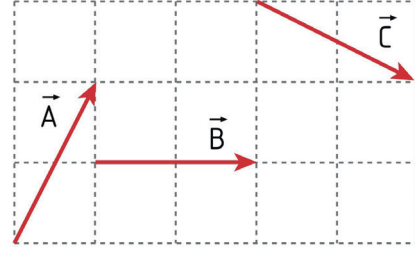


ÜNİTE 1

KUVVET VE HAREKET

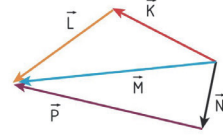
ÖSYM	ÖSYM'nin 2018 yılı ve sonrası AYT'de Kuvvet ve Hareket ünitesinden sorduğu soruların yıllara ve konulara göre dağılımı						
	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Vektörler	-	1	-	-	-	-	-
Bağıl Hareket	1	-	-	-	-	1	-
Newton'ın Hareket Yasaları	-	1	1	-	2	-	1
Sabit İvmeli Hareket	-	1	-	-	-	-	-
Atış Hareketleri	1	-	-	1	2	1	1
Enerji	-	-	-	1	2	-	-
İtme ve Çizgisel Momentum	1	1	1	-	1	2	1
Denge ve Denge Şartları	-	1	1	1	-	-	1
Kütle Merkezi	-	-	-	-	-	-	-
Basit Makineler	1	-	1	-	-	-	-



$$\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = ?$$

Örnek

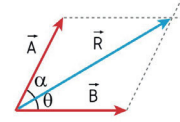
$\vec{K}$, $\vec{L}$, $\vec{M}$, $\vec{N}$ ve $\vec{P}$ vektörleri aynı düzlemde şekildedeki gibi verilmiştir.



Buna göre, vektörlerin bileşkesi aşağıdakilerden hangisine eşittir?

- A) $-\vec{M}$ B) $-2\vec{M}$ C) $\vec{M}$ D) $2\vec{M}$ E) $3\vec{M}$

NOT

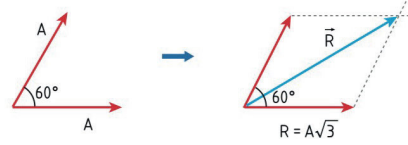


➤ Bileşke vektör büyük olan vektöre daha yakındır.

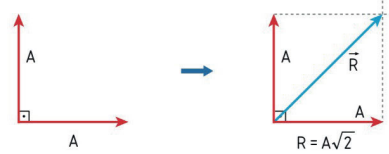
- $A = B$ ise $\alpha = \theta$ dir.
- $A > B$ ise $\alpha < \theta$ dir.
- $A < B$ ise $\alpha > \theta$ dir.

Büyüklükleri A olan iki vektör ele alalım;

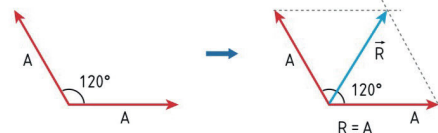
➤ Vektörler arasındaki açı 60° ise bileşke vektörün büyüklüğü $A\sqrt{3}$ 'tür.



➤ Vektörler arasındaki açı 90° ise bileşke vektörün büyüklüğü $A\sqrt{2}$ 'dir.



➤ Vektörler arasındaki açı 120° ise bileşke vektörün büyüklüğü A'dır.



VEKTÖRLERİN ÖZELLİKLERİ

EŞİT VEKTÖRLER

➤ Büyüklükleri ile birlikte yönleri de aynı olan vektörlere **eşit vektörler** denir.

ZİT VEKTÖRLER

➤ Büyüklükleri aynı, yönleri zıt olan vektörlere **zıt vektörler** denir.

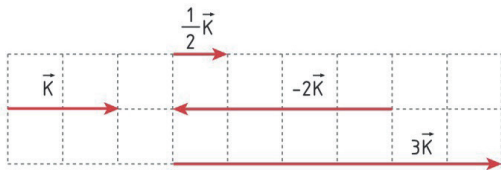


$\vec{K}$ ile $\vec{L}$ zıt vektörler olup aralarında $\vec{K} = -\vec{L}$ ilişkisi vardır.

VEKTÖRÜN SKALER İLE ÇARPIMI

➤ Bir vektör pozitif bir sayı ile çarpıldığında, çarpan sayı kadar bo-yu (büyüklüğü) değişir, yönü değişmez.

➤ Bir vektör negatif bir sayı ile çarpıldığında, çarpan sayı kadar bo-yu (büyüklüğü) ve yönü değişir.



BAĞIL HAREKET

- Bir cismin, duran ya da hareket eden başka bir cisme göre yaptığı harekete **bağıl hareket**, hızına ise **bağıl hız** denir.

$$\vec{v}_{\text{bağıl}} = \vec{v}_{\text{gözlenen}} - \vec{v}_{\text{gözlemci}}$$

ÖSYM Benzeri

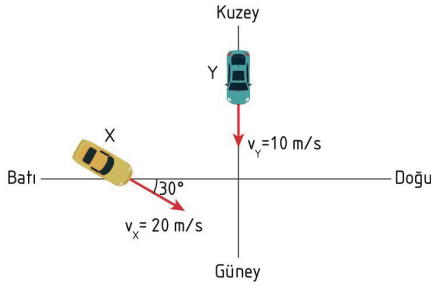
Aynı yatay düzlemde bir otomobil yere göre doğu yönünde 10 m/s'lik sabit hızla, bir tren ise yere göre güney yönünde 10 m/s'lik sabit hızla hareket etmektedir.

Bu durumda trene göre otomobilin hızının büyüklüğü ve yönü aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) 20 m/s; güneybatı
B) 10 m/s; güneybatı
C) $10\sqrt{2}$ m/s; kuzeydoğu
D) $10\sqrt{2}$ m/s; kuzeybatı
E) 20 m/s; kuzeydoğu

ÖSYM Benzeri

X ve Y araçlarının yere göre hızları şekildeki gibidir.



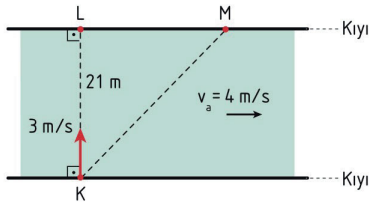
Buna göre, Y aracının X'e göre hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?

$$(\sin 30^\circ = \frac{1}{2}; \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$$

- A) 10 B) $10\sqrt{3}$ C) 15 D) $15\sqrt{3}$ E) 20

Örnek

Akıntı hızının $v_a = 4$ m/s olduğu bir ırmakta K noktasından şekildeki gibi suya göre 3 m/s hızla yüzmeye başlayan yüzücü karşı kıyıya M noktasından çıkıyor.



Buna göre, |LM| uzaklığı kaç m'dir?

- A) 21 B) 24 C) 28 D) 30 E) 35

NEWTON'IN HAREKET YASALARI

1. YASA: EYLEMSİZLİK YASASI

- Cisme etki eden net kuvvet sıfır ise cisim ya durur ya da sabit hızla hareketine devam eder.

$$\vec{F}_{\text{net}} = 0$$

- Net kuvvetin sıfır olması nedeniyle cismin hareket özelliği değişmez. Buna eylemsizlik denir.

- Bir yük gemisinin limana yanaşmadan çok önce motorlarının kapatılmasının sebebi, eylemsizlik nedeniyle hareketine devam edecek olmasıdır.

2. YASA: TEMEL YASA

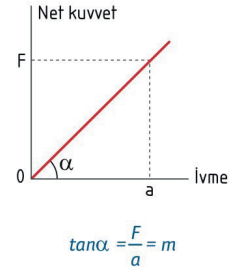
- Cismin ivmesi; net kuvvetle doğru, kütle ile ters orantılıdır. Buna "Temel Yasa" denir.

$$\frac{\vec{F}_{\text{net}}}{a} = m \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = m \cdot \vec{a}$$

- SI'da kütle birimi kg, ivme birimi m/s^2 , kuvvet birimi newton'dır (N).

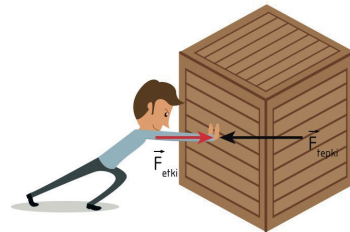
- $\vec{F}$ ve $\vec{a}$, yönleri aynı olan vektörel büyüklüklerdir.

- Bir cismin net kuvvet - ivme grafiğinin eğimi, cismin kütlesini verir.



3. YASA: ETKİ - TEPKİ YASASI

- Cisimlerden biri diğerine etki uyguluyorsa diğer cisim de etkiye karşı tepki uygular. Etki ve tepki kuvvetleri zıt yönlü, eşit büyük lükte ve farklı cisimler üzerindedir.



$$\vec{F}_{\text{etki}} = -\vec{F}_{\text{tepki}}$$





ÖSYM Benzeri

Bir tenis sporcusu elindeki rakette topa vurmuştur.

Bu olayda,

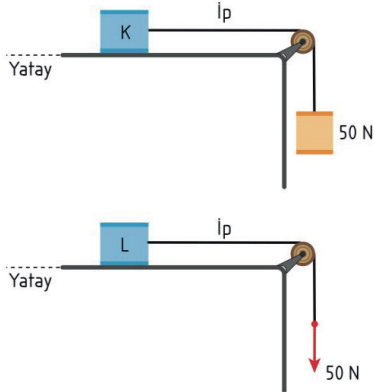
- I. Raketin topa uyguladığı kuvvet etki kuvveti, topun rakete uyguladığı kuvvet tepki kuvvetidir.
- II. Raketin topa uyguladığı kuvvet, topun rakete uyguladığı kuvvete eşittir.
- III. Raketin topa uyguladığı kuvvet ile topun rakete uyguladığı kuvvetin bileşkesi sıfırdır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

ÖSYM Benzeri

Özdeş K ve L sandıkları, yer çekimi ivmesinin 10 m/s^2 olarak kabul edildiği sürtünmesiz ortamda yatay düzleme paralel, esnemeyen ip-lerle şekillerdeki gibi sabit, özdeş ve ağırlıksız makaralar yardımıyla çekilmektedir. K sandığı, 50 N ağırlıklı tuğla kullanılarak; L sandığı ise 50 N 'lik kuvvetin etkisinde hareket ettiriliyor.

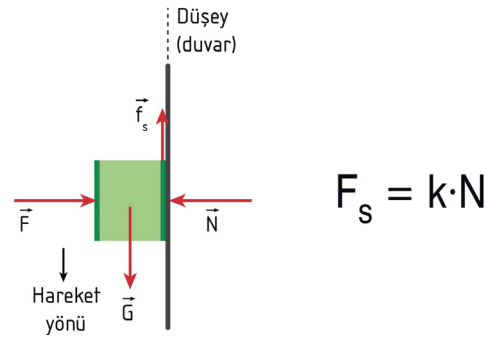
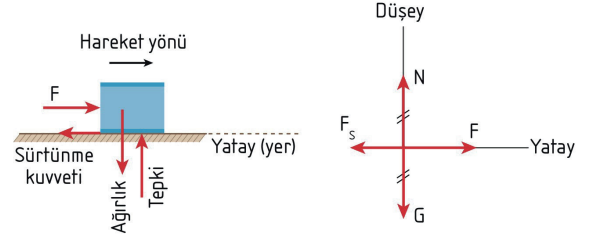


L'nin ivmesinin büyüklüğü $2,5 \text{ m/s}^2$ olduğuna göre, K'yi çeken ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N'dir?

- A) 20 B) 30 C) 40 D) 45 E) 50

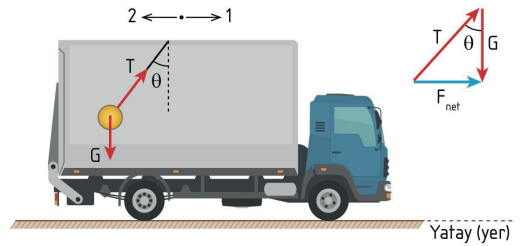
SÜRTÜNME KUVVETİ

- Yatay düzlemde şekildeki gibi hareket eden cisme etki eden sürtünme kuvveti, cismin hareketine ters yöndedir. Buna göre cismin serbest cisim diyagramı aşağıdaki gibi çizilir.



İVMELİ HAREKET EDEN ARAÇ İÇİNDEKİ CİSİMLER

- Şekildeki gibi bir kamyonun kasasının tavanına asılmış cisim düşey ile bir açı yapıyorsa bu durumun nedeni aracın ivmeli hareket etmesidir.





SABİT İVMELİ DOĞRUSAL HAREKET

- Bir cismin bir referans noktasına göre zamanla yer değiştirmesine **hareket** denir.
- Bir cismin ya da hareketlinin bulunduğu noktanın belirli bir referans noktasına göre yönlü uzaklığına **konum** ($\vec{x}$) denir. Vektörel bir büyüklüktür. SI'daki birimi metredir (m).
- Bir cismin ilk konumu ile son konumu arasındaki yönlü uzaklığa **yer değiştirme** ($\Delta\vec{x}$) denir. Vektörel bir büyüklüktür. SI'daki birimi metredir (m).
- Bir cismin birim zamandaki yer değiştirmesine **hız** ($\vec{v}$) denir. Vektörel bir büyüklüktür. SI'daki birimi metre/saniye'dir

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

- Bir cismin ilk konumundan son konumuna giderken izlediği yörüngenin uzunluğuna **alınan yol** (x) denir. Skaler bir büyüklüktür. SI'daki birimi metredir (m).
- Bir cismin birim zamanda aldığı yola **sürat** (v) denir. Skaler bir büyüklüktür. SI'daki birimi metre/saniye'dir.

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

- Otomobillerin kadrantlarının gösterdiği değer otomobilin o andaki süratidir.

- Bir cismin birim zamandaki hız değişimine **ivme** ($\vec{a}$) denir. Vektörel bir büyüklüktür. SI'daki birimi metre/(saniye)² dir.

NOT

- Toplam yer değiştirmenin ($\Delta\vec{x}$) toplam geçen zamana (Δt) oranı ortalama hızı verir.

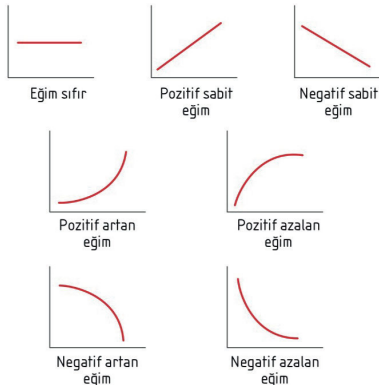
$$\vec{v}_{\text{ort}} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

- Toplam alınan yolun (x) toplam geçen zamana (Δt) oranı ortalama sürati verir.

$$v_{\text{ort}} = \frac{x}{\Delta t}$$

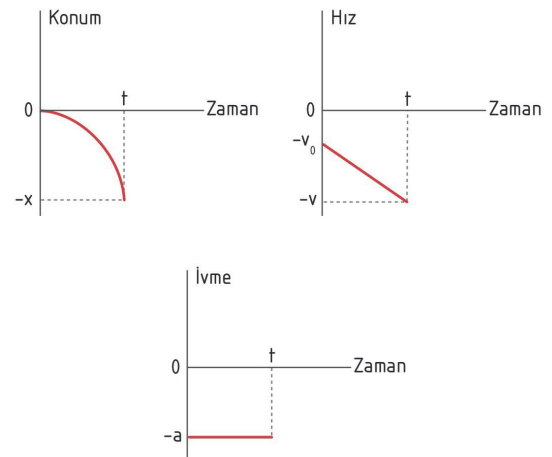
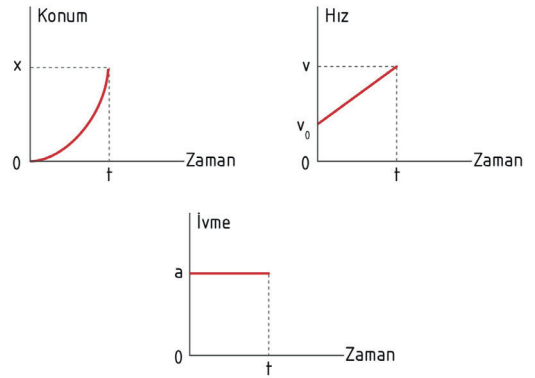
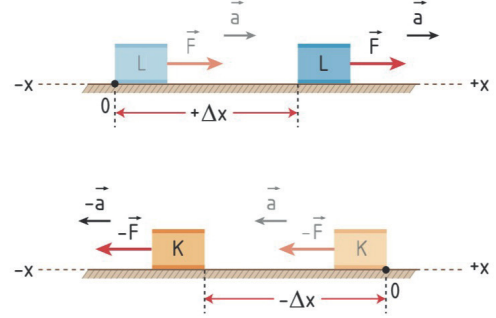
NOT

- Bir grafiğin dik ekseninin yatay eksenine oranına eğim denir. Grafiğin eğimleri ile ilgili aşağıdaki bilgiler, grafikleri değerlendirmede yardımcı olur.



DÜZGÜN HIZLANAN DOĞRUSAL HAREKET

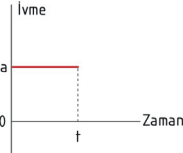
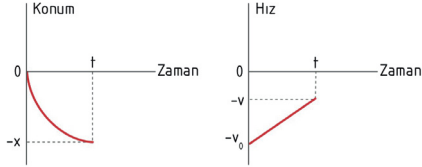
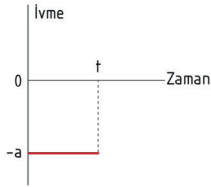
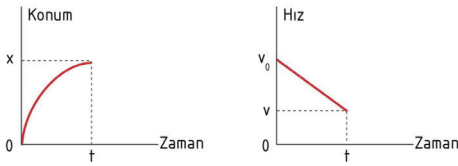
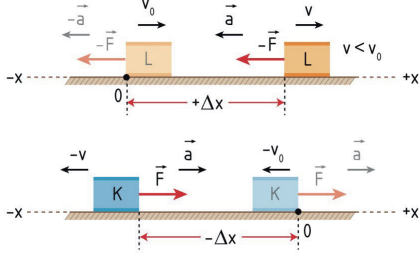
- Doğrusal bir yörüngede hızının büyüklüğü düzgün olarak artan cismin hareketine **düzgün hızlanan doğrusal hareket** denir. Bu hareketi yapan cismin ivmesinin büyüklüğü sabittir.
- Cismin ivmeli hareket etmesine neden olan etki net kuvvettir. Cismin hareketine ait ivme vektörü, cisme etki eden net kuvvet ile daima aynı yöndedir.





DÜZGÜN YAVAŞLAYAN DOĞRUSAL HAREKET

- Doğrusal bir yörüngede hızının büyüklüğü düzgün olarak azalan cismin hareketine **düzgün yavaşlayan doğrusal hareket** denir.
- Yavaşlamakta olan cisme etki eden net kuvvet ya da ivme vektörünün yönü, cismin yer değiştirme ya da hız vektörüne zıt yöndedir.

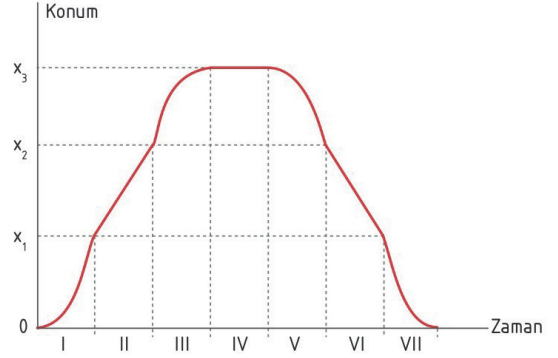


$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

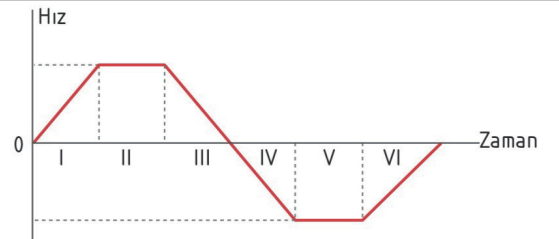
$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

KONUM - ZAMAN GRAFİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ



- I aralığında eğim pozitif yönde ve arttığı için "+" yönde hızlanan hareket,
- II aralığında eğim pozitif yönde ve sabit olduğu için "+" yönde sabit hızlı hareket,
- III aralığında eğim pozitif yönde ve azaldığı için "+" yönde yavaşlayan hareket,
- IV aralığında durmaktadır. Çünkü grafiğin eğimi sıfırdır.
- V aralığında eğim negatif yönde ve arttığı için "-" yönde hızlanan hareket,
- VI aralığında eğim negatif yönde ve sabit olduğu için "-" yönde sabit hızlı hareket,
- VII aralığında grafiğin eğimi negatif yönde ve azaldığı için "-" yönde yavaşlayan hareket yapmaktadır.

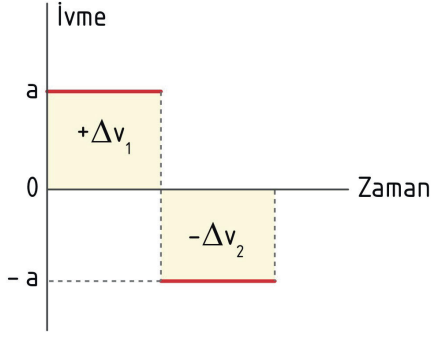
HIZ - ZAMAN GRAFİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ



- I aralığında "+" yönde hızlanan,
- II aralığında "+" yönde sabit hızlı,
- III aralığında "+" yönde yavaşlayan,
- IV aralığında "-" yönde hızlanan,
- V aralığında "-" yönde sabit hızlı,
- VI aralığında "-" yönde yavaşlayan hareket yapmaktadır.



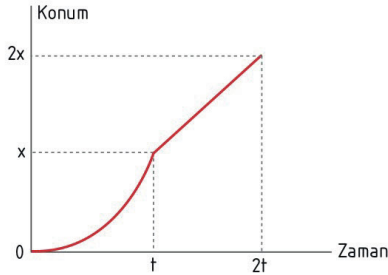
İVME - ZAMAN GRAFİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ



$$\Delta v = \Delta v_1 - \Delta v_2$$

Örnek

Doğrusal hareket eden bir aracın konum - zaman grafiği şekildeki gibidir.



Buna göre araçla ilgili,

- I. $t = 0$ anında hızı sıfırdır.
- II. $0 - t$ aralığında hız vektörü ile ivme vektörü aynı yöndedir.
- III. $t - 2t$ zaman aralığında ivmesi sıfırdır.

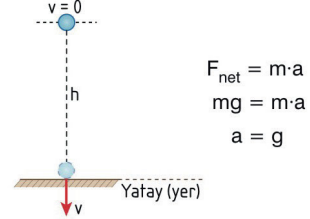
yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

ATIŞ HAREKETLERİ

SERBEST DÜŞME

- Belirli bir yükseklikten bırakılan cisimlerin yer çekimi kuvveti etkisi ile yaptıkları düşey aşağıya doğru olan düşme hareketine **serbest düşme** denir.

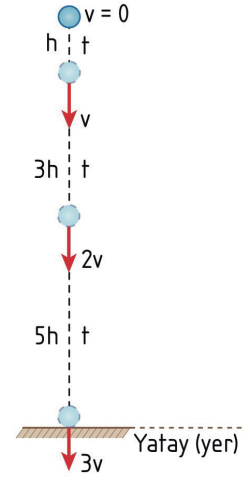


- Serbest düşme hareketinde aşağıdaki formüller kullanılır.

$$v = gt$$

$$h = \frac{1}{2} gt^2$$

$$v^2 = 2gh$$



DÜŞEN CİSİMLERE ETKİ EDEN HAVA DİRENÇ KUVVETİ

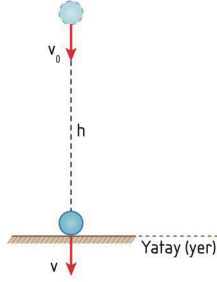
$$F_d = KAv^2$$





YUKARIDAN AŞAĞIYA DOĞRU DÜŞEY ATIŞ HAREKETİ

- Belirli bir yükseklikten bir ilk hızla düşey aşağı yönde atılan cisimlerin yer çekimi kuvveti etkisi ile yaptıkları harekete **aşağıya düşey atış** denir.

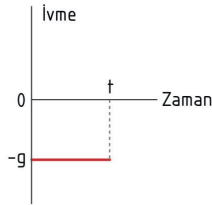
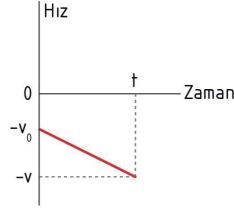
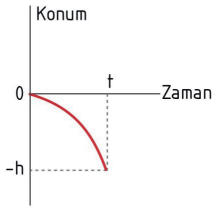


- Aşağıya düşey atış hareketi için ilk hızı olan ivmeli hareket formülleri kullanılır.

$$v = v_0 + gt$$

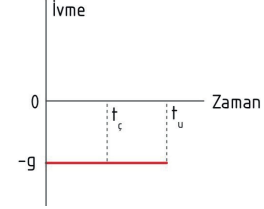
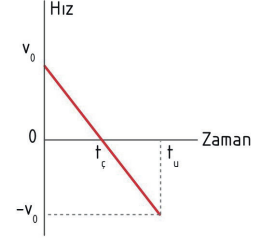
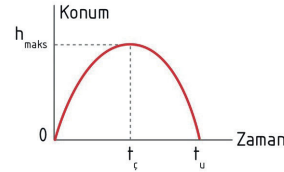
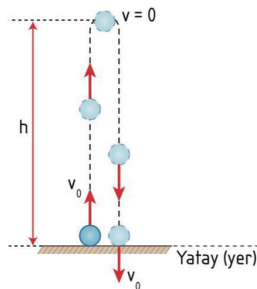
$$h = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gh$$



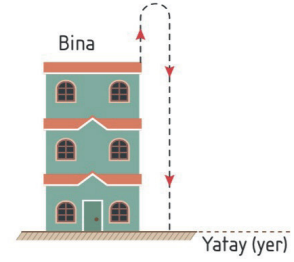
AŞAĞIDAN YUKARIYA DOĞRU DÜŞEY ATIŞ HAREKETİ

- Düşey yukarı yönde atılan cisimlerin yer çekimi kuvveti etkisi ile yaptıkları harekete **aşağıdan yukarıya düşey atış** denir.
- Bu hareket sırasında cisim önce düzgün yavaşlar ve maksimum yükseklikte bir an durduktan sonra serbest düşme ile hareketine devam eder.



Örnek

Bir binanın çatısındaki Serdar, elindeki taşı düşey yukarı 10 m/s hızla atıyor. Taş şekilindeki yörüngeyi izleyerek 4 s sonra binanın giriş kapısı önünde yere çarpmıştır.



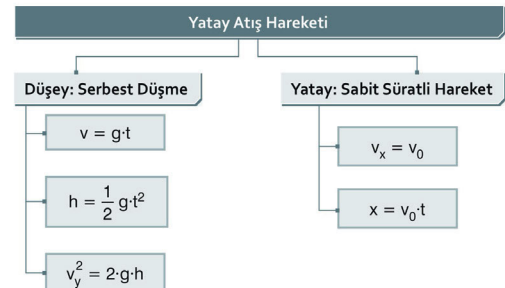
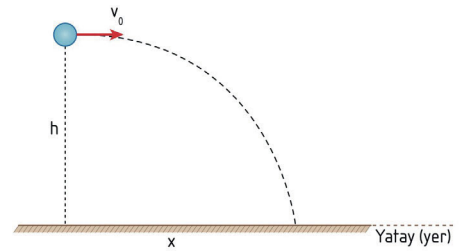
Buna göre, Serdar'ın yaşadığı binanın boyu kaç m'dir?

(Sürtünmeler ve Serdar'ın boyutları önemsizdir, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

- A) 20 B) 25 C) 35 D) 40 E) 45

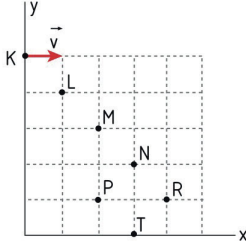
YATAY ATIŞ HAREKETİ

- Belirli bir yükseklikte yatay ilk hızla fırlatılan cismin yaptığı düşme hareketine **yatay atış hareketi** denir.



ÖSYM Benzeri

Düşey xy düzleminin K noktasından bu düzlem içinde $\vec{v}$ hızıyla yatay doğrultuda atılan noktasal bir cisim, şekildeki L noktasından geçiyor.

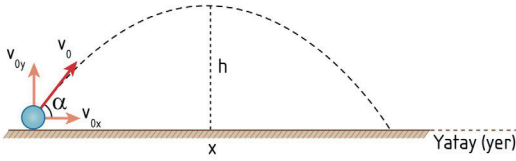


Bu cisim, bundan sonra M, N, P, R ve T noktalarının hangisinden de geçer? (Sürtünmeler önemsizdir.)

- A) T B) R C) P D) N E) M

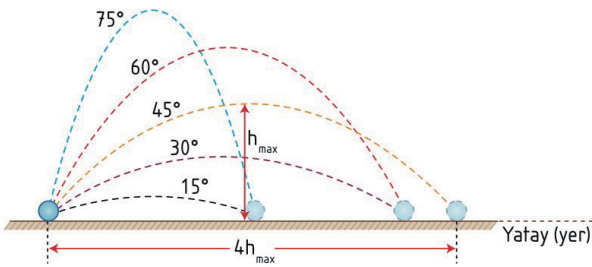
EĞİK ATIŞ HAREKETİ

- Yatay düzlemde eğik açı yapacak şekilde fırlatılan cismin yaptığı harekete **eğik atış hareketi** denir.
- Eğik atış hareketi yapan cismin yörüngesi boyunca ivmesi yer çekimi ivmesine eşit ve yönü daima ağırlık kuvveti yönündedir.



NOT

- İlk hızının büyüklüğü sabit olan bir cisim birbirini 90°'ye tamamlayan açılarla eğik atıldığında atıldığı noktadan aynı uzaklığa düşer.



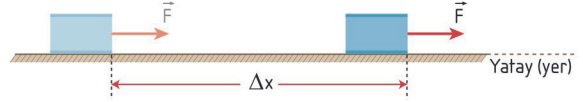
- İlk hızı yatayla 45°'lik açı yapacak şekilde atılan cisimler, yata da mümkün olan en uzun mesafeyi alır.

- Maksimum menzil denilen bu mesafe (x_{maks}), hareket sırasında ulaşılan maksimum yüksekliğin (h_{maks}) dört katıdır.

$$x_{maks} = 4h_{maks}$$

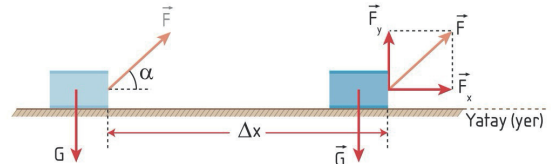
İş

- Kuvvet uygulayarak bir cismin yer değiştirmesinin sağlanması ile gerçekleşen enerji aktarımına **iş** denir.
- Fiziksel anlamda iş tanımının iki şartı vardır.
 - Cisim yer değiştirmelidir.
 - Kuvvet, yer değiştirme doğrultusunda olmalı ya da bu doğrultuda bileşeni olmalıdır.
- İş, skaler bir büyüklüktür ve birimi jouledür (J). W ile gösterilir.



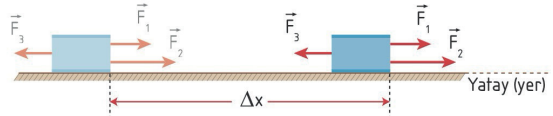
- Cisim F kuvvetinin etkisinde Δx kadar yer değiştirdiğinde yapılan iş;

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} \text{ dir.}$$



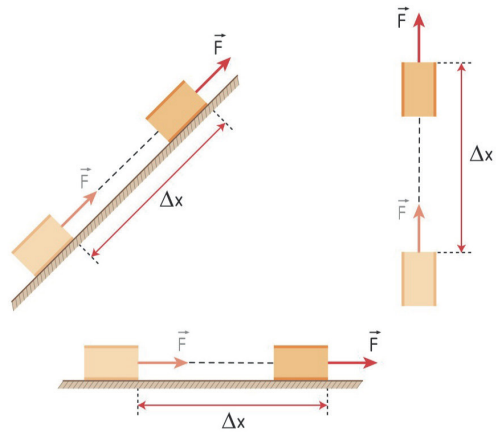
$$W = F_x \cdot \Delta x = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$$

- Cisme etki eden birden fazla kuvvet varsa her bir kuvvetin yaptığı işin toplamı, net kuvvetin yaptığı işe eşittir.



$$F_1 \cdot \Delta x + F_2 \cdot \Delta x - F_3 \cdot \Delta x = F_{net} \cdot \Delta x = (F_1 + F_2 - F_3) \cdot \Delta x$$

- Kuvvet, yer değiştirme doğrultusunda ise doğrultunun yatay ile yaptığı açı, yapılan işi etkilemez.



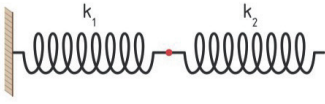


HOOKE YASASI

- Kuvvet etkisi ile şekli değişen cisimler, kuvvet ortadan kaldırıldığında önceki şekline dönebiliyorsa bu cisimlere esnek cisimler denir.
- Cisimlerin esnekliğine, madde tanecikleri arasındaki çekim kuvvetleri neden olur ve bu kuvvetlere geri çağırıcı kuvvetler denir.
- Her yayın kendi özelliğine bağlı bir yay sabiti vardır. Yay sabiti k ile gösterilir ve yayın ne kadar sert ya da yumuşak olduğunu belirtir.

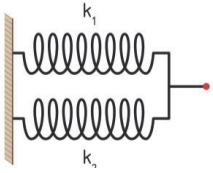
$$\vec{F} = -k \cdot \vec{x}$$

- Yayların seri ve paralel bağlanması ile oluşan eşdeğer yay sabitleri aşağıdaki gibi bulunur.



Seri bağlanmış yaylar

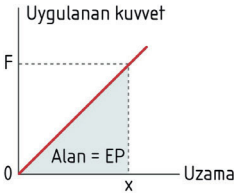
$$\frac{1}{k_{es}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$



Paralel bağlanmış yaylar

$$k_{es} = k_1 + k_2$$

YAY ESNEKLİK POTANSİYEL ENERJİSİ



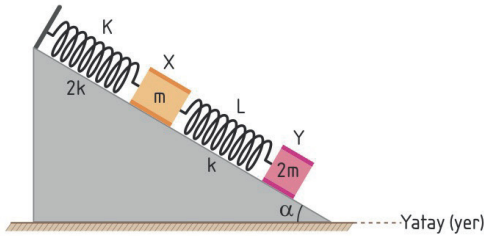
$$\text{Eğim} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Uzama}} = \text{Yay sabiti}$$

$$\text{Alan} = \dot{S} = \text{Esneklik potansiyel enerjisi}$$

$$\text{Alan} = \frac{F \cdot x}{2} = \frac{k \cdot x \cdot x}{2} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

ÖSYM Benzeri

Kütleleri sırasıyla m ve $2m$ olan X, Y cisimleri ve yay sabitleri sırasıyla $2k$, k olan K, L yayları sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde şekildeki konumda durmaktadır.

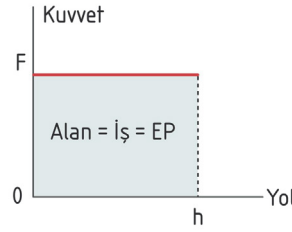


K ve L yaylarının doğal boylarına göre uzama miktarları sırasıyla x_K ve x_L olduğuna göre, $\frac{x_K}{x_L}$ oranı kaçtır?

(Yayların kütleleri önemsizdir.)

- A) 3 B) 2 C) $\frac{3}{4}$ D) $\frac{1}{2}$ E) $\frac{1}{3}$

YER ÇEKİMİ POTANSİYEL ENERJİSİ



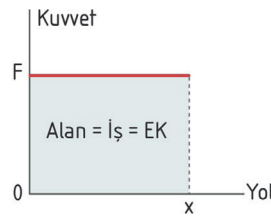
$$\text{Alan} = \dot{S} = EP$$

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

$$W = F \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

$$EP_{\text{yer çekimi}} = m \cdot g \cdot h$$

KİNETİK ENERJİ



$$\text{Alan} = \dot{S} = EK$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

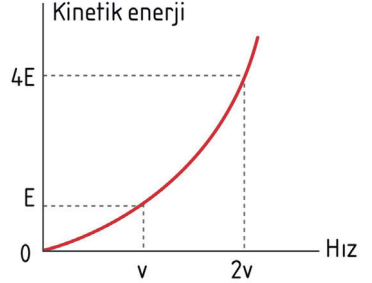
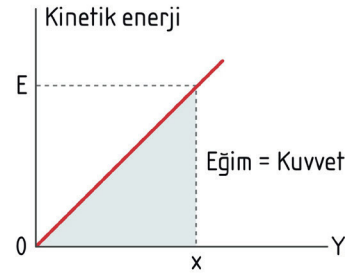
$$W = F \cdot x = m \cdot a \cdot x = EK$$

$$(v^2 = 2ax \text{ ise } a = \frac{v^2}{2x})$$

$$EK = m \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

FİZİKİNİTÖ

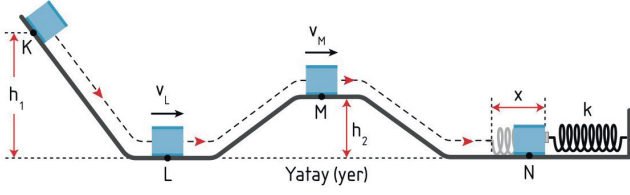


MEKANİK ENERJİ

- Bir cismin ya da sistemin kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamına **mekanik enerji** denir.

$$E_{\text{mekanik}} = EK + EP$$





$$E_{\text{mekanik}} = m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_L^2 = m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} m \cdot v_M^2 = \frac{1}{2} k \cdot x^2 = \text{Sabit}$$

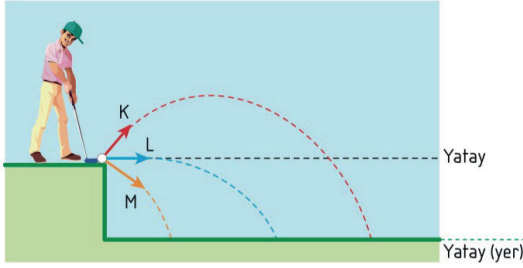
K
 L
 M
 N

noktasındaki
noktasındaki
noktasındaki
noktasındaki

mekanik enerji
mekanik enerji
mekanik enerji
mekanik enerji

ÖSYM Benzeri

Hava direncinin ihmal edildiği ortamda bir çocuk yükseltinin kenarına yerleştirdiği topa şekilde gösterildiği gibi K, L ve M doğrultularında ilk hız kazandıracak biçimde vuruyor.

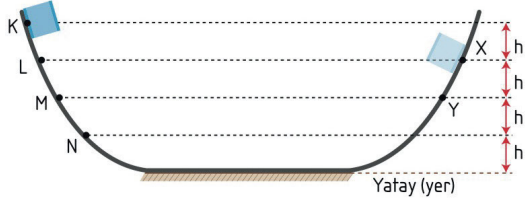


Çocuğun topa verdiği ilk hızın üç durumda da aynı büyüklükte olduğu bilindiğine göre K, L ve M doğrultularında fırlatılan topun yere çarpma anındaki kinetik enerjileri E_K , E_L ve E_M arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $E_K > E_L > E_M$ B) $E_M > E_L > E_K$ C) $E_L > E_K > E_M$
D) $E_K > E_M > E_L$ E) $E_K = E_L = E_M$

Örnek

Düşey kesiti verilen yolun yalnız yatay bölümü sürtünmelidir.

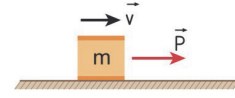


K noktasından serbest bırakılan cisim en fazla X noktasına kadar çıkabildiğine göre, Y noktasında durması için cisim nereden bırakılmalıdır?

- A) KL arasından B) L'den C) LM arasından
D) M'den E) MN arasından

ÇİZGİSEL MOMENTUM

- Bir cismin hızı ile kütlesinin çarpımına o cismin çizgisel **momentumu** denir.



- Momentum vektörel bir büyüklüktür ve $\vec{P}$ ile gösterilir. Yönü daima hız vektörü yönündedir.
- Kütlesi m, hızı $\vec{v}$ olan cismin momentumu;

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

- Momentumun SI birimi kg·m/s'dir.

İTME

- Bir cisme uygulanan kuvvet ile kuvvetin uygulanma süresinin çarpımına **itme** denir.



- İtme vektörel bir büyüklüktür ve $\vec{I}$ ile gösterilir. Yönü daima kuvvet vektörü yönündedir.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

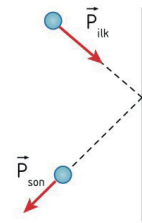
$$\vec{F} \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$$

$$\vec{I} = \Delta \vec{P}$$

- Kuvvet birimi newton (kg·m/s²), zaman birimi saniye alındığında itme birimi kg·m/s olur.

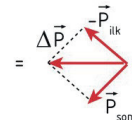
$$\Delta \vec{P} = \vec{P}_{\text{son}} - \vec{P}_{\text{ilk}}$$

- Cismin hızının büyüklüğü değişmese de hızının yönünün değişmesi, cismin momentumunun değiştiği anlamına gelir.



Bir duvardan seken cismin momentum değişimi şeklindeki gibi bulunur.

$$\Delta \vec{P} = \vec{P}_{\text{son}} - \vec{P}_{\text{ilk}}$$





MOMENTUM KİNETİK ENERJİ İLİŞKİSİ

$$EK = \frac{P^2}{2m}$$

ÇİZGİSEL MOMENTUMUN KORUNUMU

➤ Bir cismin momentumunu değiştirmek için cisme kuvvet uygulamak gerekir. Bir dış kuvvet etkisi yoksa cismin momentumunda bir değişiklik gerçekleşmez.

➤ Dış kuvvet olmadan gerçekleşen bir olay sonucunda cismin ilk momentumunun son momentumuna (vektörel olarak) eşit olması durumuna **momentumun korunumu** denir.

$$\vec{F}_{dış} \cdot \Delta t = \Delta \vec{P}$$

$$\vec{F}_{dış} \cdot \Delta t = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk} \Rightarrow F_{dış} = 0 \text{ olduğuna göre,}$$

$$0 = \vec{P}_{son} - \vec{P}_{ilk}$$

$$\vec{P}_{son} = \vec{P}_{ilk} \text{ tir.}$$

➤ İç patlama olayında cismin patlamadan önceki momentumu, patlamadan sonra oluşan parçaların momentumlarının toplamına eşittir.

ÖSYM Benzeri

Buz pateni yapan Faruk, kütlesi kendisinden daha küçük olan oğlu Kerem ile sürtünmesiz yatay bir buz pistinde yan yana dururken Kerem'i itmiş ve zıt yönlerde hareket etmişlerdir.

Bu olayda Faruk ve Kerem'in,

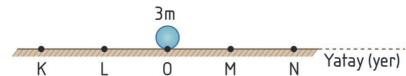
- I. Birbirlerinden ayrıldıktan hemen sonra yere göre momentumlarının büyüklükleri eşittir.
- II. Birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşittir.
- III. Birbirlerinden ayrıldıktan hemen sonra Faruk'un hızı Kerem'inkinden büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

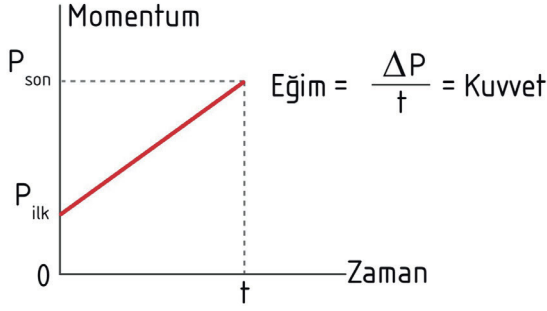
Örnek

Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemin O noktasında duran 3m kütleli cisim iç patlama sonucu yatay doğrultuda hareket eden m ve 2m kütleli iki parçaya ayrılıyor.

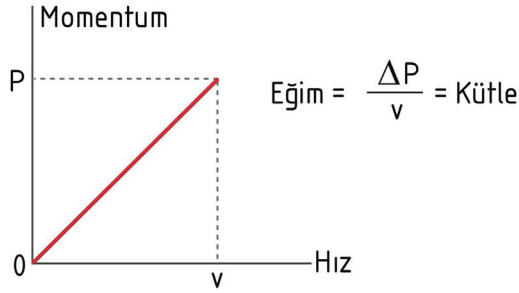


2m kütleli parça L noktasından geçtiği anda m kütleli parça hangi noktadan geçer?

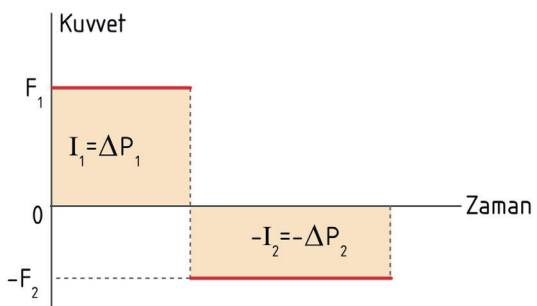
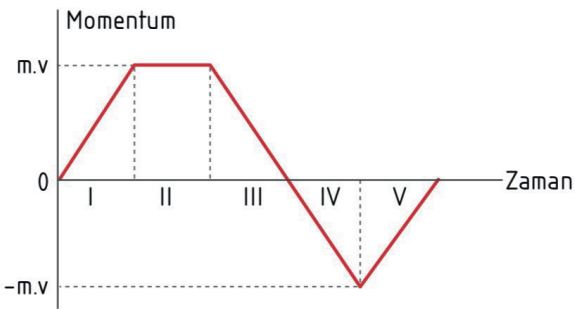
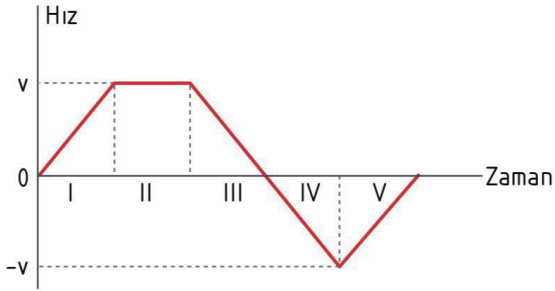
- A) N B) M C) O D) L E) K



Momentum - zaman grafiği



Momentum - hız grafiği

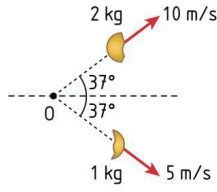


Örnek

Yatay ve sürtünmesi önemsiz düzlemde 4 m/s'lik hızla hareket eden 5 kg kütleli cisim O noktasına geldiğinde iç patlamaya uğruyarak üç parçaya ayrılıyor.



Şekil 1



Şekil 2

O noktasından sonra parçalardan ikisinin hız büyüklüğü ve kütleleri Şekil 2'deki gibi olduğuna göre, üçüncü parçanın hız büyüklüğü kaç m/s'dir? ($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$)

- A) 2 B) 3 C) 4,5 D) 5 E) 5,5

ÇARPIŞMALAR

- Çarpışmalar sırasında cisimler birbirlerine eşit büyüklükte ve zıt yönlü kuvvet uygular. Etkileşme süresinin de eşit olması nedeni ile tüm çarpışmalarda momentum korunur.
- Kinetik enerjinin korunduğu çarpışmalara **esnek çarpışma**, kinetik enerjinin korunmadığı çarpışmalara **esnek olmayan çarpışma** denir.
- Çarpışmalar bir boyutta ve iki boyutta incelenir.

BİR BOYUTTA ESNEK ÇARPIŞMA

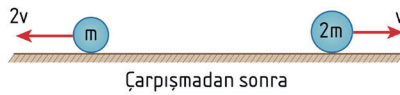
$$\vec{P}_{\text{önce}} = \vec{P}_{\text{sonra}}$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2'$$

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_1' = \vec{v}_2 + \vec{v}_2'$$



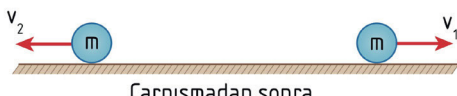
Çarpışmadan önce



Çarpışmadan sonra



Çarpışmadan önce



Çarpışmadan sonra

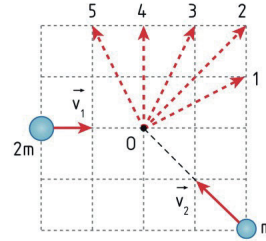
BİR BOYUTTA ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMA

$$\vec{P}_{\text{önce}} = \vec{P}_{\text{sonra}}$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v}_{\text{ortak}}$$

Örnek

Yatay ve sürtünmesi önemsiz zemindeki 2m ve m kütleli cisimler $\vec{v}_1$ ve $\vec{v}_2$ hızlarıyla şekildeki konumlarından aynı anda geçip O noktasında çarpışıyor.



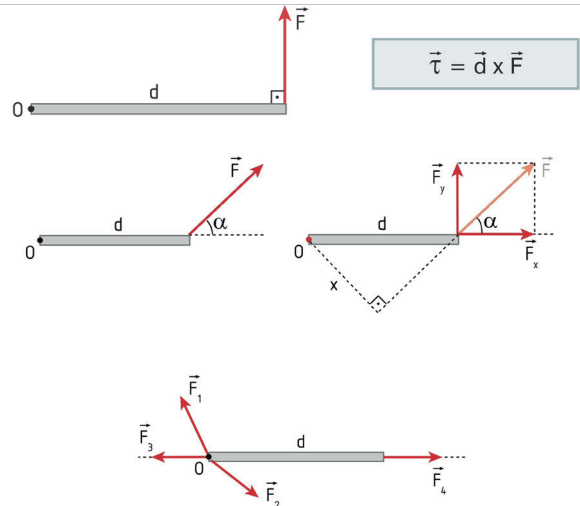
Cisimler çarpışma sonunda birlikte hareket ettiğine göre, yapışık cismin bundan sonraki hareket yönü şekilde verilen yönlerden hangisidir? (Bölmeler eşit aralıktır.)

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

FİZİK FİNİTİ

DENGE ŞARTLARI

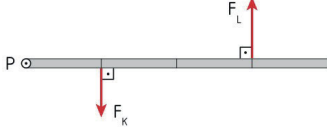
- Cisme etki eden tüm kuvvetlerin bileşkisi sıfırdır.
 - $\Sigma \vec{F} = 0$
- Bir cisme etki eden kuvvetlerin herhangi bir noktaya göre bileşke torkunun sıfır olması durumuna **tork dengesi** denir.
 - $\Sigma \tau = 0$





ÖSYM Benzeri

P noktasından geçen bir mil etrafında sürtünmesiz yatay düzlemde kolayca dönebilen, eşit bölmelendirilmiş ve ağırlığı ihmal edilen katı çubuk, şekilde gösterildiği gibi kendisine dik olarak uygulanan F_K ve F_L kuvvetlerinin etkisiyle dengede durmaktadır.



F_K kuvvetinin P noktasına göre torku $\vec{\tau}$ olduğuna göre,

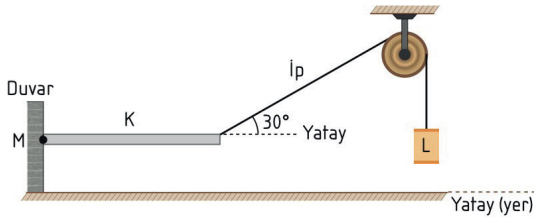
- $F_K > F_L$ dir.
- F_L kuvvetinin P noktasına göre torku $-\vec{\tau}$ 'dir.
- Çubuğa P noktasından F_L yönünde kuvvet etki eder.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

ÖSYM Benzeri

M menteşesine bağlı ucu çevresinde serbestçe dönebilen düzgün ve türdeş K kalası, diğer ucuna bağlı bir ipe asılan L cismi ile şekildeki konumda dengededir.

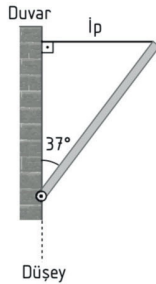


K kalasının ağırlığı 20 N olduğuna göre, L cisminin ağırlığı kaç N'dir? ($\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$; $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$; sürtünmeler önemsizdir.)

- A) 15 B) 20 C) 25 D) 30 E) 40

Örnek

Bir ucundan duvara menteşelenmiş, diğer ucundan da ipe bağlanmış türdeş çubuk, düşey düzlemde şekildeki gibi dengelenmiştir.



İpte oluşan gerilme kuvveti 12 N olduğuna göre çubuğun ağırlığı kaç N'dir? ($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$; Sürtünmeler önemsenmiyor.)

- A) 18 B) 24 C) 30 D) 32 E) 36

Kütle Merkezi

ÖSYM Benzeri

Düzgün geometriye ve özkütleye sahip, gökdelenler gibi görece yüksek yapıların ağırlık merkezleri ile kütle merkezleri arasında az da olsa bir fark vardır.

Bu tür düzgün ve yüksek yapılarda kütle merkezi ve ağırlık merkezi ile ilgili,

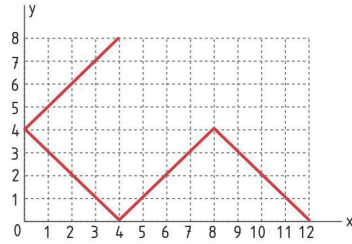
- Kütle ve ağırlık merkezleri arasındaki fark binanın her noktasındaki yer çekimi ivmesinin aynı olmamasının bir sonucudur.
- Ağırlık merkezi, kütle merkezinden daha yukarıdadır.
- Binanın yüksekliği arttıkça kütle merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki fark da artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I ve III

ÖSYM Benzeri

Düzgün, türdeş ve özdeş 4 çubuk şekildeki gibi birbirine eklenmiştir.

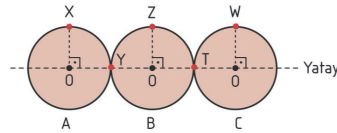


Bu çubukların ortak kütle merkezinin (x, y) koordinatları nedir?

- A) (5, 3) B) (5, 4) C) (4, 4)
D) (5, 5) E) (4, 5)

Örnek

Kalınlığı önemsenmeyen, yarıçapları r olan, O merkezli özdeş ve türdeş dairesel levhalar bir düzleme şekildeki gibi konulmuştur.



A levhası beş katlı, B iki katlı, C de bir katlı olduğuna göre, levha X, Y, Z, T ve W noktalarının hangisinden bir ipe asılırsa şekildeki gibi dengede kalabilir?

- A) X B) Y C) Z D) T E) W

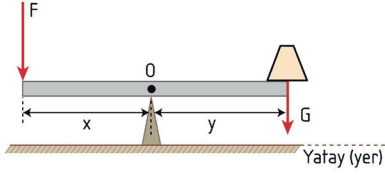


BASİT MAKİNELER

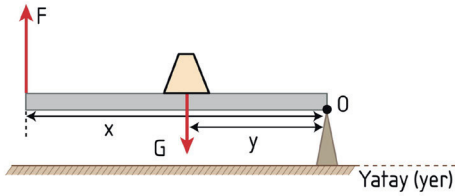
$$\text{Kuvvet} \cdot \text{Kuvvet yolu} = \text{Yük} \cdot \text{yük yolu}$$

$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan enerji}}{\text{Verilen enerji}} = \frac{\text{Yükün kazandığı enerji}}{\text{Kuvvetin yaptığı iş}}$$

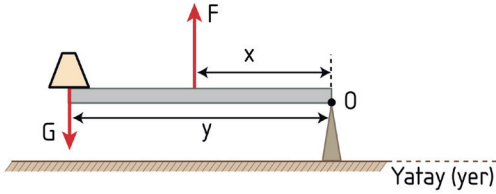
KALDIRAÇLAR



Bu tip basit makineler örnek olarak pense, makas, tahterevalli, kerpeten, manivela ve eşit kollu terazi verilebilir.

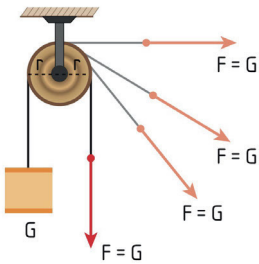


El arabası, fındık kıracağı, kağıt delgi zımbası bu tip kaldıraç örnek olarak verilebilir.

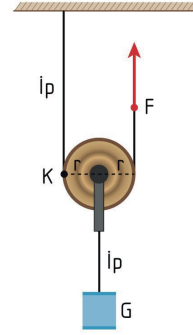


Cımbız ve maşa bu tip kaldıraçlar örnek olarak verilebilir.

MAKARALAR



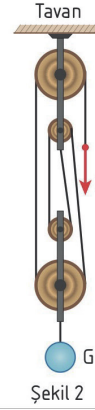
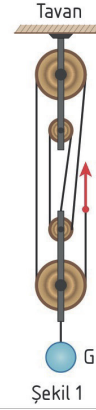
$$F \cdot r = G \cdot r \text{ dir.}$$



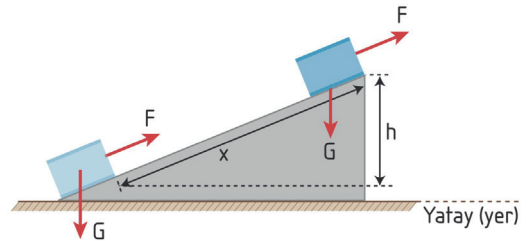
$$F \cdot 2r = G \cdot r \text{ olduğundan } F = \frac{G}{2} \text{ dir.}$$

Palangalar

- Sabit ve hareketli makaralar ile kuvvet kazancını artırmak amacıyla oluşturulmuş araçlara **palanga** denir.



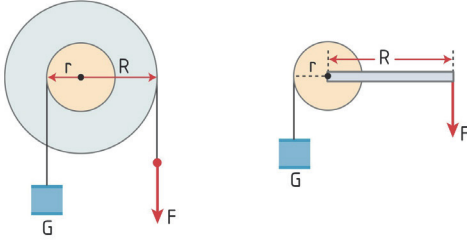
EĞİK DÜZLEM



$$F \cdot x = G \cdot h$$



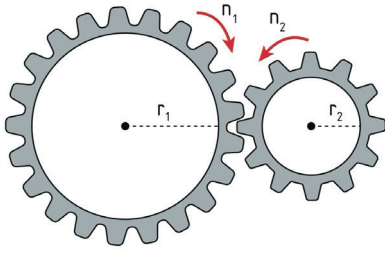
ÇIKRIK



$$F \cdot R = G \cdot r$$

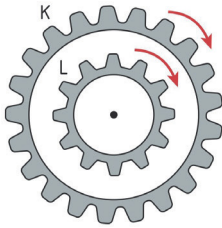
$$h = n \cdot 2\pi r$$

DİŞLİ ÇARKLAR

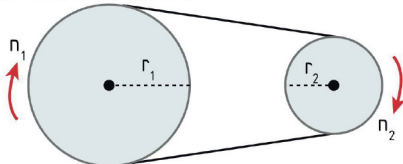


$$n_1 \cdot r_1 = n_2 \cdot r_2$$

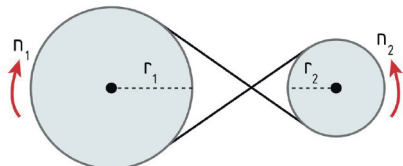
- Eş merkezli dişliler birbirine perçinli olduğu için hep aynı yönde döner ve devir sayıları da eşittir. $n_K = n_L$



KASNAKLAR



Aynı yönde dönen kasnaklar.



Zıt yönde dönen kasnaklar.

VİDA

$$h = N \cdot a$$

$$F \cdot 2\pi b = R \cdot a$$

- Kuvvet kazancı yükün kuvvete oranına eşittir. $F \cdot 2\pi b = R \cdot a$ bağıntısında $\frac{R}{F}$ oranı, $\frac{2\pi b}{a}$ ya eşit olduğu için vidadaki kuvvet kazancı $\frac{2\pi b}{a}$ dır.

ÜNİTE 2

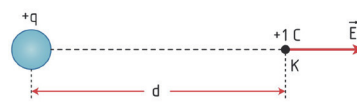
ELEKTRİK VE MANYETİZMA

ÖSYM	ÖSYM'nin 2018 yılı ve sonrası AYT'de Elektrik ve Manyetizma ünitesinden sorulduğu soruların yıllara ve konulara göre dağılımı						
	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Elektiriksel Kuvvet ve Alan	-	-	-	1	1	-	1
Elektiriksel Potansiyel	1	-	-	1	-	1	-
Düzgün Elektrik Alan	-	-	-	-	-	-	-
Sığa	-	1	-	-	-	-	-
Manyetik Alan ve Kuvvet	1	1	1	1	1	-	1
Elektromanyetik İndüksiyon	-	-	-	-	-	1	-
Alternatif Akım	1	1	-	-	-	1	-
Transformatörler	-	1	1	1	1	-	1

Elektriksel Kuvvet ve Elektrik Alan



Şekil 1



Şekil 2

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

($k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, ϵ_0 : Boş uzayın elektriksel geçirgenliği)

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{k \cdot q \cdot q_0}{d^2} \cdot \frac{1}{q_0}$$

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

- Elektrik alan vektörel bir büyüktür. $\vec{E}$ ile gösterilir.
• Birimi newton/coulomb (N/C)'tur.



ÖSYM Benzeri

Negatif elektrik yüklü noktasal K, M ve pozitif elektrik yüklü noktasal L cismi eşit bölmeli yalıtkan düzleme şekildeki gibi yerleştirilmiştir. K ve M cisimlerinin L cisminin uyguladıkları kuvvetlerin bileşkesi $\vec{F}$ dir.

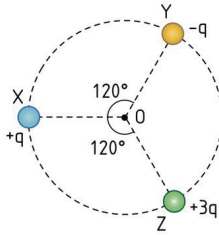


K ve M cisimlerinin yük miktarları sırasıyla q_K ve q_M olduğuna göre, $\frac{q_K}{q_M}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{3}$ B) $\frac{1}{2}$ C) $\frac{3}{2}$ D) $\frac{4}{9}$ E) $\frac{8}{27}$

Örnek

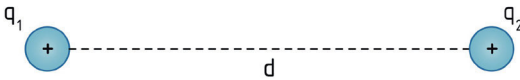
Elektrik yükleri $+q$, $-q$ ve $+3q$ olan X, Y ve Z cisimleri O merkezli çember üzerine şekildeki gibi konulmuştur.



X cisminin O noktasında oluşturduğu elektriksel alanın büyüklüğü E olduğuna göre, O'daki bileşke elektriksel alanın büyüklüğü kaç E'dir?

- A) $\sqrt{2}$ B) $\sqrt{3}$ C) 2 D) 3 E) $2\sqrt{3}$

ELEKTRİKSEL POTANSİYEL



$$U = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d}$$

NOT

- Elektriksel potansiyel enerji skaler bir büyüklüktür. Değeri pozitif ya da negatif değer olabilir.

- Aynı cins elektrik yüklü cisimler birbirinden uzaklaştırıldıkça, birbirini itmek istedikleri tarafa doğru hareket ettirildikleri için, sistemin elektriksel potansiyel enerjisi azalır. (Elektriksel kuvvetler iş yapar.)



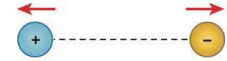
- Aynı cins elektrik yüklü cisimler birbirine yaklaştırıldıkça, sistemin elektriksel potansiyel enerjisi artar. (Elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır.)



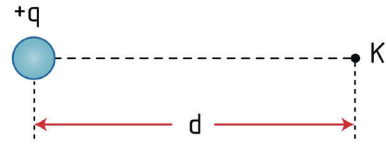
- Zıt cins elektrik yüklü cisimler birbirine yaklaştırıldıkça, birbirini çekmek istedikleri tarafa doğru hareket ettirildikleri için, sistemin elektriksel potansiyel enerjisi azalır. (Elektriksel kuvvetler iş yapar.)



- Zıt cins elektrik yüklü cisimler birbirinden uzaklaştırıldıkça, sistemin elektriksel potansiyel enerjisi artar. (Elektriksel kuvvetlere karşı iş yapılır.)



NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL



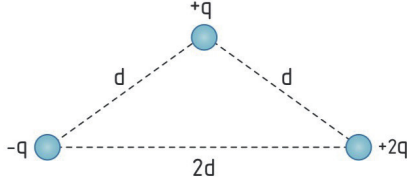
$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{k \frac{q \cdot q_0}{d}}{q_0}$$

$$V = k \frac{q}{d}$$



Örnek

$+q$, $-q$ ve $+2q$ elektrik yüklü cisimler şekildeki konumlarında sabit tutulmaktadır.



Buna göre, sistemin elektriksel potansiyel enerjisini veren bağıntı aşağıdakilerden hangisidir? (k: coulomb sabiti)

- A) $-\frac{kq^2}{d}$ B) $\frac{2kq^2}{d}$ C) Sıfır
D) $-\frac{kq^2}{2d}$ E) $\frac{3kq^2}{d}$

Örnek

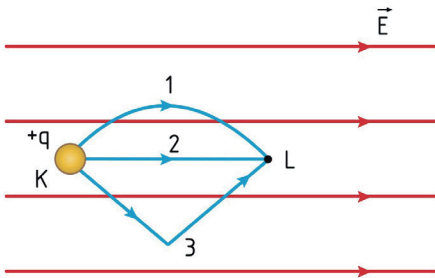
Aynı düzlemde bulunan konumları sabit elektrik yüklü noktasal X ve Y cisimlerinin K noktasındaki bileşke elektrik alanı sıfırdır.



Bu iki yükün K, L ve M noktalarında oluşturduğu toplam elektriksel potansiyel V_K , V_L ve V_M olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisi olabilir?

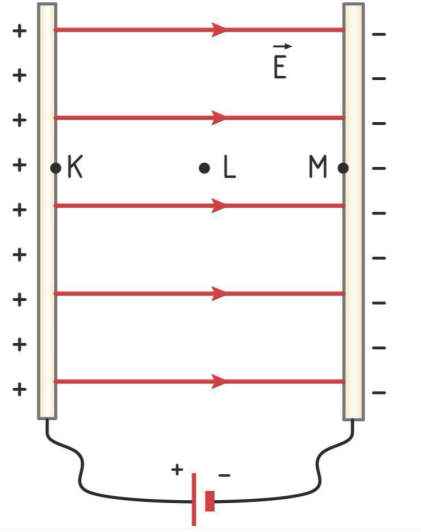
- A) $V_M < V_L < V_K$ B) $V_M < V_K < V_L$
C) $V_K = V_L = V_M$ D) $V_L < V_K < V_M$
E) $V_K < V_M < V_L$

NOKTASAL YÜKLER İÇİN ELEKTRİKSEL POTANSİYEL FARKI VE ELEKTRİKSEL İŞ



$$W_1 = W_2 = W_3 = q \cdot V_{KL}$$

DÜZGÜN ELEKTRİK ALAN



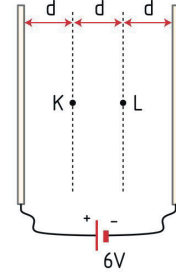
$$E = \frac{V}{d}$$

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

$$F = \frac{qV}{d}$$

Örnek

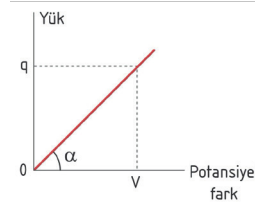
Birbirine paralel iletken levhalar 6V potansiyel fark ile yüklenmiştir.



Buna göre, K ve L noktaları arasındaki potansiyel fark kaç V'dir?

- A) $\frac{1}{2}$ B) 1 C) $\frac{3}{2}$ D) 2 E) $\frac{5}{2}$

SIĞA (KAPASİTE)



$$\text{Eğim} = \tan \alpha = \frac{q}{V} = C$$

$$q = C \cdot V$$



SIĞANIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

NOT

- Bir sığaç üretece bağlandığında levhalar eşit büyüklükte ve zıt elektrik yüküyle yükleninceye kadar geçen sürede devrede yük hareketi olur ve akım geçer. Bu süreçte levhalar arasındaki potansiyel farkı sürekli artar.
- Levhaların potansiyel farkı üretecin potansiyel farkına eşitlendiğinde sığaç yüklenmiş olur ve üreteçten gelen akım kesilir. Devreden akım geçmez.
- Sığaç yüklendikten sonra üreteç bağlantısı kesilse de levhalarındaki yük korunur.

MERAKLISINA BİLGİ

Siğaç, çok hızlı bir şekilde yük depo eder ve bağlandığı devreye ani yük akışı sağlar. Bu özellik, fotoğraf makinelerindeki **flaş** ışığında ve hastaların duran kalbini tekrar çalıştırmak için kullanılan **elektroşok** cihazında kullanılır.

Örnek

Siğası C, levhaları arasındaki uzaklık d olan bir siğaç üretece bağlanarak q yükü ile yükleniyor. Elektrikle yüklenen siğaç üreteçten ayrılıyor.

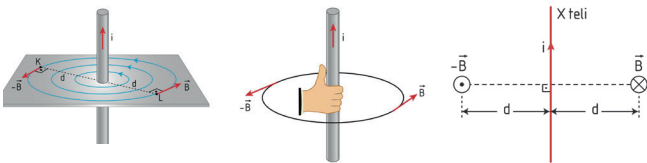
Siğacın uçları boşta iken başka bir değişiklik yapılmadan levhalar arası uzaklık d/2 yapılırsa siğacın yükü kaç q olur?

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{1}{2}$ C) 1 D) 2 E) 4

MANYETİK ALAN

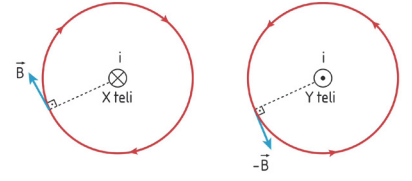
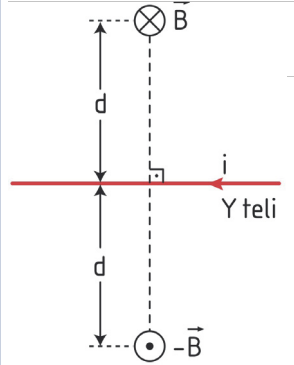
- Manyetik alan vektörel bir büyüklüktür ve $\vec{B}$ sembolü ile gösterilir.
- Manyetik alanın SI'daki birimi tesla (T).

ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN DOĞRUSAL TELİN ÇEVRESİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN



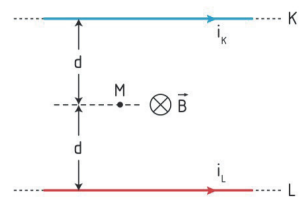
$$B = K \cdot \frac{2i}{d}$$

$$K = \mu_0/4\pi = 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$$



ÖSYM Benzeri

Birbirine paralel, sonsuz uzunluktaki K, L iletken tellerinden şekilde gösterilen yönlerde i_K , i_L şiddetlerinde elektrik akımı geçiyor. Tellerden eşit uzaklıktaki M noktasında sayfa düzlemine dik ve içeriye doğru $\vec{B}$ manyetik alanı oluşuyor.



Buna göre,

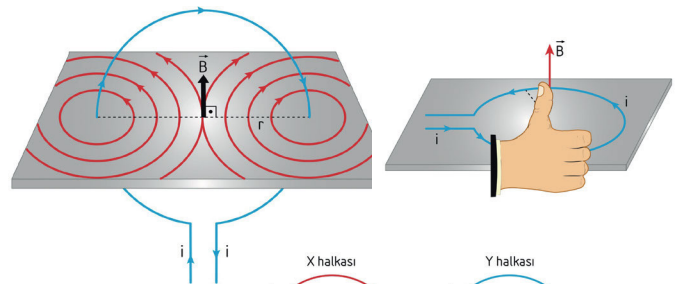
- $i_K > i_L$ dir.
- i_K nin büyüklüğünü değiştirmeden yönü değiştirilirse M'deki manyetik alanın hem büyüklüğü hem yönü değişir.
- i_L nin büyüklüğünü değiştirmeden yönü değiştirilirse M'deki manyetik alanın hem büyüklüğü hem yönü değişir.

yargılarından hangileri doğrudur?

(Yerin manyetik alanı önemsenmeyecektir.)

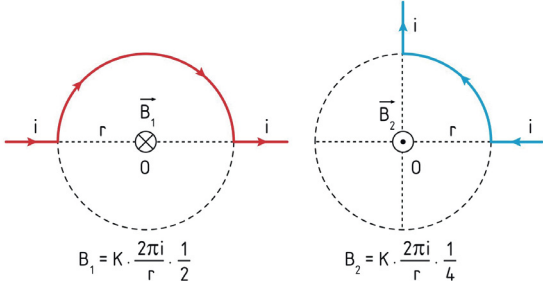
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN İLETKEN HALKANIN MERKEZİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN

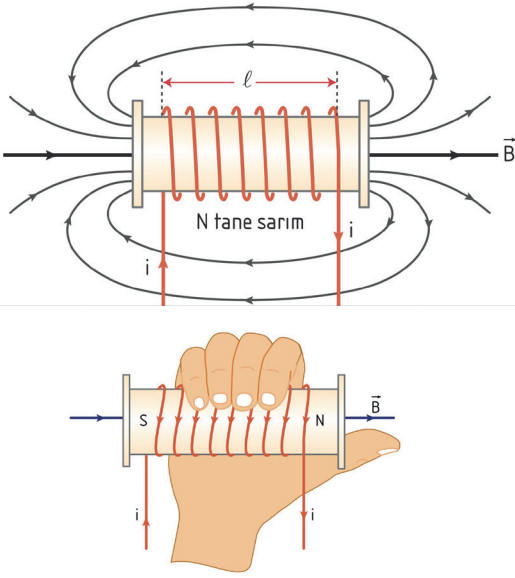


$$B = K \cdot \frac{2\pi i}{r}$$





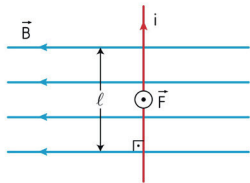
ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN AKIM MAKARASININ MERKEZ EKSENİNDE OLUŞAN MANYETİK ALAN



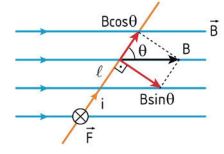
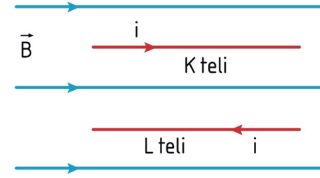
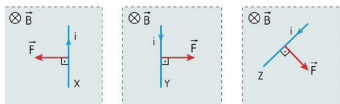
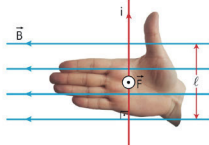
$$B = K \cdot \frac{4\pi Ni}{l}$$

MANYETİK KUVVET

ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN BİR TELE MANYETİK ALANDA ETKİ EDEN KUVVET

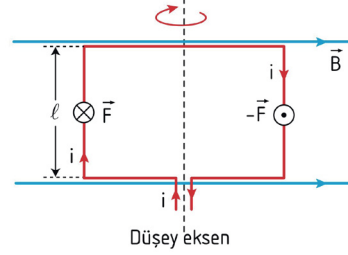


$$F = B \cdot i \cdot \ell$$



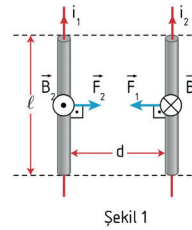
$$F = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin\theta$$

AKIM GEÇEN DİKDÖRTGEN TEL ÇERÇEVEYE MANYETİK ALANDA ETKİ EDEN TORK

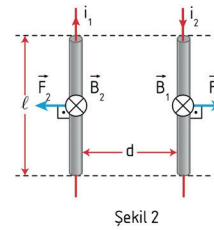


$$\tau = N \cdot B \cdot i \cdot A$$

AKIM GEÇEN PARALEL TELLERİN BİRBİRİNE UYGULADIĞI KUVVET



Şekil 1

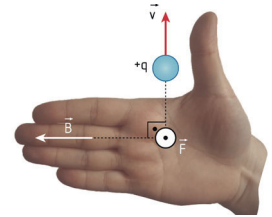
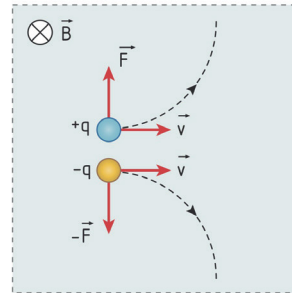


Şekil 2

$$F = K \cdot \frac{2i_1 i_2}{d} \cdot \ell$$

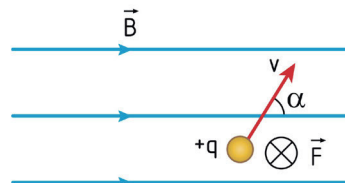
FİZİKİNİTÖ

YÜKLÜ PARÇACIKLARIN MANYETİK ALANDAKİ HAREKETİ



$$F = q \cdot v \cdot B$$

- Manyetik alanda hareket eden yüksüz parçacıklar ile manyetik alana paralel fırlatılan yüklü parçacıklara manyetik kuvvet etki etmez.
- Manyetik kuvvet, daima hıza dik olduğundan manyetik alana giren yüklü parçacıklar, manyetik alan içinde kaldığı sürece şekil-deki gibi çembersel bir yörünge izler, sürat değişmez.

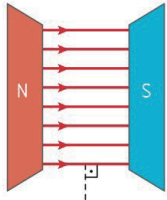


$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$$

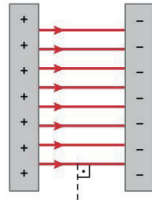


ÖSYM Benzeri

K protonu düzgün manyetik alana Şekil 1'deki gibi, L protonu da düzgün elektrik alana Şekil 2'deki gibi giriyor.



Şekil 1



Şekil 2

Sürtünmeler ve yer çekimi önemsenmediğine göre,

- I. K protonu çembersel hareket yapar.
- II. K protonunun sürati değişmez.
- III. L protonunun sürati artar.

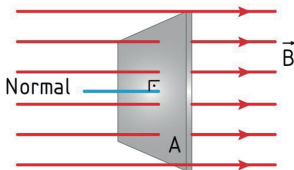
yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) I, II ve III

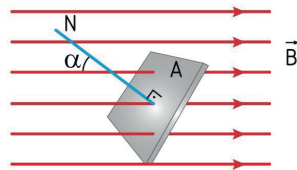
MANYETİK AKI

Birim yüzeyden dik olarak geçen manyetik alan çizgileri sayısına **manyetik akı** denir.

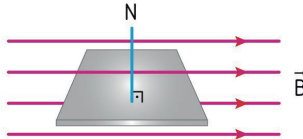
- Manyetik akı Φ sembolü ile gösterilir. Birimi **weber**dir.
- Bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgi sayısı, manyetik alanın şiddetine, yüzey alanına, yüzeyin manyetik alan içindeki konumuna bağlıdır.



$$\Phi = B \cdot A$$



$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

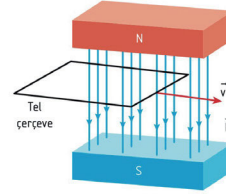


$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha \Rightarrow \Phi = B \cdot A \cdot \cos 90^\circ \Rightarrow \Phi = 0$$

İNDÜKSİYON AKIMI (FARADAY YASASI)

Faraday'a göre, manyetik alan değişimleri iletkende elektrik alan meydana getirmektedir. Faraday, iletken tel çerçeveden geçen manyetik akı değiştirildiğinde, çerçevede bir elektromotor kuvvet ve dolayısıyla bir akım oluştuğunu keşfetmiştir.

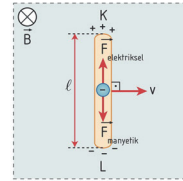
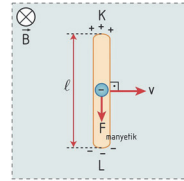
- İletken çerçevede oluşan bu akıma **indüksiyon akımı**, bu akımı oluşturan elektromotor kuvvetine **indüksiyon elektromotor kuvveti**, manyetik alan değişimi ile elektrik akımı üretme olayına ise **elektromanyetik indüksiyon** denir.



➤ Faraday Yasası,

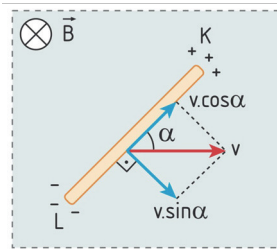
$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

MANYETİK ALANDA HAREKET EDEN TELİN UÇLARI ARASINDAKİ ELEKTROMOTOR KUVVETİ



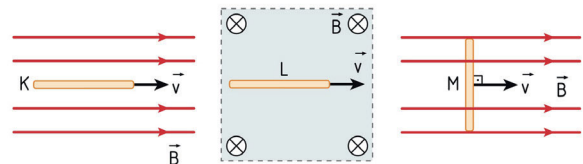
- İletken KL telinin uçları arasındaki potansiyel fark V_{KL} ye indüksiyon elektromotor kuvveti denir. $\mathcal{E}$ ile gösterilir.

$$\mathcal{E} = -B \cdot v \cdot \ell$$



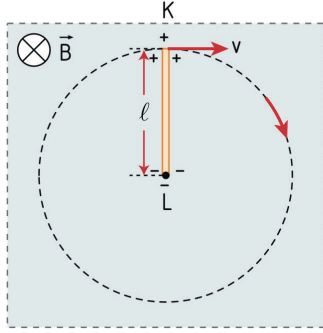
$$\mathcal{E} = -B \cdot v \cdot \ell \cdot \sin \alpha$$

- Şekildeki K, L ve M tellerinin uçları arasındaki indüksiyon elektromotor kuvveti sıfırdır.



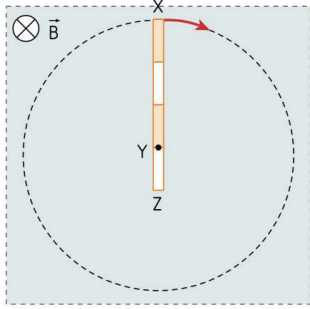
MANYETİK ALANDA DÖNEN TELİN UÇLARI ARASINDAKİ ELEKTROMOTOR KUVVETİ

$$\mathcal{E} = -B \cdot v_{\text{ort}} \cdot \ell$$



Örnek

Eşit bölmeli iletken çubuk $\vec{B}$ manyetik alanına dik olarak Y noktası etrafında döndürülüyor.

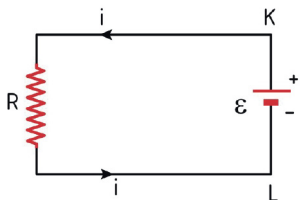
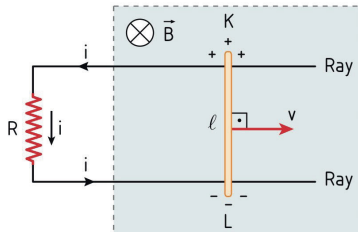


YZ noktaları arasındaki indüksiyon elektromotor kuvvetinin büyüklüğü $\mathcal{E}$ olduğuna göre; XZ noktaları arasındaki indüksiyon elektromotor kuvvetinin büyüklüğü kaç $\mathcal{E}$ 'dir?

- A) 2 B) 4 C) 8 D) 9 E) 10

İNDÜKSİYON AKIMININ ŞİDDETİ VE YÖNÜ

- İndüksiyon elektromotor kuvvetinden dolayı devrede oluşan akıma **indüksiyon akımı** denir.



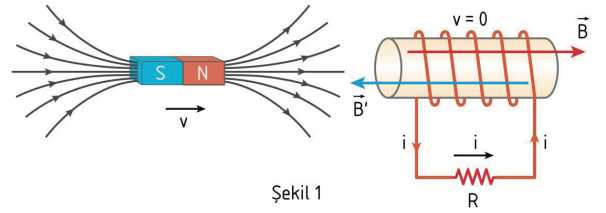
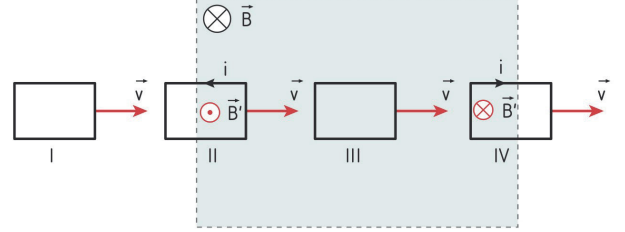
$$\mathcal{E} = B \cdot v \cdot \ell$$

$$\mathcal{E} = i \cdot R$$

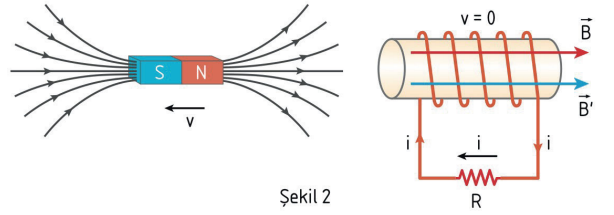
$$i = \frac{B \cdot v \cdot \ell}{R}$$

LENZ YASASI

Lenz Yasası'na göre indüksiyon akımının yönü, kendisini meydana getiren sebebe karşı koyacak yöndedir. Başka bir ifade ile indüksiyon akımının oluşturacağı manyetik alan, devreden geçen manyetik akı değişimine karşı koyacak biçimde oluşur.



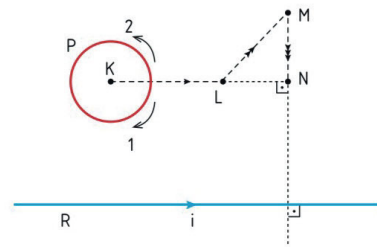
Şekil 1



Şekil 2

ÖSYM Benzeri

Üzerinden i akımı geçen yeterince uzun R teline yakın bir bölgede bulunan, iletken telden yapılan P halkası, şekildeki KLMN yolu boyunca sabit hızla hareket ettiriliyor.



Buna göre,

- KL arasında indüksiyon akımı oluşmaz.
- LM arasında 2 yönünde, MN arasında 1 yönünde indüksiyon akımı oluşur.
- LM arasında oluşan indüksiyon akımının şiddeti MN arasında oluşanına eşittir.

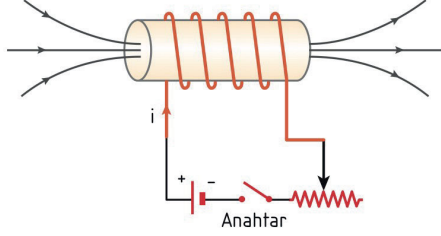
İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III



ÖZ İNDÜKSİYON AKIMI

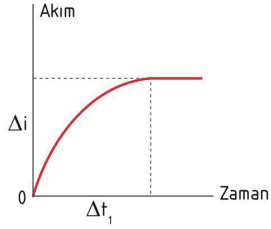
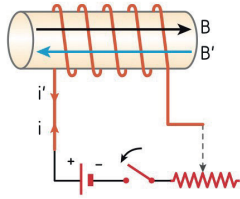
Manyetik akı değişimi sonucunda oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin, indüksiyon akımı oluşturduğu gibi bobinden geçen akım şiddeti değiştiğinde, devre akımı haricinde başka bir akım oluşmaktadır.



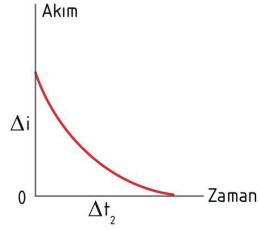
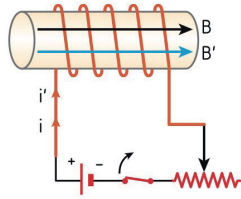
➤ Faraday Yasası'na göre, manyetik akı değişimi devrede elektromotor kuvvet oluşmasını sağlar. Oluşan bu elektromotor kuvvetine **öz indüksiyon** elektromotor kuvveti denir.

➤ Öz indüksiyon elektromotor kuvveti devre akımının değişim hızı $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ ile doğru orantılıdır.

➤ Öz indüksiyon elektromotor kuvvetinin oluşturduğu akıma **öz indüksiyon akımı** denir.



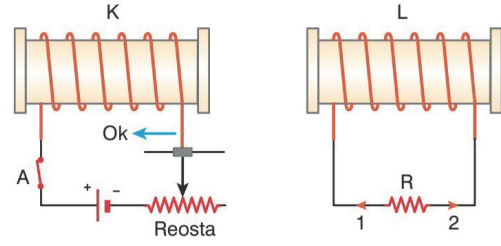
Şekil 1



Şekil 2

FİZİKİNİTO

Örnek



K ve L bobinleriyle kurulan şekildeki düzende,

- Reosta sürgüsü ok yönünde çekilirse K bobininde devre akımına zıt yönde öz indüksiyon akımı oluşur.
- Reosta sürgüsü ok yönünde çekilirse L bobininde 2 yönünde indüksiyon akımı oluşur.
- A anahtarı açılırsa L bobininde 1 yönünde indüksiyon akımı oluşur.

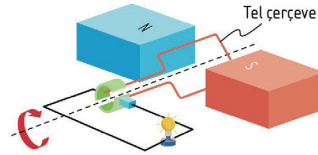
yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

DİNAMO

Dinamo, hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren doğru akım jeneratörüdür.

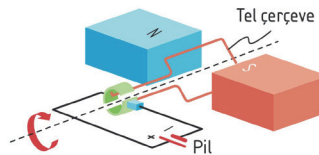
➤ Dinamoda, mıknatısın manyetik alanı içinde tutulan şekildeki kapalı bir tel çerçevenin döndürülmesiyle indüksiyon akımı elde edilir.



Dinamo modeli ve bir bisiklet dinamosu



Elektrik motoru, manyetik tork sayesinde dönerek, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştürür.



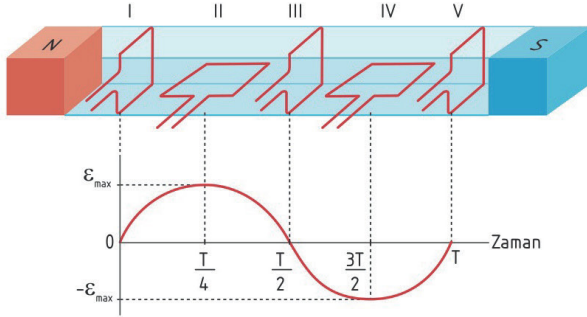
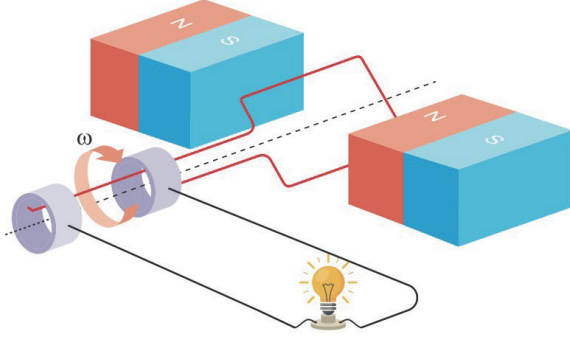
Elektrik motoru modeli ve elektrik motoru kullanılan bir dron





ALTERNATİF AKIMIN ÖZELLİKLERİ

Faraday Yasası'na göre, düzgün manyetik alandaki bir tel çerçevesinin şeklindeki gibi sürekli döndürülmesiyle, zamana bağlı olarak periyodik bir şekilde yönü ve şiddeti değişen bir indüksiyon akımı elde edilir. Bu akıma **alternatif akım** denir.



Manyetik alanda dönen tel çerçevenin manyetik alan içindeki konumuna göre, elektromotor kuvvetinin zamana bağlı değişim grafiği

NOT

- Alternatörlerdeki çerçevenin dönme frekansı aynı zamanda alternatif akımın da frekansıdır.
- Kullanılan alternatif akımın frekansı ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilir.
- Alternatif akım ile elektroliz olayı ve akü şarjı yapılamaz.
- Doğru akımın depo edilmesi ve taşınması alternatif akıma göre daha kolaydır.
- Aynı gerilim altında doğru akım, alternatif akıma göre can güvenliği açısından daha az tehlikelidir.
- Cep telefonu, bilgisayar gibi aletler doğru akımla çalışırken, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi gibi aletler alternatif akımla çalışır. Elektrikli ısıtıcı ve lamba gibi aletler ise hem doğru akımla hem de alternatif akımla çalışır.

ALTERNATİF AKIMIN ETKİN VE MAKSİMUM DEĞERLERİ

- Bir dirençten alternatif akım geçtiğinde açığa çıkan ısıyı, aynı dirençten aynı sürede yayabilen doğru akım değerine alternatif akımın **etkin değeri** denir.
- Direnci R olan bir iletken t süre boyunca alternatif akım geçtiğinde ısıya dönüşen enerji;

$$W = i_{\text{etkin}}^2 \cdot R \cdot t$$

- Alternatif akım devrelerinde güç;

$$P = i_{\text{etkin}}^2 \cdot R$$

- Alternatif akım devrelerinde Ohm kanununu kullanırken, gerilim ve akım değerlerinin aynı türden değerler olduğuna dikkat edilmelidir.

$$V_{\text{etkin}} = i_{\text{etkin}} \cdot R$$

ve

$$V_{\text{max}} = i_{\text{max}} \cdot R$$

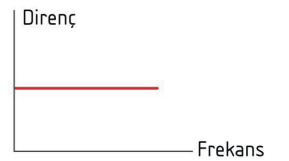
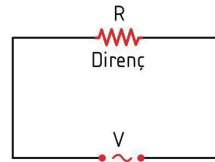
NOT

- Alternatif akım devrelerinde kullanılan ampermetre ve voltmetrenin ölçtüğü değerler akım ve gerilimin etkin değerleridir.
- Etkin değerlerin kullanılması, alternatif akım değerlerinin doğru akım cinsinden ifade edilmesinde kolaylık sağlar.
- Etkin değerler maksimum değerden küçüktür.

FİZİK FİNİTO

ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNDE DİRENÇ

- Alternatif akım devrelerinde akıma gösterdiği zorluk sebebiyle sadece ısı kayıpları ile etki gösteren dirence **ohmik direnç** denir. R ile ifade edilen dirençtir.



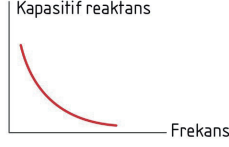
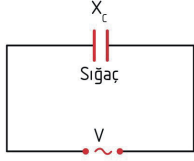
- R'nin değeri alternatif akım kaynağının frekansına bağlı değildir.
- Akımın yönünün ve şiddetinin değişmesi direncin devredeki davranışını değiştirmez.



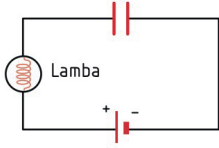


ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNDE SİĞAÇ

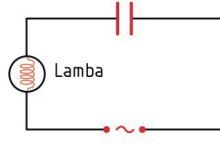
Bir alternatif akım kaynağına bağlanan şekildeki sığaçtan sürekli yönü ve şiddeti değişen bir akım geçer. Bundan dolayı, sığaç sürekli yüklenir ve boşalır.



- Sığacın alternatif akıma karşı gösterdiği dirence **kapasitif reaktans** denir. X_C ile gösterilir ve birimi ohmdur (Ω)
- Sığacın alternatif akıma karşı gösterdiği direnç,
 - Sığa (C) ile ters orantılıdır.
 - frekans ile ters orantılıdır.
- Sığaya kapasitans denir. SI'daki birimi faraddır.
- İdeal sığaç devrede enerji harcamaz.
- Şekil 1'deki gibi doğru akım kaynağına bağlanan yüksüz bir sığaç dolmaya başlar. Sığaç dolduğunda devreden akım geçmez. Buna göre devredeki lamba ancak sığaç dolana kadar ışık verir. Şekil 2'deki lamba ise sığaç sürekli dolup boşalacağından sürekli ışık verir.



Şekil 1

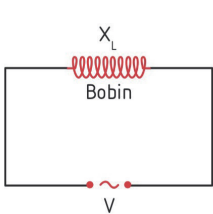


Şekil 2

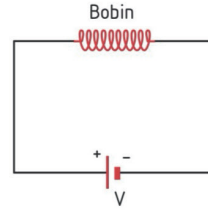
ALTERNATİF AKIM DEVRELERİNDE BOBİN

Akımın zamanla değişmesi, bobinde öz indüksiyon akımının oluşmasına neden olur.

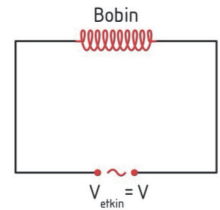
- Öz indüksiyon akımından dolayı bobin devre akımına direnç gösterir.



- Bobinin alternatif akıma karşı gösterdiği dirence **indüktif reaktans** denir. X_L ile gösterilir ve birimi ohmdur (Ω).
- Bobinin alternatif akıma karşı gösterdiği direnç,
 - Öz indüksiyon katsayısı (L) ile doğru orantılıdır.
 - frekans ile doğru orantılıdır.
- Öz indüksiyon katsayısına indüktans denir. SI'daki birimi henrydir.
- Alternatif akım devresine bağlı bobin, elektrik enerjisini depo eder ve depoladığı enerjiyi tekrar devreye verir. Bu nedenle ohmik direnci ihmal edilen ideal bir bobin, alternatif akım devresinde enerji harcamaz.
- Bobin ile istenilen frekans ve akım şiddetleri ayarlanabilir. Bu nedenle radyo, motor ve elektromıknatıslarda bobinden yararlanılır.
- Bir bobin, potansiyel farkları eşit olan doğru akım ve alternatif akım kaynaklarına Şekil 1 ve Şekil 2'deki bağlanmış olsun. Bu durumda Şekil 1'deki devreden geçen akım, Şekil 2'deki devreden geçen akımdan büyük olur. Bunun nedeni Şekil 2'deki devreden geçen alternatif akımına karşı ohmik direnç haricinde bobinin bir direnç daha (indüktif reaktans) oluşturmasıdır.



Şekil 1



Şekil 2

ÖSYM Benzeri

Bilinmeyen K, L ve M devre elemanlarının türünün belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde her bir devre elemanının uçları arasına genliği sabit, frekansı değiştirilebilen alternatif gerilim uygulanarak devre elemanının direncindeki değişim ölçülmüştür.

K, L ve M ile ayrı ayrı yapılan deneylerde uygulanan gerilimin frekansı artırıldığında;

- K'nin direncinin arttığı,
- L'nin direncinin değişmediği,
- M'nin direncinin azaldığı

gözlenmiştir.

Buna göre,

- K bobindir.
- L dirençtir.
- L ve M'nin seri bağlandığı alternatif akım devresinde frekans artarsa devre akımı artar

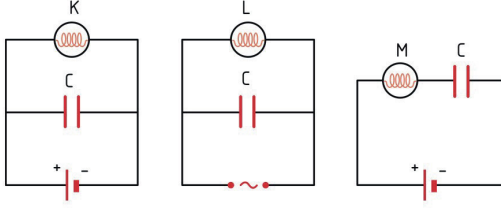
yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III



ÖSYM Benzeri

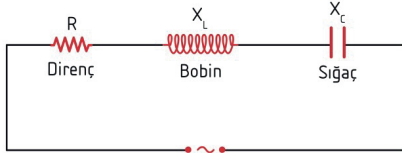
Özdeş lambalar ve sıgacılar ile değişken ve doğru akım üreteçleri kullanılarak şekildeki K, L ve M elektrik devreleri oluşturuluyor.



Buna göre K, L ve M devrelerindeki lambaların hangileri, üreteçler devreye gerilim sağladığı sürece ışık vermeye devam eder?

- A) Yalnız K B) Yalnız L C) Yalnız M
D) K ve L E) K, L ve M

EMPEDANS VE REZONANS

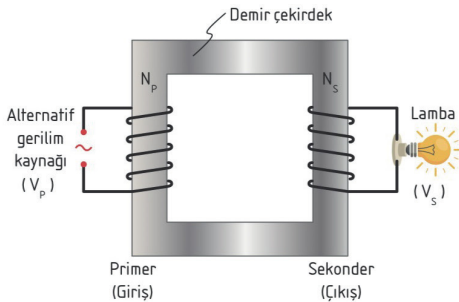


- RLC devresinin alternatif akıma karşı gösterdiği dirence **empedans** denir.
- Z harfi ile gösterilir ve birimi ohmdur (Ω).
- Bir RLC devresinde, sıgacın kapasitif reaktansı ile bobinin indüktif reaktansı birbirine eşitlendiğinde ($X_L = X_C$) devre direnci en küçük değerini alır ve buna **rezonans** durumu denir.
- Rezonans durumunda devrenin empedansı en küçük değeri aldığından akım en büyük değerini alır.
- Bir radyoda rezonans frekansı yakalandığında ses daha net çıkar.

TRANSFORMATÖRLER

Alternatif akımı ve gerilimi yükseltmek ya da alçaltmak için kullanılan araçlara **transformatör** denir. Transformatörler demir çekirdek üzerine yerleştirilmiş iki bobinden oluşan ve bobinlerden birine uygulanan alternatif giriş gerilimini değiştiren araçlardır.

- Transformatörlerde gerilimin uygulandığı birinci bobine primer (giriş), çıkıştaki ikinci bobine sekonder (çıkış) bobin denir.



$$V_p = -N_p \frac{\Delta \Phi_p}{\Delta t}$$

$$V_s = -N_s \frac{\Delta \Phi_s}{\Delta t}$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

NOT

Elektrik enerjisi iletken kablolarla üretim sahasından kullanım alanlarına iletilirken enerjinin bir kısmı kablolarla ısıya dönüşür. Isı kaybını azaltmak için akım şiddetini azaltmak gerekir. Bu yüzden şehir şebekelerine gelinceye kadar, enerji kaybının en aza indirilmesi için, üretilen elektrik enerjisinin gerilimi yükseltici transformatörlerle artırılarak akım şiddeti azaltılır.

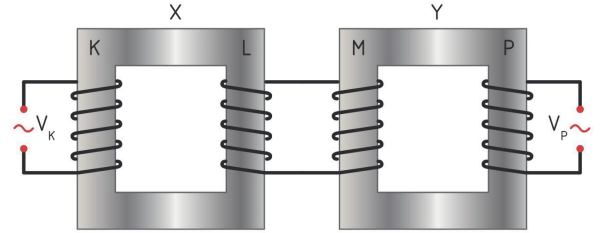
İletim için yükseltilecek gerilim, şehirlerin girişinde ve mahallelerde tekrar düşürülür. Evlerde daha da düşük gerilimle çalışan küçük ev aletleri için gerilim alçaltıcı adaptörler kullanılır.

- Transformatörlerde girişe uygulanan güce giriş gücü, çıkıştan alınan güce de çıkış gücü denir. Transformatörü oluşturan parçalardaki ısı kaybindan dolayı çıkış gücü giriş gücünden az olur. Transformatörlerde çıkıştan alınan gücün, girişe uygulanan güce oranına **verim** denir.

$$\text{Verim} = \frac{P_{\text{sekonder}}}{P_{\text{primer}}}$$

$$\text{Verim} = \frac{V_s \cdot i_s}{V_p \cdot i_p}$$

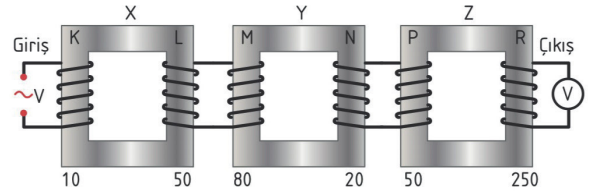
FİZİK FİNİTO



$$\frac{V_K}{V_P} = \frac{N_K}{N_L} \cdot \frac{N_M}{N_P}$$

ÖSYM Benzeri

Şekildeki gibi bağlanmış X, Y, Z transformatörlerinin K - L ; M - N ; P - R sarımlarının sayıları sırasıyla 10 - 50 ; 80 - 20 ; 50 - 250'dir.



Buna göre, girişe 40 volt alternatif gerilim uygulanırsa çıkış gerilimi kaç volt olur?

- A) 125 B) 250 C) 300 D) 450 E) 500



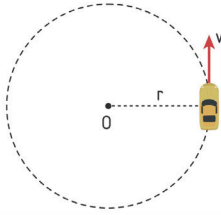
ÜNİTE 3

PERİYODİK HAREKETLER

ÖSYM	ÖSYM'nin 2018 yılı ve sonrası AYT'de Periyodik Hareketler ünitesinden sorduğu soruların yıllara ve konulara göre dağılımı						
	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Düzgün Çembersel Hareket	1	-	1	1	1	1	1
Dönme Hareketi ve Açısal Momentum	-	1	-	-	1	1	-
Genel Çekim ve Kepler Yasaları	1	1	1	1	-	-	1
Basit Harmonik Hareket	1	2	1	1	1	1	1

DÜZGÜN ÇEMBERSSEL HAREKET

- Bir cismin O merkezli r yarıçaplı çembersel bir yörüngede şekil-deki gibi sabit süratle hareket etmesine **düzgün çembersel ha-reket** denir.



TEMEL KAVRAMLAR

PERİYOT

- Düzgün çembersel hareket yapan cismin bir tam turu tamamlama-sı için geçen süreye **periyot** denir.
- Kısaca ifade etmek için T harfi kullanılır. Skaler bir büyüklüktür.
- Birimi herhangi bir zaman birimi olabilir. SI sisteminde periyot birimi olarak saniye kullanılır.

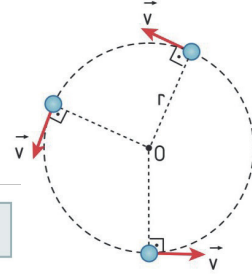
FREKANS

- Düzgün çembersel hareket yapan cismin birim zamandaki tur sa-yısına **frekans** denir.
- Kısaca ifade etmek için f harfi kullanılır. Skaler bir büyüklüktür.
- SI'daki birimi Hertz (Hz)'dir. $\text{Hertz} = \frac{1}{\text{saniye}}$ dir. Bir cismin fre-kansının 5 Hz olduğu ifade ediliyorsa, cismin 1 saniyede 5 tur yaptığı anlaşılır.
- Düzgün çembersel hareket yapan cismin frekans ve periyodu arasındaki ilişki;

$$T \cdot f = 1$$

ÇİZGİSEL HIZ

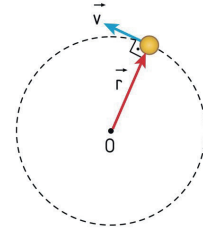
- Düzgün çembersel hareket yapan cismin yörüngesi üzerinde bi-rim zamanda aldığı yola **çizgisel hız** denir.
- $\vec{v}$ ile gösterilir ve birimi m/s'dir.
- Çizgisel hız vektörünün yönü daima yarıçapa dik ve yörün-geye teğettir.



$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = 2\pi \cdot r \cdot f$$

YARIÇAP VEKTÖRÜ

- Cismin herhangi bir anda çembersel yörüngenin merkezi O nok-tasına göre yerini belirten vektöre **yarıçap vektörü** ya da **konum vektörü** denir.

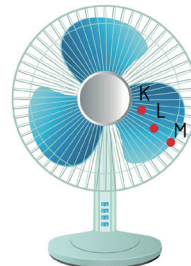
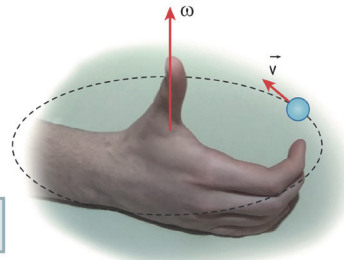


AÇISAL HIZ

- Düzgün çembersel hareket yapan cismin yarıçap vektörünün bi-rim zamanda taradığı açıya **açısal hız** denir. $\vec{\omega}$ ile gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür.
- Açı radyan cinsinden alındığında SI birimi $\frac{\text{radyan}}{\text{saniye}}$ dir.

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

$$v = \omega \cdot r$$



$$v_K < v_L < v_M$$



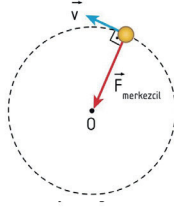
MERKEZCİL İVME

- Düzgün çembersel hareket yapan cismin hareketi ivmeli bir harekettir. Bunun nedeni, hızın büyüklüğü sabit olmasına karşın hız vektörünün yönünün sürekli değişmesidir.
- Düzgün çembersel harekette hız vektörünün yönünün değişmesi nedeni ile ortaya çıkan ivmeye **merkezcil ivme** denir.
- Merkezcil ivme a ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür ve birimi m/s^2 dir.

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

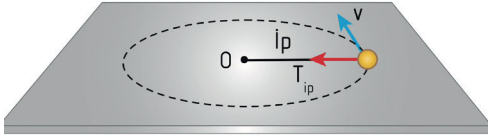
MERKEZCİL KUVVET

- Bir cismin düzgün çembersel hareket yapmasını sağlayan net kuvvete **merkezcil kuvvet** denir.
- Merkezcil kuvvetin yönü daima çembersel yörüngenin merkezine doğrudur.

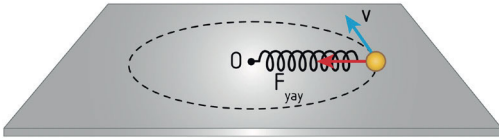


$$F_{\text{merkezcil}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

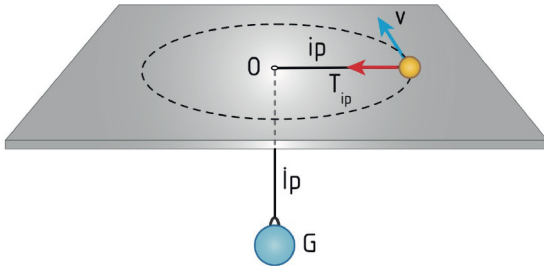
YATAY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSSEL HAREKET



$$F_{\text{merkezcil}} = T_{ip} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

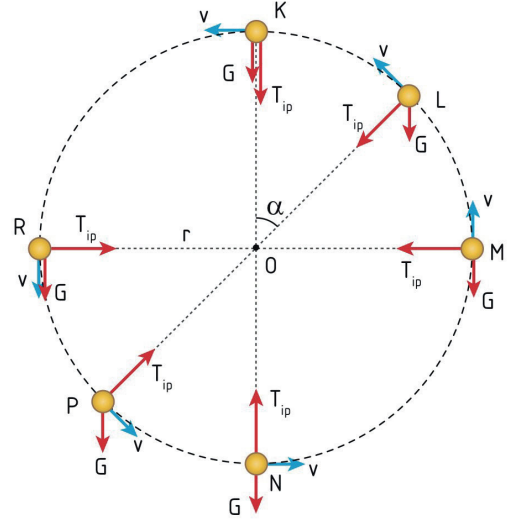


$$F_{\text{merkezcil}} = F_{yay} = kx = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$



$$F_{\text{merkezcil}} = T_{ip} = G = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

DÜŞEY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSSEL HAREKET



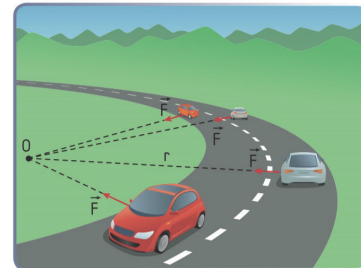
- K noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = G + T_{ip} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- L noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = G \cos \alpha + T_{ip} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- M ve R noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{ip} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- N noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{ip} - G = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- P noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{ip} - G \cos \alpha = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$

NOT

- İpteki gerilme kuvveti K noktasında en küçük, N'de en büyüktür.
- İp K ya da N'de koparsa cisim yatay atış, M'de koparsa yukarı doğru düşey atış, R'de koparsa aşağıya düşey atış hareketi yapar.

YATAY VİRAJDA HAREKET

- Araçların viraj içindeki hareketleri çembersel harekettir. Aracı çembersel yörüngede tutan merkezcil kuvvet, tekerlekler ile yer arasındaki sürtünme kuvvetidir.



$$F_{\text{sürtünme}} = F_{\text{merkezcil}}$$

$$k \cdot m \cdot g = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

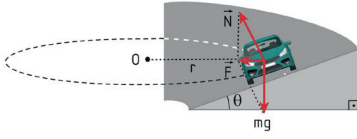
$$v = \sqrt{k \cdot g \cdot r} \quad \text{olmalıdır.}$$

Araçların viraj içindeki hareketleri çembersel harekettir.





EĞİMLİ VİRAJDA HAREKET



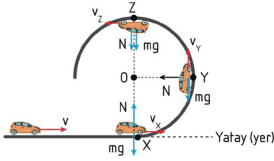
$$N \cdot \cos \theta = m \cdot g \quad (1)$$

$$N \cdot \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$$v = \sqrt{g \cdot r \cdot \tan \theta}$$

DÜŞEY VİRAJDA HAREKET

- Düşey çembersel bir yol ya da rayda aracın düşmeden hareketine devam edebilmesi için belirli bir hızla sahip olması gerekir. Bu hız değerlerinin altındaki durumlarda araç çembersel hareketine devam edemez.



$$\text{X noktasında: } F_{\text{merkezcil}} = N - m \cdot g = \frac{m \cdot v_x^2}{r}$$

$$\text{Y noktasında: } F_{\text{merkezcil}} = N = \frac{m \cdot v_y^2}{r}$$

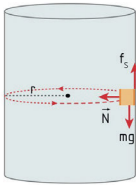
$$\text{Z noktasında: } F_{\text{merkezcil}} = N + m \cdot g = \frac{m \cdot v_z^2}{r}$$

- Z noktasında $N = 0$ olduğunda, cismin çembersel yörüngeyi tamamlaması için gerekli en küçük hız bulunur.

$$F_{\text{merkezcil}} = 0 + m \cdot g = \frac{m \cdot v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{g \cdot r}$$

SİLİNDİR İÇİNDE HAREKET

- Silindir içinde düşmeden dolanan cismin hareketi yatay düzlemde düzgün çembersel harekettir.

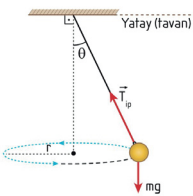


$$\text{Düşeyde: } f_{\text{sürtünme}} = k \cdot N = m \cdot g$$

$$\text{Yatayda: } F_{\text{merkezcil}} = N = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$v \geq \sqrt{\frac{g \cdot r}{k}}$$

KONİK SARKAÇ

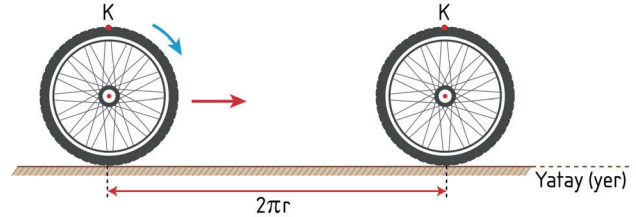


$$T_{ip} \cdot \sin \theta = F_{\text{merkezcil}} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$T_{ip} \cdot \cos \theta = m \cdot g$$

$$v = \sqrt{g \cdot r \cdot \tan \theta}$$

ÖTELEME VE DÖNME HAREKETİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



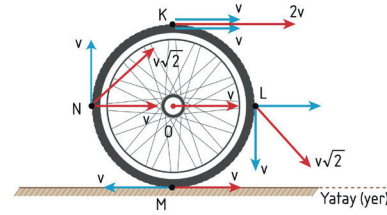
çizgisel hız (v_c)

$$v_o = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v_c = \frac{2\pi r}{T}$$

Buna göre, kaymadan dönererek öteleme hareketi yapan cismin öteleme hızı ile cismin yere temas eden bölgesinde bulunan noktaların çizgisel hızlarının büyüklükleri eşittir.

$$v_o = v_c$$



EYLEMSİZLİK MOMENTİ

- Dönen cisimlerin dönmeye karşı gösterdikleri dirence **eylemsizlik momenti** denir.

- Skaler bir büyüklük olan eylemsizlik momenti I ile gösterilir ve birimi $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ dir.

$$I = m \cdot r^2$$

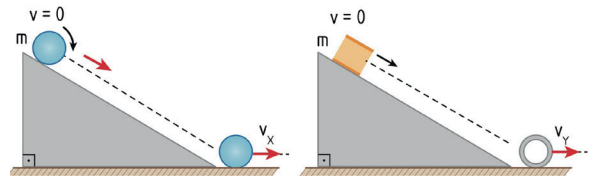
DÖNME VE DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ YAPAN CİSMİN KİNETİK ENERJİSİ

$$E_{\text{öteleme}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

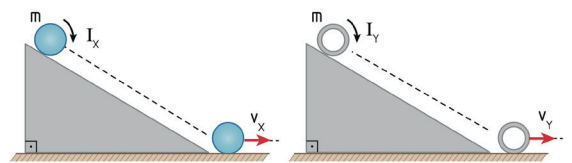
$$E_{\text{dönme}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$EK = E_{\text{öteleme}} + E_{\text{dönme}}$$

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$



Eşit yükseklikten bırakılan küre ve küpten, küp daha kısa sürede yere ulaşır. $v_x < v_y$ dir.



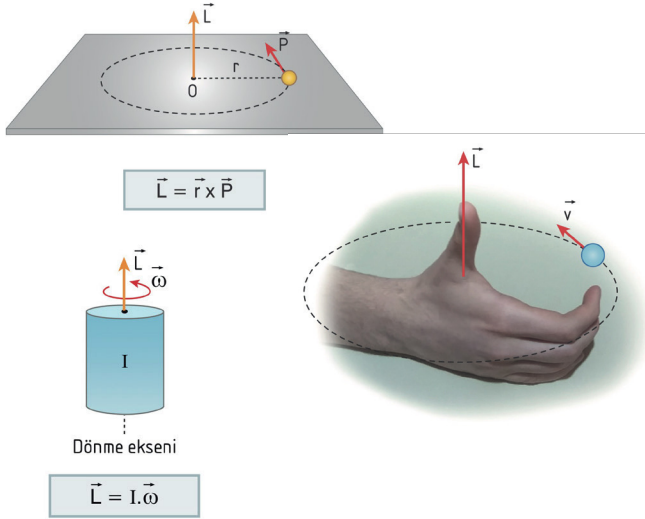
Eşit yükseklikten bırakılan içi dolu küre ve içi boş küreden, içi dolu küre daha kısa sürede yere ulaşır. $I_x < I_y$ olduğundan $v_y < v_x$ dir.





AÇISAL MOMENTUM

- Çembersel hareket yapan cisimlerin bu hareketlerinden dolayı sahip oldukları momentuma **açıs al momentum** denir.
- Açıs al momentum $\vec{L}$ ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür.



AÇISAL İVME, TORK VE EYLEMSİZLİK MOMENTİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

- Çembersel hareket yapan cismin açıs al hızında birim zamanda meydana gelen değişime **açıs al ivme** denir.

$$\vec{\alpha} = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$$

- Vektörel bir büyüklük olan açıs al ivme α ile gösterilir ve birimi $\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ dir.

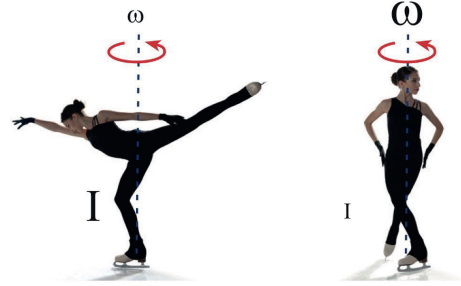
$$\vec{a} = \vec{\alpha} \cdot r$$

$$\vec{\tau} = I \cdot \vec{\alpha}$$

	Çembersel Hareket	Çizgisel Hareket
Kinetik Enerji	$\frac{1}{2} I \cdot \omega^2$	$\frac{1}{2} m \cdot v^2$
Eylemsizlik	Eylemsizlik momenti (I)	Kütle (m)
Momentum	$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$	$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$
İvme	$\vec{\alpha} = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$	$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$
İvmeyi Değiştiren Etki	$\vec{\tau} = I \cdot \vec{\alpha}$	$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU VE GÜNLÜK HAYATTAKİ YERİ

- Bir cisim ya da sisteme etki eden dış kuvvet sıfır ise çizgisel momentum korunur. Benzer şekilde çembersel hareket yapan cisme etki eden net tork sıfır ise açıs al momentum korunur ve bu duruma **açıs al momentumun korunumu** denir.



$$\vec{L}_{\text{ilk}} = \vec{L}_{\text{son}}$$

$$I \cdot \omega = I \cdot \Omega$$

ÖSYM Benzeri

Yaşanan büyük depremler sonucunda, yer kabuğunun içe çökmesi, yerkürenin kendi eksen i etrafındaki dönme süresinde mikrosaniye boyutunda da olsa kısaltabilmektedir.

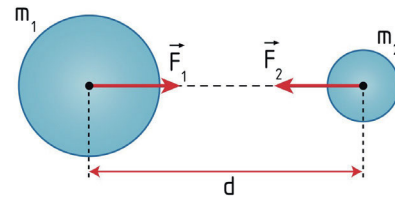
Bu bilgiye göre, meydana gelen büyük bir deprem sonucunda yer kabuğunun içe çökmesi, yerkürenin kendi eksen i etrafındaki hareketine ait;

- açıs al hız,
- eylemsizlik momenti,
- açıs al momentum

niceliklerinden hangilerini artırır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
- D) I ve II E) II ve III

KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ



$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

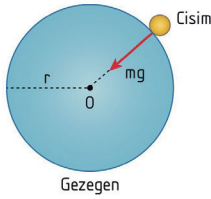




$$v = \sqrt{G \frac{M}{d}}$$

YER ÇEKİMİ İVMESİ

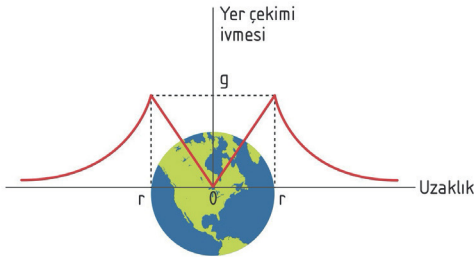
- Kütleli olan her cisim, çevresindeki diğer cisimlere kütle çekim kuvveti uygular.
- Cisimlerin çevrelerindeki diğer cisimlere çekme etkisi gösterdikleri bu etki alanına **kütle çekim alanı** denir. Yönü daima cismin kütle merkezine doğrudur.



$$m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

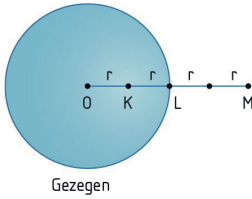
$$g = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

- Vektörel bir büyüklük olan yer çekimi ivmesi g sembolü ile gösterilir ve gezegenin yüzeyinde maksimum değerdedir.



Örnek

O merkezli bir gezegenin içindeki K, yüzeyindeki L ve dışındaki M noktaları şekildeki gibi verilmiştir.



K, L ve M noktalarındaki yer çekimi ivmesinin değerleri sırasıyla g_K , g_L ve g_M olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $g_L < g_M < g_K$ B) $g_K < g_M < g_L$ C) $g_K < g_L < g_M$
D) $g_M < g_L < g_K$ E) $g_M < g_K < g_L$

KÜTLE ÇEKİM POTANSİYEL ENERJİSİ

- m kütleli bir cisim M kütleli bir cisimden uzaklaştırıldığında iş yapılarak enerji harcanır. İki cisimden oluşan sistemde potansiyel enerji olarak depolanan bu enerjiye **kütle çekim potansiyel enerjisi** denir.
- Cisimler arasındaki uzaklık sonsuz olduğunda kütle çekim potansiyel enerjisi sıfır olur.

$$U = -G \cdot \frac{M \cdot m}{d}$$

- Dünya çevresinde dolanmakta olan bir uydunun hem çizgisel hızından dolayı kinetik enerjisi hem de yüksekliğinden dolayı kütle çekim potansiyeli vardır. Bu enerjilerin toplamına uydunun toplam enerjisi denir.

$$U_{\text{Toplam}} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{2d}$$

BAĞLANMA ENERJİSİ

- m kütle bir uyduyu M kütleli bir gezegenin çevresinde d yarıçaplı yörüngede, yörüngesel hareket yapıyorsa, kütle çekim kuvvetinin etkili olduğu kütlelerden birinin bulunduğu konumdaki toplam enerjisine **bağlanma enerjisi** denir.

$$U_{\text{Bağlanma}} = G \cdot \frac{M \cdot m}{2d}$$

KURTULMA ENERJİSİ VE KURTULMA HIZI

- Başlangıçta durgun olan Dünya yüzeyindeki m kütle bir uyduyu Dünya'nın çekim etkisinden kurtarmak için uyduya verilmesi gereken minimum enerjiye kurtulma enerjisi denir ve cismin bulunduğu noktadaki kütle çekim potansiyel enerjisi kadardır.

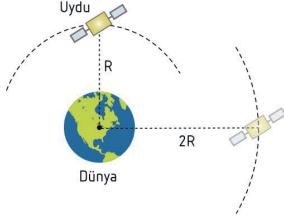
$$U_{\text{Kurtulma}} = G \cdot \frac{M \cdot m}{d}$$

$$v_{\text{Kurtulma}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$



Örnek

Dünya'nın çevresindeki R yarıçaplı yörüngede dolanmakta olan bir uyduya manevra yaptırılarak 2R yarıçaplı yörüngede dolanması sağlanmıştır.



Buna göre,

- Uydunun kütle çekim potansiyel enerjisi artmıştır.
- Uydunun yörünge hızı azalmıştır.
- Dünya'nın uyduya uyguladığı kütle çekim kuvveti azalmıştır.

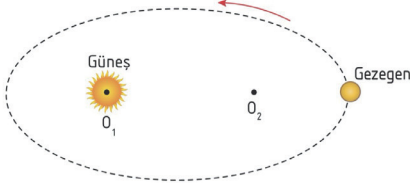
yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

KEPLER KANUNLARI

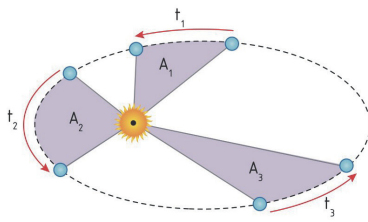
YÖRÜNGELER KANUNU

- Gezegenlerin Güneş etrafında yörüngeleri elips şeklindedir. Elipsin iki merkezi vardır ve elips şeklindeki yörünge'nin merkezlerden birinde Güneş bulunur.



ALANLAR KANUNU

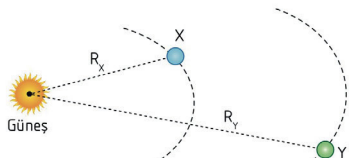
- Gezegeni Güneş'e birleştiren yarıçap vektörü eşit zamanda eşit alan tarar. Bu durum açısal momentumun korunumunun bir sonucudur.



$$t_1 = t_2 = t_3 \text{ ise } A_1 = A_2 = A_3 \text{ tür}$$

PERİYOTLAR KANUNU

- Güneş etrafındaki dolanımları sırasında gezegenlerin ortalama yörünge yarıçaplarının küpünün, dolanma periyotlarının karesine oranı daima sabittir.
- Güneş etrafında dolanan şekildeki X ve Y gezegenlerinin ortalama yarıçapları R_X , R_Y ; Güneş etrafındaki periyotları T_X , T_Y ise;



$$\frac{R_X^3}{T_X^2} = \frac{R_Y^3}{T_Y^2} \text{ sabit} = 3,36 \cdot 10^{18} \text{ m}^3/\text{s}^2$$

ÖSYM Benzeri

Güneş etrafındaki eliptik yörüngesinde dolanan Dünya'nın, Güneş'e en uzak olduğu ay Haziran, en yakın olduğu ay ise Ocak'tır.

Buna göre, Haziran'da Dünya'ya ait;

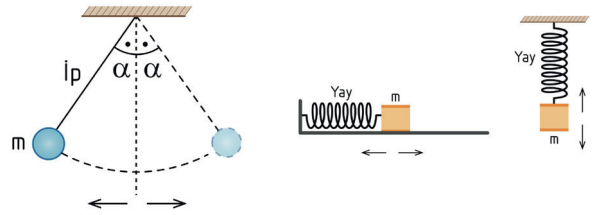
- çizgisel momentum büyüklüğü,
- Güneş'e göre açısal momentum büyüklüğü,
- Güneş'e uyguladığı kütle çekim kuvvetinin büyüklüğü

niceliklerinden hangileri Ocak'takinden daha küçüktür?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

BASİT HARMONİK HAREKET

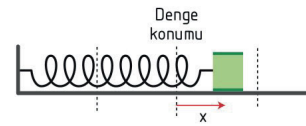
- Sürtünmelerin önemsenmediği bir ortamda bir cismin denge konumuna eşit uzaklıktaki iki nokta arasında ve belirli zaman aralıklarında geri çağırıcı kuvvetin etkisiyle yaptığı harekete **basit harmonik hareket** denir.



TEMEL KAVRAMLAR

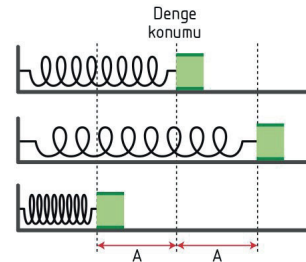
UZANIM

- Basit harmonik hareket yapan bir cismin herhangi bir anda denge konumuna olan uzaklığına **uzanım** denir. $\vec{x}$ ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür. SI'da birimi metredir.



GENLİK

- Basit harmonik hareket yapan bir cismin uzanımının en büyük değerine **genlik** denir. $\vec{A}$ ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür. SI'da birimi metredir.





PERİYOT

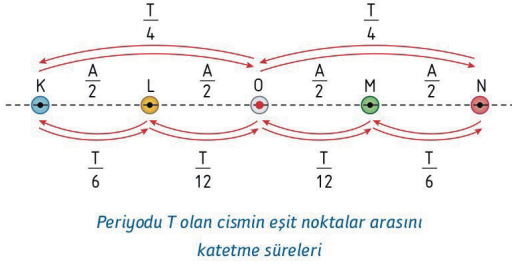
- Bir tam salınım için geçen süreye **periyot** denir. T ile gösterilir. SI birimi saniyedir.

FREKANS

- Birim zamandaki salınım ya da titreşim sayısına **frekans** denir. f ile gösterilir. SI birimi Hertz (Hz) dir. Basit harmonik hareketin frekans ve periyotunun çarpımı daima 1'e eşittir.

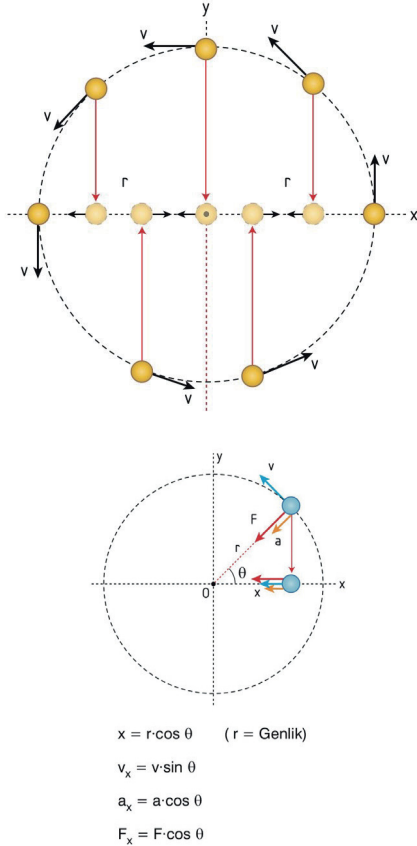
$$T \cdot f = 1$$

- Denge noktası O noktası olan bir basit harmonik harekette cismin şekildeki K noktasından harekete başlayıp N'ye gidip tekrar K'ye dönmesi bir tam salınımdır.

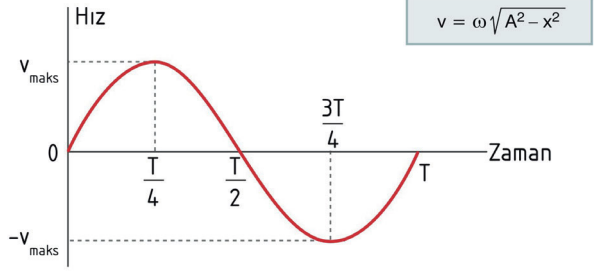
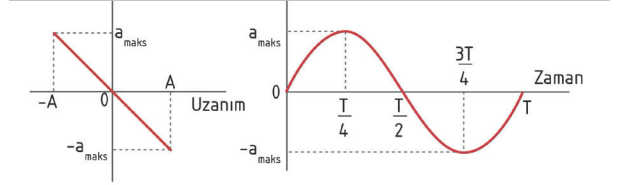
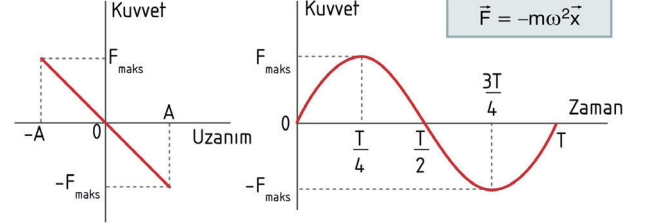
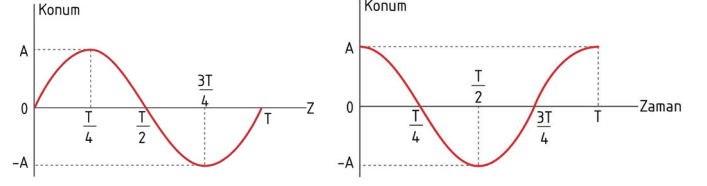


BASİT HARMONİK HAREKET VE ÇEMBERSEL HAREKET ARASINDAKİ İLİŞKİ

- Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yapan cismin yatay düzlem üzerindeki izdüşümünün hareketi basit harmonik harekettir.

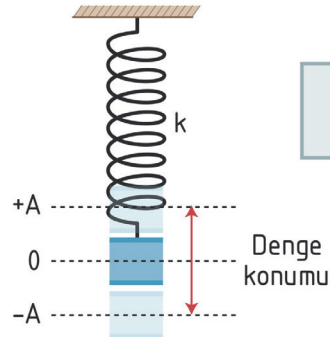


FİZİKİNİTÖ



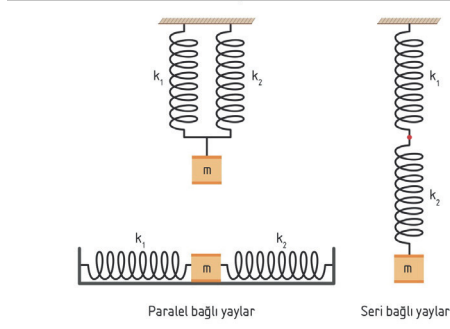
YAY SARKACI

- Bir cismin, bir ucu sabitlenmiş esnek bir yayın diğer ucuna asılmasıyla oluşan düzeneğe **yay sarkacı** denir.



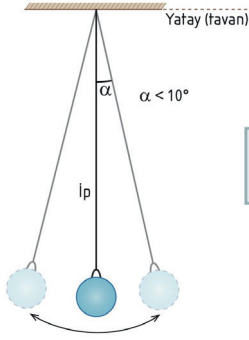
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$





BASİT SARKAÇ

- Bir cismin, bir ucu tavana sabitlenmiş ipin diğer ucuna asılmasıyla oluşan düzeneğe **basit sarkaç** denir.



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

ÖSYM Benzeri

Enes, basit sarkaç ve kütle-yay sistemlerinin periyotlarını belirlemek amacıyla Ay yüzeyinde sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda aşağıdaki deneyleri bir simülasyonda yapmıştır:

- Tasarladığı basit sarkacın salınımlarının periyodunu T_1 olarak ölçmüştür.
- Esnek yaya astığı kütlelin salınımlarının periyodunu T_2 olarak ölçmüştür.

Enes, bu sistemlerin fiziksel özelliklerini değiştirmeden aynı deneyleri simülasyonla Ay yüzeyi yerine Dünya yüzeyinde gerçekleştirseydi T_1 ve T_2 periyotlarının değerleri ilk duruma göre nasıl değişirdi?

	T_1	T_2
A)	Azalır	Artar
B)	Artar	Artar
C)	Artar	Değişmez
D)	Azalır	Değişmez
E)	Değişmez	Değişmez

ÜNİTE 4

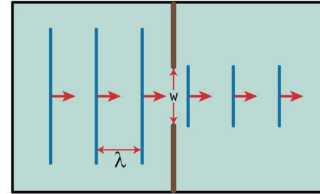
DALGA MEKANİĞİ

ÖSYM	ÖSYM'nin 2018 yılı ve sonrası AYT'de Dalga Mekaniği ünitesinden sorduğu soruların yıllara ve konulara göre dağılımı						
	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Su Dalgalarında Girişim ve Kırınım	-	1	-	-	1	-	-
Işıқта Girişim ve Kırınım	-	-	-	1	-	-	-
Elektromanyetik Dalgalar ve Doppler Olayı	1	-	1	-	-	1	2

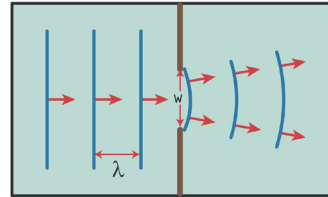
SU DALGALARINDA KIRINIM OLAYI

Su dalgalarının, iki engel arasından ya da keskin kenarlardan geçerken, dairesel dalgalar şeklinde bükülerek yayılması olayına **kırınım** denir.

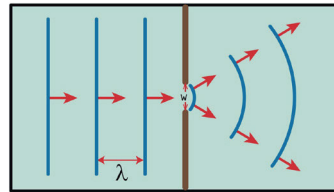
- $\lambda < w$ ise kırınım gerçekleşmez.



- $\lambda \approx w$ ise kırınım gözlenmeye başlar.



- $\lambda > w$ ise kırınım çok net olarak gözlenir.



Örnek

Su derinliği sabit bir dalga leğeninde üretilen periyodik ve doğru-
sal dalgalar w genişliğindeki yarıktan geçtiğinde kırınım uğramıyor.

Buna göre;

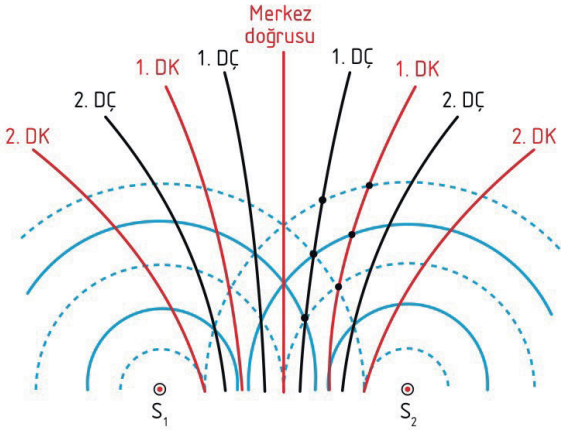
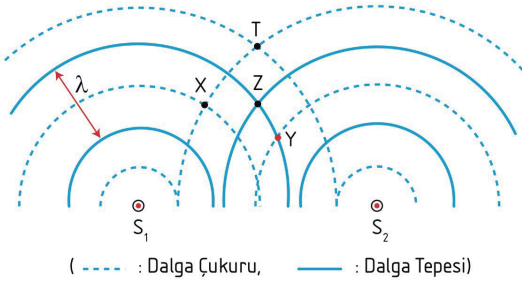
- I. suyun derinliğini artırmak,
- II. w genişliğini azaltmak,
- III. kaynağın frekansını artırmak

İşlemlerinden hangileri tek başına yapıldığında kırınım gözle-
nebilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

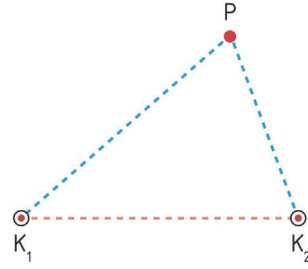
SU DALGALARINDA GİRİŞİM OLAYI

- İki ya da daha fazla sayıda dalganın birbiri içerisinde geçmesi
olayına **girişim** denir. Girişim yapan dalgaların oluşturduğu de-
sene de **girişim deseni** denir.



- Girişim çizgilerinin özellikleri,

- Merkez doğrusuna göre simetrik ve eşit sayıdadır.
- Kaynaklar üzerinde ve kaynakların dışında gözlenmez.
- Kaynakları birleştiren doğru üzerinde; ardışık bir dalga kata-
rıyla düğüm çizgisi arasındaki uzaklık dalga boyunun $\lambda/4$ ka-
tı, ardışık iki dalga katarı ya da iki düğüm çizgisi arasındaki
uzaklık dalga boyunun $\lambda/2$ katıdır.



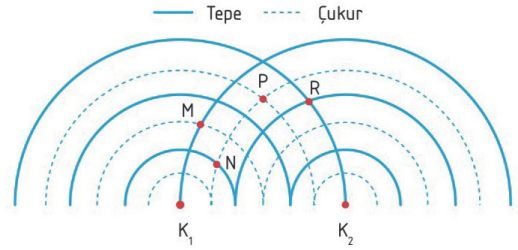
$$\Delta S = n \cdot \lambda$$

$$\Delta S = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

$$\Delta S = |PK_1 - PK_2|$$

Örnek

Su derinliği sabit bir dalga leğeninde özdeş K_1 ve K_2 kaynaklarının
oluşturduğu girişim deseni üzerindeki M, N, P ve R noktalarının ko-
numları şekildeki gibidir.

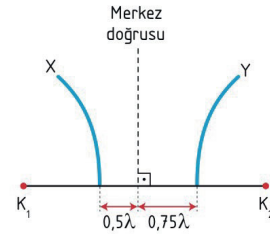


Buna göre, maksimum genlikte titreşen noktalar aşağıdakiler-
den hangisidir?

- A) Yalnız M B) Yalnız P C) P ve R
D) M ve P E) N ve R

Örnek

Su derinliği sabit bir dalga leğeninde dalga boyu λ olan periyodik
dalgalar üreten özdeş K_1 ve K_2 kaynaklarının oluşturduğu girişim de-
seni üzerindeki X ve Y çizgileri şekildeki gibidir.



Buna göre, X ve Y'nin girişim deseni üzerindeki hangi çizgiler olduğu
aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

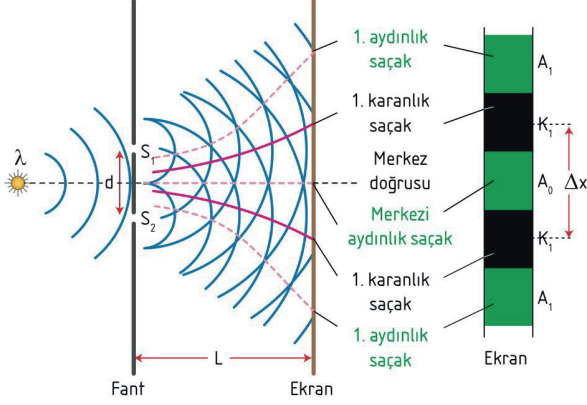
	X çizgisi	Y çizgisi
A)	1. düğüm	1. katar
B)	1. katar	2. düğüm
C)	2. düğüm	2. katar
D)	2. katar	2. düğüm
E)	3. düğüm	3. katar





IŞIĞIN ÇİFT YARIKTA GİRİŞİMİ

Young tarafından 1801 yılında yapılan çift yarıktaki girişim deneyi iki kaynaktan çıkan ışık dalgalarının şekildedeki gibi su dalgalarına benzer biçimde girişim meydana getirdiğini göstermiştir.



$$\Delta x = \frac{L \cdot \lambda}{d \cdot n}$$



Kırmızı ışıktaki girişim deseni



Yeşil ışıktaki girişim deseni

- Saçak genişliği ışık kaynağının fanta uzaklığına bağlıdır.

ÖSYM Benzeri

Kırmızı ışık kullanılarak ışığın çift yarıktaki girişim deneyi yapılıyor ve beyaz ekran üzerinde girişim deseni elde ediliyor.

Bu deney düzeneğinde ışık şiddeti değiştirilmeden sadece ışığın rengi yeşil olacak şekilde değişiklik yapıldığında,

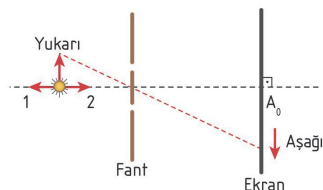
- Saçak genişlikleri artar.
- Aydınlık saçakların rengi değişir.
- Aydınlık saçakların parlaklıkları azalır.

yargılarından hangileri doğrudur?

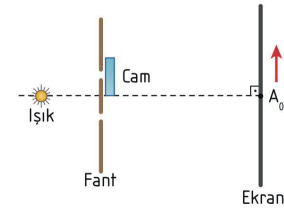
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

ÇİFT YARIKTA GİRİŞİME ETKİ EDEN DİĞER DEĞİŞKENLER

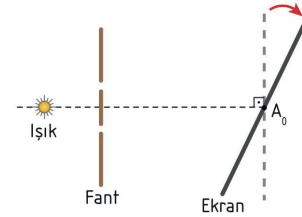
- Kaynak şekildedeki gibi 1 veya 2 yönünde hareket ettiğinde saçakların yeri değişmez. Işık kaynağı 1 yönünde hareket ederse saçakların parlaklığı azalırken, 2 yönünde hareket ederse artar.



- Işık kaynağı merkez doğrusuna dik doğrultuda yukarı hareket ettirildiğinde kaynaklar arasında gecikme olacağından merkezî aydınlık saçakla birlikte bütün saçaklar geciken kaynak tarafına yani aşağıya kayar.
- Işığın şiddetinin değiştirilmesi durumunda, saçakların yeri ve genişliği değişmez. Aydınlık saçakların parlaklığı değişir.
- Yarıklar düzlemi ile ekran arası, kırıcılık indisi havaya göre daha büyük olan saydam bir ortamla doldurulursa ışığın ortalama hızı azalır ve dalga boyu küçülür. Bu nedenle saçak genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçak yeri değişmez.
- Yarıklardan birinin önüne şekildedeki gibi cam konulduğunda, ışığın cam içindeki ortalama hızı azalacağından gecikme olur. Merkezî aydınlık saçak geciken kaynak tarafına yani ok yönüne kayar.

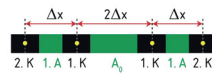
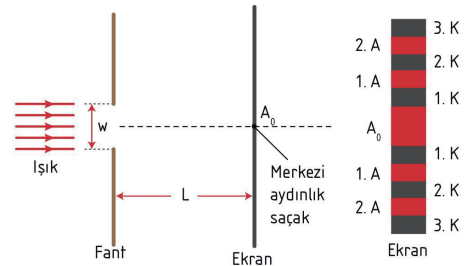


- Ekran döndürülürse ekranın yarıklardan uzaklaşan bölümünde saçak genişlikleri artarken yarıklara yaklaşan bölümünde saçak genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçak yeri değişmez.



IŞIĞIN TEK YARIKTA KIRINIMI

Işığın su dalgalarına benzer biçimde bükülerek kırınımına uğraması nedeniyle girişim saçakları oluşur. Tek yarıktaki kırınımın en parlak saçak merkezî saçaktır.



Kırmızı ışıktaki girişim deseni

Yeşil ışıktaki girişim deseni

$$\Delta x = \frac{L \cdot \lambda}{w \cdot n}$$

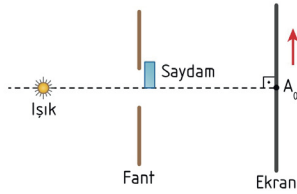
- Saçak genişliği ışık kaynağının fanta uzaklığına bağlı değildir.



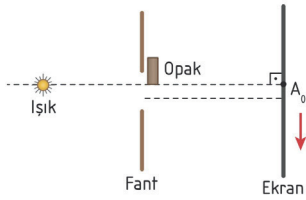


TEK YARIKTA KIRINIMA ETKİ EDEN DİĞER DEĞİŞKENLER

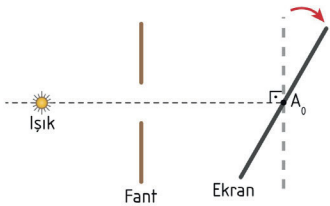
- Işık kaynağının ışık şiddeti artırılırsa saçak parlaklıkları artar. Ancak saçak genişliği veya saçakların yerinde herhangi bir değişiklik olmaz.
- Yarık düzlemi ile ekran arası kırıcılık indisi havaya göre daha büyük olan saydam bir ortamla doldurulursa ışığın ortalama hızı azalır ve dalga boyu küçülür. Bu nedenle saçak genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez.
- Yarık önüne örneğin yarığın üst yarısını kapatacak biçimde saydam madde konulduğunda üst kısımdan geçen ışınlar geç kalır. Merkezî aydınlık saçak yukarı doğru kayar. Saçak genişliği değişmez.



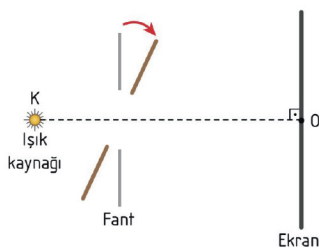
- Yarık önüne saydam olmayan (opak) bir cisim konursa yarık genişliği küçülmüş olur. Saçak genişlikleri büyür. Merkezî aydınlık saçak oluşan yeni yarığın orta dikmesi üzerine kayar.



- Ekran döndürülürse ekranın yarıklardan uzaklaşan bölümünde saçak genişliği artarken yarıklara yaklaşan bölümünde saçak genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez.

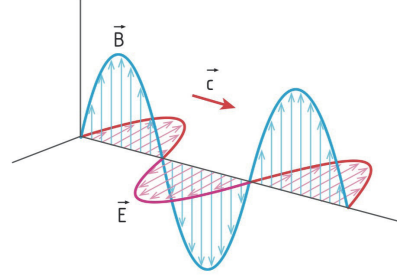


- Yarık düzlemi döndürülürse yarık genişliği azalacağından saçak genişliği artar. Merkezî aydınlık saçığın yerinin değişip değişmeyeceği hakkında kesin bir şey söylenemez.



ELEKTROMANYETİK DALGALAR

- Elektromanyetik dalganın elektrik alan, manyetik alan ve ilerleme doğrultusu birbirine diktir. Bu özellik elektromanyetik dalgaların **enine dalga** olduğunun göstergesidir.



- Yüklü parçacıkların ivmeli hareket yapması sonucu oluşur.
- Doğrusal yolla yayılır.
- Elektrik ve manyetik alan bileşenleri eş zamanlı artar ve azalır. Aynı fazlıdır.
- Enine dalgadır.
- Elektrik alan, manyetik alan ve ilerleme doğrultusu birbirine diktir.
- Elektrik alanın büyüklüğü, manyetik alanın büyüklüğüyle ışık hızının çarpımına eşittir.

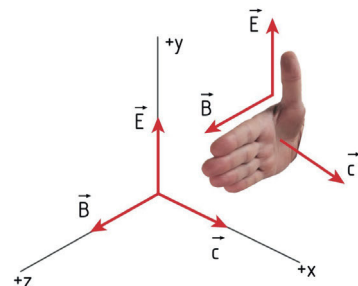
$$E = B \cdot c$$

- Boşlukta ışık hızıyla yayılır.
- Enerji taşır. Bu enerjiyi soğuran yüzeylerde ısınmaya neden olur.
- Yansıma, kırılma ve girişim gibi dalga olaylarını gerçekleştirir.
- Yüksüzdür. Bu nedenle elektrik ve manyetik alanda sapsamaz.
- Polarize edilebilir (kutuplanabilir).
- Enerjisi; frekansı ile doğru orantılı, dalga boyu ile ters orantılıdır. Enerji E, frekans f, dalga boyu λ ve ışık hızı c ise bir elektromanyetik dalganın enerjisi (h; Planck sabiti);

$$E = h \cdot f$$

ya da

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

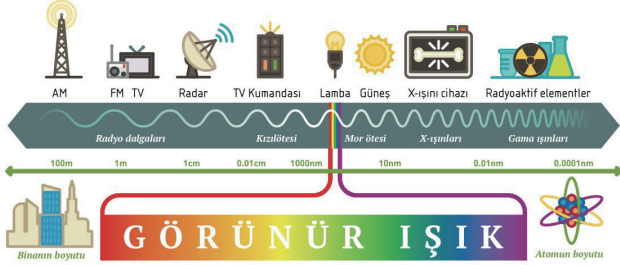




ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Elektromanyetik dalgaların frekans ve dalga boylarına göre sıralandığı şekildeki çizelgeye elektromanyetik spektrum (tayf) denir.

- Spektrumda soldan sağa doğru gidildikçe elektromanyetik dalgaların frekansı ve enerjisi artar. Dalga boyu ise azalır.

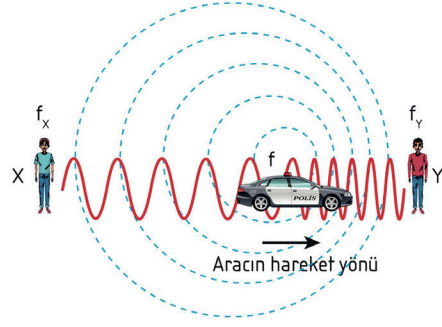
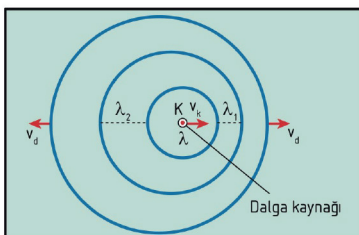


- Radyo dalgaları, tuğla ve betondan rahatlıkla geçebilir. Dalga boyu 0,3 m ile 1000 m arasındadır. Radyo ve TV yayın sistemlerinde kullanılırlar.
- Mikrodalgalar, atom ve moleküllerin incelenmesinde kullanılır. Dalga boyu 1 mm ile 0,3 m arasındadır. Uçakların iniş ve kalkışlarında kullanılan radar sisteminde mikrodalgalardan yararlanır.
- Kızılötesi (infrared) ışınlar, sıcak cisimler tarafından üretilir. Dalga boyu 10^{-3} m civarındadır. Tıpta hastalıklı uzuvların tespiti için kullanılırlar.
- Görünür ışık, elektromanyetik dalgaların gözle görülebilen bölümdür. Dalga boyu $4 \cdot 10^{-7}$ m ile $7 \cdot 10^{-7}$ m arasındadır.
- Morötesi (ultraviyole) ışınların kaynağı Güneş'tir. Dalga boyu $4 \cdot 10^{-7}$ m ile $6 \cdot 10^{-10}$ m arasındadır. Tıpta sterilizasyon işleminde kullanılır. Güneş yanıklarının sebebidir.
- X ışınları, röntgen ışınları olarak da bilinir. Dalga boyu 10^{-9} m ile 10^{-13} m arasındadır. Tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılır.
- Gama ışınları, doğal ve yapay radyoaktif maddelerin çekirdek reaksiyonları sonucu oluşur. Dalga boyu 10^{-10} m ile 10^{-14} m arasındadır. Yüksek enerjili ışınlar olduğu için canlılar üzerinde zararlı etkileri vardır.

DOPPLER OLAYI

Frekansın, kaynak ve gözlemcinin hareketine bağlı olarak farklı algılanması olayına **Doppler olayı** denir.

- Bir dalga leğeninde dairesel su dalgaları üreten şekildeki K kaynağı hareket ederken, hareket yönündeki dalgaların dalga boyu azalır, diğer taraftaki dalgaların dalga boyu artar. ($\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$)



ÖSYM Benzeri

Durgun bir itfaiye aracının sireni, frekansı 1800 Hz olan ses dalgaları yaymaktadır. Bu araç aynı frekansta ses dalgaları yayarken sabit hızla doğrusal bir yolda harekete başlıyor. Bu hareketi sırasında Kerem'e yaklaşırken Şirin'den uzaklaşmaktadır. Fırat ise aracı kullanmaktadır.

Buna göre itfaiye aracı hareket hâlindeyken Kerem, Şirin ve Fırat'ın algıladıkları ses dalgalarının frekansı ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğru olabilir?

- A) Fırat'ın algıladığı frekans 2100 Hz'dir.
- B) Kerem'in algıladığı frekans 2000 Hz'dir.
- C) Şirin'in algıladığı frekans 1900 Hz'dir.
- D) Şirin'in algıladığı frekans 2200 Hz'dir.
- E) Kerem'in algıladığı frekans 1800 Hz'dir.

FİZİK FİNİTO

ÜNİTE 5

ATOM FİZİĞİNE GİRİŞ VE RADYOAKTİVİTE

ÖSYM	ÖSYM'nin 2018 yılı ve sonrası AYT'de Atom Fizikine Giriş ve Radyoaktivite ünitesinden sorduğu soruların yıllara ve konulara göre dağılımı						
	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Atom Modelleri	-	-	-	-	-	-	-
Evrenin Oluşumu ve Atomaltı Parçacıklar	-	-	1	-	-	-	-
Radyoaktivite	1	-	-	1	-	1	1





DALTON ATOM MODELİ

- Dalton atom teorisine göre,
 - Atom küçük, sert ve küre biçimindedir.
 - Elementler, bölünemez en küçük parça olan atomlardan meydana gelmiştir.
 - Atomlar kimyasal tepkimelerle oluşmaz ve bölünemez.
 - Atom elektrikçe nötrdür.

THOMSON ATOM MODELİ

Stoney isimli bilim insanının elektronu keşfinden sonra, Thomson katot ışını tüpünü kullanarak yaptığı deneylerle elektronun yükünün kütlesine oranı olan $\frac{e}{m}$ 'yi hesaplamıştır.

- Thomson atom modeline göre,
 - Atom, yarıçapı 10^{-10} metre civarında olan küre şeklindedir.
 - Atom, pozitif yüklü madde ile tam olarak doludur.
 - Negatif yükler, pozitif yüklü maddenin içine gömülüdür ve hareket edemezler.
 - Atom elektrikçe nötrdür.

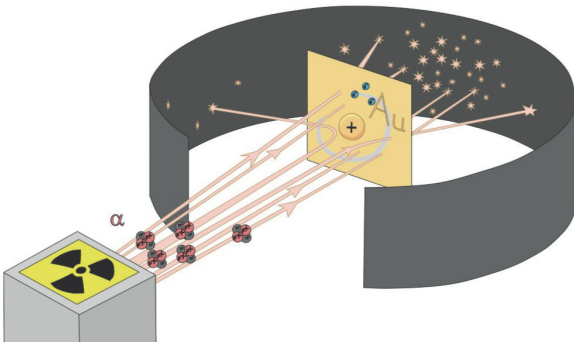
Millikan'ın Yağ Damlası Deneyi

Thomson'un $\frac{e}{m}$ oranını keşfinden sonra, Millikan isimli bilim insanı elektrikle yüklenmiş bir yağ damlasının elektrik alandaki hareketinden yola çıkarak elektronun yükünü ve kütlesini ölçmeyi amaçlamıştır.

- Millikan yağ damlası deneyi ile,
 - Elektronun yükünü ölçmüş,
 - Pozitif ya da negatif yüklü tüm maddelerin yüklerinin, elektronun yükünün tam katları olduğunu göstermiş,
 - Thomson'un bulduğu $\frac{e}{m}$ oranı kullanılarak elektronun kütlesini hesaplamıştır.

RUTHERFORD ATOM MODELİ

Rutherford, yaptığı saçılma deneyinde; alfa (α) tanecikleri ile çok ince altın yapraklarını bombardıman etti. Levhaya gelen α taneciklerinin çoğu altın yapraktan geçerken, bazıları saçıldı, bazıları da tam tersi yönde geriye döndü.



- Rutherford atom modeline göre,
 - Atomun kütlesinin çoğunu oluşturan pozitif yükler çekirdek denilen küçük bir yerde toplanmıştır.
 - Atomun içinde büyük boşluklar vardır.
 - Elektronlar, gezegenlerin Güneş etrafında döndüğü gibi dönmektedir.
 - Atom elektrikçe nötrdür.

- Elektronların çekirdeğe düşmemesinin sebeplerini açıklayamaması Rutherford atom modelinin en önemli eksikliklerinden biridir.

- Rutherford modeli, nötronlardan bahsetmediği için de eksik kalmıştır.

- Rutherford atom modelinde, çekirdek etrafında dolanan elektronun, ivmeli hareket yaptığı için ışıma yaparak enerjisi azalmalı ve spiral bir yörünge çizerek çekirdeğe düşmesi gerekir. Bu da atomun yapısının bozulması demektir.

BOHR ATOM MODELİ

- **1. Varsayım:** Elektronlar, Coulomb kuvvetinin etkisiyle döndükleri, pozitif yüklü çekirdeğin çevresindeki kararlı yörüngelerde, ışıma yapmadan dolanırlar.
- **2. Varsayım:** Elektronlar pozitif yüklü çekirdek çevresinde, açısal momentumu $\frac{h}{2\pi}$ 'nin tam katları olan kararlı yörüngelerde ışıma yapmadan dolanırlar.

$$L = n \cdot \frac{h}{2\pi}$$

$$r_n = a_0 \cdot \frac{n^2}{Z}$$

$$E_n = -R \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

- **3. Varsayım:** Elektronlar, yüksek enerjili kararlı bir yörüngeden düşük enerjili kararlı bir yörüngeye kendiliğinden geçebilir. Geçişlerde aradaki enerji farkı kadar enerjili fotonlar yayarlar.

$$E_2 - E_1 = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

NOT

- Dışardaki kararlı yörüngelere gidildikçe elektronun yörüngede dolanma hızının büyüklüğü yörünge numarasıyla ters orantılı olarak azalır.

$$v \sim \frac{1}{n}$$

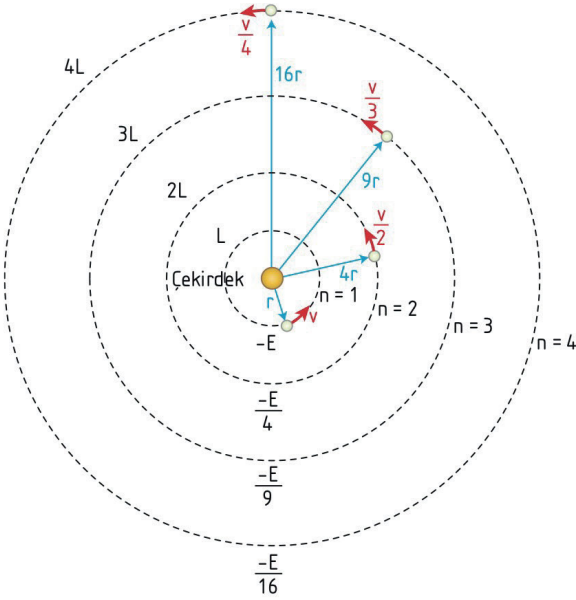
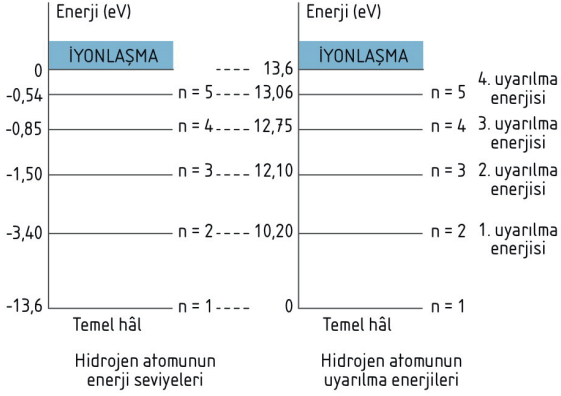
- Hızın büyüklüğünün azalması ve yörünge çevresinin artması sebebiyle, dış yörüngelere gidildikçe elektronun bir tam tur atma süresi yani periyodu da artar.

$$T \sim \frac{r}{v}$$



NOT

Hidrojen atomunun enerji seviyeleri ile uyarılma enerjileri şekildedir.



BOHR ATOM MODELİNİN EKSİKLİKLERİ

- Bohr modeline göre, elektronun açısal momentumunun en küçük değeri $\frac{h}{2\pi}$ dir. Ancak modern teoriye göre, atomun açısal momentumunun en küçük değeri sıfırdır.
- Bohr, atomların birbiri ile nasıl etkileştiklerini ve bu etkileşimin maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini nasıl değiştirdiğini açıklayamaz.
- Bohr modeli yalnız tek elektronlu atomları açıklarken, çok elektronlu atomları açıklayamamıştır.
- Bohr elektronların çembersel yörüngelerde hareket ettiklerini söylemiştir. Modern görüşe göre bu doğru değildir.

ATOMUN UYARILMA YOLLARI

Temel hâlde bulunan bir elektronun bir üst enerji düzeyine çıkması olayına **uyarılma** denir. Uyarılmış elektronun tekrar temel hâle dönerken foton yayınlamasına ise **ışınım** adı verilir.

ATOMUN ISIYLA UYARILMASI

Atomlar ısıtıldığında, temel hâlde bulunan elektronların sıcaklıkları dolayısıyla enerjileri artar. Enerjisi artan elektron verilen enerjiye göre, üst yörüngelerden birine geçer.

ATOMLARIN BİRBİRİNE ÇARPIŞTIRILARAK UYARILMASI

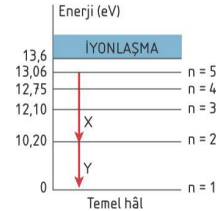
Yüksek basınç ve sıcaklık altındaki atomlar birbirleriyle çarpıştırılarak, elektronlar üst enerji seviyelerine uyarılırlar. Atomlar aldıkları fazla enerjiyi ışıma yolu ile geri verirler.

ATOMUN FOTONLA UYARILMASI

Temel hâldeki bir atomun fotonla uyarılması için gelen fotonun enerjisinin uyarılma enerji seviyelerinden birine eşit olması gerekir.

Örnek

Uyarılmış bir hidrojen atomunun bazı enerji seviyeleri şekildedir.



Elektron temel hâle dönerken X ve Y fotonlarını yayınladığına göre,

- X'in sürati Y'ninkinden büyüktür.
- X'in frekansı Y'ninkinden büyüktür.
- X'in dalga boyu Y'ninkinden büyüktür.

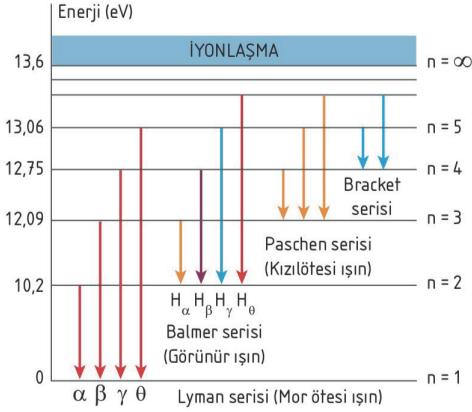
yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) II ve III



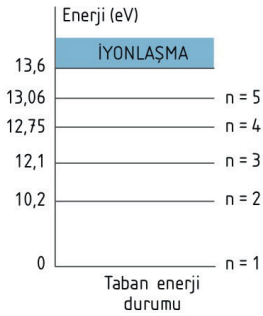


- Uyarılmış bir hidrojen atomunda elektron temel hâle dönerken yapabileceği ışınlar seriler hâlinde gruplandırılır. Oluşturulan serilerin isimlerine, bu çizgileri araştıran bilim insanlarının isimleri verilmiştir.



ÖSYM Benzeri

Hidrojen atomunun bazı enerji düzeyleri şekildeki gibi verilmiştir.

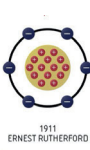
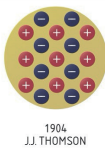
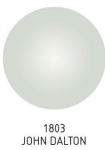


Hidrojen atomları 12,75 eV enerjili fotonlarla bombardıman edilirse, Lyman ve Balmer serisinin çizgilerinden hangileri oluşur?

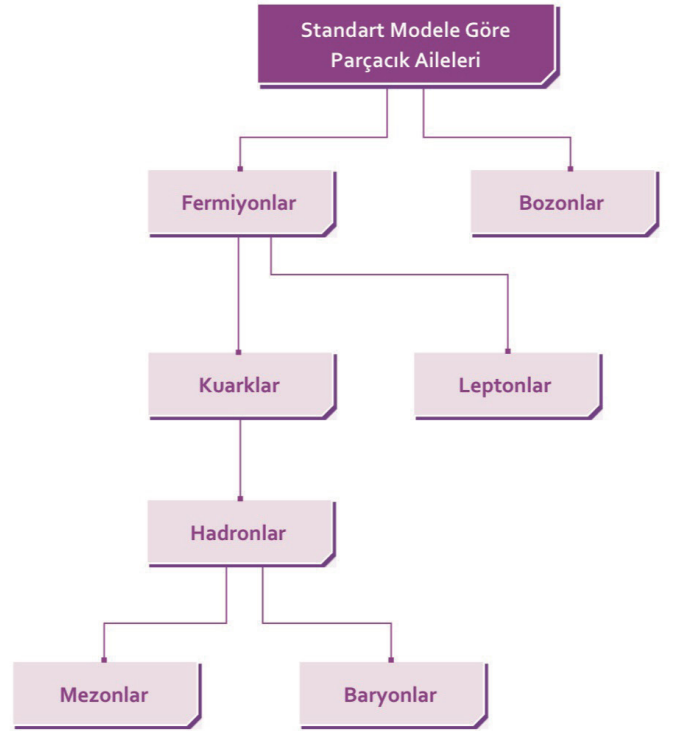
	Lyman serisinin	Balmer serisinin
A)	–	H_{β}
B)	–	H_{α} , H_{β}
C)	α , γ	H_{β}
D)	α , β	H_{α} , H_{β}
E)	α , β , γ	H_{α} , H_{β}

MODERN ATOM TEORİSİ

- Bohr atom modelinin atoma getirdiği kuantumlu bakış açısından yola çıkan De Broglie, Schrödinger ve Heisenberg isimli bilim insanlarının yaptığı çalışmalar sonucunda kuantum mekaniği geliştirilmiştir.

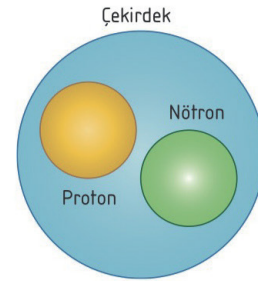


ATOM ALTI PARÇACIKLAR



Örnek

Bir atomun çekirdek modeli şekildeki gibi verilmiş olup, bu çekirdekte 1 tane proton, 1 tane de nötron vardır.



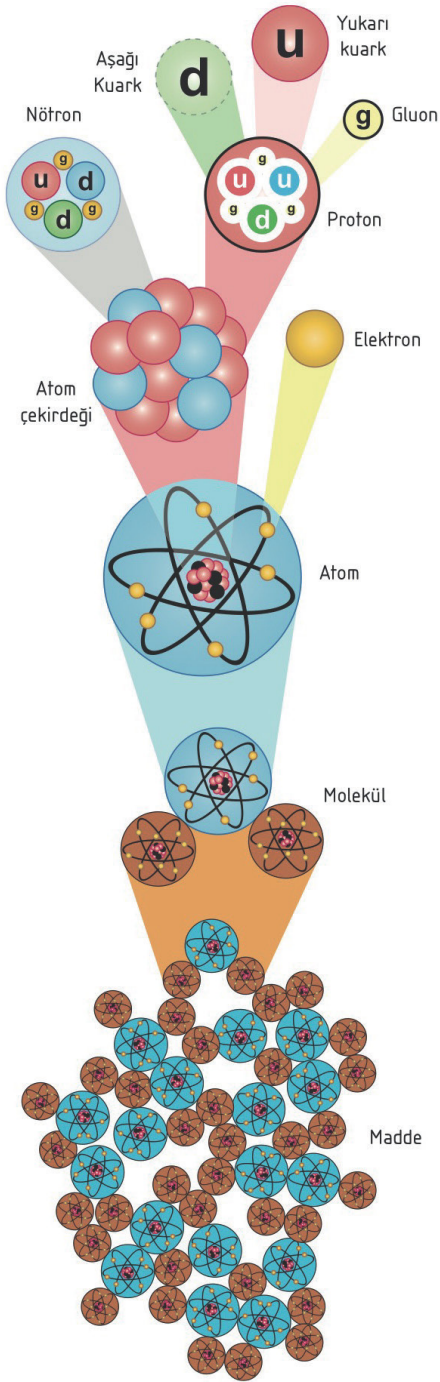
Buna göre, atomun çekirdeğinde,

- 3 tane yukarı kuark vardır.
- 3 tane aşağı kuark vardır.
- 2 tane elektron vardır.

yargılarından hangileri doğrudur?

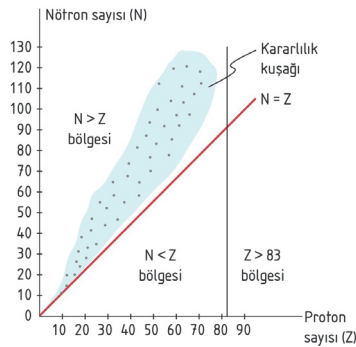
- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III





RADYOAKTİVİTE

- Kararsız bir çekirdeğin nötron sayısının proton sayısına oranı 1'den büyükse nötronlar protonlara dönüşerek, 1'den küçükse protonlar nötronlara dönüşerek kararlı hale geçmeye çalışır.



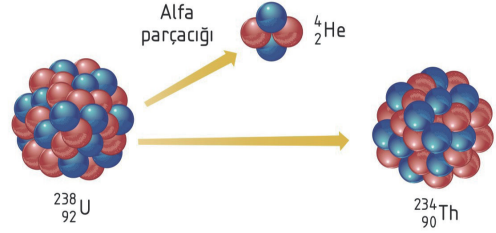
FİZİKİNİTÖ

$$\begin{matrix} \text{(kütlesel numarası)} & A \\ \text{(proton sayısı)} & Z \end{matrix} X \quad \text{(element)}$$

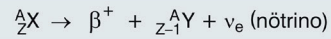
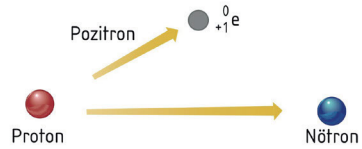
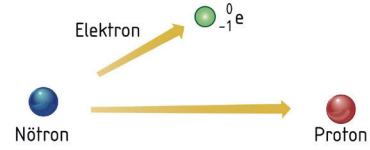
- Alfa, beta ve gama bozunumu olmak üzere üç farklı radyoaktif bozunma çeşidi vardır.

Alfa (α) Bozunumu

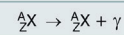
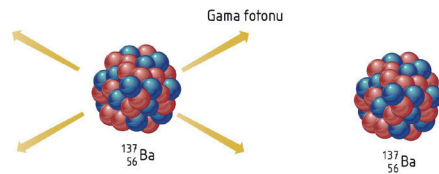
- Atom çekirdeğinden iki nötron ve iki protondan meydana gelen bir helyum çekirdeğinin (${}^4_2\text{He}$ ya da ${}^4_2\alpha$) yayınlanması olayıdır.



Beta (β) Bozunumu

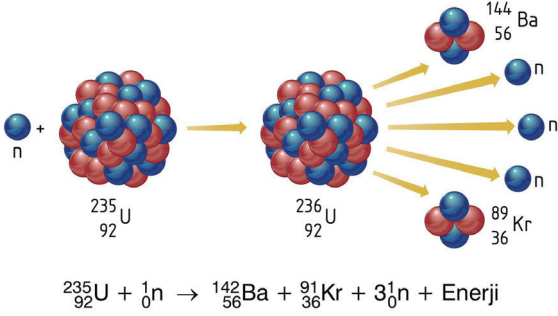


Gama (γ) Bozunumu

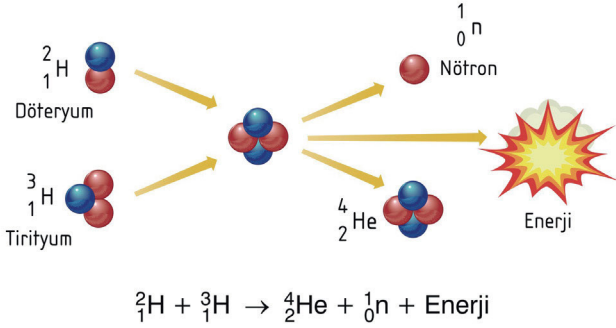


NÜKLEER FİSYON VE NÜKLEER FÜZYON OLAYLARI

Nükleer Fisyon



Nükleer Füzyon



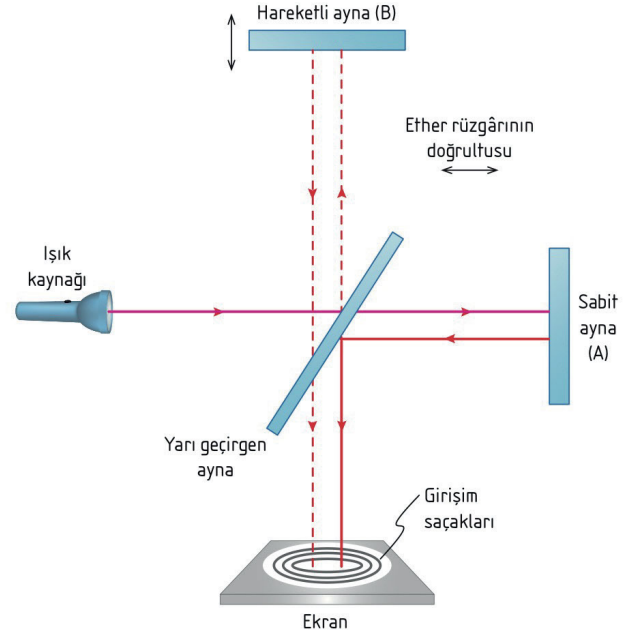
ÜNİTE 6

MODERN FİZİK VE TEKNOLOJİDEKİ UYGULAMALARI

ÖSYM	ÖSYM'nin 2018 yılı ve sonrası AYT'de Modern Fizik ve Teknolojideki Uygulamaları ünitesinden sorduğu soruların yıllara ve konulara göre dağılımı						
	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Özel Görelilik	-	-	1	-	-	-	-
Fotoelektrik Olay	1	-	-	1	-	1	1
Compton ve De Broglie	-	-	1	-	-	-	-
Modern Fiziğin Teknolojideki Uygulamaları	1	-	1	1	-	1	-

MİCHELSON-MORLEY DENEYİ

- Michelson-Morley deneyi sonucuna göre,
 - Ether hipotezinin geçerli olmadığı ispatlandı.
 - Boşluktaki ışık hızının her doğrultu ve yönde aynı değere sahip olduğu ortaya konuldu.
 - Işığın yayılmak için hiçbir ortama gerek duymayan bir elektromanyetik dalga olduğu görüşü ağırlık kazandı.



ÖZEL GÖRELİLİK KURAMI

1. POSTÜLA

- Fizik yasaları tüm eylemsiz referans sistemlerinde aynıdır.

NOT

Duran ya da düzgün doğrusal hareket yapan sistemlere **eylemsiz (ivmesiz) referans sistemi** denir.

2. POSTÜLA

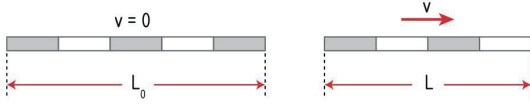
- Işığın boşluktaki hızı, tüm eylemsiz referans sistemlerinde sabittir. Bu hız değeri $c = 3 \cdot 10^8$ m/s'dir.
- Einstein, özel görelilik teorisiyle zamanın ve uzunluğun gözlemcinin hızına bağlı olarak değiştiğini göstermiş, momentum ve enerji tanımlarına farklı bir bakış açısı getirmiştir.



GÖRELİ UZUNLUK

Bir cismin durgun olduğu referans sisteminde ölçülen uzunluğuna **mutlak uzunluk** denir. Hareketli bir gözlem çerçevesinde, mutlak uzunluğun farklı olarak ölçülen değerine **görelî uzunluk** denir.

- Işık hızına yakın v hızıyla hareket eden şekildeki gibi bir çubuğun hareket doğrultusundaki boyu, yerdeki durgun gözlemci tarafından, daha kısa olarak ölçülür. Bu duruma **uzunluk büzülmesi** denir.



GÖRELİ ZAMAN

Einstein'in 2. postülasına göre, ışık hızına yakın hızlarla hareket eden araç içinde ışığın hızının yine c değerinde ölçülebilmesi için araç içindeki zamanın daha yavaş akması gerekir.

Bir olayın durgun olduğu referans sisteminde ölçülen zamanına **mutlak zaman** denir. Hareketli bir gözlem çerçevesinde mutlak zamanın farklı olarak ölçülen değerine **görelî zaman** denir.

- Işık hızına yakın v hızıyla hareket eden bir aracın içinde gerçekleşen bir olayın gerçekleşme süresi, yerdeki durgun gözlemci tarafından, "daha uzun sürede" gerçekleşiyor gibi ölçülür. Bu duruma **zamanın genişlemesi** denir.
- Atmosferde oluşan ve Dünya'ya doğru hareket eden müonlar kendi yarılanma sürelerinin çok üzerinde yol katedebilirler. Bu da; yüksek hızlarından dolayı müonların yarılanma ömrünün genişlediğini kanıtlar.

KÜTLE - ENERJİ EŞDEĞERLİĞİ

Einstein'in geliştirdiği kütle - enerji eşdeğerliği, $E = mc^2$ denklemi ile ifade edilir. (E: Enerji, m: Kütle, c: Işık hızı)

- $E = mc^2$ denkleme göre, madde ile enerji birbirine dönüşebilmektedir.
- Özellikle çekirdek ve parçacık fiziğinde kütle - enerji eşdeğerliğinden faydalanılmakta ve denklemin doğruluğu anlaşılmaktadır.
- Çift oluşum ve yok olma tepkimelerinde enerji kütle dönüşümlerini görürüz.

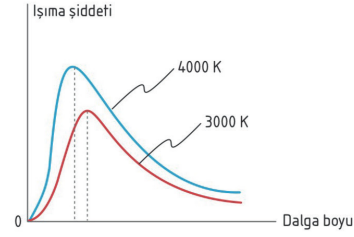
Örnek

Bir elmanın ağaçtan düşme süresi Dünya'daki durgun bir gözlemciye göre t_1 , 0,4c hızıyla hareket eden uzay aracındaki bir gözlemciye göre t_2 , 0,7c hızıyla hareket eden uzay aracındaki bir gözlemciye göre t_3 tür.

Buna göre; t_1 , t_2 ve t_3 arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $t_1 > t_2 > t_3$ B) $t_3 > t_2 > t_1$ C) $t_2 > t_1 > t_3$
D) $t_1 = t_2 = t_3$ E) $t_1 = t_3 > t_2$

SİYAH CİSİM IŞIMASI



- Sıcaklık arttıkça dağılımın tepe noktası daha kısa dalga boylarına doğru kayar. Bu durum Wien Yer Değiştirme Yasası olarak bilinir.
- Sıcaklığın artması ile cismin ısıma frekansı ve ışıma gücü artar. Grafiğin altında kalan alan, toplam ışıma gücünü vermektedir.

PLANCK HİPOTEZİ

Klasik fiziğin yetersiz kaldığı siyah cisim olayını, Max Planck'ın maddenin enerji paketçikleri halinde ışıma enerjisi yaydığını söylemesi ile modern fiziğin temeli atıldı.

- Max Planck ortaya attığı bu yeni kuramda,
 - Işıma enerjisinin kuantumlar hâlinde soğurulup yayımlanabileceğini ve ışımanın frekansı ile doğru orantılı olduğunu ifade etmiştir. Atomun kuantum sayısı n , ışımanın frekansı f ve Planck sabiti h olmak üzere, ışıma yapan cisimlerden salınan ışıma enerjisi;

$$E = n \cdot h \cdot f$$

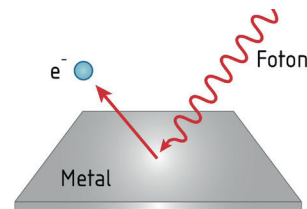
$$E = n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

- Moleküller, paketler halinde enerji yayımlar ve absorbe ederler. Bu enerji paketlerine daha sonra **foton** ismi verilmiştir.

Fotonların Özellikleri

- Işık hızında hareket ederler, yaşlanmazlar.
- Kütesizdirler.
- Enerji ve momentum taşırlar.
- Dalga-parçacık ikiliği gösterirler.
- Kendi antiparçacıklarıdır.

FOTOLEKTRİK OLAY

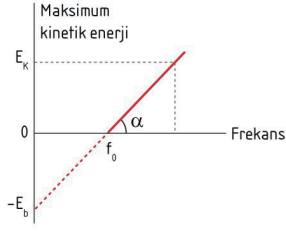


$$E_{\text{foton}} = E_{\text{bağlanma}} + E_{\text{kinetik}}$$

$$\frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{h \cdot c}{\lambda_0} + \frac{1}{2} m \cdot v_e^2$$

($hc = 12400 \text{ eV} \cdot \text{Å}$)

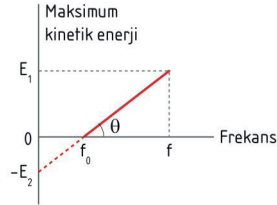




- Grafiğe göre f_0 frekanslı fotonlar yüzeyden elektron söker ama fırlatamaz. f_0 dan büyük frekanslı fotonlar yüzeyden elektron söker ve fırlatırlar.
- Benzer şekilde λ_0 dalga boyu fotonlar yüzeyden elektron söker ama fırlatamaz. λ_0 dan küçük dalga boyu fotonlar yüzeyden elektron söker ve fırlatırlar.
- Grafiğin eğimi tüm metaller için aynı ve Planck sabitine (h) eşittir.
- Fotoelektrik olayda, bir fotonun enerjisi ne olursa olsun metal yüzeyinden ancak bir elektron sökebilir.
- Eşik enerjisi yalnız metalin cinsine bağlıdır.

ÖSYM Benzeri

Bir fotoelektrik olayı deneyinde, metalden kopan elektronların maksimum kinetik enerjisinin, metale gönderilen ışığın frekansına göre değişim grafiği şeklindeki gibidir.



Buna göre,

- f_0 , eşik frekansıdır.
- E_2 , metalin bağlanma enerjisidir.
- Metalin cinsi değiştiğinde θ açısı da değişir.

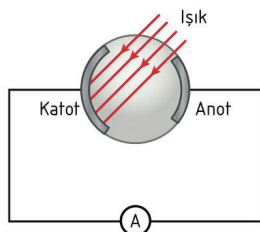
yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

FOTONLARIN MAKSİMUM KİNETİK ENERJİSİ, DOYMA GERİLİMİ VE EŞİK ENERJİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

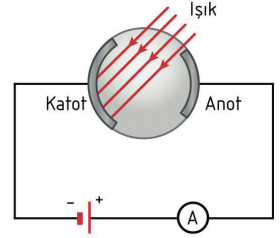
Üzerine düşürülen ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklere **fotosel** denir. Fotosel devrede ışığın düştüğü levhaya **katot**, fotoelektronların ulaştığı levhaya ise **anot** denir.

- Devrede bir akımın oluşması için gelen ışığın enerjisi bağlanma enerjisinden büyük olmalıdır. Devrede bir üreteç olmadan şeklindeki gibi ışık düşürüldüğünde, katottan kopan elektronların bir kısmının anoda ulaşması sonucunda oluşan akıma fotoelektrik akım (i_0) denir.

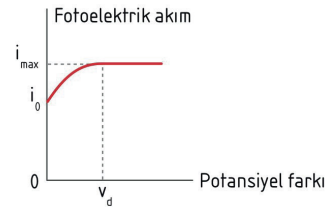


- Metal yüzeyine düşürülen ışığın şiddetini (foton sayısını) artırmak, anot-katot yüzeyini büyütme, anot-katot levhaları arasındaki uzaklığı azaltmak, katot yüzeyine düşürülen fotonların enerjilerini artırmak, bağlanma enerjisi küçük metal kullanmak, ışık kaynağı noktasal ise ışık kaynağını katot levhasına yaklaştırmak i_0 akımını artırır.

- Fotocele bir üreteç şeklindeki gibi bağlandığında, üreteç levhaları yükleyerek bu levhalar arasında bir elektrik alanı neden olur. Oluşan elektrik alanının etkisiyle katottan kopan fotoelektronların anoda ulaşma ihtimali artar. Bu durumda fotoelektrik akım da artar.



- Potansiyel fark arttıkça fotoelektrik akım artar. Potansiyel farkın belli bir değerinden sonra akım maksimum değerine ulaşır. Akım maksimum değere ulaştığında katottan sökülen tüm elektronlar anoda ulaşmış olur. Fotoelektronların hepsinin anoda ulaşmasını sağlayan potansiyel farkına **doyma gerilimi** (V_d), oluşan akıma doyma akımı veya **maksimum akım** ($i_{\max}$) denir.

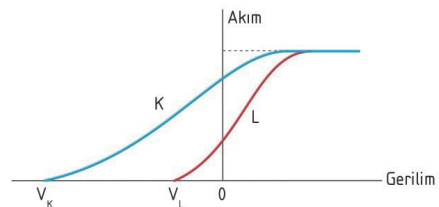


FİZİK FİNİTO

NOT

- $i_{\max}$ akımı sadece katot yüzeyine gelen foton sayısına bağlıdır.
- Kesme gerilimi, gelen fotonun enerjisi ve frekansı ile doğru orantılıdır. Fotonun enerjisi artarsa V_K artar.
- Kesme gerilimi, gelen ışığın dalga boyu ile ters orantılıdır. Gelen ışığın dalga boyu artarsa, gelen ışığın enerjisi azalır. Bu durumda V_K azalır.
- Kesme gerilimi, katotta kullanılan metalin bağlanma enerjisi ile ters orantılıdır. Metalin bağlanma (eşik) enerjisi artarsa V_K azalır.

- Aynı fotosel lambaya, sabit ışık akısı ile gönderilen K ve L ışık demetlerinin oluşturduğu fotoelektrik akımın gerilime bağlı grafiği şeklindeki gibi ise,

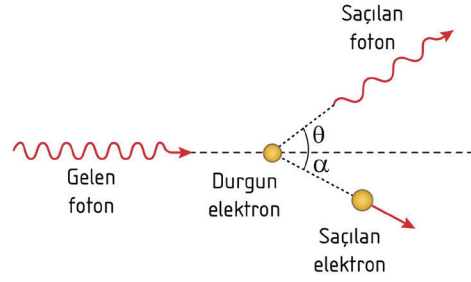


- Kesme potansiyelleri arasındaki ilişki; $V_K > V_L$ dir. Bu nedenle, gelen fotonların frekansları arasındaki ilişki; $f_K > f_L$, dalga boyları arasındaki ilişki; $\lambda_L > \lambda_K$ dir.
- Maksimum akımları eşit olduğundan gönderilen K ve L ışık demetlerinin ışık şiddetleri arasındaki ilişki; $I_K = I_L$ dir.





COMPTON OLAYI

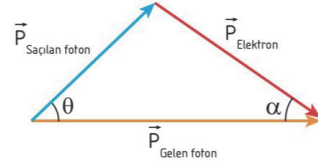


- Gelen foton, saçılan foton ve elektron aynı düzlemindedir.
- Çarpışma esnek çarpışmadır.
- Foton çarpışma sonucunda soğurulmaz.
- Saçılma sonucunda fotonun sürati değişmez.
- Çarpışma esnek çarpışma olduğundan kinetik enerji korunur.

$$E_{\text{gelen foton}} = E_{\text{saçılan foton}} + E_{\text{elektron}}$$

- Gelen fotonun enerjisinin birazı elektrona, birazı da saçılan fotona aktarıldığından, $f_{\text{gelen}} > f_{\text{saçılan}}$ ve $\lambda_{\text{gelen}} < \lambda_{\text{saçılan}}$ olur.
- Bu olayda momentum korunur. Gelen fotonun momentumu, saçılan fotonun momentumundan büyüktür.

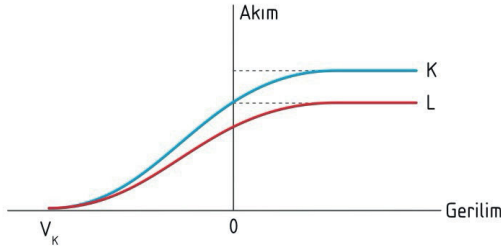
$$\vec{P}_{\text{gelen foton}} = \vec{P}_{\text{saçılan foton}} + \vec{P}_{\text{elektron}}$$



COMPTON OLAYI İLE FOTOELEKTRİK OLAYIN BENZER VE FARKLI YÖNLERİ

- Compton olayı, yüksek enerjili ışık fotonlarının atomdaki serbest elektronlara çarparak saçılmasıyla gerçekleşir. Bu nedenle Compton olayı, yüksek frekanlı X ışınları altında daha kolay gözlenirken, daha düşük frekanslı kızıl ötesi ışık altında zor gözlenir. Fotoelektrik olay ise düşük enerjili fotonların metal üzerine düşerek metalden elektron sökmeye esasına dayanır.
- Compton olayında foton soğrulmazken, fotoelektrik olayda foton soğrulur.
- Compton olayında tanecikler arasındaki etkileşimin yanı sıra esnek çarpışma gerçekleşir. Bu nedenle Compton olayı, fotoelektrik olaya göre, ışığın tanecik özelliği hakkında daha kesin deliller sunmaktadır.

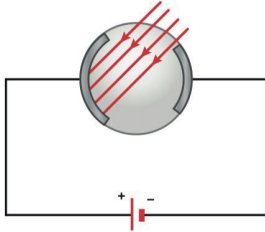
- Aynı fotocele ayrı ayrı gönderilen K ve L ışık demetlerinin akım-gerilim grafikleri şekildedeki gibi ise,



- K ve L fotonların kesme potansiyelleri V_K eşittir. Bu nedenle elektronların maksimum kinetik enerjileri ve gelen fotonların frekansları, dalga boyları ve enerjileri eşittir.
- Akımların maksimum değerlerinin farklı oluşu, K ve L ışık demetlerinin ışık şiddetlerinin farklı olduğunu gösterir. Işık şiddetleri arasındaki ilişki $I_K > I_L$ dir.

Örnek

Katodunun eşik enerjisi 2 eV olan bir fotosel tüpü bir üretece şekildedeki gibi bağlanmıştır.



Tüpün katoduna 5 eV enerjili fotonlar gönderildiğinde, kopan elektronların maksimum kinetik enerjisi 1,4 eV olduğuna göre, üreticinin elektromotor kuvveti kaç V'dir?

- A) 1,2 B) 1,4 C) 1,6 D) 1,8 E) 2

Örnek

Bir fotosel lambaya, ayrı ayrı düşürülen X ve Y ışınlarının devrede oluşturduğu maksimum akım şiddetleri ile devrenin kesme gerilimleri tablodaki gibidir.

Işın	Akım şiddeti	Kesme gerilimi
X	i	2V
Y	2i	V

Buna göre, X'in;

- ışık akısı,
- frekans,
- dalga boyu

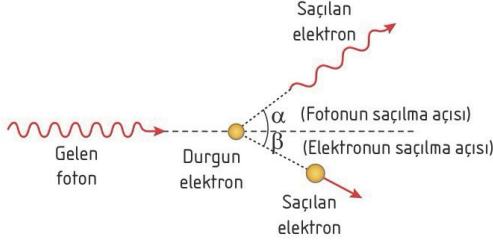
niceliklerinden hangileri Y'ninkinden büyüktür?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III



ÖSYM Benzeri

Bir Compton olayında foton, durgun bir elektronla şekildeki gibi çarpışarak enerjisinin yarısını yitiriyor.



Buna göre,

- Fotonun α saçılma açısı, elektronun β saçılma açısına eşittir.
- Saçılan fotonun enerjisi, saçılan elektronun kazandığı kinetik enerjiye eşittir.
- Saçılan fotonun dalga boyu, gelen fotonun dalga boyunun iki katına eşittir.

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

(Şekil ölçekli çizilmemiştir.)

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

IŞIĞIN DOĞASI

Işığın yapısı hakkında iki teori üzerinde durulmaktadır. Bunlar tanecik ve dalga teorileridir.

- Tanecik teorisini destekleyen ilk bilim insanı Newton'dır. Newton'a göre ışık, ışık kaynaklarından çıkan sonsuz küçük taneciklerden oluşur ve doğrusal olarak hareket eder.
- Işığın dalga özelliği gösterdiği fikrini ilk ileri süren Huygens'tir. Huygens, ışık kaynaklarının çok yüksek titreşimler meydana getirdiğini, bu titreşimlerin saydam ortamlarda dalgalar halinde yayıldığını ileri sürmüştür.
- Grimaldi, ışığın tek yarıktan geçtikten sonra (kırınım olayı) girişim saçakları oluşturduğunu göstermiştir.
- Young, çift yarıktan ışığın girişim yaptığını göstermiştir.
- Maxwell dalga modeline destek vermiş ve ışığı elektrik ve manyetik alanların titreşiminden oluşan bir elektromanyetik dalga olarak tanımlamıştır.
- Fotoelektrik olay ve Compton olayı ışığın dalga modelinin açıklamakta yetersiz kaldığı olaylar olmuş ve bu olaylar tanecik modeli ile açıklanabilmiştir.
- Tüm bu çalışmalar bize ışığın ikili doğaya sahip olduğunu göstermektedir. Buna göre, ışık bazı olaylarda tanecik gibi davranırken bazı olaylarda dalga gibi davranır.

Yalnız tanecik modelinin açıklayabildiği olaylar,

- Fotoelektrik olay
- Compton olayı
- Işık basıncı

Yalnız dalga modelinin açıklayabildiği olaylar;

- Girişim olayı
- Kırınım olayı
- Ortam değiştiren ışığın aynı anda hem yansıması hem de kırılması
- Polarizasyon (Kutuplanma)
- Işığın renklere ayrılması

Tanecik ve dalga modelinin ortak açıklayabildiği olaylar;

- Işığın yansıması
- Işık akısı
- Işığın doğrusal yayılması
- Işığın birbiri içinden geçmesi
- Kırılma
- Gölge oluşumu

FİZİKİNİTO

DE BROGLİE DALGA BOYU

$$E = P \cdot c$$

- Fotonun enerjisi, $E = h \cdot f$ ile hesaplanıyordu. Üsteki formülde yerine yazıldığında, $h \cdot f = P \cdot c \Rightarrow P \cdot c = \frac{hc}{\lambda}$ elde edilir.
- c'ler sadeleştirildiğinde, kütlesi m, hızı v, momentumu P olan bir parçacığa eşlik eden madde dalgalarının De Broglie dalga boyu bağıntısı türetilir.

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

ya da

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Örnek

X, Y ve Z taneciklerinin kütle ve hız değerleri tablodaki gibidir.

	Kütle	Hız
X	2m	v
Y	m	2v
Z	3m	v

Bu taneciklerin De Broglie dalga boyları sırasıyla λ_X , λ_Y ve λ_Z olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $\lambda_X = \lambda_Y > \lambda_Z$ B) $\lambda_Z > \lambda_Y > \lambda_X$ C) $\lambda_Z > \lambda_X = \lambda_Y$
D) $\lambda_Y = \lambda_Z > \lambda_X$ E) $\lambda_X > \lambda_Y = \lambda_Z$



GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİLERİ



Röntgen Cihazı

Röntgen tarafından bulunmuştur. Organizmaların, gözle görülmeyen iç yapıları X-ışınları kullanılarak görüntülenir. Elde edilen görüntü iki boyutludur. Röntgen ile kemik gibi sert dokuların görüntüsü kolayca elde edilebilirken, yumuşak dokularda yetersiz kalmaktadır. İnsan sağlığına zararlı etkileri olduğundan, çok sık kullanılmamalıdır.

MR Cihazı

Manyetik rezonans bir görüntüleme tekniğidir. MR cihazında radyo dalgaları kullanılır. Çok güçlü manyetik alan kullanılarak insan dokusundaki atomlar titreştirilir. Bu atomlar üzerine gönderilen radyo dalgalarının geri yansyanları ile görüntü elde edilir.

Bilgisayarlı Tomografi

Röntgende olduğu gibi X-ışınları ile görüntü elde edilir. Bu nedenle sağlığa zararlıdır. Röntgen cihazının işe yaramadığı yumuşak dokularda görüntü elde etmeye yarar.

PET (Pozitron Emisyon Tomografisi) Görüntüleme Cihazı

En gelişmiş görüntüleme tekniğidir. İnsan vücuduna radyoaktif madde verilerek, bu maddeden salınan pozitronlarla, serbest elektronların birbirini yok etmesi ile açığa çıkan gama ışınları kullanılarak görüntü oluşturulur. Tüm vücudun üç boyutlu görüntüsü elde edilebilir.

Ultrason (US) Cihazı

Ultrason, insan kulağının duyamayacağı yüksek frekanslı ses dalgalarından faydalanarak görüntüleme sağlayan bir yöntemdir. Ses dalgaları kullanıldığı için sağlığa zararlı değildir. Gönderilen ses dalgalarının yansyanları kullanılarak anlık ve hareketli görüntü elde edilir.

Radar

Radarlarda algılama ve ölçme için ilk başlarda radyo dalgaları kullanılırken, günümüzde mikrodalgalar kullanılmaktadır. Hava trafiğinin kontrolü, navigasyon, hız sensörleri ve gözlemleme amacıyla kullanılmaktadır.

Sonar

Ses dalgaları kullanarak cisimlerin boyut ve uzaklığını ölçen alettir. Ses dalgalarının hedefe çarpıp geri dönenlerini kullanarak görüntü oluşturur. Denizcilikte balık sürülerinin saptanması ve su derinliğinin ölçülmesi için kullanılır.

Termal Kameralar

Sıcaklığı 0 Kelvin'in üzerinde olan tüm cisimler sahip oldukları sıcaklığa göre etraflarına elektromanyetik dalgalar yayarlar. Termal kameralar cisimlerin etraflarına yaydığı kızılötesi aralıkta bulunan bu dalgaları tespit ederek görüntüleme yapar. Termal kameralar tıp ve askeri alanda sıklıkla kullanılmaktadır.





LCD VE PLAZMA TEKNOLOJİSİ

- ❖ LCD, sıvı kristal ekran demektir. Günümüzde tv, bilgisayar, tablet ve akıllı telefon ekranlarında sıklıkla kullanılırlar. Sıvı kristallerin en önemli özelliği, içerisinden geçen ışık ışınlarına yön vermesi ve onları istenilen doğrultuda bükebilmesidir. Bu özellik ile görüntü kısa mesafelerde ekran üzerine düşürülür. Sıvı kristaller sıcaklık değişimlerine çok duyarlıdır. Sıcaklık değişimi sonucunda, R-G-B (red-green-blue) renk hücrelerinden değişik renk tonları elde edilebilir.
- ❖ Plazmalar, gazın iyonlaşmış halidir. Plazma monitörler, LCD monitörlerde olduğu gibi renk piksellerinden (R-G-B) oluşmaktadır. Her pikselde içleri özel bir gaz karışımı ile dolu düşük basınçlı kapalı cam bölmecikler vardır. Bu ufak plazma bölmelerinin ardında kırmızı, yeşil ve maviden oluşan renkli fosforlar bulunur. Monitöre elektrik verildiğinde bu bölmelerin içindeki gaz, plazma haline dönüşür ve görünmeyen UV ışını yayar. Bu ışın kırmızı, yeşil ve mavi fosfor tabakasına çarparak görünür ışığı ve renkleri oluşturur. Her bir piksel ayrı ayrı aydınlatıldığından, elde edilen renk LCD lere göre daha üst düzeydedir.

YARI İLETKEN TEKNOLOJİSİ

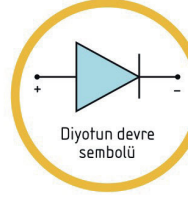
YARI İLETKEN MADDELERİN ÖZELLİKLERİ

Yarı iletken maddeler, elektrik iletkenliği bakımından iletken ile yalıtkan arasında kalan maddelerdir. Normal durumda yalıtkan olan bu maddelere ısı, ışık, elektriksel gerilim ya da manyetik etki gibi dış etkiler uygulandığında iletken hâle geçer.

- ❖ Yarı iletkenler N ve P tipi olmak üzere iki çeşittir.
 - ❖ Germanyum veya silisyuma, fosfor veya değerlik elektron sayısı 5 olan katkı maddelerinin katılmasıyla **N tipi yarı iletken** elde edilir. N tipi yarı iletkenlerde akım taşıyıcıları serbest elektronlardır.
 - ❖ Germanyum veya silisyuma, alüminyum gibi değerlik elektron sayısı 3 olan katkı maddelerinin katılmasıyla **P tipi yarı iletken** elde edilir. Bu durumda germanyum ve silisyum atomlarının atomik yörüngelerinde elektron boşluğu oluşur ve elektrik akımı bu boşluklar sayesinde taşınır.
 - ❖ Yarı iletkenler, iletkenlik açısından iletken ve yalıtkanlar arasında olup, normalde yalıtkanlardır. Isı, ışık ve manyetik etki ile iletken hale gelirler. Tabiatıta doğal olarak bulunabildiği gibi, laboratuvarlarda da elde edilebilirler. Kristal yapıya sahiptirler.

DİYOT

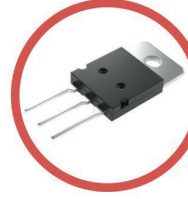
Diyotlar bir yönden gelen akımı geçiren elektronik devre elemanlarıdır. Tek yönlü akım geçirdikleri için alternatif akımı doğru akıma çevirebilirler. Bu nedenle diyotlara doğrultmaç da denir. Diyotlar, P ve N yarı iletkenlerinden elde edilir. P ve N ikilisi birleştiğinde PN eklemi oluşur ve diyotun yapısında bu eklem bulunur.



Diyotun devre sembolü

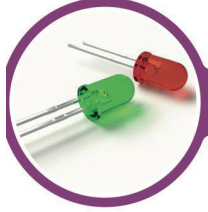
TRANSİSTÖR

Transistörler elektrik sinyallerini (akım ve gerilimi) yükselten devre elemanlarıdır. Akımın geçip geçmemesi yönüyle anahtarlama görevi de yapmaktadır. Günümüz teknolojisinin en önemli devre elemanlarından biri olup, bilgisayarlarda, telefonlarda ve tüm elektronik devrelerde kullanılırlar.



LED TEKNOLOJİSİ

LED ışık yayan diyot demektir. Yarı iletken malzemeler kullanılarak yapılırlar. LED'ler enerji tasarrufu yaparak elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştürürler. Aydınlatmalarda, cep telefonu ve bilgisayar ekranlarında, ışıklı panolarda LED'ler sıklıkla kullanılır. TV kumandası gibi bazı aletlerde kızılötesi ışık yayan LED'lerden faydalanılmaktadır.



GÜNEŞ PİLLERİ

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeyle gelen Güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. P ve N tipi yarı iletkenlerden oluşmaktadır. Fotoelektrik olaydaki gibi fotonların söktüğü elektronların hareketiyle elektrik akımı elde edilir. Güneş pillerinden, yapay uydular, şarj cihazları, haberleşme, hava gözlem istasyonları, trafik işaretleri, aydınlatma, deniz feneri ve soğutma gibi pek çok alanda yararlanılır.





SÜPER İLETKENLER

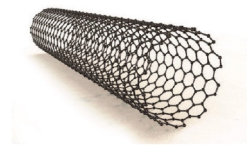
Belirli bir sıcaklık değerine soğutulduğunda, bu sıcaklık değerinden itibaren elektrik akımına karşı direnç göstermeyen maddelere **süper iletken** madde denir.

- Süper iletkenlerin birçoğu alaşım ve bileşiklerden oluşur. Süper iletkenler için kritik sıcaklık ve kritik manyetik alan değerleri ayırt edici özelliklerdir.
- Süper iletkenliğin iki temel özelliği vardır;
 - Belirli bir kritik sıcaklık değerinde dirençlerinin sıfır olması
 - Süper iletkenin içine manyetik alanın nüfuz edememesi
- Süper iletkenler, elektrik akımına karşı sıfır direnç göstermesi ve kayıpsız olarak elektrik akımını iletmesi nedeniyle elektriğin iletilmesi ve depolanmasında, güçlü mıknatısların yapılmasında kullanılır. Hiç kayıp olmadığından neredeyse ışık hızına yakın bir hızda veri transferi mümkündür.
- Süper iletkenler manyetik alanı dışladıkları için mıknatıs tarafından itilirler. Bu itme kuvvetinden, MAGLEV adı verilen hızlı trenlerde yararlanılır. Süper iletkenlerden, tıpta ve nükleer fizikte de yararlanılmaktadır.

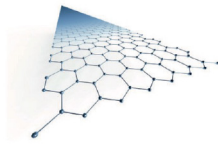
NANOTEKNOLOJİ

Atom ve moleküllerin bir araya getirilerek nanometre ölçeklerde işlevli yapılar meydana getirilmesine **nanoteknoloji** denir.

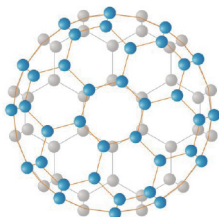
- Nanoteknoloji ile yapılan nano yapılar, 1 ile 100 nm boyutundadır. 1 nanometre = 10^{-9} metredir.
- Nanoteknolojinin amacı, nano boyutlarda aygıtlar geliştirmek ve bunların günlük hayatta kullanılmalarını sağlamaktır.
- Taramalı tünelleme mikroskobu ve atomik kuvvet mikroskobunun geliştirilmesiyle atomların gözlenmesi mümkün olmuş ve nano yapılar üretilmeye başlanmıştır.
- Nano malzemeler, normal özelliklerinden çok farklı özelliklere sahiptirler. Örneğin, normalde kırılğan olan seramik, nano ölçülerde kolaylıkla şekillendirilebilir. Normalde sarı olan altın, nano ölçülerde kırmızı renkte görünür. Bakır, nano ölçülerdeyken saydam bir madde gibi davranır. Yanıcı bir madde olmayan alüminyum nano ölçülerde yanıcıdır.



Karbon nanotüp



Grafen levha



Fulleren

LASER IŞINLARI

Uyarılmış bir atomun elektronları alt enerji düzeylerine normalde kendiliğinden geçerken, bazı durumlarda elektronlar alt enerji düzeyine kendiliğinden geçmeden önce biraz bekler.

- Bekleyen elektronları alt düzeye indirmek için dışarıdan bir foton gönderilir. Gönderilen bu foton atomu uyarmayıp atomun zorla ışıma yapmasına sebep olur.
- Bu şekilde ışın yayınlanması olayına **uyarılmış emisyon** denir. Uyarılmış emisyon yolu ile elde edilen ışınlara da **LASER** ışınları denir.
- LASER ışığı yüksek genlikli, aynı fazlı, tek renkli, birbirine paralel ve aynı frekanslı fotonlardan oluşur.

- Gözle görülebilir.
- Dağılmadan yayılabilir.
- Tek bir noktaya odaklanarak bu noktada yüksek sıcaklık elde edilebilir. Bu özelliği sayesinde kesme, buharlaştırma, kaynak yapma gibi işlemler yapılabilir.
- LASER ışınları ile çok hassas mesafe ölçümü yapılabilir.
- Bulut, sis ve yağmur gibi atmosfer olaylarından etkilenir.
- Tıpta kansız ameliyatların yapılması, yırtılmış göz retinasının LASER ışını ile acısız ve süratle dikilmesi, tümörlerin yakılarak tedavi edilmesi, çürük diş çukurlarının dolgu yapılmak üzere lazer ile acısız delinmesi LASER'in tıp alanındaki kullanımına örnek olarak verilebilir.
- Optik yazıcı, okuyucu, barkod sistemleri ve fiber optik haberleşmede LASER'den faydalanılır.
- Ayrıca LASER ile ışık gösterileri ve hologramlar da yapılmaktadır.



GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİLERİ



Röntgen Cihazı

Röntgen tarafından bulunmuştur. Organizmaların, gözle görülmeyen iç yapıları X-ışınları kullanılarak görüntülenir. Elde edilen görüntü iki boyutludur. Röntgen ile kemik gibi sert dokuların görüntüsü kolayca elde edilebilirken, yumuşak dokularda yetersiz kalmaktadır. İnsan sağlığına zararlı etkileri olduğundan, çok sık kullanılmamalıdır.



Ultrason (US) Cihazı

Ultrason, insan kulağının duyamayacağı yüksek frekanslı ses dalgalarından faydalanarak görüntüleme sağlayan bir yöntemdir. Ses dalgaları kullanıldığı için sağlığa zararlı değildir. Gönderilen ses dalgalarının yansyanları kullanılarak anlık ve hareketli görüntü elde edilir.



MR Cihazı

Manyetik rezonans bir görüntüleme tekniğidir. MR cihazında radyo dalgaları kullanılır. Çok güçlü manyetik alan kullanılarak insan dokusundaki atomlar titreştirilir. Bu atomlar üzerine gönderilen radyo dalgalarının geri yansyanları ile görüntü elde edilir.



Radar

Radarlarda algılama ve ölçme için ilk başlarda radyo dalgaları kullanılırken, günümüzde mikrodalgalar kullanılmaktadır. Hava trafiğinin kontrolü, navigasyon, hız sensörleri ve gözlemlleme amacıyla kullanılmaktadır.



Bilgisayarlı Tomografi

Röntgende olduğu gibi X-ışınları ile görüntü elde edilir. Bu nedenle sağlığa zararlıdır. Röntgen cihazının işe yaradığı yumuşak dokularda görüntü elde etmeye yarar.



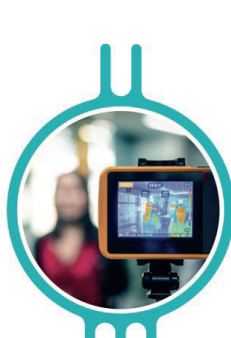
Sonar

Ses dalgaları kullanarak cisimlerin boyut ve uzaklığını ölçen alettir. Ses dalgalarının hedefe çarpıp geri dönenlerini kullanarak görüntü oluşturur. Denizcilikte balık sürülerinin saptanması ve su derinliğinin ölçülmesi için kullanılır.



PET (Pozitron Emisyon Tomografisi) Görüntüleme Cihazı

En gelişmiş görüntüleme tekniğidir. İnsan vücuduna radyoaktif madde verilerek, bu maddeden salınan pozitronlarla, serbest elektronların birbirini yok etmesi ile açığa çıkan gama ışınları kullanılarak görüntü oluşturulur. Tüm vücudun üç boyutlu görüntüsü elde edilebilir.



Termal Kameralar

Sıcaklığı 0 Kelvin'in üzerinde olan tüm cisimler sahip oldukları sıcaklığa göre etraflarına elektromanyetik dalgalar yayınlılar. Termal kameralar cisimlerin etraflarına yaydığı kızılötesi aralıkta bulunan bu dalgaları tespit ederek görüntüleme yapar. Termal kameralar tıp ve askeri alanda sıklıkla kullanılmaktadır.

FİZİKİNİTO

