlardan hangisinin kırılma indisinin en büyük, hangisinin en küçük olduğunu belirleyiniz.
- Işığın hızının hangi optik ortamda en büyük, hangi optik ortamda en küçük olduğunu belirleyiniz.
- Sınır yüzeylerinin paralel olduğunu biliyorsanız, γ ve δ açılarını belirleyiniz.

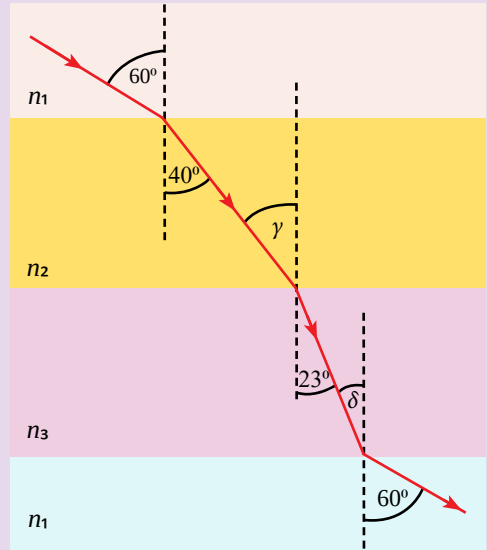
Çözüm:

a) Şekilden görülebileceği gibi, ışık ışını birinci ortamdan (hava) ikinci ortama geçerken normale doğru kırılmaktadır. Bu nedenle $n_2 > n_1$ 'dir. Ayrıca ışın ikinci ortamdan üçüncü ortama geçerken, $\gamma > 23^\circ$ olduğundan $n_3 > n_2$ sonucu elde edilir. Sonuç olarak: $n_3 > n_2 > n_1$

b) Işığın havadaki ve diğer iki ortamdaki hızlarını sırasıyla v_1 , v_2 ve v_3 ile gösterelim. Işının kırılma biçimine bakarak şu sonuca ulaşabiliriz: $v_1 > v_2 > v_3$

c) Optik ortamların sınır yüzeyleri paralel olduğundan, ışının düştüğü noktadaki normaller de birbirine paraleldir. Paralel doğruları kesen bir kesenin oluşturduğu iç ters açılar eşitliği özelliğinden:

$\gamma = 40^\circ$ ve $\delta = 23^\circ$ olur.



İLGİNÇ BİLGİLER

Işığın atmosferde kırılması nedeniyle, Güneş'i ufukta gerçekte doğmasından birkaç dakika önce ve ufukun arkasında battıktan birkaç dakika sonra da görürüz.

İLERİ DÜZEY

5+

Kırılma olayı, Snell-Descartes Yasası ile matematiksel olarak ifade edilir. Bu yasa, ışığın kırıldığı sınırdaki ortamların kırılma indisleri ile ilgili açıları ilişkilendirir. Küçük gelme açıları için (birkaç dereceye kadar) bu yasa aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\frac{n_1}{n_2} \approx \frac{\beta}{\alpha}$$

Burada n_1 , ışının sınır yüzeyine geldiği ortamın kırılma indisidir; n_2 , ışının kırılarak geçtiği ortamın kırılma indisidir; α gelme açısı, β ise kırılma açısıdır.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Willebrord Snellius 1580–1626

Willebrord Snellius, matematiksel yöntemleri doğal olayların incelenmesinde uygulama becerisiyle tanınan Hollandalı bir matematikçi, astronom ve jeodeziciydi. Bilime yaptığı en önemli katkı, ışığın bir optik ortamdan diğerine geçerken oluşan gelme açısı ile kırılma açısı arasındaki ilişkiyi ortaya koymasındır. Bu ilişki günümüzde Snell-Descartes Yasası olarak bilinmektedir. Her ne kadar bu yasa Snellius'un yaşamı sırasında yayımlanmamış olsa da, onun çalışmaları daha sonra modern optiğin temellerinden biri hâline gelmiştir. Snellius, optiğin yanı sıra trigonometri alanının gelişimine de önemli katkılarda bulunmuştur. Günümüzde üçgenleme (triangölasyon) olarak bilinen yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem, bir cismin iki farklı noktadan görülen açıları ve bu noktalar arasındaki uzaklık bilindiğinde cismin konumunun belirlenmesine dayanır. Üçgenleme yöntemi günümüzde jeodezide büyük mesafelerin ölçülmesinde ve mobil telefon iletişimde kullanılmaktadır. Snellius bu yöntem sayesinde Dünya'nın yarıçapını oldukça yüksek bir doğrulukla hesaplamıştır.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Kırılma indisi nedir ve neden boyutsuz bir büyüklüktür?
2. Işık havadan suya geçerken nasıl kırılır?
3. Işık camdan suya geçerken nasıl kırılır?
4. Kırılma indisi, suyun kırılma indisinin iki katı olan bir optik ortamda ışığın yayılma hızı ne kadardır?
5. Bir ışık ışını, kırılma indisi 1,50 olan cam bir levhaya normale göre eğik bir açıyla düşmektedir. Cam levha, kırılma indisi 1,33 olan suyun yüzeyine yerleştirilmiştir ve ışık ışını cam levhadan doğrudan suya geçmektedir. Işık ışınının izlediği yolu çizin ve her kırılma sırasında ışının sınır yüzeylerinin normaline doğru mu yoksa normalden uzaklaşarak mı sapacağını belirleyiniz.

HATIRLAYINIZ

- Bir optik ortamın kırılma indisi (n), ışığın boşluktaki hızının o ortamdaki hızına oranıdır.
- Kırılma, ışığın bir optik ortamdan diğerine geçerken hızının değişmesi nedeniyle meydana gelir.
- Işık, optikçe daha az yoğun bir ortamdan optikçe daha yoğun bir ortama geçerken normale doğru kırılır.
- Işık, optikçe daha yoğun bir ortamdan optikçe daha az yoğun bir ortama geçerken normalden uzaklaşarak kırılır.
- Gelen ışın, normal ve kırılan ışın her zaman aynı düzlemde bulunur.

4.8 TAM YANSIMA

KAVRAMLAR

Tam yansımaya

Sınır açısı

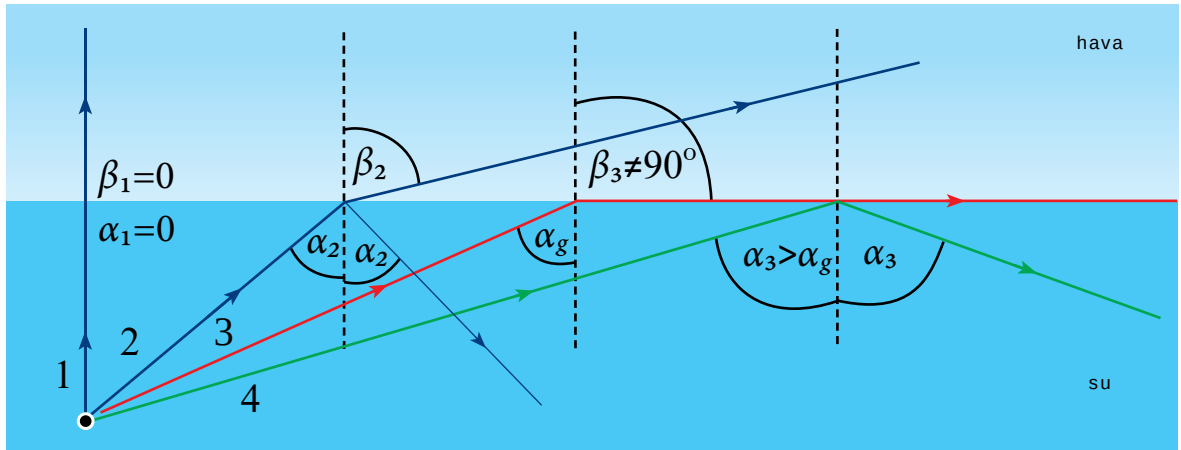
Optik fiber

Serap

Işık, kırılma indisleri farklı olan iki optik ortamın sınırına geldiğinde, bir kısmı yansır, bir kısmı ise ikinci ortama geçerek yayılma doğrultusunu değiştirebilir. Daha önce öğrendiğiniz gibi bu olaya ışığın kırılması (refraksiyonu) denir. Ancak belirli koşullar altında, ışık optikçe daha yoğun bir ortamdan (kırılma indisi daha büyük olan ortamdan) optikçe daha az yoğun bir ortama (kırılma indisi daha küçük olan ortama) geçerken farklı davranabilir. Bu durumda ışık, optikçe daha az yoğun ortama geçmek yerine tamamen geldiği ortama geri döner; yani sınır yüzeyinde tamamen yansır. Bu çok ilgi çekici ve son derece önemli olaya tam yansımaya denir.

Suyun (havaya göre optikçe daha yoğun bir ortamın) içinde bir ışık kaynağı bulunduğunu düşünelim. Bir ışık ışını su-hava sınırına küçük bir gelme açısıyla ulaştığında, ışının bir kısmı havaya geçer, bir kısmı ise geri yansır. Gelme açısı artırıldıkça kırılma açısı da büyür. Bir noktada kırılan ışın öyle eğik hâle gelir ki iki optik ortam arasındaki sınır boyunca ilerler; yani kırılma açısı 90° olur. Işık ışınının normale göre **90° 'lik kırılma açısıyla kırıldığı bu özel gelme açısına** tam yansımaya için sınır açısı denir. Sınır açısı genellikle α_g ile gösterilir.

Gelme açısı bu sınır değer biraz daha üzerine çıkarılırsa, ışık optikçe daha az yoğun ortama geçmeden tamamen geldiği ortama geri yansır. Bu olaya tam yansımaya denir. Tam yansımaya yalnızca ışık optikçe daha yoğun bir ortamdan **optikçe daha az yoğun bir ortama** geçmeye çalıştığında ve gelme açısı sınır açısından büyük olduğunda meydana gelir. Şekil 1'de, su ile hava arasındaki sınır yüzeyine farklı açılarla gelen ışınlar gösterilmektedir.

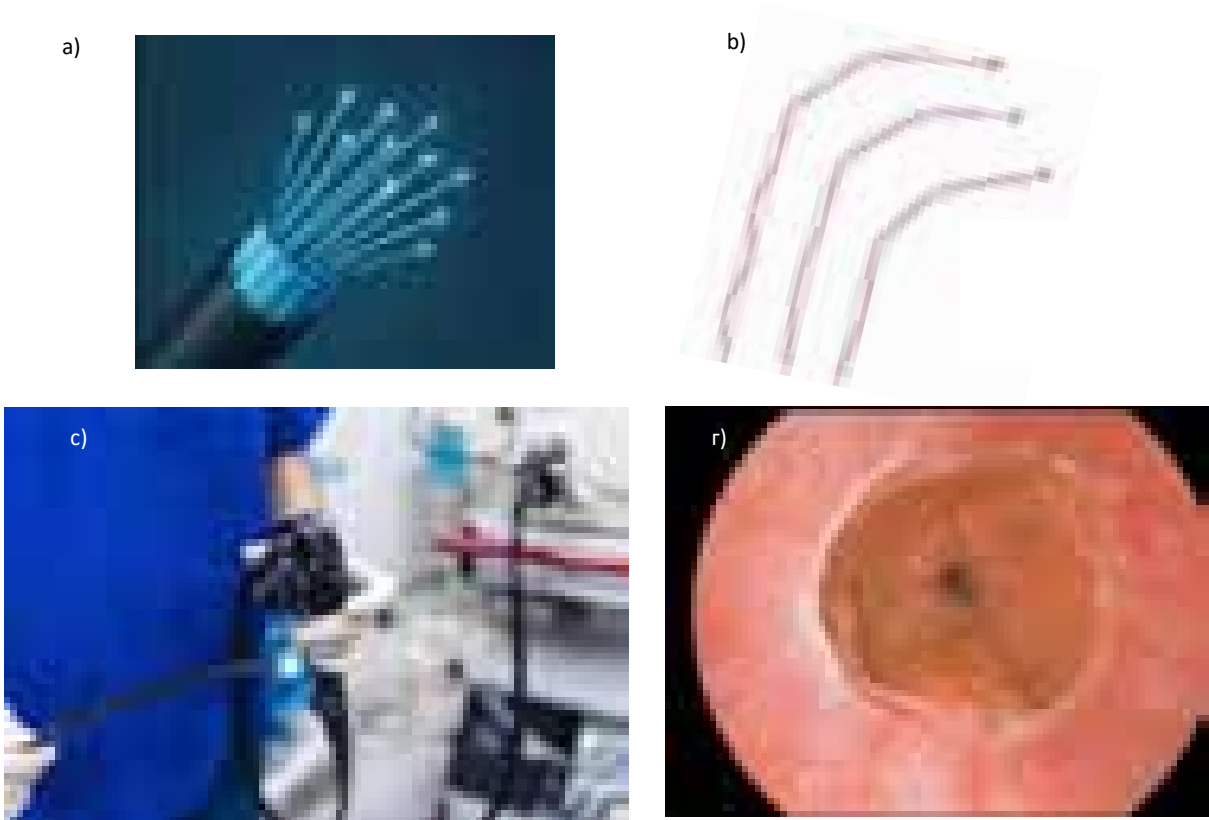


Şekil 1. Işık ışınının sudan havaya geçişi. 1 numaralı ışın, sınır yüzeyine dik olarak gelir ve kırılmadan havaya geçer. 2 numaralı ışın, sınır yüzeyinde kısmen suya geri yansır, kısmen de havaya kırılır. 3 numaralı ışın, sınır yüzeyine sınır açısıyla geldiğinde su ile hava arasındaki sınır boyunca ilerler. 4 numaralı ışın ise sınır yüzeyine sınır açısından daha büyük bir açıyla geldiğinden, suda tam (tamamen) yansımaya uğrar.

Tam yansımada, yalnızca güzel bir optik olay değil, aynı zamanda günümüz dünyasında çok geniş kullanım alanlarına sahip önemli bir olgudur. Bunun en bilinen örneği, günümüzde dünyadaki internet trafiğinin büyük bir bölümünün taşındığı **optik fiberlerdir**. Fiberin çekirdeğinin kırılma indisi, dış kaplamasının kırılma indisinden daha büyüktür. Bu nedenle, sınıra yeterince büyük bir açıyla ulaşan her ışık ışını çekirdeğe geri yansır. Böylece ışık, fiberden dışarı çıkmadan, hatta fiber bükülmüş olsa bile yüzlerce kilometre yol alabilir.

Optik fiberler tıpta endoskopi uygulamalarında (vücudun bazı iç organlarının görüntülenmesinde) kullanılır. Çünkü ışığın vücudun ulaşılması zor bölgelerine iletilmesini ve aynı zamanda görüntü olarak geri dönmesini sağlar. Böylece doktorlar bu görüntüleri inceleyebilir.

Teknolojide ise optik fiberler; yüksek hızlı internet, televizyon ve telefon iletişiminin temelini oluşturur. Bunun nedeni, iletilen sinyallerin ışık hızına yakın bir hızla taşınabilmesidir.



Şekil 2.

- a) Birden fazla optik fiberden oluşan optik kablo.
- b) Işığın optik fiberlerde tam yansımaları gösteren şematik çizim.
- c) Sindirim sisteminin iç kısmının görüntülenmesinde kullanılan, optik fiber içeren tıbbi endoskop.
- d) Optik fiberli endoskop ile elde edilmiş yemek borusu görüntüsü.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Aşağıdaki şekilde, kırılma indisleri n_1 , n_2 ve n_3 olan üç optik ortam boyunca bir ışık ışınının geçişi gösterilmiştir. Işık ışını, ikinci ve üçüncü ortam arasındaki sınır yüzeyinde sınır boyunca ilerlemektedir.

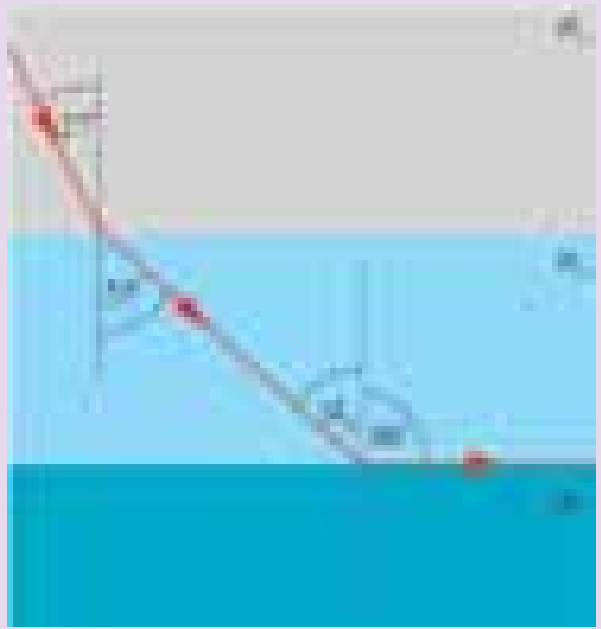
- Optik ortamlardan hangisinin kırılma indisinin en büyük, hangisinin en küçük olduğunu belirleyiniz.
- Işığın hızının hangi optik ortamda en büyük, hangi optik ortamda en küçük olduğunu belirleyiniz.
- Tam yansıma için sınır açısı α_g 'yi belirleyiniz.

Çözüm:

a) Şekilden görülebileceği gibi, ışık ışını birinci optik ortamdan ikinci optik ortama geçerken normalden uzaklaşarak kırılmaktadır. Bu nedenle $n_1 > n_2$ sonucuna ulaşılır. Işık ışını ikinci ve üçüncü optik ortam arasındaki sınır yüzeyi boyunca ilerlediğinden, $n_2 > n_3$ olduğu anlaşılır. Sonuç olarak: $n_1 > n_2 > n_3$

b) Işığın birinci, ikinci ve üçüncü optik ortamdaki hızlarını sırasıyla v_1 , v_2 ve v_3 ile gösterelim. Işığın kırılma şekline göre: $v_1 < v_2 < v_3$ olduğu sonucuna ulaşılır.

c) Optik ortamların sınır yüzeyleri paralel olduğundan, ışının düştüğü noktadaki normaller de birbirine paraleldir. Paralel doğruları kesen bir kesenin oluşturduğu iç ters açıların eşitliği özelliğinden yararlanarak, tam yansıma için sınır açısının: $\alpha_g = 55^\circ$ olduğu bulunur.

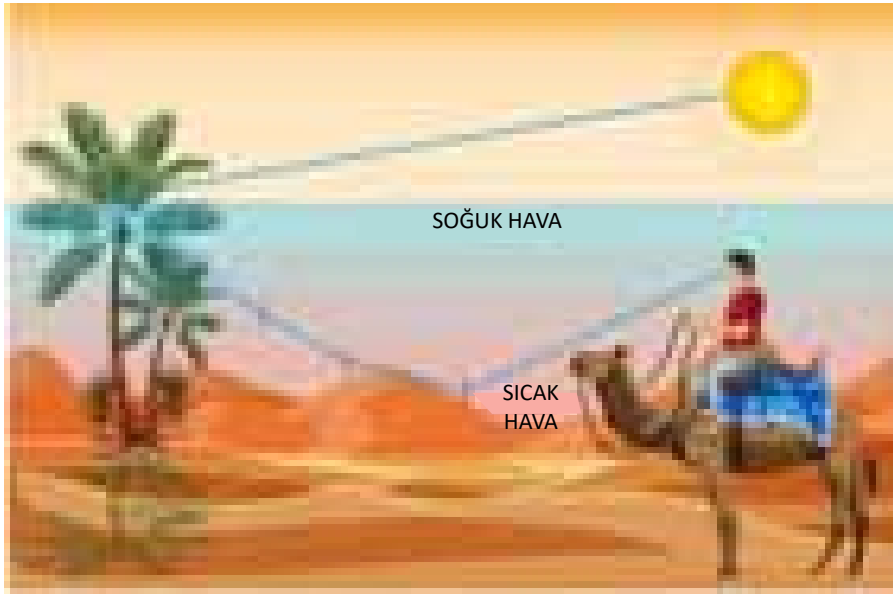


Tam yansıma, çöllerde ve güneş tarafından ısınmış asfalt yüzeylerde karşılaşılabilen bir başka olayla da ilişkilidir. Bu olay **serap (fatamorgana)** olarak adlandırılır. Isınmış yüzeyin üzerindeki hava, üst katmanlardaki havaya göre daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Kırılma indisi sıcaklığa bağlıdır; hava ne kadar sıcaksa, kırılma indisi o kadar küçüktür.

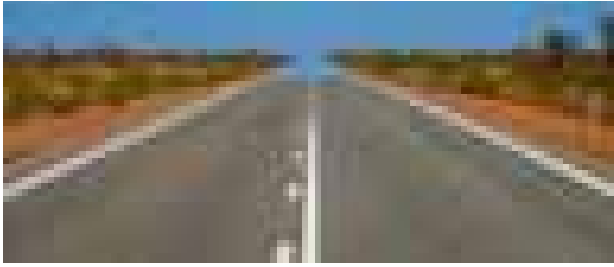
Uzak cisimlerden gelen ışık, her hava tabakasında gelme açısından daha büyük bir kırılma açısıyla kırılır. Bu durum, ışık en sıcak hava tabakasına ulaşıncaya kadar devam eder. Işık, bu tabakaya tam yansıma açısından daha büyük bir açıyla geldiğinde, Şekil 3a'da gösterildiği gibi, bu tabakadan tamamen yansır.

Gözlemci bu ışığı gördüğünde, düz aynada olduğu gibi, ışığın geldiği cisim yansıyan ışınların uzantısında görür. Serap sırasında en sık görülen görüntü, yerde su varmış gibi görünmesi veya uzaktaki cisimlerin havada süzülüyormuş izlenimi vermesidir (Şekil 3b ve 3c). Bu optik yanılsama, tam yansıma olayının bir sonucudur.

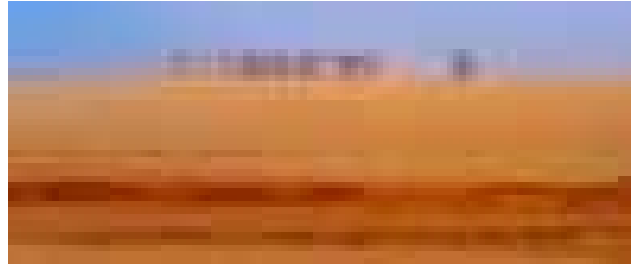
a)



b)



c)



Şekil 3.

- a) Serap sırasında bir cismin (palmiye ağacının) görüntüsünün oluşumunun şematik gösterimi. Palmiye ağacının görüntüsü, Dünya yüzeyinin üzerindeki sıcak hava tabakasında tam yansımaya uğrayan ışınların uzantısında görülür. Bu sıcak hava tabakasının kırılma indisi, üstündeki hava katmanlarının kırılma indisinden daha küçüktür. b) Yolda oluşan serap. Gökyüzü, yolun üzerinde varmış gibi görünür. c) Çölde oluşan serap



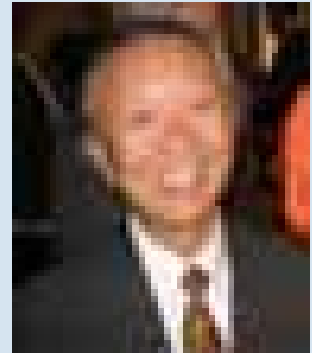
İLGİNÇ BİLGİLER

Bir optik fiber, insan saç teliyle yaklaşık aynı çapa sahip olmasına rağmen saniyede yüzlerce gigabit bilgi taşıyabilir.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

Charles K. Kao, 1933–2018

Charles Kao, Çin asıllı İngiliz bir fizikçidir ve cam fiberlerin ışığın uzun mesafelere iletilmesindeki gerçek gücünü ilk fark eden kişidir. 1966 yılında, saf optik camın ışığı çok düşük kayıpla iletebileceğini gösteren devrim niteliğinde bir keşif yapmış ve böylece optik kabloların geliştirilmesinin önünü açmıştır. O döneme kadar, ışığın cam içerisinde ilerlerken enerjisinin kaçınılmaz olarak kaybolduğu düşünülüyordu. Ancak Kao, sorunun iletim ilkesinde değil, kullanılan malzemenin safsızlıklarında olduğunu ortaya koymuştur. Kao, cam yeterince saflaştırıldığında ışık sinyallerinin önemli bir zayıflamaya uğramadan kilometrelerce yol alabileceğini hesaplamıştır. Bu çalışma, **tam yansımaya ilkesine dayanan ilk optik fiberlerin** geliştirilmesine öncülük etmiştir. Öncü çalışmaları nedeniyle **2009 yılında Nobel Fizik Ödülü'**ne layık görülmüştür.

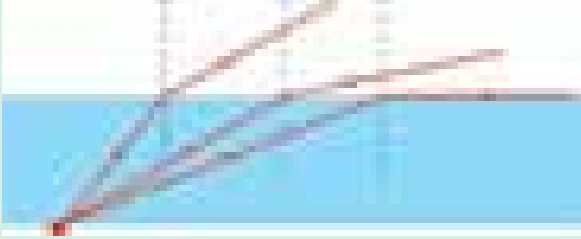




ETKİNLİKLER

1. Bir Malzemenin Sınır Açısının Belirlenmesi

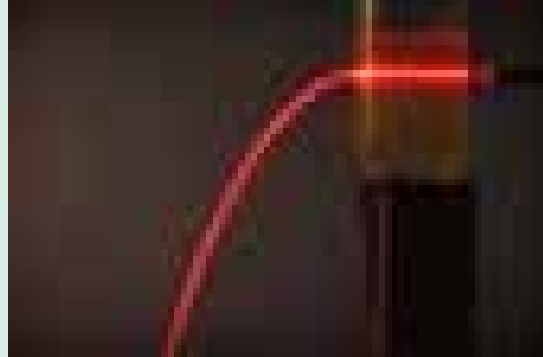
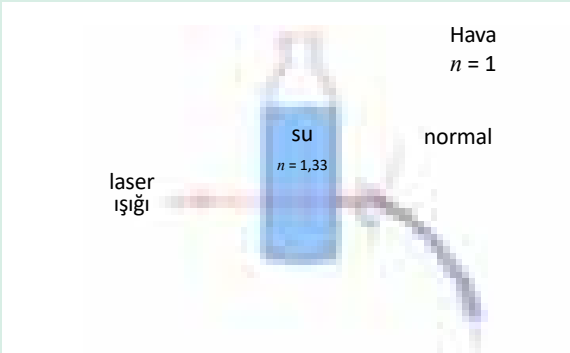
Şekil 4'te gösterilen cam planparalel levhayı alınız. Lazer ışını, levhanın alt tarafından gelecek şekilde yönlendiriniz. Işık ışını levhanın içinden geçerek cam-hava sınır yüzeyine ulaşır. Bu yüzeye küçük bir gelme açısıyla göndererek başlayınız ve açığı yavaş yavaş artırınız. İlk olarak ışığın bir kısmının cam levhadan çıktığını, bir kısmının ise geri yansıdığını gözlemleyiniz. Kırılan ışının yüzey boyunca ilerlediği anı görene kadar gelme açısını artırmaya devam ediniz. Bu açı, sınır açısıdır. Levhanın yapıldığı cam için sınır açısını ölçünüz. Gelme açısı biraz daha artırılırsa ne olacağını açıklayınız.



Şekil 4. Tam yansıma açısının planparalel bir levha kullanılarak belirlenmesi.

2. Kendi optik fiberini yap.

Bir plastik şişenin tabanına yakın bir yerinde delik açınız. Deliği kapalı tutarak şişeyi suyla doldurunuz. Deliği açtığınızda su delikten akmaya başlayacaktır. Bir lazer ışını, şişenin diğer tarafından deliğe doğru, Şekil 5'te gösterildiği gibi yöneltiniz. Neler gözlemliyorsunuz? Işık, şişeden akan su jetiyle birlikte hareket ediyor mu? Su jetinin içinde ışığın tam yansımaya uğradığı noktaları gözlemleyebiliyor musunuz?



Şekil 5. Su akımı, ışığın içinde ilerlediği bir optik fiber görevi görmektedir.

3. Işığın Tam Yansımasının İnteraktif Bir İnternet Sayfası ile İncelenmesi.

"Işığın Kırılması" (Bending Light) simülasyonunu açınız ve PhET Bending Light internet sayfasındaki "Giriş" (Intro) bölümünü seçiniz. Ekranda iki optik ortam seçiniz; üstteki optik ortamın kırılma indisi alttaki ortamından büyük olsun. Örneğin, havanın üzerine cam yerleştiriniz. Lazer ışını, sınır yüzeyinin normaline göre küçük bir açıyla gelecek şekilde yönlendiriniz. Işığın bir kısmının havaya kırıldığını, bir kısmının ise cama geri yansıdığını gözlemleyeceksiniz. Şimdi gelme açısını yavaş yavaş artırınız. Kırılan ışının iki optik ortam arasındaki sınıra giderek yaklaştığını gözlemleyiniz. Kırılan ışın sınır boyunca ilerlediğinde, açıölçer kullanarak gelme açısını ölçünüz. Bu açı neyi ifade etmektedir? Gelme açısını biraz daha artırdığınızda ışık ışınına ne olur? Işık ışını havaya kırılır mı, yoksa sınır yüzeyinden yansır mı? Deneyi, camın üzerine su yerleştirerek tekrar ediniz. Bu durumda tam yansıma için sınır açısını belirleyiniz. Ayrıca, ışık ışınının kırılma indisi daha küçük olan bir ortamdan kırılma indisi daha büyük olan bir ortama geçmesi durumunda tam yansımanın gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini araştırınız.

İLERİ DÜZEY

5+

Su altında bulunan cisimlerin görünen konumu, cisimden gelen kırılmış ışınların gözümüze ulaşmasıyla oluşur. Bu durumda cismi, bu ışınların su içindeki uzantısı üzerinde görürüz. Şekilde, su dolu bir kap içine yerleştirilmiş noktasal bir ışık kaynağının görünen konumu gösterilmiştir. Kırılan ışınlar gözlemcinin gözüne ulaşmaktadır; ancak şeklin daha anlaşılır olması için burada büyük açılarla kırılıyormuş gibi çizilmiştir. Cismin görünen derinliği aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir:

$$d_1 = d \cdot \frac{n_1}{n_2},$$

Burada n_1 ve n_2 sırasıyla havanın ve suyun kırılma indisleri, d ise noktasal ışık kaynağının bulunduğu derinliktir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Camın kırılma indisi 1,5, havanın kırılma indisi ise 1,0 ise, tam yansımanın gerçekleşebilmesi için ışık ışınının bu iki ortamın sınırında hangi yönde ilerlemesi gerektiğini açıklayınız.
2. Bir optik deneyde ışık, kırılma indisi 1,50 olan camdan havaya geçmektedir. Gelme açısı yavaş yavaş artırıldığında ışık ışınına ne olacağını açıklayınız.
3. Serap olayı bazen ufukta su varmış izlenimi oluşturur. Bu olayı havanın yoğunluğundaki değişimlerle açıklayınız.
4. Bir cam optik fiberin çekirdeğinin kırılma indisi 1,50, dış kaplamasının kırılma indisi ise 1,45'tir. Bu farkın, ışığın fiber boyunca güvenli bir şekilde iletilmesini nasıl sağladığını açıklayınız.
5. Işık ışınının optikçe daha az yoğun bir ortamdan optikçe daha yoğun bir ortama geçmesi durumunda neden tam yansımanın gerçekleşemediğini açıklayınız.

HATIRLAYINIZ

- Tam yansıma, yalnızca ışık optikçe daha yoğun bir ortamdan optikçe daha az yoğun bir ortama geçerken meydana gelir.
- Tam yansıma için sınır açısı, kırılan ışının optikçe daha az yoğun ortama 90° açıyla çıktığı en büyük gelme açısıdır.
- Gelme açısı sınır açısından büyükse, ışık ikinci ortama geçmez; tamamen geldiği ortama geri yansır.
- Tam yansıma, optik fiberlerin çalışma prensibinin temelini oluşturur.
- Serap, farklı yoğunluktaki hava tabakalarında ışığın kademeli olarak kırılması ve iç yansımaya uğraması sonucu oluşan doğal bir optik olaydır.

4.9. OPTİK MERCEKLER

KAVRAMLAR

Yakınsak mercek

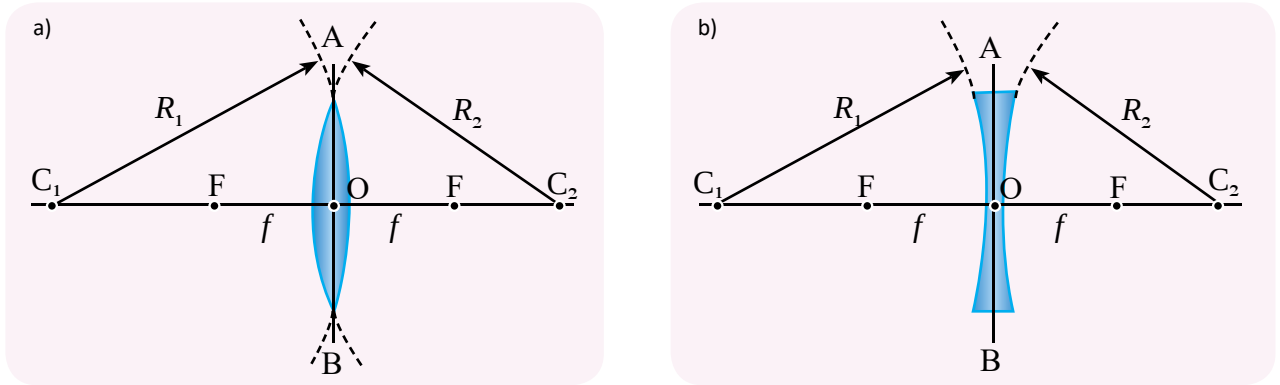
Iraksak mercek

merceğin şiddeti

Diyoptri

Günlük yaşamda, ışığın yayılma doğrultusunu değiştiren saydam cisimlerle sıkça karşılaşırız. Bu cisimlerin içinden baktığımızda, nesneler daha büyük, daha küçük veya daha net görünebilir. Gözlük camları, büyüteçler ile fotoğraf makineleri ve mikroskoplardaki mercekler, ışığı kırabilme özellikleri sayesinde işlev görürler.

Optik mercek, genellikle cam veya plastikten yapılmış, iki küresel yüzey ya da bir küresel ve bir düz yüzey ile sınırlanmış saydam bir cisimdir (**Şekil 1**). Mercekler, bu özel şekilleri sayesinde ışık ışınlarının yayılma doğrultusunu değiştiren optik araçlar grubuna girerler. Küresel aynalarda olduğu gibi, merceklerde de bazı karakteristik elemanlar bulunur: **asal optik eksen**, **optik merkez** ve **odak noktası**.



Şekil 1. Merceğin elemanları a) Yakınsak mercek b) Iraksak mercek

Asal optik eksen, merceği sınırlayan iki küresel yüzeyin eğrilik merkezlerini birleştiren varsayımsal doğrudur. Şekil 1'de bu, C_1 ve C_2 noktalarından geçen doğrudur. Merceği optik eksene dik olarak kesen ve A ile B noktalarından geçen düzleme **asal optik düzlem** denir. Asal optik düzlem ile optik eksenin kesişim noktasında **merceğin optik merkezi** bulunur ve O ile gösterilir.

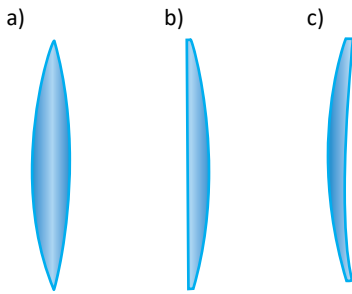
Işık, merceğin giriş ve çıkış yüzeylerinde kırılmasına rağmen, biz en basit durumu inceleyeceğiz ve kırılmanın yalnızca bir kez gerçekleştiğini kabul edeceğiz. Bu tür merceklerle **ince mercekler** denir.

Yakınsak ve Iraksak Mercekler

Başlıca iki tür mercek vardır: yakınsak (konveks) ve iraksak (konkav) mercekler. Aralarındaki fark, şekillerinden kaynaklanır:

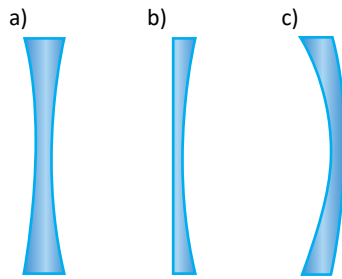
Yakınsak mercekler, diğer adıyla dışbükey mercekler, ortada kenarlara göre daha kalındır. Yakınsak mercekler örnekler Şekil 2'de gösterilmiştir. Yakınsak mercekler farklı şekillere sahip olabilir. Buna göre: **bikonveks** veya **çift dışbükey mercekler** – Şekil 2a, **plan-konveks** veya **düzlem dışbükey mercekler** – Şekil 2b ve **konveks-konkav** veya **dışbükey-içbükey mercekler** – Şekil 2c. Yakınsak merceklerin en önemli özelliği, optik eksene paralel gelen ışık ışınlarının mercekte kırıldıktan sonra **yakınsak merceğin odağı** adı verilen bir noktadan geçmesidir.

Iraksak mercekler, diğer adıyla içbükey mercekler, ortada daha ince, kenarlarda ise daha kalındır. Iraksak mercekler örnekler Şekil 3'te gösterilmiştir. Iraksak mercekler de yakınsak mercekler gibi farklı şekillere sahip olabilir. Buna göre: **bikonkav** veya **çift içbükey mercekler** – Şekil 3a, **plan-konkav** veya **düzlem içbükey mercekler** – Şekil 3b ve **konkav-konveks** veya **içbükey-dışbükey mercekler** – Şekil 3c. Iraksak merceklerin özelliği, asal optik eksene paralel gelen ışık ışınlarını kırarak dağıtmalarıdır. Kırılan ışınların, paralel ışın demetinin geldiği taraftaki uzantıları bir noktada kesişir. Bu noktaya **iraksak merceğin odağı** denir.



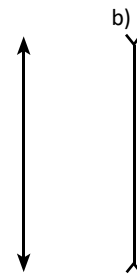
Şekil 2. Yakınsak merceklerin farklı şekilleri

- a) Çift dışbükey mercek
- b) Düzlem dışbükey mercek
- c) Dışbükey-içbükey mercek.



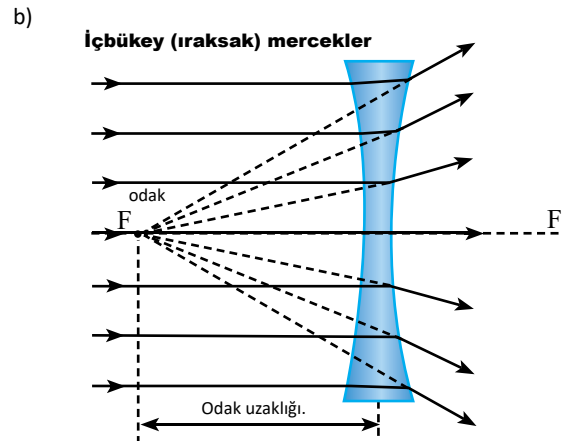
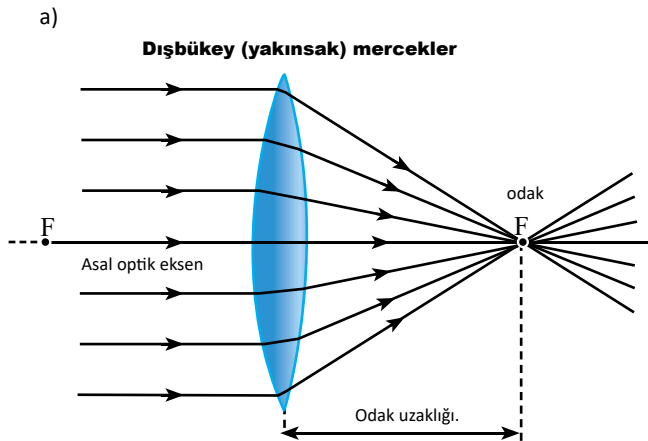
Şekil 3. Iraksak merceklerin farklı şekilleri

- a) Çift içbükey mercek
- b) Düzlem içbükey mercek
- c) İçbükey-dışbükey mercek.



Şekil 4. Şematik gösterim

- a) Yakınsak mercek
- b) Iraksak mercek.



Şekil 5. a) Yakınsak mercek. Asal optik eksene paralel bir ışın demeti mercekte kırıldıktan sonra, merceğin diğer tarafındaki odakta kesişir. b) Iraksak mercek. Asal optik eksene paralel bir ışın demeti mercekte kırıldıktan sonra farklı yönlerde dağılır. Bu ışınların uzantıları, ışınların geldiği tarafta bulunan iraksak merceğin odakta kesişir.

Odak Uzaklığı ve Merceğin Optik Şiddeti

Merceğin odağı, merceğin elemanlarından biridir; asal optik eksen üzerinde bulunur ve F ile gösterilir. Yakınsak mercekte odak **gerçek**, ıraksak mercekte ise **sanaldır**. Odağın merceğin optik merkezine olan uzaklığına **odak uzaklığı** denir ve f ile gösterilir.

Yakınsak merceklerde odak uzaklığı pozitif, ıraksak merceklerde ise **negatif** bir büyüklük olarak alınır. Odak uzaklığı ne kadar küçükse, mercek kırılan ışık ışınlarının doğrultusunu o kadar fazla değiştirir. Fizikte ve özellikle tıpta, çoğu zaman odak uzaklığı yerine onun **ters değeri** kullanılır. Bu büyüklüğe merceğin optik şiddeti denir. Optik şiddet J ile gösterilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$J = \frac{1}{f},$$

Burada f, metre (m) cinsinden ifade edilen odak uzaklığıdır. Merceğin optik şiddeti m⁻¹ birimiyle veya **diyoptri (D)** cinsinden ifade edilir. Yukarıdaki formülden, **1 D = 1 m⁻¹** olduğu sonucuna ulaşılır. Yakınsak merceklerin optik şiddeti pozitif, ıraksak merceklerin optik şiddeti ise **negatif** değere sahiptir.



ÇÖZÜMLÜ ÖRNEK

Optik şiddeti -4 D olan bir merceğin odak uzaklığını belirleyiniz.

Verilen:	Odak uzaklığı için:
$J = -4D$	$J = \frac{1}{f} \Rightarrow J \cdot f = 1 \Rightarrow f = \frac{1}{J} = \frac{1}{-4D} = -0,25 \text{ m.}$
İstenen:	Odak uzaklığının negatif olması, bunun bir ıraksak mercek olduğunu gösterir.
$f - ?$	

Merceklerde Karakteristik Işıklar.

Görüntü oluşturmaya kolaylaştırmak için merceklerde de **karakteristik ışıklar** kullanılır. Bu ışıklar kolayca takip edilebilir ve cismin konumu ne olursa olsun izleyecekleri yol önceden belirlenebilir (Şekil 6).

Asal optik eksene paralel gelen ışın:

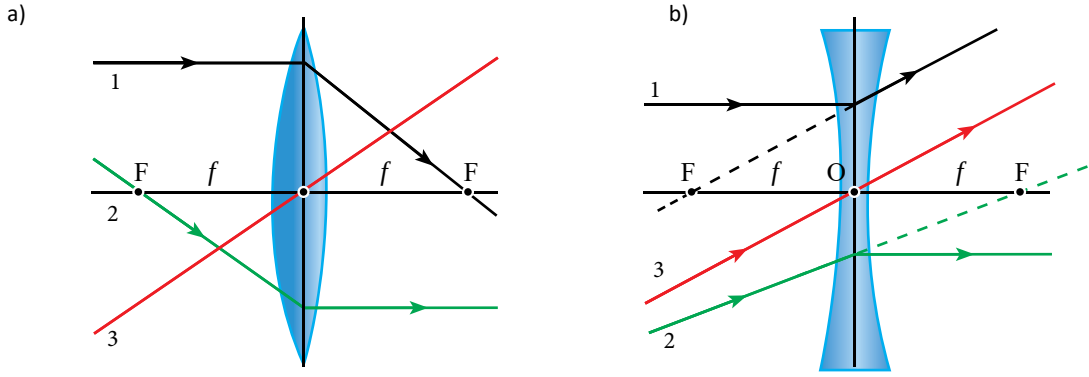
- **Yakınsak mercekte**, kırıldıktan sonra merceğin odağından geçer (Şekil 6a, ışın 1).
- **İraksak mercekte**, merceğin sanal odağından geliyormuş gibi dağılır (Şekil 6b, ışın 1).

Odaktan geçen ışın

- **Yakınsak mercekte**, kırıldıktan sonra asal optik eksene paralel olur (Şekil 6a, ışın 2).
- **İraksak mercekte**, odaktan geçecek şekilde yöneltilen ışın, mercekte kırıldıktan sonra asal optik eksene paralel olur (Şekil 6b, ışın 2).

Optik merkezden geçen ışın

- Kırıldıktan sonra, hem yakınsak hem de ıraksak mercekte yayılma doğrultusunu değiştirmez (Şekil 6a ve Şekil 6b, ışın 3).



Şekil 6. a) Yakınsak mercekte karakteristik ışınlar
b) İraksak mercekte karakteristik ışınlar.



İLGİNÇ BİLGİLER

İlk mercekler, 4000 yıldan daha uzun bir süre önce Eski Mısırlılar tarafından ilkel büyüteçler olarak kullanılmıştır.



ETKİNLİKLER

1. Merceklerde karakteristik ışınların incelenmesi.

Yakınsak ve ıraksak merceği, ince bir lazer ışını serbestçe yönlendirebileceğin şekilde masanın üzerindeki beyaz bir kâğıdın üzerine yerleştir. (Okulda aynı anda üç veya beş paralel lazer ışını yayan lazer ışık kaynakları bulunmalıdır. Böyle bir durumda, etkinliği gerçekleştirmek için bu kaynakları kullanabilirsin.) Kâğıt üzerine merceklerin asal optik eksenini çiz. Önce yakınsak mercekten başla: Lazer ışını optik eksene paralel olacak şekilde yönlendir ve mercekten geçtikten sonra nasıl kırıldığını gözlemle. Kırılan ışının optik eksenle kesiştiği noktayı kâğıt üzerinde işaretle. Bu nokta neyi ifade etmektedir? Aynı işlemi lazer ışığını merceğin karşı tarafından göndererek tekrarla. Işınlar yine optik eksenini kesti mi? Bu nokta da merceğin odağı mıdır? Merceğin odak uzaklığı ne kadardır? Daha sonra lazer ışını merceğin optik merkezinden geçecek şekilde yönlendir. Mercekten geçtikten sonraki ışının yolunu kâğıt üzerine çiz. Bu ışın kırıldı mı? Son olarak lazer ışığını merceğin odağından geçecek şekilde gönder. Kırılan ışının doğrultusu nasıldır?

Aynı etkinliği ıraksak mercekten de tekrarla. Yakınsak mercekten yaptığın etkinliğe göre hangi farklılıkları gözlemliyorsun? İraksak merceğin odağını ve odak uzaklığını belirle. Bu merceğin de iki odağı var mıdır?

2. Merceklerde karakteristik ışınların interaktif internet sayfası ile incelenmesi

PhET Geometric Optics Simülasyonu adresindeki “Geometrik Optik” (Geometric Optics) simülasyonunu aç ve mercek (lens) ile çalışmayı seç. Nesne olarak ise ışık kaynağını seç.

Görevin, mercekten geçen üç karakteristik ışının davranışını dikkatlice incelemektir. Bu aşamada oluşan görüntüyü belirlemeye veya analiz etmeye çalışma.

Öncelikle yakınsak merceği yerleştir. Işınların yayılmasını net bir şekilde takip edebilmek için ışınları görünür hâle getir. Merceğin optik merkezinden geçen ışın nasıl kırılmaktadır?

Yakınsak mercekteki karakteristik ışınları ayrıntılı olarak inceledikten sonra merceği ıraksak mercekten değiştir. Bu mercekte karakteristik ışınlar nasıl kırılmaktadır?

Yakınsak ve ıraksak merceklerin odak uzaklığını değiştir. Karakteristik ışınların yayılmasında bir değişiklik oldu mu?

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

**Johannes Kepler, 1571–1630)**

Kepler, yalnızca gezegenlerin hareket yasalarını formüle eden bir astronom değildi; aynı zamanda modern optiğin kurucularından biridir. 1611 yılında yayımlanan *Dioptrice* (Dioptri) adlı eserinde, merceklerin görüntü oluşumundaki rolünü açıklamış, odak kavramını ortaya koymuş ve merceklerdeki karakteristik ışınları ilk kez bilimsel olarak tanımlamıştır. İnsan gözünün, yakınsak merceğe sahip bir optik araç olarak nasıl çalıştığını ilk doğru şekilde açıklayan da odur. Ayrıca daha sonra teleskopların ve mikroskopların geliştirilmesine temel oluşturacak kuramsal altyapıyı da hazırlamıştır.

İLERİ DÜZEY



İnce bir merceğin odak uzaklığı; merceğin yapıldığı malzemenin kırılma indisi n , merceğin bulunduğu ortamın kırılma indisi n_0 , ışının düştüğü yüzeyin eğrilik yarıçapı R_1 ve ışığın mercekten çıktığı yüzeyin eğrilik yarıçapı R_2 biliniyorsa aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$$

Odak uzaklığı pozitif bir büyüklükse mercek yakınsak, negatif bir büyüklükse mercek ıraksaktır. Bu formül, odak uzaklığının yalnızca merceğin şekline değil, aynı zamanda bulunduğu ortama da bağlı olduğunu gösterir. Bu nedenle havada yakınsak olan bir mercek, suya daldırıldığında ıraksak hâle gelebilir. Bu durum, su altı optik sistemlerinin tasarımında önemli ve ilgi çekici bir etkidir.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Yakınsak merceğin odağı nedir?
2. Odak uzaklığı 0,05 m olan bir merceğin optik şiddetini hesaplayınız.
3. Bir merceğin optik şiddeti -10 D 'dir. Bu merceğin odak uzaklığı nedir ve bu hangi tür mercektir?
4. İki yakınsak merceğin odak uzaklıkları oranı $1:2$ 'dir. Bu iki merceğin optik şiddetleri oranını belirleyiniz.
5. Bir merceğin önüne (asal optik eksen üzerinde olmayacak şekilde) yerleştirilmiş noktasal bir ışık kaynağı çizin ve bu kaynaktan çıkan üç karakteristik ışını gösteriniz. Bu ışınlar aşağıdaki durumlarda nerede kesişir?
 - a) Yakınsak mercek
 - b) ıraksak mercek.



HATIRLAYINIZ

- Mercekler, ışık ışınlarının yayılma doğrultusunu değiştiren saydam cisimlerdir.
- Yakınsak mercekler, paralel ışınları yakınsak merceğin odağı adı verilen bir noktada toplar.
- ıraksak mercekler, paralel ışınları dağıtır; bu ışınların uzantıları ıraksak merceğin odağında kesişir.
- Odak uzaklığı (f), merceğin optik merkezi ile odağı arasındaki uzaklıktır.
- Merceğin optik şiddeti, $J = 1/f$ formülü ile belirlenir.
- Yakınsak merceklerin optik şiddeti pozitif, ıraksak merceklerin optik şiddeti ise negatiftir. $J = 1/f$.

4.10. MERCEKLERDE GÖRÜNTÜLERİN OLUŞTURULMASI

KAVRAMLAR

Büyüteç

Işık bir mercekten geçtiğinde, ışınlar merceğin giriş ve çıkış yüzeylerinde kırıldıkları için yayılma doğrultuları değişir. Bu doğrultu değişimi, merceklerin cisimlerin görüntülerini oluşturmasını sağlar. Görüntüler **gerçek** veya **sanal** olabilir. Gerçek görüntüler bir ekran üzerine düşürülebilirken, sanal görüntüler yalnızca merceğin içinden bakıldığında görülebilir.

Aynalarda olduğu gibi, görüntünün konumunu ve büyüklüğünü belirlemek için yalnızca iki karakteristik ışının çizilmesi yeterlidir. Konunun daha kolay anlaşılması için en basit durumu ele alacağız: cismin, asal optik eksene dik olarak yerleştirilmiş bir ok şeklinde olduğu durumu. Bu durumda da görüntüyü yalnızca cismin asal optik ekseninden en uzak noktasının görüntüsünü belirleyerek oluşturacağız. Cismin diğer tüm noktaları, bu noktadan asal optik eksene indirilen dikme üzerinde yer alır.

Yakınsak mercek.

Cisim, odak uzaklığından daha büyük bir uzaklıkta bulunduğunda, yakınsak mercek gerçek bir görüntü oluşturur. Cisimden çıkan ışınlar, mercekten kırıldıktan sonra merceğin diğer tarafında belirli bir noktada kesişir. Eğer bu tarafa bir ekran yerleştirilirse, aydınlık bir görüntü elde edilir. Bu görüntü, her zaman cisme göre ters olur. Şekil 1'de, yakınsak mercek tarafından bir mumun gerçek görüntüsünün oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 1. Yakınsak mercekten gerçek görüntünün oluşumu.

Yakınsak merceğin odak uzaklığından daha büyük bir uzaklığa yerleştirilen bir cismin görüntüsü gerçektir. Bu görüntü, cismin merceğe olan uzaklığına bağlı olarak cisimden daha küçük, cisimle aynı büyüklükte veya daha büyük olabilir.

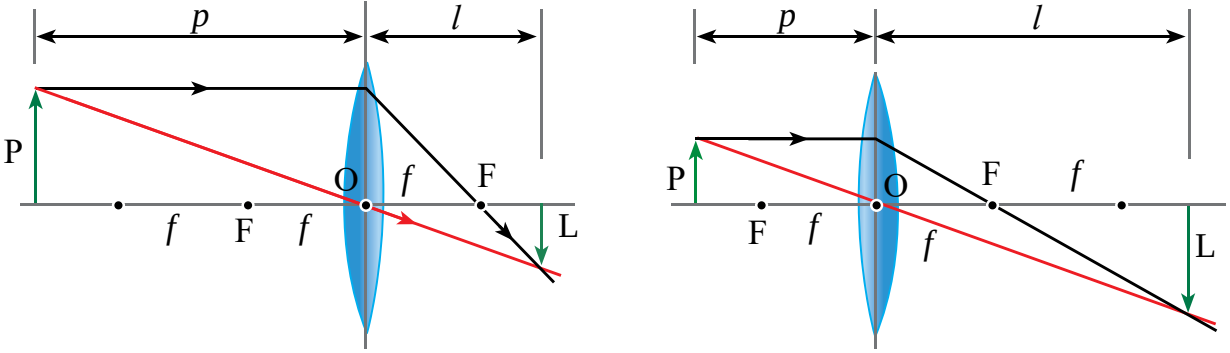
Eğer cisim $2f$ uzaklığından daha uzakta bulunuyorsa, yani $p > 2f$ ise, görüntü küçülmüş ve ters olur.

Eğer cisim mercekten f ile $2f$ arasında bir uzaklıkta bulunuyorsa, yani $f < p < 2f$ ise, oluşan görüntü cisimden daha büyük ve ters olur.

Eğer cisim $2f$ uzaklığına yerleştirilirse, görüntü cisimle aynı büyüklükte, ters olur ve merceğin diğer tarafında $2f$ uzaklığında oluşur. Şekil 2'de, ilk iki durum için görüntülerin oluşturulması gösterilmiştir. Şeklin daha anlaşılır olması için her çizimde yalnızca iki karakteristik ışın kullanılmıştır. Oluşan görüntüler bir ekran üzerinde (örneğin beyaz bir kâğıt üzerinde) elde edilebilir.

Eğer cisim merceğin odağına yerleştirilirse, kırılan ışınlar kesişmez. Bu durumda görüntünün mercekten sonsuz uzaklıkta oluştuğu kabul edilir.

Eğer merceğin önündeki cisim, merceğin odak uzaklığından daha küçük bir uzaklığa yerleştirilmişse (Şekil 3), mercekten kırılan ışınlar bir noktada kesişmez; aksine birbirinden uzaklaşarak dağılır. Bu nedenle gerçek bir görüntü oluşmaz



Şekil 2. Yakınsak mercekte görüntülerin oluşturulması

a) Cisim, çift odak uzaklığından daha büyük bir uzaklıkta bulunmaktadır.

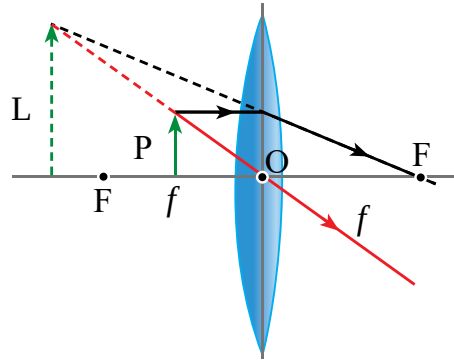
b) Cisim, odak uzaklığından daha büyük, ancak çift odak uzaklığından daha küçük bir uzaklıkta bulunmaktadır.

Şekillerin her birinde p , cismin merceğe olan uzaklığını; l , mercek ile görüntü arasındaki uzaklığı; f ise odak uzaklığını göstermektedir. Cismin yüksekliği P , görüntünün yüksekliği ise L ile gösterilmiştir.

Bu gösterimler sonraki şekillerde de kullanılacaktır.

Eğer ışınların uzantıları geriye doğru çizilirse, bunların cismin bulunduğu tarafta bir noktada kesiştiği görülür. Bu durumda, yakınsak merceğin sanal bir görüntü oluşturduğu söylenir. Bu görüntü yalnızca merceğin içinden bakıldığında görülebilir ve bir ekran üzerine düşürülemez. Sanal görüntü, cisme göre düz ve büyütülmüş olur.

Yakınsak mercekten sanal görüntü elde edilmesi, büyüteç adı verilen optik araçta kullanılır. Büyüteç, merceklerin pratik kullanımına verilen en basit örnektir.



Şekil 3. Yakınsak mercekten bir cismin sanal görüntüsünün oluşturulması. Cisim, merceğin odak uzaklığından daha küçük bir uzaklığa yerleştirilmiştir

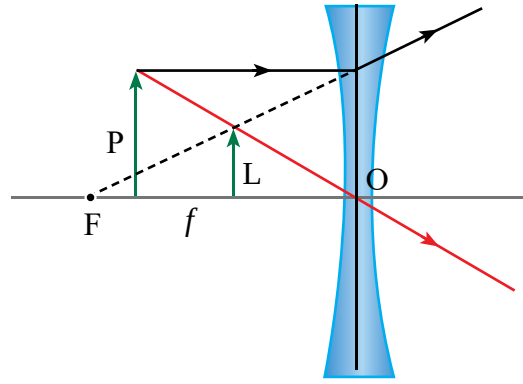


Şekil 4. Büyüteç

Büyüteç, cismin odak uzaklığından daha küçük bir uzaklığa yerleştirildiği yakınsak bir mercekten oluşur. Cisimden çıkan ışınlar mercekten geçtikten sonra dağılır; ancak bu ışınların uzantıları cismin bulunduğu tarafta kesişerek görülebilen, büyütülmüş ve düz bir sanal görüntü oluşturur. Bu şekilde büyüteç, cismi gördüğümüz açıyı artırır ve böylece cismin ayrıntılarını daha büyük olarak incelememizi sağlar.

İraksak mercek

İraksak mercek, yakınsak mercekten farklı olarak, cismin konumu ne olursa olsun her zaman sanal, küçültülmüş ve düz bir görüntü oluşturur. Optik eksene paralel gelen ışınlar dağılarak yayılır ve bu ışınların uzantıları merceğin sanal odağında kesişir. İraksak mercede görüntü oluşumu Şekil 4'te gösterilmiştir. Görüntü, merceğin optik merkezinden geçen karakteristik ışın ile mercede kırıldıktan sonra dağılan ışının uzantısının kesiştiği noktada oluşur.



Şekil 5. İraksak mercede görüntünün oluşturulması.



ETKİNLİKLER

1. Yakınsak merceklerle gerçek görüntünün oluşturulması.

Yakınsak bir merceği bir tutucuya yerleştir ve mercek ile aynı yükseklikte olacak şekilde dar bir ışık kaynağı kullan. Örneğin, küçük bir mum kullanabilirsin. Öğretmenin mumu yakın ve muma fazla yaklaşmamaya dikkat edin. Merceğin diğer tarafına ekran olarak kullanacağın beyaz bir kâğıt yerleştir. Mumun net görüntüsünü elde edene kadar ekranı hareket ettir. Cismin merceğe olan uzaklığını ve mercek ile görüntü arasındaki uzaklığı ölç. İşlemi, mumun merceğe olan uzaklığını değiştirerek birkaç kez tekrarla. Daha sonra mumu, merceğin odak uzaklığından daha küçük bir uzaklığa yerleştir. Bu durumda mumun görüntüsünü ekranda elde edebiliyor musun? Ekranın bulunduğu taraftan merceğin içinden bak. Mumun büyütülmüş bir görüntüsünü görebiliyor musun? Merceğin oluşturduğu bu görüntü nasıl bir görüntüdür?

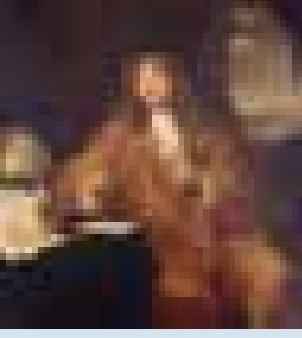
2. Büyütecin incelenmesi.

Bir büyüteç (yakınsak mercek) ve marketten satın aldığınız birçok ürünün etiketlerinde bulunanlar gibi küçük puntolu bir yazının yer aldığı bir kâğıt alın. Büyüteci yazılı kâğıda yaklaştırıp uzaklaştırın. Harflerin görüntüsünü gözlemleyin: Harfler ne zaman en büyük ve en net görünmektedir? Büyütecin odak uzaklığını belirlemeye çalışın. Bu, harfleri büyüteçten bakarak artık göremediğiniz anda, yazı ile büyüteç arasındaki uzaklıktır.

3. Merceklerin etkileşimli bir internet sayfası kullanılarak incelenmesi.

"Geometrik Optik" (Geometric Optics) simülasyonunu şu internet adresinden açın: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html ve merceklerle çalışmayı seçin. Cisim olarak mum veya oku seçin. Cismin önüne bir yakınsak mercek yerleştirin. Göreviniz, cismin merceğe farklı uzaklıklarda bulunduğu durumlarda görüntünün nasıl oluştuğunu incelemek ve bu gözlemleri merceklerle ilgili matematiksel bağıntılarla ilişkilendirmektir. İşe, cismi odak uzaklığının iki katından daha büyük bir uzaklığa yerleştirerek başlayın. Görüntünün nerede oluştuğunu gözlemleyin; simülasyon görüntünün yerini, büyüklüğünü ve yönünü gösterecektir. Daha sonra mumu yavaş yavaş merceğe doğru yaklaştırın; önce odak uzaklığının iki katına eşit bir uzaklığa getirin, ardından cismi odak uzaklığının iki katından daha küçük bir uzaklığa yerleştirin. Cisim hareket ettirildikçe görüntüde ne gibi değişiklikler meydana geliyor? Son olarak, cismi mercek ile odak noktası arasına yerleştirin ve merceğin oluşturduğu görüntünün nasıl değiştiğini gözlemleyin. Bu görüntü nasıl bir görüntüdür? Araştırmayı bu kez iraksak mercek ile tekrarlayın. Cismi merceğe farklı uzaklıklara yerleştirin. Elde edilen görüntü nasıldır? Gerçek bir görüntü elde edebilir misiniz? Cismin küçültülmüş bir görüntüsünü elde edebilir misiniz?

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

**Antonie van Leeuwenhoek, 1632–1723**

Antonie van Leeuwenhoek, Hollandalı bir tüccardı; ancak optiğe olan merakı onu mikrobiyolojinin babası hâline getirmiştir. Bilim insanı olmamasına rağmen, 17. yüzyıl Avrupa'sındaki en kaliteli mercekler arasında yer alan küçük ve son derece hassas yakınsak mercekleri kendi elleriyle üretmiştir. Mikroskoplarıyla – aslında çok küçük odak uzaklığına sahip büyüteçlerle – bakterileri, alyuvarları ve mikroskopik dünyayı ilk kez gözlemlemeyi başarmıştır. Onun geliştirdiği optik araçlar, o dönemde diğer optikçilerin ulaşamadığı yaklaşık 300 kat büyütme sağlayabiliyordu

İLERİ DÜZEY

5+

Bir cismin mercek önüne yerleştirilmesiyle oluşan görüntünün konumu her zaman ışın çizimiyle belirlenmek zorunda değildir. Merceğin odak uzaklığı (f), cismin merceğe olan uzaklığı (p) ve görüntünün merceğe olan uzaklığı (l) arasında matematiksel bir ilişki vardır. Bu ilişki, ince mercek denklemi ile aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l}$$

Yukarıdaki formülde, mercek ıraksak ise odak uzaklığı negatif alınır. Merceğin oluşturduğu görüntü sanal ise, görüntünün merceğe olan uzaklığı için negatif değer kullanılır.

Görüntü yüksekliğinin cisim yüksekliğine oranına merceğin büyütmesi denir ve u ile gösterilir. Büyütme, görüntü ve cisim yükseklikleri oranından ya da görüntü ve cisim uzaklıkları oranından hesaplanabilir:

$$u = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

Burada L , görüntünün yüksekliği; P , cismin yüksekliğidir. p , cismin merceğe olan uzaklığını; l ise görüntünün merceğe olan uzaklığını göstermektedir.

Eğer L/P veya l/p oranı 1' den büyükse görüntü büyütülmüştür. Bu oranlar 1'den küçükse görüntü, cisme göre küçültülmüş demektir.



İLGİNÇ BİLGİLER

Sineklerin gözlerinde, panoramik görüş sağlayan binlerce minyatür mercek bulunur.



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Yakınsak mercek, cisim odak uzaklığının dışında bulunduğu gerçekte görüntü; cisim odak uzaklığı ile mercek arasında bulunduğu ise sanal görüntü oluşturur.
2. Yalnızca sanal görüntü oluşturan mercek, ıraksak mercektir.
3. Cisim, merceğin önünde $2f$ uzaklığına yerleştirilirse, görüntü merceğin diğer tarafında $2f$ uzaklığında oluşur. Görüntü gerçekte, ters ve cisimle aynı büyüklüktedir.
4. Cisim, odak uzaklığı 2 cm olan yakınsak merceğin önünde 5 cm uzaklıkta bulunmaktadır. Görüntüyü oluşturunuz ve konumunu belirleyiniz. Görüntü gerçekte midir, sanal mıdır?
5. Yüksekliği 4 cm olan bir cisim, odak uzaklığı 5 cm olan yakınsak merceğin önünde 10 cm uzaklıkta bulunmaktadır. Görüntüyü oluşturunuz ve konumunu belirleyiniz. Görüntünün büyüklüğü ne kadardır?



HATIRLAYINIZ

- Yakınsak mercek, cisim odak uzaklığından daha büyük bir uzaklıkta bulunduğu gerçekte ve ters bir görüntü oluşturur; cisim mercek ile odak noktası arasında bulunduğu ise sanal, düz ve büyütülmüş bir görüntü oluşturur.
- ıraksak mercek her zaman sanal, düz ve küçültülmüş bir görüntü oluşturur.

4.11. IŞIĞIN DAĞILMASI (DİSPERSİYON)

KAVRAMLAR

Beyaz ışık

spektral renkler

spektral filtre

sürekli spektrum

polikromatik ışık

dispersiyon / ayrışma

monokromatik ışık

gökkuşağı

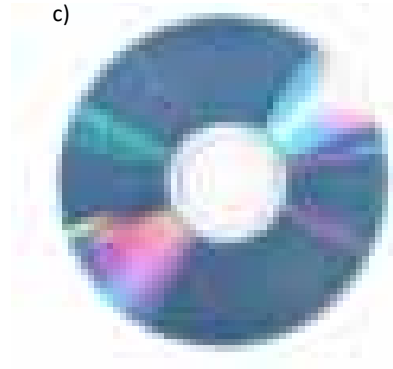
Çevremizdeki dünya renklerle doludur: gökyüzündeki gökkuşağı, sabun köpüklerinin renkleri, asfalt üzerindeki ince yağ tabakalarının renkleri, kompakt disklerden yansıyan renkler ve daha birçok örnek buna dahildir. Bu güzel olayların ortak bir nedeni vardır. Beyaz ışık tek bir renkten oluşmaz; aksine birçok rengin birleşiminden meydana gelir. Beyaz ışık, ancak bileşenlerine (renklerine) ayrıldığında bu renkler görünür hâle gelir. Beyaz ışığın kendi bileşen renklerine ayrılması olayına ışığın dispersiyonu denir.



b)



c)



Şekil 1. a) Gökkuşağı, b) Sabun köpüklerinde ışığın dispersiyonu, c) Kompakt diskte ışığın dispersiyonu

Güneşin veya elektrik lambasının yaydığı beyaz ışık, polikromatik ışıktır; yani gözümüzde farklı renk algıları oluşturan çeşitli ışık ışınlarından meydana gelen bir ışıktır. Bazı kaynakların yaydığı ışık ise yalnızca tek bir renge sahip olabilir. Bu tür ışığa örnek olarak lazer ışığı verilebilir. Bu tür ışığa monokromatik ışık denir.

Beyaz ışık cam bir prizmadan geçtiğinde iki kez kırılır: ilk olarak prizmaya girerken, ikinci olarak da prizmadan çıkarken. Farklı renklere sahip ışınlar farklı açılarla kırıldığından, beyaz ışık bir spektruma, yani spektral renkler dizisine ayrılır: kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert ve mor (Şekil 1).

Işığın ayrışması, camın kırılma indisinin farklı renkler için farklı olmasından kaynaklanır. Mor ışık en büyük kırılma indisine sahip olduğundan en fazla kırılır (yayılma doğrultusunu en çok değiştirir), kırmızı ışık ise en küçük kırılma indisine sahip olduğundan en az kırılır. Bu nedenle gördüğümüz spektrum, en az kırılan kırmızı renkten en çok kırılan mor renge doğru sıralanır. Tablo 1'de cam için farklı renklerin kırılma indisleri verilmiştir.



Şekil 2. a) Cam prizma ile beyaz ışığın dispersiyonu, b) Beyaz ışığın prizma içinden geçerken kırılmasının grafiksel gösterimi.

Renk	Camda kırılma indisi
Mor	1,540
Lacivert	1,533
Mavi	1,530
Yeşil	1,524
Sarı	1,520
Turuncu	1,517
Kırmızı	1,514

Tablo 1. Cam prizmada farklı renklerin kırılma indisleri.

Bir olay sırasında tüm spektral renkler kesintisiz olarak bulunuyorsa, buna **sürekli spektrum** denir. Böyle bir spektruma örnek olarak beyaz ışığın spektrumu verilebilir.

Optikte, polikromatik ışıktan yalnızca belirli bir rengin geçmesine izin veren, diğer tüm renkleri ise tutan (soğuran) **spektral filtreler** sıklıkla kullanılır (Şekil 3a). Günlük yaşamda bu filtreler, daha belirgin renkler elde etmek amacıyla fotoğraf makinelerinde ve kameralarda kullanılır. Ayrıca güneş gözlüklerinde, zararlı ultraviyole ışınları seçici olarak engellemek için de kullanılırlar.

Tıpta, bazı dokuların daha iyi görülebilmesini sağlamak amacıyla çeşitli tanı cihazlarında kullanılırken, laboratuvar ekipmanlarında ölçümler sırasında saf monokromatik ışık elde etmek için kullanılırlar. Hatta sahne aydınlatmalarında bile bu filtreler, Şekil 3b’de gösterildiği gibi, özel görsel efektlerin oluşturulmasına olanak sağlar.



Şekil 3. a) Fotoğraf makinesi için farklı renklerde monokromatik filtreler. b) Spektral filtreler yardımıyla elde edilen iki monokromatik renk, konser öncesinde sahneyi aydınlatmaktadır



Şekil 4. Su damlasında beyaz ışığın dispersiyonu.

Işığın dispersiyonunun en güzel örneği gökkuşağıdır. Yağmur yağarken Güneş ışığı, atmosferde bulunan milyonlarca küçük su damlasında kırılır. Bu sırada her bir su damlası küçük bir prizma gibi davranır. Işık, damlaya girerken kırılır, daha sonra damlanın iç yüzeyinden yansır ve damladan çıkarken yeniden kırılır. Bu çift kırılma sonucunda büyük, kavisli bir spektrum yani gökkuşağı oluşur ve biz bunu gökyüzünde görebiliriz.

Kırmızı ışık en küçük açıyla çıktığı için gökkuşağı yayının dış kısmında yer alır. En fazla kırılan mor ışık ise iç kısımda görülür. Bir su damlasında ışığın dispersiyonu Şekil 4'te gösterilmiştir.

Işığın dispersiyonu astronomide de kullanılmaktadır. Farklı yıldızlardan gelen ışığın spektrumları incelenerek bu yıldızların hangi elementlerden oluştuğu, sıcaklıklarının ne olduğu ve hatta bize doğru mu yoksa bizden uzaklaşarak mı hareket ettikleri belirlenebilmektedir.

İLERİ DÜZEY



Bir CD veya DVD alın ve akkor telli bir lambadan ve neon lambadan gelen ışığın yüzeyine düşeceği şekilde tutun. Diskte spektrum görünene kadar açığı yavaşça değiştirin. Bu ışık kaynaklarından bazıları sürekli spektrum değil, çizgi spektrumu oluşturur. Çizgi spektrumu, farklı renklerde çizgilerden oluşan ve aralarında karanlık bölgeler bulunan bir spektrumdur. Hangi ışık kaynaklarının çizgi spektrumu verdiğini araştırınız.

ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Joseph von Fraunhofer, 1787–1826

Fraunhofer, ışığın incelenmesinde devrim yaratan Alman bir fizikçiydi. Güneş spektrumunu ilk kez hassas prizmalar ve teleskoplar kullanarak sistemli bir şekilde incelemiş ve bize sürekli bir spektrum gibi görünen Güneş ışığı spektrumunun, sıradan bir prizma ile ışığı ayırtırdığımızda fark edemediğimiz yüzlerce dar karanlık çizgi içerdiğini keşfetmiştir. Günümüzde Güneş spektrumundaki bu karanlık çizgiler Fraunhofer çizgileri olarak bilinmektedir. Bu çizgiler, Güneş atmosferindeki elementler tarafından soğurulan ışığı temsil eder ve modern spektroskopinin (maddelerin yaydıkları veya soğurdukları ışığın analiz edilmesi yoluyla bileşim ve özelliklerini inceleyen bilim dalı) temelini oluşturmuştur. Fraunhofer ayrıca cam merceklerin ve prizmaların yapımını geliştirmiş, onun ürettiği optik araçlar o dönemde Avrupa'nın en hassas araçları olmuştur. Onun çalışmaları sayesinde bilim insanları, ışığın yalnızca bir prizmadan geçerken dispersiyona uğramadığını da anlamışlardır.



İLGİNÇ BİLGİLER

Isaac Newton, cam prizmadaki ışık dispersiyonunu ilk açıklayan bilim insanıdır. Ondan önce renklerin ışığın değil, prizmanın bir özelliği olduğu düşünülüyordu.



ETKİNLİKLER

1. Beyaz ışığın cam prizma ile ayrıştırılması.

Bir prizma ve beyaz ışık kaynağı alın. Işık kaynağı olarak bir lamba kullanabilir veya Güneş ışığından yararlanabilirsiniz. İnce bir ışık demetini prizmanın yüzeylerinden birine yöneltin. Prizmanın karşı tarafına beyaz bir kâğıt yerleştirin ve kâğıt üzerinde renk spektrumu görünene kadar prizmayı yavaşça döndürün. Renklerin sıralanışını inceleyin. Spektrumdaki renkleri farklı bir sırada elde edebilir misiniz? Deneyi lazer ışığı kullanarak tekrarlayın. Bu durumda da sürekli bir spektrum elde edildi mi?

2. Işığın dispersiyonunun etkileşimli bir internet sayfası ile incelenmesi.

“Işığın Kırılması” (Bending Light) simülasyonu, https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html adresinde bulunmaktadır ve “Prizmalar” (Prisms) seçeneğini kullanarak ışığın dispersiyonunu araştırmanı sağlar. Bu simülasyonda, camdan veya sudan yapılmış bir prizmadan geçen beyaz ışığın nasıl bir renk spektrumuna ayrıldığını inceleyebilirsiniz.

Prizmanın bulunduğu ortamı (hava, su) seçebilir, ışığın prizmaya düşme açısını değiştirebilir, monokromatik ya da beyaz ışık kaynağını etkinleştirebilir ve her rengin farklı açılarla nasıl kırıldığını gözlemleyebilirsiniz. Farklı malzemelerden yapılmış prizmalarla beyaz ışığın oluşturduğu spektrumunu incele. Prizmanın bulunduğu ortam ışığın dispersiyonunu etkiliyor mu? Monokromatik ışıktaki da dispersiyon gözleniyor mu? Kaynağın yaydığı monokromatik ışığın rengini değiştirerek, prizmadan geçtikten sonra hangi rengin en az, hangi rengin ise en fazla kırıldığını belirle.

İki prizmayı yan yana, bir yüzeyleri birbirine temas edecek şekilde yerleştir. Işık her iki prizmadan geçtiğinde ne olduğunu gözlemler. İlk prizmada ayrılan ışık, ikinci prizmadan çıktıktan sonra yeniden birleşerek beyaz ışığı oluşturuyor mu?



SORULAR VE ÖDEVLER

1. Işığın dispersiyonu nedir ve hangi durumlarda meydana gelir?
2. Polikromatik ışık ile monokromatik ışık arasındaki fark nedir?
3. Belirli bir spektral filtre yalnızca yeşil ışığı geçiriyorsa, bu filtrenin önüne beyaz bir ışık kaynağı yerleştirildiğinde ne olur?
4. Gökkuşağının neden her zaman Güneş'in karşı tarafında oluştuğunu açıklayınız.
5. Bir laboratuvarında prizma ile oluşturulan bir spektrum gözlemlenmektedir. Eğer ışık kaynağı beyaz ışık yerine yalnızca tek renkli ışık yayıyorsa, ekranda ne görülür?



HATIRLAYINIZ

- Beyaz ışık polikromatik bir ışıktır; yani birçok renkten oluşur.
- Dispersiyon, beyaz ışığın her renk için kırılma indisinin farklı olması nedeniyle spektral renklere ayrılması olayıdır.
- Beyaz ışığın spektrumu sürekli ve kırmızıdan mora kadar tüm renkleri içerir.
- Gökkuşağı, Güneş ışığının yağmur damlalarında ayrışması sonucu oluşan doğal bir dispersiyon olayıdır.
- Monokromatik ışık yalnızca bir renk içerirken, polikromatik ışık birden fazla renk içerir.

4.12. İNSAN GÖZÜNÜN YAPISI

KAVRAMLAR

göz merceği

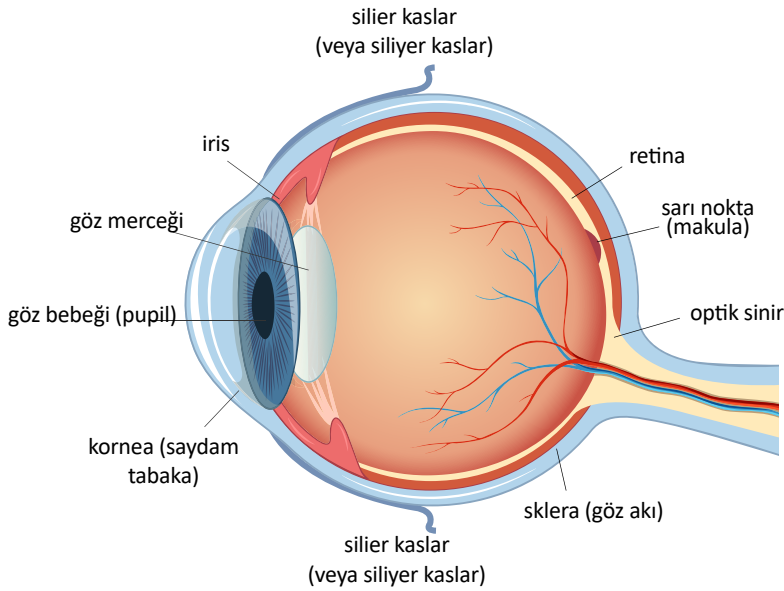
retina

sarı nokta (makula)

miyopluk

hipermetropluk (uzağı iyi,
yakını bulanık görme)

Görme duyumuzun temelinde, doğanın en kusursuz optik araçlarından biri olan insan gözü yer alır. İlk bakışta basit görünse de göz, çevremizdeki nesneleri net, ayrıntılı ve renkli olarak görmemizi sağlayan birçok bölümden oluşan karmaşık bir optik sistemdir. Bir cisimden yansıyan ışık göze girdiğinde, birkaç farklı noktada kırılarak net bir görüntü oluşturur. Bu süreçte görev alan en önemli yapılar **göz merceği, retina ve sarı noktadır (makula)**.

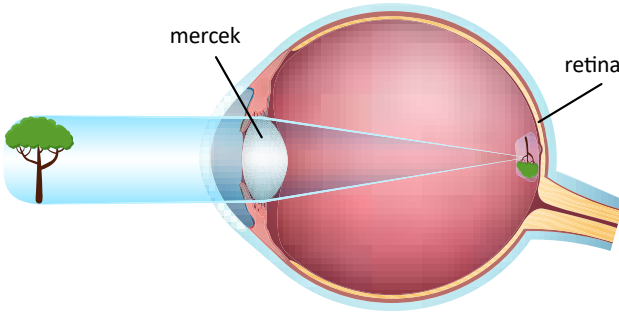


Şekil 1. İnsan gözü ve bölümleri

Göz merceği, göz bebeğinin arkasında bulunur ve değişken **odak uzaklığına sahip bir yakınsak mercektir**. Saydam ve esnek bir yapıya sahiptir; küçük kaslar yardımıyla eğriliğini değiştirebilir. Bu sayede göz, farklı uzaklıklardaki cisimleri net görebilecek şekilde uyum sağlar. Bu olaya gözün **akomodasyonu** denir.

Yakındaki cisimlere bakarken mercek daha bombeli hâle gelir, yani orta kısmı kalınlaşır ve odak uzaklığı azalır. Uzak cisimlere bakarken ise mercek daha yassılaşır, yani orta kısmı inceler ve odak uzaklığı artar. Yetişkinlerde göz merceğinin odak uzaklığı, göz en fazla zorlanarak yakındaki cisimlere odaklandığında yaklaşık 14 mm, göz gevşemiş durumda uzaktaki cisimlere baktığında ise yaklaşık 17 mm'dir. Çocuklarda ise göz en fazla zorlandığında odak uzaklığı birkaç milimetre daha azalabilir.

Gözün arka kısmında retina bulunur. **Retina**, ışığı elektriksel sinyallere dönüştüren duyarlı hücrelerden oluşan bir tabakadır. Bu sinyaller optik sinir aracılığıyla beyne iletilir ve beyin oluşan görüntüyü yorumlar.



Şekil 2. Sağlıklı insan gözünde görüntü oluşumu.

uzaklıkta, merceğin şeklini değiştiren kaslar neredeyse hiç çalışmaz ve mercek doğal, gevşemiş durumunda bulunur. Bu nedenle okuma, çizim yapma veya küçük nesnelerle çalışma gibi etkinliklerin 25 cm uzaklıkta yapılması göz için en rahat ve en az yorucu olanıdır.

Cisimler 25 cm'den daha yakına getirildiğinde, göz ışınları yine sarı nokta üzerinde odaklayabilir; ancak bunun için merceğin odak uzaklığını azaltması gerekir.

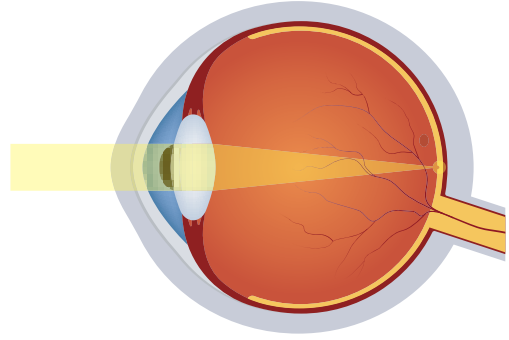
Sağlıklı bir gözde, ışığın doğru şekilde kırılması sonucunda görüntü tam olarak retina üzerinde, yani **sarı noktanın** bulunduğu yerde oluşur. Oluşan **görüntü gerçektir, ters dönmüştür ve küçüktür**. Bu durum, bir cismin yakınsak merceğin odak uzaklığından çok daha büyük bir uzaklıkta bulunması hâlinde oluşan görüntüye benzer. Beyin görüntüyü ters çevirerek yorumladığından, cisimleri düz olarak görürüz.

Ancak bazı kişilerde göz merceğinde ışığın kırılmasıyla ilgili bozukluklar bulunur. Bunların en yaygın iki türü **miyopluk ve hipermetropluktur**.

Miyoplukta (miyopi), ışık ışınları göz merceğinde kırıldıktan sonra görüntü sarı noktanın önünde oluşur (Şekil 4a). Bu durum, göz merceğinin gereğinden fazla bombeli olması, yani odak uzaklığının küçük olması nedeniyle ortaya çıkar. Miyop kişiler yakındaki cisimleri net görürken, uzaktaki cisimleri net göremezler. Miyopluğun düzeltilmesinde ıraksak mercekler (negatif optik güce sahip gözlük camları) kullanılır. Bu mercekler, ışık göz içine girmeden önce ışınları ıraksatarak onların yeniden sarı nokta üzerinde odaklanmasını sağlar (Şekil 4b). Hipermetroplukta (hipermetropi) ise ışık ışınları göz merceğinde kırıldıktan sonra görüntü sarı noktanın arkasında oluşur (Şekil 5a). Bunun nedeni, göz merceğinin yeterince bombeli olmaması, yani odak uzaklığının büyük ya da optik gücünün küçük olmasıdır. Bu durumda kişi yakındaki cisimleri net göremezken, uzaktaki cisimleri daha iyi görür. Hipermetropluğun düzeltilmesinde **yakınsak mercekler** (pozitif optik güce sahip gözlük camları) kullanılır. Bu mercekler, ışık ışınlarını göz içine girmeden önce yakınsatarak onların yeniden sarı nokta üzerinde odaklanmasını sağlar (Şekil 5b).

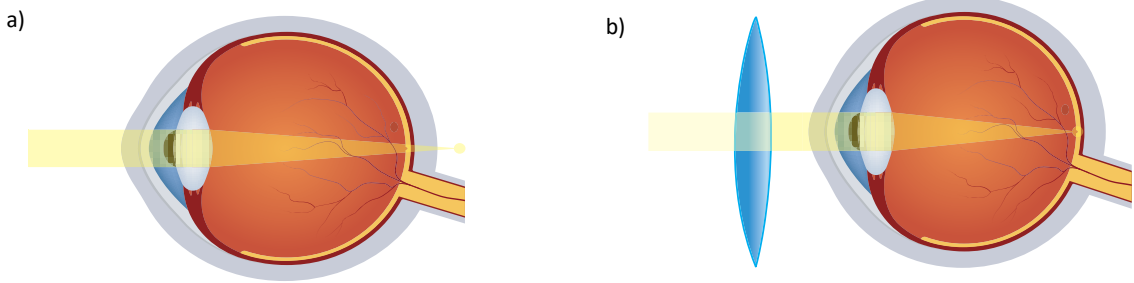
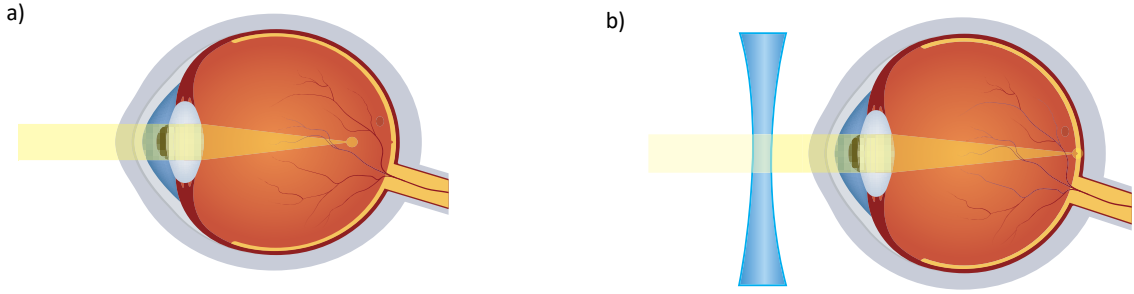
Retinanın en duyarlı bölgesi sarı noktadır (makula). Burası, fotoreseptörlerin (ışığı sinirsel-elektriksel sinyallere dönüştüren hücrelerin) en yoğun bulunduğu bölgedir. Göz, en net ve en ayrıntılı görüntüleri tam olarak bu bölgede oluşturur.

İnsan gözü, herhangi bir zorlanma olmaksızın en iyi şekilde, cisimler gözden 25 cm uzaklıkta bulunduğu görür. Bu



Şekil 3. Sağlıklı bir gözde normal görme. Göz merceğinde kırılan ışınlar sarı nokta üzerine düşer

İnsan gözü, biyoloji ile fiziğin bir araya geldiği eşsiz bir örnektir. Değişken odak uzaklığına sahip merceği ve görüntüyü işleyen karmaşık sistemi sayesinde, günümüzde bile birçok teknolojik aygıtın doğruluk ve esneklik açısından ulaşamadığı bir optik sistem oluşturur.



★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI



Hermann von Helmholtz, 1821–1894

Helmholtz, görme olayının anlaşılmasına büyük katkılar sağlamış Alman bir fizikçi ve fizyologdur. Gözün akomodasyonunu (uyum yapma yeteneğini) ilk kez ayrıntılı olarak açıklamış ve göz merceğinin odak uzaklığındaki değişimi ölçmüştür. Helmholtz ayrıca, doktorların gözün iç kısmını incelemesine olanak sağlayan oftalmoskopyu geliştirmiştir. Onun çalışmaları, göz ve görme sistemi hastalıklarının incelenmesi, tanısı, tedavisi ve önlenmesiyle ilgilenen tıp dalı olan modern oftalmolojinin temelini oluşturmuştur.



ETKİNLİKLER

1. Yakınsak Merceğin Odak Uzaklığının Belirlenmesi

Yakınsak merceklerden yapılmış bir gözlük alın (bir aile üyesine ait veya eski bir gözlük olabilir). Gözlüğü bir masanın üzerine yerleştirin ve küçük bir ışık kaynağıyla (lamba veya cep telefonu ışığı) aydınlatın. Merceğin arkasına beyaz bir kâğıt yerleştirin ve ışık kaynağının en net görüntüsünü elde edinceye kadar kâğıdı yavaşça ileri–geri hareket ettirin. Gözlük ile ekran arasındaki uzaklığı ölçün. Bu uzaklık neyi ifade eder? Bu merceklerin optik gücünü hesaplayabilir misiniz? Hesapladığınız değer, gözlük çerçevesinde yazan optik güç değeri ile uyuyor mu? Eğer bir fark varsa, ölçüm sırasında hataların nerelerde oluşmuş

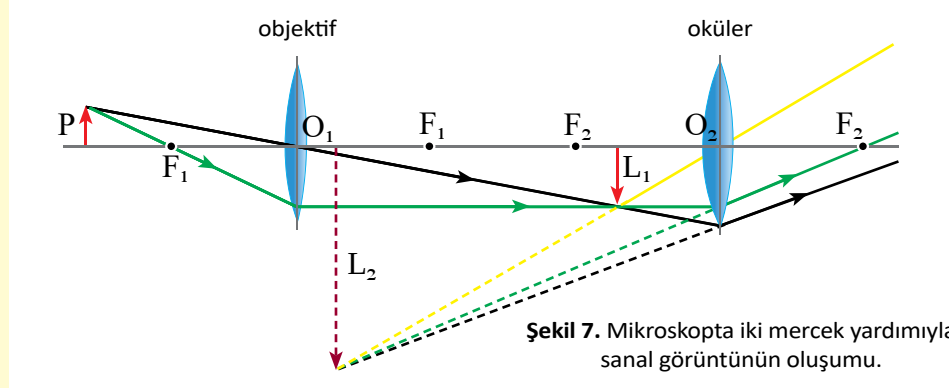
olabileceğini düşünün. Aynı işlemi güneş gözlükleriyle tekrarlayın. Bu gözlükler ışığı tek bir noktada odaklayabiliyor mu? Bu gözlüklerde mercek bulunuyor mu?

İLERİ DÜZEY

5+

Optik mikroskoplar, çıplak gözle hatta büyüteçle bile görülemeyen çok küçük nesnelerin incelenmesinde kullanılır. En basit optik mikroskop, art arda yerleştirilmiş iki yakınsak mercekten oluşur. Nesneye daha yakın olan merceğe objektif, göze daha yakın olan merceğe ise oküler denir. Mikroskopta görüntünün oluşumu, bu merceklerin her birinin büyütme işleminde farklı bir göreve sahip olmasına dayanır.

Objektif, odak uzaklığı çok küçük olan bir yakınsak mercektir.



Şekil 7. Mikroskopta iki mercek yardımıyla sanal görüntünün oluşumu.

Cisim, objektifin odak uzaklığından biraz daha büyük bir uzaklığa yerleştirildiğinde, objektif gerçek, ters ve büyütülmüş bir görüntü oluşturur. Mikroskop, objektif tarafından oluşturulan bu görüntü okülerin odağı ile mercek arasında kalacak şekilde ayarlanır. Bu görüntü,

oküler için bir cisim görevi görür.

Bu konumda oküler, büyüteç gibi çalışarak ikinci bir görüntü oluşturur. Bu görüntü sanaldır, daha da büyütülmüştür ve gerçek cisme göre ters durumdadır. Gözlemcinin gördüğü son görüntü, iki aşamalı büyütmenin sonucudur: İlk olarak objektif, daha sonra ise oküler görüntüyü büyütür. Bir cismin mikroskopta görüntüsünün oluşumu Şekil 7'de gösterilmiştir. Mikroskopun toplam büyütmesi, objektifin ve okülerin büyütmelerinin çarpımıyla hesaplanır: $u_{\text{mikroskop}} = u_{\text{objektif}} \cdot u_{\text{oküler}}$

SORULAR VE ÖDEVLER

1. Göz, yakındaki cisimlere bakarken daha küçük odak uzaklığına sahip bir mercek gibi davranır.
2. -2 D optik güce sahip bir merceğin odak uzaklığı nedir?
3. Hipermetrop bir kişi +3 D optik güce sahip gözlük kullanmaktadır. Merceğin odak uzaklığını hesaplayınız.
4. İraksak merceğin, miyop bir gözün net görmesine nasıl yardımcı olduğunu açıklayınız.
5. Bir cisim gözden 25 cm uzaklıkta bulunmaktadır. Ancak göz, cisimleri yalnızca 50 cm uzaklıktan net görebilmektedir. Net görme sağlanabilmesi için hangi tür mercek gereklidir? Nedenini açıklayınız.

HATIRLAYINIZ

- İnsan gözü, gerçek, ters ve küçültülmüş bir görüntü oluşturan yakınsak bir mercek gibi davranır.
- Görüntü, retinanın sarı nokta adı verilen en duyarlı bölgesinde oluşur.
- Miyopluk, gözün uzaktaki cisimleri net göremediği bir görme kusurudur. İraksak merceklerle düzeltilir.
- Hipermetropluk, gözün yakındaki cisimleri net göremediği bir görme kusurudur. Yakınsak merceklerle düzeltilir.

İLGİNÇ BİLGİLER

Sarı noktada (makulada), mm² başına yaklaşık 200 000 fotoreseptör bulunur.

4.13. RENKLERİN TOPLAMSAL VE ÇIKARIMSAL KARIŞIMI

KAVRAMLAR

ana renkler
(temel renkler)

ana renkler

toplamsal
karışım

çıkarımsal
karışım

Gözün retinasında milyonlarca ışığa duyarlı reseptör, yani ışığa duyarlı hücre bulunur. Bu hücreler, ışık ışınlarını elektriksel sinir impulslarına dönüştürür. Bu impulslar daha sonra beyinde işlenir ve gördüğümüz cisimlerin görüntüsü oluşturulur.

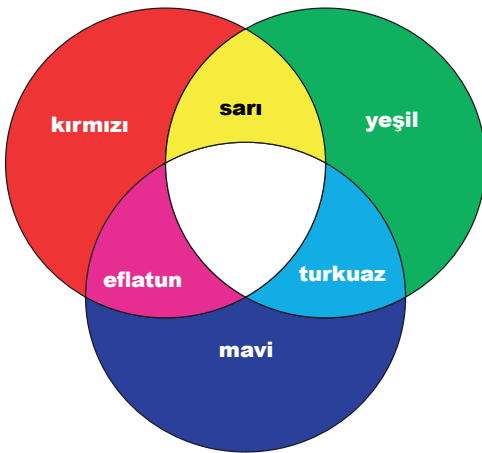
Işığa duyarlı hücrelerin iki türü vardır: **çubuk hücreler ve koni hücreleri**. Çubuk hücreler zayıf ışığa duyarlıdır ve gece ya da loş ortamlarda görmemizi sağlar. Renkleri algılayamazlar; yalnızca karanlıkta şekilleri ve hareketleri görmemize yardımcı olurlar.

Koni hücreleri ise güçlü gün ışığında en iyi şekilde çalışır ve farklı renklere duyarlıdır. İnsan gözünde kırmızı, yeşil ve mavi ışığa duyarlı üç tür koni hücresi bulunur. Işık bu hücrelere düştüğünde, onlar beyne elektriksel sinyaller gönderir. Beyin, üç tür koni hücresinden gelen sinyalleri birleştirerek gördüğümüz tüm renkleri oluşturur. Bu nedenle kırmızı, yeşil ve mavi renklere **ana renkler** denir.

A Renklerin Toplamsal Karışımı

Toplamsal karışım, farklı renklerdeki ışık ışınlarının birleştirilmesidir. Ana renklerden birine başka bir ana renk eklendiğinde, ara renkler (ikincil renkler) elde edilir:

- Kırmızı + yeşil → sarı
- Kırmızı + mavi → eflatun(magenta)
- Yeşil + mavi → turkuaz(camgöbeği)



Şekil 1. Ana renklerin toplamsal karışımı. Üç ışık kaynağı bir ekrana yönlendirilmiştir. Şeklin merkezinde, üç ana rengin toplamsal olarak karıştığı bölge beyaz görünür. İki ana rengin karışması ise bir ara renk oluşturur.

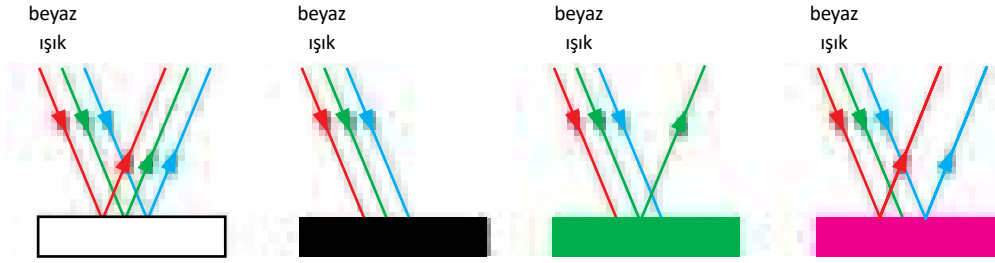
Üç ana rengin birleştirilmesiyle **beyaz ışık** elde edilir. Şekil 1'de, üç ana rengi yayan ışık kaynaklarından elde edilen ışığın toplamsal karışımı gösterilmiştir. Telefon, bilgisayar, televizyon ve benzeri cihazların ekranlarında renkler temel olarak RGB (Red, Green, Blue; Kırmızı, Yeşil, Mavi) sistemiyle oluşturulur. Ana renklerin kontrollü biçimde birleştirilmesiyle milyonlarca farklı renk tonu elde edilebilir.

Renklerin toplamsal karışımı ışığa özgü bir olaydır ve ana renklerde ışık yayan kaynakların ışıkları aynı noktaya yöneltildiğinde meydana gelir. Toplamsal karışımında karışıma katılan renk sayısı arttıkça elde edilen renk daha açık ve daha parlak olur.

Renklerin Çıkarımsal Karışımı.

Beyaz ışık polikromatik bir ışıktır; yani birçok farklı renkten oluşur. Beyaz ışık bir maddeye ulaştığında, bazı renkler soğurulurken bazıları yansıtılır. Soğurulan renkler, renklerin çıkarılması olarak yorumlanır. Beynimiz ise yansıyan ışığı o cismin rengi olarak algılar. Bu tür renk karışımına **çıkarımsal renk karışımı** denir.

Beyaz kumaş, tüm renklerdeki ışık ışınlarını yansıtırken; siyah kumaş üzerine düşen ışığı yansıtmaz, aksine tüm ışık ışınlarını soğurur (Şekil 2). Yeşil kumaş yeşil ışığı yansıtır, ancak kırmızı ve mavi ışığı soğurur. Bu nedenle yeşil kumaşın, beyaz ışıktan kırmızı ve mavi renkleri çıkardığı (sütrakte ettiği) söylenir. Mor kumaş için ise beyaz ışıktan yeşil rengi çıkardığı söylenir. Bu yüzey yalnızca yeşil ışıkla aydınlatılırsa siyah görünür.



Şekil 2. Beyaz, siyah, yeşil ve magenta yüzeylerde ışığın soğurulması ve yansıması.

Şekil 3'te renklerin çıkarımsal karışımı gösterilmiştir. Şekildeki alan aynı anda üç ikincil renkle aydınlatılmıştır. İkincil renklerin çıkarımsal karışımı sonucunda ana renkler elde edilir:

- Camgöbeği(turkuaz) + magenta(eflatun) → mavi
- Magenta (eflatun) + sarı → kırmızı
- Sarı + camgöbeği (turkuaz) → yeşil

Çıkarımsal renk karışımı yalnızca opak cisimlerde değil, optik filtreler gibi saydam cisimlerde de gerçekleşir. Bu durumda da ışığın bazı renkleri soğurulur (çıkarılır) ve filtreden geçemez. Örneğin, beyaz ışık kırmızı bir filtreden geçtiğinde yalnızca kırmızı ışık geçer.



Şekil 3. Renklerin çıkarımsal karışımı. İkincil renklerde ışık yayan üç ışık kaynağı bir ekrana yönlendirilmiştir. Ekranın merkezinde, üç rengin üst üste geldiği bölgede çıkarımsal karışım gerçekleşir ve her bir rengin soğurulması sonucunda bu bölge siyah görünür.

Bir cisim farklı renklerdeki ışıklarla aydınlatıldığında, bize rengini değiştirmiş gibi görünebilir; yani beyaz ışık altında görüldüğünden farklı bir renkte algılanabilir. Örneğin, kırmızı bir tişört yeşil ışıkla aydınlatıldığında siyah görünür; çünkü yeşil ışık kırmızı yüzey tarafından soğurulur. Yeşil ışıkla aydınlatılan sarı bir limon ise yeşil görünür. Çünkü sarı renk, kırmızı ve yeşil rengin toplamsal karışımıyla elde edilir ve limon yalnızca yeşil ışığı yansıtır.

Renklerin karışımının bu iki yöntemi temelde birbirinden farklıdır; ancak günlük yaşamda her ikisiyle de sıkça karşılaşır ve onları kullanırız. Aralarındaki farkın anlaşılması, monitörlerin ve yazıcıların nasıl çalıştığını, ayrıca gözümüzün ve beynimizin çevremizdeki dünyadaki renkleri nasıl algıladığını anlamamıza yardımcı olur. Bu bilgi; sanat, tasarım, fotoğrafçılık, baskı teknolojileri, sahne aydınlatması ve rengin önemli rol oynadığı diğer birçok alanda da büyük önem taşır.



ETKİNLİKLER

1. Gerçek Filtrelerle Araştırma

Bir el fenerinden veya ince bir beyaz ışık demetinden çıkan ışığı kırmızı bir filtreye yönelt. Filtreden geçen ışığın rengini gözlemler. Daha sonra aynı deneyi yeşil ve mavi filtrelerle tekrarla. Eğer filtren yoksa, farklı renklerde camlar kullanabilirsin. Ardından filtreleri birbiriyle birleştir: kırmızı + yeşil, yeşil + mavi, kırmızı + mavi. Bazı filtre kombinasyonlarının çok az miktarda ışık geçirdiğini, bazılarının ise yeni renkler oluşturduğunu gözlemler. Filtrelerin kombinasyonu sonucunda hangi renkler elde ediliyor? Bu etkinlikte gerçekleşen renk karışımının toplamsal mı yoksa çıkarımsal mı olduğunu açıklayınız.

2. Newton Diski – Renklerin Ayrıştırılması ve Yeniden Birleştirilmesi

Beyaz ışığın renklerin karıştırılmasıyla nasıl “oluşturulabildiğini” anlamak için bir Newton diskini yap. Bir karton üzerine altı sektör çiz ve bunları ana ve ara renklerle (kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, mor) boyar. Diski bir çubuğa yerleştir, parmaklarının arasında tut ve hızlıca döndür. Tüm renklerin birbirine karıştığını ve diskin beyaz görüldüğünü fark edeceksin. Bu etkinlik neyin kanıtıdır? Bu etkinlikte hangi tür renk karışımı gerçekleşmektedir: toplamsal mı, çıkarımsal mı?

3. Cisimlerin Rengi

Kırmızı, yeşil, mavi, sarı ve beyaz kâğıt gibi farklı renklerde birkaç cisim temin et. Cisimleri ayrı ayrı kırmızı, yeşil ve mavi ışıkla aydınlat. Her bir cismin hangi ışık altında parlak, karanlık görüldüğünü veya renginin değiştiğini gözlemleyip kaydet. Bir cismin rengi, o cismin kendi özelliği midir, yoksa hangi renkte ışıkla aydınlatıldığına da bağlı mıdır?

İLERİ DÜZEY

5+

LED diyotların yaydığı ışığı ve bu ışığın modern teknoloji açısından neden özel bir öneme sahip olduğunu araştırınız.



İLGİNÇ BİLGİLER

Bazı hayvanlarda görünür ışık spektrumu farklıdır. Örneğin, arılar morötesi (ultraviyole) ışığı görebilirler.

★ ÜNLÜ BİLİM İNSANI

**Shuji Nakamura 1954**

Nakamura, Japon bir mühendis ve fizikçidir. Modern optoelektronikğin en önemli buluşlarından biri olan mavi LED diyodu geliştirmiştir. Nakamura, 1990'lı yıllarda yaptığı çalışmalar sonucunda, kararlı ve enerji açısından verimli bir malzeme olan galyum nitridü kullanarak mavi LED diyot üretmeyi başarmıştır. Bu, bilim insanlarının onlarca yıldır gerçekleştirmeye çalıştığı bir başarıydı. Nakamura, bu buluşu sayesinde 2014 yılında Fizik Nobel Ödülü'nü almıştır.

Mavi LED diyodun geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü beyaz ışık ve ekranlarda görülen diğer tüm renkler, kırmızı, yeşil ve mavi LED diyotların birleştirilmesiyle elde edilir. Günümüzde televizyonlar, bilgisayarlar, cep telefonları ve LED ekranlar; parlak, net ve enerji verimli görüntüler oluşturmak için bu diyotları kullanmaktadır. Mavi LED diyot sayesinde günümüz ekranları daha ince, daha tasarruflu ve daha görünür hâle gelmiş; ayrıca daha yüksek kontrast ve çözünürlük sunmaya başlamıştır.

**SORULAR VE ÖDEVLER**

1. Kendi sözlerinle, renklerin toplamsal ve çıkarımsal karışımının ne olduğunu açıklayınız.
2. Kırmızı bir gül mavi ışıkla aydınlatıldığında neden siyah görünür?
3. Beyaz bir kumaşa kırmızı ve mavi ışık yöneltirse hangi renk elde edilir?
4. Mavi bir cisim sarı ışıkla aydınlatılırsa nasıl görünür?
5. Camgöbeği(turkuaz) ve magenta(eflatun) olmak üzere iki filtre üst üste yerleştirilmiştir. Beyaz ışığın hangi kısmı bu filtrelerden geçer?

**HATIRLAYINIZ**

- Ana renkler kırmızı, yeşil ve mavidir. Bu renklerin toplamsal karışımıyla beyaz ışık elde edilir.
- İkincil renkler sarı, camgöbeği ve magentadır. Bu renklerin çıkarımsal karışımı sonucunda koyu tonlar elde edilir.
- Aydınlatılan bir cismin rengi, belirli renklerin soğurulmasına ve yansıtılmasına bağlıdır.

KONU 4.

DEĞERLENDİRME SORULARI VE PROBLEMLER

- Gece vakti düz bir yolda araç kullandığını düşün. Birinci durumda sis var, ikinci durumda ise sis yok. Hangi durumda aracın farları yolun daha büyük bir bölümünü aydınlatır? Sisli havada aracın farlarından yayılan paralel ışık demetlerine ne olduğunu ve görüş mesafesinin neden azaldığını açıklayınız.
- Sabah saatlerinde Güneş ufka yakın konumdadır. Bir ağacın gölgesi 20 m uzunluğundadır. Öğle vakti ise gölgesi yalnızca 5 m'dir. Bu olay, ışığın doğrusal yayılması ve Güneş'in konumu ile nasıl açıklanabilir?
- Dünya'da gece ve gündüzün oluşmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
 - Dünya'nın düz olması
 - Işığın doğrusal yayılması ve Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesi
 - Güneş'in Dünya'nın etrafında dönmesi
 - Dünya'nın bir atmosfere sahip olması
- Bir cismin gölgesi, cisim ile ışık kaynağı arasındaki uzaklık değiştirildiğinde neden değişir?
- Tabloda, yarıçapı 2 cm olan küresel bir cismin oluşturduğu gölgenin yarıçapı verilmiştir. Gölge, cisimden 100 cm uzaklıkta bulunan bir ekran üzerinde oluşmaktadır. Cisim, noktasal bir ışık kaynağı ile aydınlatılmaktadır.

- Gölgenin yarıçapının, ışık kaynağının cisme olan uzaklığına bağlı değişimini gösteren grafiği çiziniz.
- Grafikten yararlanarak, ışık kaynağı cisimden 30 cm uzaklıkta bulunduğu anda gölgenin yarıçapını belirleyiniz.
- Gölgenin yarıçapının 15 cm olması için ışık kaynağı cisimden ne kadar uzaklıkta olması gerektiğini belirleyiniz.

Noktasal ışık kaynağının cisme olan uzaklığı (cm)	Gölgenin yarıçapı (cm)
10	20
20	10
25	8
40	5
50	4

6. Düz bir aynadan $x = 50$ cm uzaklığa S noktasal ışık kaynağı yerleştirilmiştir. Gözlemcinin gözü de ışık kaynağından x kadar uzaklıkta olacak şekilde, şekilde gösterildiği gibi konumlandırılmıştır.

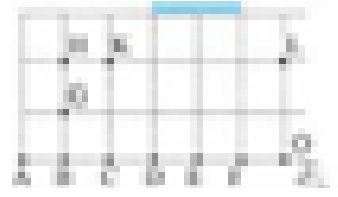
- Düz aynada ışık kaynağının görüntüsünün konumunu çizim yaparak belirleyiniz.
- Aynadaki ışık kaynağı görüntüsünün, gözlemcinin gözüne olan uzaklığını hesaplayınız.

7. Bir kişi aynanın önünde 1,5 m uzaklıkta durmaktadır ve daha sonra 0,5 m geri çekilmektedir. Bu durumda kişinin görüntüsü, cisimden kaç metre uzaklaşmış olur?

- İki dikey ayna birbirinden 2 m uzaklıkta yerleştirilmiştir. Bir öğrenci ilk aynadan 0,5 m uzaklıkta durmaktadır. Işıkların önce birinci aynadan, daha sonra ikinci aynadan yansıdığı kabul edilerek aşağıdakileri belirleyiniz:
 - Birinci aynada oluşan ilk görüntü aynadan ne kadar uzaklıkta oluşur?
 - İkinci aynada oluşan ilk görüntü, öğrenciden ne kadar uzaklıkta oluşur?
 - İki aynada oluşan ikinci görüntüler arasındaki uzaklık ne kadardır? Görüntülerin aynalarda oluşumunu gösteren bir çizim yapınız.
- Bir ışık ışını birinci aynaya düşmekte, yansıdıktan sonra ikinci aynaya ulaşmaktadır (sağdaki şekil).
 - Işının izlediği yolu çiziniz.
 - Işığın birinci aynaya düştüğü andaki gelme açısını belirleyiniz.
 - Işığın ikinci aynaya düştüğü andaki gelme açısını belirleyiniz.

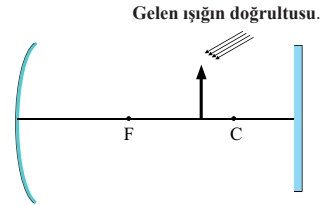


10. Kendi görüntümüzü aynada net olarak görebilirken, beyaz bir duvarda neden göremeyiz?
11. Şekilde gösterildiği gibi O noktasındaki düz aynaya bakan bir gözlemci, noktasal cisimlerden hangilerini görebilir?

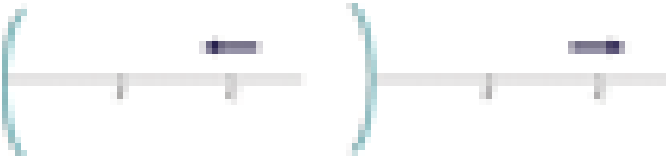


12. Soldaki şekilde gösterildiği gibi, ince bir telden yapılmış dörtgen bir şekil aynanın önüne yerleştirilmiştir. Dörtgenin aynadaki görüntüsünü çizerek oluşturunuz.

13. Odak uzaklığı 15 cm olan çukur aynanın önüne, aynanın tepe noktasından 30 cm uzaklığa bir cisim yerleştiriliyor.
- a) İki karakteristik ışın kullanarak görüntüyü çiziniz.
- b) Görüntünün konumu, yönü ve büyüklüğü cismin büyüklüğü ile karşılaştırıldığında nasıldır?
14. Çukur aynada, cisim sonsuzdan odağa doğru yaklaştırıldığında görüntünün büyüklüğü nasıl değişir?

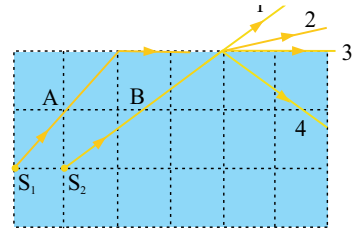


15. Şekilde, bir cismin çukur ayna ile düz ayna arasında bulunduğu görülmektedir. Işık ışınları cisimden çıkarak önce küresel aynada bir görüntü oluşturmakta, daha sonra bu görüntü düz ayna için cisim görevi görmektedir. Önce çukur aynanın oluşturduğu görüntüyü, ardından düz aynada oluşan görüntüyü çizerek oluşturunuz.

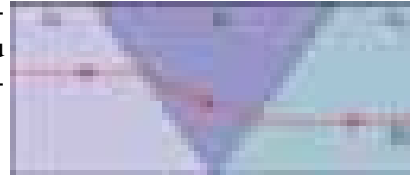


16. Soldaki şekilde gösterildiği gibi, ok şeklindeki bir cisim çukur aynanın ve tümsek aynanın önüne yerleştirilmiştir. Her iki durumda da cismin görüntüsünü çizerek oluşturunuz.

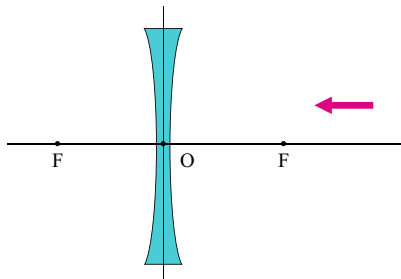
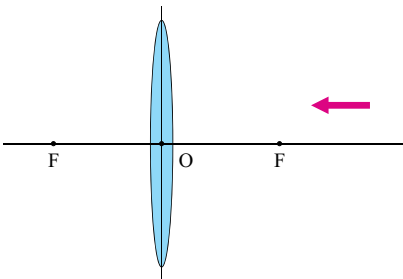
17. Soldaki şekilde, su içerisinde bulunan ve su-hava ara yüzeyine doğru A ve B ışınlarını gönderen iki ışık kaynağı gösterilmiştir. Su-hava ara yüzeyinde A ışını 90° 'lik bir açıyla kırılmaktadır. B ışını su-hava ara yüzeyine ulaştığında verilen doğrultulardan hangisinde yayılır? Cevabınızı gerekçelendiriniz.



18. Tek renkli bir ışık ışını üç farklı optik ortamdan geçmektedir. Işığın kırılmasına bakarak hangi ortamın kırılma indisinin en büyük olduğunu belirleyiniz. Kırılma indisleri eşit olan iki ortam bulunup bulunmadığını açıklayınız.



19. Optik şiddeti aşağıda verilmiş olan merceklerin odak uzaklıklarını hesaplayınız. a) 1 D, b) 0,25 D, c) -4 D, ç) -10 D?



20. Şekilde gösterildiği gibi, ok biçimindeki bir cismin yakınsak merceğin ve ıraksak merceğin önüne yerleştirilmesi durumunda oluşan görüntüyü çizerek oluşturunuz.

A

Ağ tabaka (retina) – Üzerinde fotoreseptörlerin bulunduğu, gözün en iç tabakası.

Ağırlıksızlık hâli – Cisimlerin ağırlığının bulunmadığı durum.

Alternatif akım – Yönü ve şiddeti periyodik olarak değişen elektrik akımı.

Amorf cisim – Düzenli kristal yapısı olmayan katı cisim (örn. cam, plastik).

Ana (temel) renkler – Kırmızı, yeşil ve mavi; bu renklerin karışımından ara renkler elde edilir.

Anot – Elektrolizde pozitif elektrot.

Anyon – Elektriksel bakımdan nötr bir atomun ya da atom grubunun bir veya daha fazla elektron almasıyla oluşan negatif yüklü iyon.

Ara renkler (türetilmiş renkler) – Temel renklerin karışımından elde edilen renkler.

Asal eksen (temel optik eksen) – Aynanın veya merceğin ait olduğu kürenin merkezinden ve aynanın tepe noktasından geçen doğru.

Atmosfer – Dünya'yı çevreleyen gaz katmanı.

Atom – Kimyasal elementin özelliklerini taşıyan en küçük yapı taşı; çekirdek ve elektron kabuğundan oluşur.

Atom çekirdeği – Protonlardan ve nötronlardan oluşan, atomun merkezî kısmı.

Ayna simetrisi – Düzlem aynadaki görüntünün cisimle simetrik olduğu ve ayna düzleminde cisimle aynı uzaklıkta bulunduğu özellik.

B

Basınc – Bir yüzeye dik olarak etkiyen kuvvetin, o yüzeyin alanına oranı.

Beyaz ışık – Görünür ışık spektrumundaki bütün renklerden oluşan ışık.

Bileşik – İki veya daha fazla farklı elementin atom ya da iyonlarından oluşan madde.

Birincil (asıl) ışık kaynağı – Kendisi ışık üreten cisim.

Bobin (solenoid) – Sarmal biçiminde sarılmış iletken; içinden akım geçtiğinde çubuk mıknatısa benzer bir manyetik alan oluşturur.

Brown hareketi – Bir sıvı ya da gazdaki küçük parçacıkların, ortamın molekülleriyle çarpışmaları sonucu yaptığı düzensiz hareket.

Büyüteç – Cisimlerin büyütülmüş sanal görüntüsünü elde etmek için kullanılan, küçük odak uzaklıklı toplayıcı mercektir.

C

Celsius derecesi (°C) – Celsius ölçeğinde kullanılan sıcaklık birimi.

Celsius sıcaklık ölçeği – Suyun donma sıcaklığının 0 °C, kaynama sıcaklığının 100 °C kabul edildiği sıcaklık ölçeği.

Cismin ağırlığı – Bir cismin, üzerinde durduğu yatay yüzeye uyguladığı ya da asılı olduğu ipi gerdiği kuvvet.

Coulomb (C) – Elektrik yükü miktarı için SI birimi.

Ç

Çıkarmalı (pigment) renk karışımı – Pigment renklerinin karışımı.

Çok renkli (polikromatik) ışık – Birden fazla renkten oluşan ışık.

Çukur (içbükey) ayna – Yansıtıcı yüzeyi, kürenin kesilmiş bir parçasının iç tarafında bulunan küresel ayna.

D

Dağınık yansıma – Işığın pürüzlü bir yüzeyden yansıması sonucu ışınların farklı yönlerde dağılması.

Dağıtıcı (ıraksak, çukur) mercek – İçbükey biçimli optik mercek.

Deformasyon (biçim değişimi) – Bir cismin dış kuvvet etkisiyle biçiminin veya boyutunun değişmesi.

Demir çekirdek – Manyetik alanı güçlendirmek için bobinin içine yerleştirilen demir parça.

Deney – Bilimsel olayları ya da hipotezleri kontrollü koşullarda gözlem ve ölçüm yoluyla inceleme, kanıtlama veya doğrulama yöntemi.

Denge konumu – Cisme ya da parçacığa etki eden bütün kuvvetlerin bileşkesinin sıfır olduğu konum.

Difüzyon – İki maddenin parçacıklarının düzensiz hareketleri sonucunda, dış bir etki olmaksızın kendiliğinden karışması.

Diyoptri (D) – Mercek gücü birimi; odak uzaklığının metre cinsinden tersi olarak tanımlanır.

Doğa – Bütün maddesel dünya.

Doğru akım – Devrede daima aynı yönde akan elektrik akımı.

Doğrultu – Bir kuvvetin etki ettiği ya da bir cismin hareket ettiği doğru. Her doğrultunun iki yönü vardır.

Doğrusal (düz) iletken – İçinden elektrik akımı geçen ve çevresinde iç içe daireler biçiminde manyetik alan oluşturan düz iletken.

Dünya'nın manyetik alanı – Dünya tarafından

oluşturulan doğal manyetik alan.

Düşey doğrultu – Dünya'nın çekim kuvvetinin etki doğrultusu.

Düzlem ayna – Işığı tamamen yansıtan, pürüzsüz ve düz yüzey.

Düzlem paralel (yassı) plaka – Yüzeyleri birbirine paralel olan düz cam veya plastik cisim.

E

Eğrilik yarıçapı (R) – Aynanın tepe noktasından, ait olduğu kürenin merkezine olan uzaklık.

Elektrik akımı – Elektronların (ya da başka yük taşıyıcılarının) bir iletken boyunca yönlü hareketi.

Elektrik çarpması – Elektrik akımının insan vücudundan geçmesi.

Elektrik devresi – İçinden akım geçen kapalı iletken çevrim.

Elektrik enerjisi – Hareket hâlindeki elektrik yüklerinin taşıdığı, günlük hayatta en sık kullanılan enerji türü.

Elektrik kaynağı – Devrede elektrik akımının akmasını sağlayan araç.

Elektrik santrali – Farklı kaynaklardan (hidrolik, termik, nükleer, güneş) elektrik enerjisi üreten tesis.

Elektrik yükü miktarı (q) – Toplam elektrik yükünü ifade eden fiziksel büyüklük.

Elektiriksel etkileşim (elektrostatik indükleme) – Bir cisimdeki elektrik yükünün, doğrudan temas olmaksızın yakınındaki yüklü bir cismin etkisiyle yeniden dağılması olayı.

Elektiriksel iletkenlik – Bir malzemenin elektrik akımını iletebilme yeteneği; serbest elektron sayısına bağlıdır.

Elektiriksel kuvvet çizgileri – Elektrik alanın doğrultusunu ve yönünü gösteren hayali çizgiler.

Elektrod (elektrot) – Elektrolit içine daldırılan iletken.

Elektrolit – İçindeki iyonlar sayesinde çözeltide elektrik akımını ileten madde (tuzların, bazların veya asitlerin sulu çözeltisi).

Elektrolitik ayrışma (iyonlaşma) – Tuz, baz ya da asit parçacıklarının suda çözündüklerinde iyonlarına ayrışması işlemi.

Elektroliz – Elektrolitin, elektrik akımı yardımıyla ayrıştırılması işlemi.

Elektrometre – Bir cismin sahip olduğu elektrik yükü miktarını gösteren ölçüm aracı.

Elektromıknatıs – İçinden akım geçen demir çekirdekli bir bobinden oluşan, açılıp kapatılabilen güçlü bir manyetik alan oluşturan düzenek.

Elektron – Atom çekirdeği çevresinde dönen negatif

yüklü parçacık.

Elektron kabuğu – Elektronların bulunabileceği, çekirdek çevresindeki uzay.

Elektroskop – Cisimlerin elektriklenmesini belirlemede kullanılan en eski araç.

Elektrostatik kuvvet – İki durgun elektrik yükü arasında etkiyen, çekici ya da itici olabilen kuvvet.

Enerji (E) – Bir cismin ya da sistemin iş yapabilme yeteneğini ifade eden fiziksel büyüklük.

Enerji kaynağı – Enerji elde edilebilen doğal ya da teknik sistem (Güneş, su, rüzgâr, yakıt, pil).

Esneklik (elastik) potansiyel enerjisi – Elastik bir cisimde (yay, lastik) deformasyon sırasında depolanan enerji.

Esneklik (elastikiyet) katsayısı – Elastik bir cismi birim uzunluk kadar uzatmak ya da kısaltmak için gereken kuvveti gösteren fiziksel büyüklük.

Etkileşim – İki cisim arasındaki karşılıklı etki.

F

Fiber optik (ışık lifi) – Işığın, kılıfından tam yansıma yaparak içinde ilerlediği ince cam ya da plastik tel.

Fiziksel alan – Temas hâlinde olmayan cisimler arasındaki etkileşime aracılık eden madde biçimi.

Fosil yakıt enerjisi – Kömür, petrol ve doğal gazın yakılmasıyla elde edilen enerji.

Fotoreseptörler – Işığa duyarlı hücreler.

G

Galvanik pil (galvanik eleman) – İki farklı elektrot ve bir elektrolitten oluşan, doğru akım üreten elektrokimyasal kaynak.

Galvanizleme – Metal bir nesnenin, elektrik akımı yardımıyla başka bir metalle kaplanması işlemi.

Gaz – Maddenin belirli bir şekli ve hacmi olmayan hâli; parçacıklar serbestçe hareket eder.

Gelen ışın – Yüzeye düşen ışık ışını.

Gelgit enerjisi – Gelgit sırasında suyun sahip olduğu mekanik enerji.

Gelme açısı – Gelen ışın ile normal arasındaki açı.

Gerçek görüntü – Bir ekrana yansıtılabilen görüntü.

Gök gürültüsü – Elektrik boşalması (şimşek, yıldırım) sırasında çevredeki havanın ani ısınıp genişlemesinden kaynaklanan ses.

Gökkuşağı – Güneş ışığının yağmur damlacıklarında dağılması (dispersiyonu) sonucu oluşan, sürekli renk spektrumundan meydana gelen doğa olayı.

Görüntü – Bir cismin, aynalardan yansıyan ya da merceklerden kırılan ışık yardımıyla elde edilen temsili.

Göz merceği – İnsan gözündeki toplayıcı mercek.

Güç (P) – Birim zamanda yapılan işi gösteren fiziksel büyüklük.

Güneş (solar) enerjisi – Güneş ışınımından elde edilen enerji

H

Hacim – Bir cismin ya da maddenin kapladığı uzay.

Hâl (agregat hâli) – Bir maddenin bulunabileceği fiziksel durum: katı, sıvı ya da gaz.

Hareket – Bir cismin başka cisimlere göre konumunun değişmesi.

Hız – Bir büyüklüğün zamanla değişimi.

Hipermetropi (uzağı görme) – Yakın cisimlerin görüntüsünün ağ tabakanın arkasında oluştuğu görme bozukluğu; toplayıcı merceklerle düzeltilir.

Homojen manyetik alan – Manyetik kuvvet çizgilerinin yoğunluğu her yerde aynı olan manyetik alan.

Homojen ortam – Yoğunluk, bileşim ya da yapı gibi özelliklerin cismin her yerinde aynı olduğu ortam.

I

Isı (Q) – Sıcaklık farkı nedeniyle bir cisimden diğerine aktarılan enerji.

Isı alışverişi (ısı değişimi) – Cisimler ya da sistemler arasında ısı aktarımı süreci.

Isı enerjisi – Sıcaklık farkı nedeniyle bir cisimden diğerine aktarılan iç enerji kısmı (ısı ile aynı anlamda).

Isı etkisi – Elektrik akımının, içinden geçtiği malzemeleri ısıtması.

Isı iletimi (kondüksiyon) – Isının, madde aktarımı olmaksızın bir cisim içinde yayılması.

Isı iletkenleri – Isıyı kolaylıkla ileten malzemeler.

Isı yalıtkanları – Isıyı güçlülükle ileten malzemeler.

Isıl (termal) denge – Temas hâlindeki cisimlerin sıcaklıklarının eşit olduğu ve aralarında ısı alışverişi bulunmadığı durum.

Işığın doğrusal (dik doğrultuda) yayılması – Işığın, homojen bir ortamda doğrular boyunca yayılması.

Işığın kırılması (refraksiyon) – Işık ışınının bir optik ortamdan diğerine geçerken doğrultusunu, yönünü ve hızını değiştirmesi olayı.

Işığın yansımaları (refleksiyon) – Işığın, geldiği optik ortama, iki optik ortam arasındaki sınırdan geri dönmesi olayı.

Işık demeti – Aynı doğrultuda ve yönde hareket eden çok

sayıda ışık ışınından oluşan topluluk.

Işık etkisi – Elektrik akımının, ışık yayılmasına neden olması.

Işık hızı – Işığın 1 saniyede aldığı yol. Işık boşlukta sabit bir hızla yayılır: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Işık ışını – Işığın yayılma doğrultusunu gösteren hayali çizgi.

Işık kaynağı – Işık yayan cisim ya da araç.

İ

İç enerji – Bir cisimdeki bütün moleküllerin toplam enerjisi (kinetik ve potansiyel).

İkincil ışık kaynağı – Kendisi ışık üretmeyen, ancak birincil kaynaktan gelen ışığı yansıtan cisim.

İletken – Elektrik akımını kolaylıkla ileten malzeme.

İletkenlik – Bir malzemenin elektrik akımını iletebilme yeteneği; serbest elektron sayısına bağlıdır.

İyonlar – Elektriksel bakımdan nötr olmayan yüklü atomlar ya da moleküller.

İyonlaşma – Bir atomun ya da molekülün elektron kaybetmesi ya da kazanması sonucu iyon dönüşmesi işlemi.

İyonlaştırıcılar – Gazlarda iyon oluşturan araçlar.

J

Jeotermal enerji – Dünya'nın iç kısmındaki ısıdan elde edilen enerji.

Joule (J) – Enerji için SI birimi; 1 N büyüklüğündeki bir kuvvetin bir cismi 1 m yer değiştirmesi sırasında yaptığı iş 1 J'dür.

K

Kalorimetre – Isı miktarını ölçmede kullanılan araç.

Katı cisim – Belirli bir şekli ve hacmi olan cisim.

Katkılı (ekleyici) renk karışımı – Temel renklerin karışımı; kırmızı, yeşil ve mavi ışığın karışımından beyaz ışık elde edilir.

Katot – Elektrolizde negatif elektrot.

Katyon – Pozitif yüklü iyon.

Kelvin (K) – SI'da sıcaklık birimi.

Kelvin sıcaklık ölçeği – Mutlak sıfır noktasından başlayan mutlak sıcaklık ölçeği.

Kesikli (süreksiz) spektrum – Koyu bantların görüldüğü spektrum.

Kırılan ışın – Bir optik ortamdan diğerine geçerken yayılma doğrultusunu değiştiren ışık ışını.

Kırılma açısı – Kırılan ışın ile yüzeye çizilen normal

arasındaki açrı.

Kırılma indisi (n) – Işığın boşluktaki hızının, bir optik ortamdaki hızına oranı.

Kısa devre – Kaynağın farklı kutuplarına bağılı iki iletkenin, devrede bir tüketici bulunmadan doğrudan birleşmesi; akım şiddetinin ani artmasına ve devrenin zarar görmesine yol açar.

Kimyasal element – Özdeş atomlardan oluşan madde.

Kimyasal enerji – Moleküllerin kimyasal bağlarında depolanan enerji.

Kimyasal etki – Elektrik akımının maddelerden geçmesiyle oluşan kimyasal tepkimeler.

Kinetik enerji – Hareket eden bir cismin sahip olduğı enerji.

Konveksiyon (taşınım) – Isının, sıvı ya da gazların hareketiyle aktarılması.

Kristal cisim – Parçacıkların düzenli bir kristal örgüde dizildiğı katı cisim.

Kuvvet – Cisimlerin karşılıklı etkileşiminin ölçüsü.

Kuvvetin bileşeni – Bir kuvvetin belirli bir doğrultuda etki eden kısmı.

Küresel ayna – Yansıtıcı yüzeyi kürenin bir parçası olan ayna. Çukur ya da tümsek olabilir.

Küresel aynanın odağı – Çukur küresel aynada asal eksene paralel gelen ışınların yansdıktan sonra toplandığı; tümsek aynada ise yansıyan ışınların uzantılarının kesiştiğı, asal eksen üzerindeki nokta.

Küresel aynanın odak uzaklığı (f) – Aynanın tepe noktasından odağına olan uzaklık.

Kütle – Cisimlerin eylemsizliğinin ölçüsü.

Kütleçekim alanı – Kütleçekim etkileşiminin aktarıldığı fiziksel alan.

Kütleçekim etkisi – Evrendeki herhangi iki cisim arasındaki çekim etkisi.

Kütleçekim kuvveti – Kütleçekim etkisinin ölçüsü.

Kütleçekim potansiyel enerjisi – Bir cismin, kütleçekim alanındaki konumundan dolayı sahip olduğı enerji.

M

Madde – Cisimlerin yapıldığı özdek.

Manyetik alan – Manyetik etkileşimin aktarıldığı fiziksel alan.

Manyetik etkileşim – Mıknatıslar arasında ya da içinden akım geçen iletkenlerle mıknatıslar arasındaki çekici veya itici etki.

Manyetik kuvvet çizgileri – Manyetik alanın doğrultusunu ve yönünü gösteren hayalî çizgiler.

Mekanik enerji – Bir cismin ya da sistemin kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı.

Mekanik enerjinin korunumu yasası – Yalıtılmış bir sistemdeki toplam mekanik enerji sabittir.

Mekanik etki – Elektrik akımının, aygıtın bazı parçalarının hareket etmesine, yani mekanik iş yapmasına neden olması.

Mekanik iş (A) – Bir cisme 1 N büyüklüğünde kuvvet etki ederse ve cisim 1 m yer değıştirirse, cismin kazandığı ya da kaybettiğı enerji miktarını gösteren fiziksel büyüklük.

Merceğın odak uzaklığı (f) – Merceğın optik merkezinden odağına olan uzaklık.

Mercek gücü – Merceğın, ışık ışınlarını toplama ya da dağıtma yeteneğini gösteren fiziksel büyüklük.

Mercek odağı – Toplayıcı mercede, optik eksene paralel gelen ışınların kırıldıktan sonra bir noktada toplandığı; dağıtıcı mercede ise kırılan ışınların uzantılarının kesiştiğı, optik eksen üzerindeki nokta.

Merkez – Aynanın ait olduğı kürenin merkezi.

Mezür (dereceli silindir) – Sıvı hacmini ölçmek için kullanılan, üzerinde ölçek bulunan şeffaf silindirik kap.

Miyopi (kısa görme) – Uzak cisimlerin görüntüsünün ağ tabakanın önünde oluştuğı görme bozukluğu; dağıtıcı merceklerle düzeltilir.

Molekül – Kimyasal bağlarla birbirine bağılı iki ya da daha fazla atomdan oluşan parçacık.

Moleküller arası kuvvetler – Maddedeki moleküller arasındaki çekme ya da itme kuvvetleri.

Monokromatik (tek renkli) ışık – Tek bir renkten oluşan ışık.

Mutlak sıcaklık (T) – Maddenin kelvin cinsinden ifade edilen sıcaklığı.

Mutlak sıfır (T₀) – Moleküllerin hareketinin durduğı en düşük sıcaklık: 0 K = -273,15 °C.

N

Newton – Kuvvet için SI’da temel birim.

Nokta ışık kaynağı – Boyutları ihmal edilebilecek kadar küçük ya da çok uzakta bulunan ışık kaynağı.

Normal – Işık ışınının yüzeye düştüğü noktada, yüzeye 90° açı yapan hayalî doğru.

Normal kuvvet (yüzeyin tepki kuvveti) – Yüzeyin, cisme yüzeye dik doğrultuda uyguladığı kuvvet.

Nötron – Atom çekirdeğindeki parçacık.

Nükleer enerji – Nükleer tepkimeler sırasında açığa çıkan enerji.

O

Opak (ışık geçirmez) ortam – Işığın içinden geçemediği malzeme.

Optik ortam – Işığın içinde yayıldığı her türlü malzeme.

Ortalama hız – Maddedeki bütün parçacıkların hızlarının aritmetik ortalaması.

Ö

Özgül ısı (ısı sığası) (c) – 1 kg maddenin sıcaklığını 1 °C artırmak için gereken ısı miktarı.

P

Paralel ışık demeti – Birbirine paralel hareket eden ışık ışınlarından oluşan topluluk.

Paratoner – Yüksek yapılara yerleştirilen, akımı güvenli biçimde toprağa ileterek yıldırıma karşı koruma sağlayan metal yapı

Parçacık modeli – Maddelerin yapısını, sürekli hareket hâlinde olan ve birbirleriyle etkileşen yapı taşlarının (parçacıkların) varlığıyla açıklayan bilimsel model.

Parçacıklar arası boşluk – Maddedeki parçacıklar arasındaki boş uzay.

Paskal – Basınç için SI’da temel birim.

Plastik deformasyon – Kuvvetin etkisi ortadan kalktığında, cismin ilk biçimine dönmediği deformasyon.

Proton – Atom çekirdeğindeki yüklü parçacık.

R

Radyal (ışınsal) doğrultu – Merkez noktasını, uzaydaki ya da yüzeydeki bir noktayla birleştiren yarıçap doğrultusu.

Referans düzlemi – Cisimlerin yüksekliğini, konumunu ya da enerjisini ölçmek için temel alınan hayalî düzlem.

Rüzgâr enerjisi – Rüzgârın kinetik enerjisi.

S

Sanal görüntü – Bir ekrana yansıtılamayan görüntü.

Saydam (ışık geçiren) ortam – Işığın içinden geçebildiği malzeme.

Serap (fatamorgana) – Farklı sıcaklık ve optik yoğunluktaki hava katmanlarında ışığın kırılmasından kaynaklanan atmosferik optik olay.

Serbest elektronlar – Metallerde, belirli bir atoma bağlı olmayan elektronlar.

SI – Uluslararası Birimler Sisteminin kısaltması.

Sıkışma (kısılma) – Bir malzeme ya da cisim kuvvet etki ettiğinde uzunluğunun azalması.

Sınır açısı (kritik açı) – Işığın diğer ortama geçebildiği, iki optik ortam arasındaki en büyük gelme açısı.

Sıvı – Maddenin belirli bir hacmi olan, ancak bulunduğu kabın şeklini alan hâli.

Skaler büyüklükler – Yalnızca büyüklüğe (sayısal değere) sahip fiziksel büyüklükler.

Spektral filtre – Yalnızca belirli bir rengi geçiren, diğerlerini tutan araç.

Spektrum renkleri – Görünür ışık spektrumunun temel renkleri: kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert ve mor.

Su enerjisi – Suyun potansiyel ya da kinetik enerjisi.

Suyun anomalisi – Suyun en yüksek yoğunluğa donma noktasında değil, 4 °C’de ulaşması; sıcaklığın 4 °C’den 0 °C’ye düşmesiyle suyun yoğunluğunun azalması olayı.

Sürekli spektrum – Görünür ışığın bütün renklerinin kesintisiz olarak bulunduğu spektrum.

Sürtünme kuvveti – İki cisim temas hâlindeyken, en az biri hareket ediyorsa ya da kuvvet etkisiyle hareket ettirilmeye çalışılıyorsa ortaya çıkan kuvvet.

Ş

Şimşek (yıldırım) – Bulutlar arasında ya da bulut ile yer arasındaki atmosferde meydana gelen güçlü elektrik boşalması.

T

Tam yansıma – Işığın, optik yoğunluğu büyük bir ortamdan daha küçük bir ortama geçerken sınır yüzeyden geldiği ortama tamamen geri yansıması olayı.

Temel elektrik yükü (e) – Bir elektronun ya da bir protonun yüküne eşit olan en küçük elektrik yükü miktarı.

Temel fiziksel büyüklükler – Diğer bütün fiziksel büyüklüklerin kendileriyle tanımlandığı yedi büyüklük.

Tepe noktası – Asal eksenin aynayı kestiği noktadaki aynanın yüzeyi.

Termometre – Sıcaklık ölçmede kullanılan araç.

Toplayıcı (yakınsak, tümsek) mercek – Dışbükey biçimli optik mercek.

Tümsek (dışbükey) ayna – Yansıtıcı yüzeyi, kürenin kesilmiş bir parçasının dış tarafında bulunan küresel ayna.

U

Uzama – Bir malzeme ya da cisim kuvvet etki ettiğinde uzunluğunun artması.

V

Vakum – Havası alınmış boşluk.

Vektör – Başlangıç ve bitiş noktası belirli olan yönlü doğru parçası.

Vektörel büyüklükler – Büyüklüğe, doğrultuya ve yöne

sahip fiziksel büyüklükler.

Verim (randıman) – Yararlı iş ya da enerjinin, harcanan toplam iş ya da enerjiye oranı.

W

Watt (W) – SI’da güç birimi; 1 saniyede 1 joule’lük iş yapılırsa (ya da 1 J enerji aktarılırsa) güç 1 W’tır.

Y

Yalıtılmış sistem – Çevresiyle enerji ya da madde alışverişi yapmayan fiziksel sistem.

Yalıtkan – Elektrik akımının içinden geçemediği madde.

Yansıyan ışın – Sınır yüzeyden yansdıktan sonraki ışık ışını.

Yapı taşları (parçacıklar) – Maddeyi oluşturan en küçük parçacıklar (atomlar, moleküller, iyonlar).

Yarı gölge – Gölgenin çevresindeki kısmen aydınlatılmış bölge.

Yarı iletken – Elektriksel iletkenliği, iletkenlerle yalıtkanlar arasında olan malzeme.

Yenilenebilir enerji kaynakları – Doğada sürekli olarak yenilenen enerji kaynakları.

Yenilenemez enerji kaynakları – Kısa sürede tükenen ve yenilenmeyen enerji kaynakları.

Yer çekimi (Dünya’nın çekim kuvveti) – Dünya’nın, cisimleri kendi merkezine doğru çektiği kuvvet.

Yer çekimi ivmesi – Dünya’ya doğru serbest düşen bütün cisimlerin, Dünya’nın kütleçekim kuvveti etkisiyle kazandığı ivme.

Yıldırım – Bulut ile yer arasındaki elektrik akımı (elektrik boşalması).

Yoğunluk (öz kütle) – Cismin kütesinin, hacmine oranı.

Yön – Bir kuvvetin etki ettiği ya da bir cismin hareket ettiği, bir doğrultunun hangi tarafına doğru olduğunun belirlenmesi.

Yönlü hareket – Parçacıkların tek bir yönde hareket etmesi.

Yük taşıyıcıları – Elektrik yüküne sahip (yükü) parçacık

KONU 1: ENERJİ

1.4. Kinetik enerji

4. Topun kinetik enerjisi **0,9 J**'dür.

5. Bisikletli (5 m/s): **1000 J**, Bisikletli (10 m/s): **4000 J**. Hız **2 kat daha büyük**, enerji ise **4 kat daha büyüktür**.

1.5. Kütle çekim potansiyel enerjisi

4. Cismin kütlesi **10 kg**'dır.

5. a) Kutu **2 m** yüksekliktedir. b) Yeni potansiyel enerji **39,24 J**'dür. c) Enerji değişimi **39,24 J**'dür.

1.6. Esneklik potansiyel enerjisi

3. Esneklik potansiyel enerjisi **0,125 J**'dür.

4. Esneklik potansiyel enerjisi **0,04 J**'dür.

5. İkinci durumdaki esneklik potansiyel enerjisi, ilk durumdakinin **4 katıdır**.

1.7. Mekanik enerjinin korunumu yasası

3. Kinetik enerji **4000 J**'dür.

4. **0,2 m** yükseklikteki hız yaklaşık **4,10 m/s**'dir.

5. Topun hızı **4,43 m/s**'dir.

1.8. Enerjinin korunumu yasası

3. Isı enerjisi **49,05m J**'dür ve kütleyle (**m**) bağlıdır. Bir kilogram kütle başına bu değer **49,05 J/kg**'dır.

4. Çarpışma sırasında yaklaşık **1,18 J** enerji ısıya ve sese dönüşmüştür.

5. Son hız yaklaşık **5,39 m/s**'dir.

1.9. Mekanik iş

4. Kuvvetin yaptığı iş **25 J**'dür; sürtünme kuvvetinin yaptığı iş **-2,5 J**'dür.

5. a) Asansörün yaptığı iş **2943 J**'dür.

b) Isı şeklinde harcanan enerji **15057 J**'dür.

1.10. Güç ve verim

4. Güç **24,5 W**'tır.

5. a) Yararlı enerji: **2000 J** b) Güç: **200 W** c) Kayıplar: **3000 J**

1.11. Tekrar ve pekiştirme soruları

9. a) Enerjinin **%10'u** kalbin mekanik çalışması için kullanılır.

b) **27 kJ** enerji ısıya dönüşmüştür.

10. a) **630 J** enerji yansıtılır.

b) Alınan enerjinin **%63'ü** yansıtılır.

12. Kinetik enerji: 40 km/saat hızda **55,6 kJ**, 80 km/saat hızda **222,2 kJ**'dür.

b) 80 km/saat hızdaki kinetik enerji, 40 km/saat hızdakinin **4 katıdır**.

13. Kayakçının kinetik enerjisi **2800 J** azalmıştır (enerji kaybı).

14. Doğrunun eğimi **10'dur**. Cismin kütlesi **1 kg**'dır.

16. a) **0,16 J ; 0,32 J** b) Enerji **2 kat daha büyüktür**.

17. C noktasındaki kinetik enerji **80 J**, A noktasındaki potansiyel enerji **60 J**'dür.

18. a) Güç **75 W**'tır. b) İş **45000 J**'dür.

19. a) İş **1060 J**'dür. b) Güç **177 W**'tır. c) Harcanan enerji **1270 J**'dür.

KONU 2: İÇ ENERJİ VE ISI

2.4. Sıcaklık. Sıcaklık ölçekleri

3. Sıcaklık **268,15 K**'dir.

4. Sıcaklık **-23,15 °C**'dir.

5. Sıcaklık farkı **17 °C = 17 K**'dir.

2.5. Katılarda genleşme

4. Isıtıldıktan sonraki uzunluk **1,0012 m** (veya **1001,2 mm**) olur.

5. Çubuk **0,01 m = 1 cm** uzamıştır.

2.7. Gazlarda sıcaklık değişimleri

2. Hacim **4 L**'dir.

3. Sıcaklık **566 K** (yani **293 °C**) olur.

4. Basınç **360 kPa**'dır.

5. **1,15 kat**

2.8. Sabit sıcaklıkta gazlarda meydana gelen değişimler

3. Basınç **200 kPa**'dır.

4. Hacim **33,3 cm³**'tür.

5. Hacim **800 mL**'dir.

2.12. Öz ısı sığası

3. Isı miktarı **21 000 J**'dür.

4. Isı miktarı **55 200 J**'dür.

5. Sıcaklık değişimi **20 °C**'dir.

2.13. Isıl denge. Enerjinin korunumu yasası

4. Sıcaklık **60 °C**'dir.

5. Öz ısı sığası **370 J/(kg °C)**'dir.

2.14. Tekrar ve pekiştirme soruları

9. Artış **10 K = 10 °C**'dir.

13. Uzunluk değişimi **0,06 cm = 0,6 mm**'dir.

14. a) Isıtıldıktan sonraki hacim **0,0002505 m³**'tür.

b) Kütle aynı kalırken hacim arttığı için yoğunluk azalır (**8000 kg/m³'ten 7984 kg/m³'e düşer**).

17. Hacim **1,002 L**'dir.

18. a) Hacim **1,8 L**'dir.

b) Yoğunluk **1,5 kat azalmıştır**.

19. a) Basınç **266 kPa**'dır.

b) Sürüş güvenlidir.

20. Hacim **2 L**'dir.

21. Basınç **320 kPa**'dır.

25. Azalma **4520 J**'dür.

31. Küpün kütlesi **0,124 kg**, sıcaklık değişimi **15 °C** ve açığa çıkan ısı enerjisi yaklaşık **390 J**'dür.

32. a) **19 000 J** ısı

b) İç enerji **19 000 J** azalmıştır.

35. Sıvı B'nin öz ısı sığası daha büyüktür. Bu değer, Sıvı A'nın öz ısı sığasının **2 katıdır**.

36. Metalin öz ısı sığası yaklaşık **865 J/(kg·°C)**'dir.

TEMA 3: ELEKTRİK VE MANYETİZMA

3.1. Atomun yapısı. Elektrik yükleri

4. Yük, 2 temel elektrik yükü içermektedir.

5. Elektrik yükü $8 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ 'dur (**negatiftir**, çünkü elektron fazlalığı vardır).

TEMA 4: IŞIK

4.5. Küresel aynalar

3. Odak uzaklığı **30 cm**'dir.

4. Eğrilik yarıçapı **50 cm**'dir.

4.9. Optik mercekler

3. Odak uzaklığı **-0,1 m = -10 cm**'dir. Negatif işaret, bunun **ıraksak (kalın kenarlı) bir mercek** olduğunu gösterir.

4. Optik güçlerin oranı **2:1**'dir.

4.14. Tekrar ve pekiştirme soruları

9. Görüntü cisimden **1 m** uzaklaşmıştır (**3 m'den 4 m'ye**).

10. a) Öğrenciden **1 m**

b) Öğrenciden **4 m**

c) **8 m**

21. a) **1 m**, yakınsak mercek

b) **4 m**, yakınsak mercek

c) **-25 cm**, ıraksak mercek

d) **-10 cm**, ıraksak mercek



Ders Kitapları ve Öğretim Araçları Yayımlama Anonim Şirketi
PROSVETNO DELO A.Ş. – Üsküp, Dimitriye Çupovski Caddesi No: 15

Yayınevi adına:

**Yüksek Lisans Mezunu Pavle Petrov,
Genel Müdür**

İlköğretim 8. Sınıf Fizik Ders Kitabı

Orijinal başlık:

Физика за 8 отделение во основно образование

Yazarlar:

**Prof. Dr. Lambe Barandovski
Yüksek Lisans Mezunu Vera Zoroska**

Genel Yayın Yönetmeni: **Vesna Dukoska**

Dil ve Yazım Düzenlemesi: **Gordana Aceska**

Grafik Tasarım Editörü: **Suzana Tomovska**

Makedoncadan Türkçeye çeviri: **Sezen Taip**

Görseller: **Shutterstock ve Freepik**

Basım Yeri ve Yılı: Üsküp, 2025

ISBN: **978-608-228-594-8**

Sayfa Sayısı: **236 sayfa**. Format: **200 × 270 mm**. Baskı Adedi: **658**

Kitap aşağıdaki matbaada basılmıştır:

EVROPA 92 DOOEL MATBAASI Krijevka Caddesi No: 52, 2300 Koçani

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

373.3.016:53(075.2)

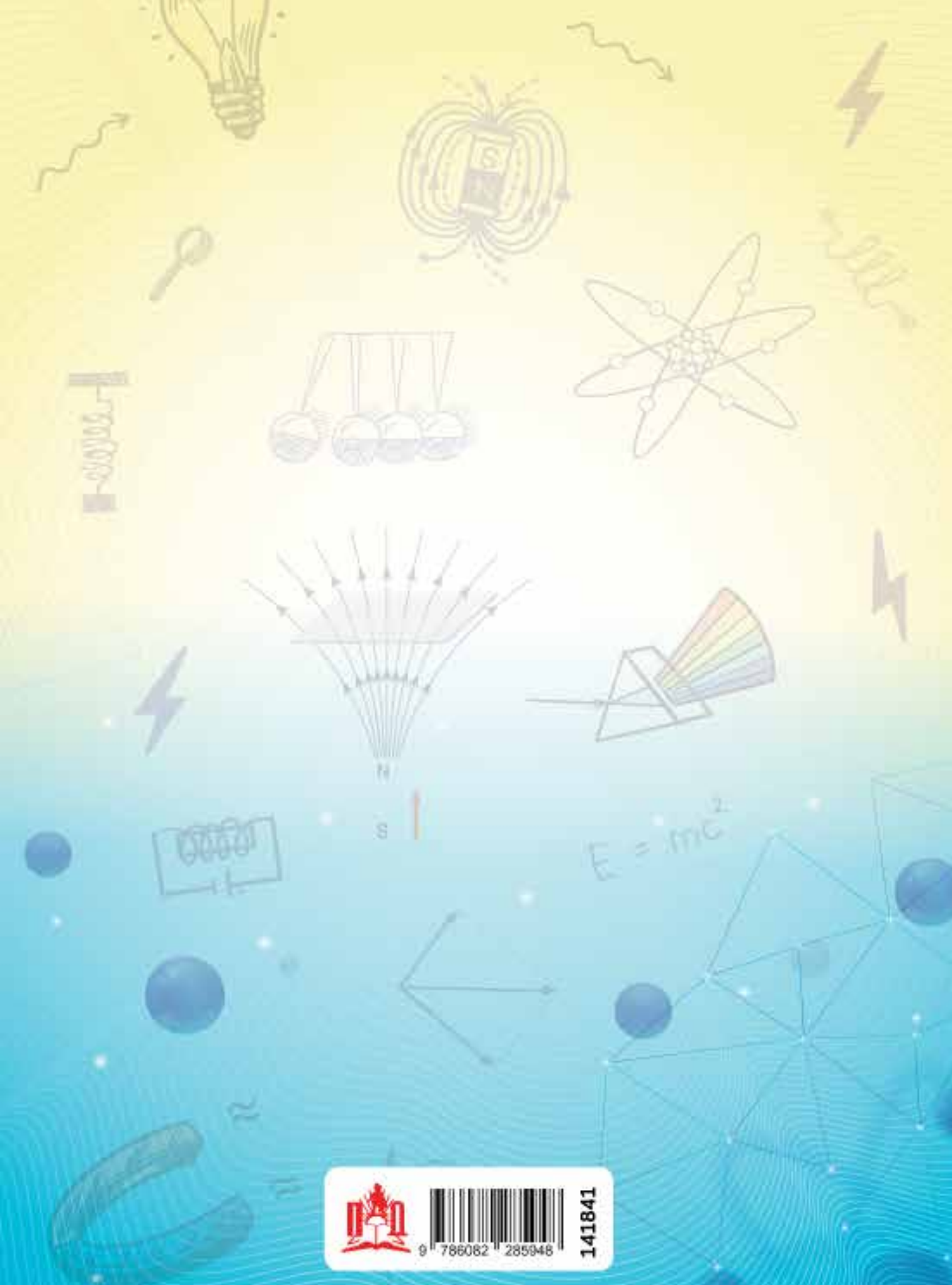
BARANDOVSKI, Lambe
İlköğretim 8. sınıf fizik ders kitabı / Lambe Barandovski, Vera
Zoroska ; [makedoncadan türkçeye çeviri Sezen Taip]. - Üsküp : Prosvetno
delo, 2026. - 233 стр. : илустр. ; 27 см

Превод на делото: Физика за 8 отделение во основно образование. -
Kavramlar dizini: стр. 225-230

ISBN 978-608-228-594-8

1. Zoroska, Vera [автор]

COBISS.MK-ID 69302021



141841