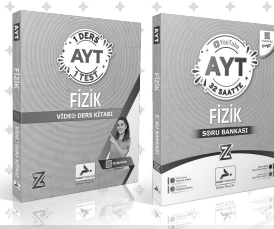




# ÜNİTE 1



## bölüm 6

## KUVVET VE HAREKET

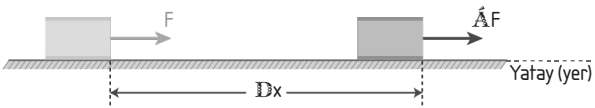
### Enerji

#### Tarihsel Süreç

- h Düşen cisimler ve sarkaçlar üzerine çalışmalar yapan Ga-lileo çalışmalarında kurduğu sistemlerde korunan bir şeyin olduğu çıkarımını yapmıştır.
- h 1738'te Akışkanlar Dinamiği çalışan Bernoulli, kinetik enerjiyi akışkanların hareketi ile bağdaştırmış olup, Sanayi Devrimi ile birlikte Thomas Young ilk kez "Enerji" kelime-sini kullanmıştır.
- h Aynı dönemde Hermann von Helmholtz'un enerjinin korunumu yasasını formüle etmesi ve James Prescott Joule'ün ısı, mekanik hareket ile ilişkisinin belirlenmesi ile beraber ısı ve işin farklı kavramlar olduğu anlaşılmıştır.
- h Son olarak Einstein'ın ünlü formülü  $E=mc^2$  ile beraber kütle ile enerji ile bir ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

### İş

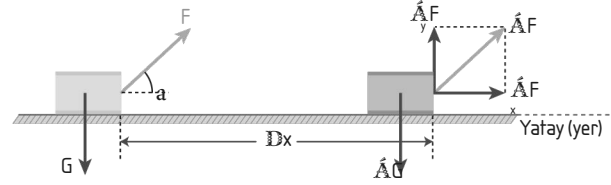
- h Kuvvet uygulayarak bir cismin yer değiştirmesinin sağlanması ile gerçekleşen enerji aktarımına iş denir.
- h Fiziksel anlamda iş tanımının iki şartı vardır.
  - L Cisim yer değiştirmelidir.
  - L Kuvvet, yer değiştirme doğrultusunda olmalı ya da bu doğrultuda bileşeni olmalıdır.
- h İş, skaler bir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



- h Cisim F kuvvetinin etkisinde Dx kadar yer değiştirdiğinde yapılan iş;

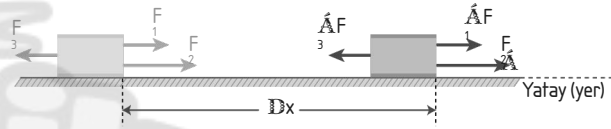
$$W = \vec{F} \cdot \vec{Dx} \text{ dir.}$$

- h Kuvvet ile yer değiştirme doğrultusu arasında bir açı varsa işi bulmak için kuvvetin yer değiştirme doğrultusundaki bileşeni alınır. Düşey bileşen ve cismin ağırlığı yer değiştirme doğrultusuna dik olduğu için iş yapmaz.



$$W = F \cdot Dx = F \cdot \cos \alpha \cdot Dx$$

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

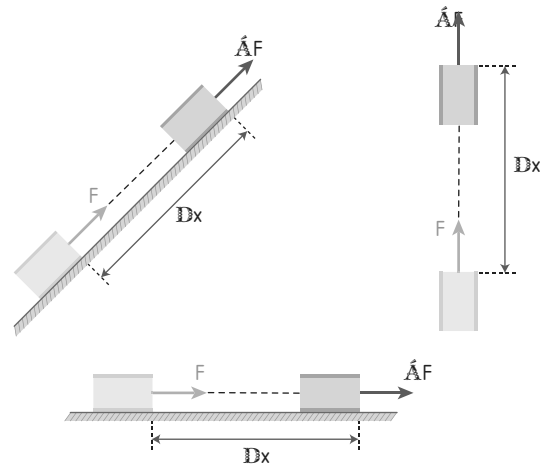


$$F_1 \cdot Dx + F_2 \cdot Dx + F_3 \cdot Dx = F_{1+2+3 \text{ net}} \cdot Dx = (F_1 + F_2 + F_3) \cdot Dx$$

#### NOT

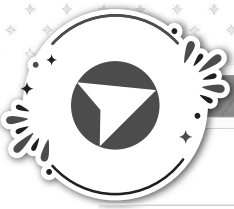
Hareket yönüne zıt yöndeki kuvvetlerin yaptığı iş negatiftir. Negatif iş, cismin ya da sistemin enerjisini azalttığı anlamına gelir.

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

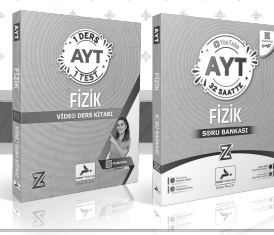


#### NOT

Bir cisme F kuvveti etkisinde x kadar yol aldırıldığında yapılan işin büyüklüğü cismin kütlesine ya da cisim ile yüzey arasındaki sürtünmeye bağlı değildir.



Enerji



### Örnek

Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemde durmakta olan bir cisme yatay F kuvveti 3t süre uygulanıyor.

Kuvvetin 0 - t, t - 2t ve 2t - 3t zaman aralıklarında yaptığı işler sırasıyla W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub> ve W<sub>3</sub> olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

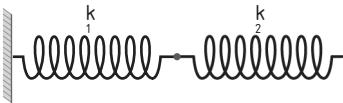
- A) W<sub>1</sub> = W<sub>2</sub> = W<sub>3</sub>                      B) W<sub>1</sub> > W<sub>2</sub> > W<sub>3</sub>  
 C) W<sub>3</sub> > W<sub>2</sub> > W<sub>1</sub>                      D) W<sub>1</sub> > W<sub>3</sub> > W<sub>2</sub>  
 E) W<sub>3</sub> = W<sub>1</sub> > W<sub>2</sub>

### HOOKE YASASI

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

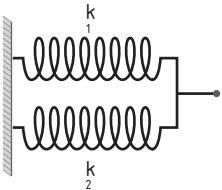
$$\Delta F = -k \cdot \Delta x$$

- h Yayların seri ve paralel bağlanması ile oluşan eşdeğer yay sabit-leri aşağıdaki gibi bulunur.



Seri bağlanmış yaylar

$$\frac{1}{k_{\text{eş}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

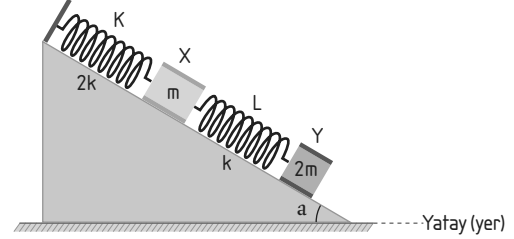


Paralel bağlanmış yaylar

$$k_{\text{eş}} = k_1 + k_2$$

### 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.



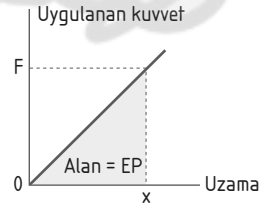
K ve L yaylarının doğal boylarına göre uzama miktarları sırasıyla x<sub>K</sub> ve x<sub>L</sub> olduğuna göre,  $\frac{x_K}{x_L}$  oranı kaçtır? x

(Yayların kütleleri önemsizdir.)

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

### YAY ESNEKLİK POTANSİYEL ENERJİSİ

- h Yayda meydana getirilen uzama ya da sıkışma sırasında yapılan iş, yayda esneklik potansiyel enerjisi olarak depolanır.
- h Esnek yay için uygulanan kuvvet - uzama grafiği şekildeki gibidir. Grafiğin eğimi yay sabitine eşittir.



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

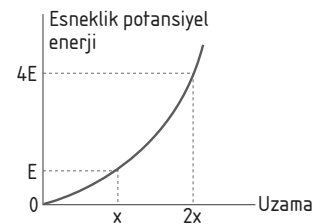
$$\text{Alan} = \text{İş} = \text{Esneklik potansiyel enerjisi}$$

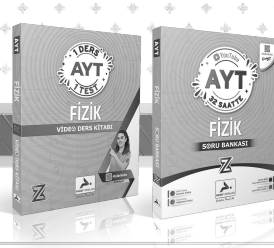
$$1 \text{ Alan} = \frac{1}{2} k x^2$$

- h Yay sabiti k olan esnek yayda F kuvveti ile x kadar uzama gerçekleştiğinde yaydaki esneklik potansiyel enerjisini veren ifade aşağıdaki gibidir.

$$EP_{\text{yay}} = \frac{1}{2} k x^2$$

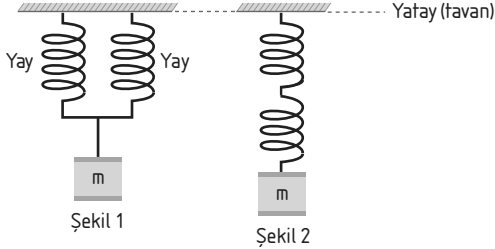
- h Esnek bir yayda depolanan potansiyel enerji - uzama (ya da sıkışma) grafiği şekildeki gibidir.





## ÖSYM Benzeri

Özdeş iki yay birbirine paralel bağlanarak uçlarına  $m$  kütleli bir cisim Şekil 1'deki gibi asılıp sistem dengeye geldiğinde yaylarda depolanan toplam enerji  $E$  oluyor.



Yaylar uç uca eklenip  $m$  kütleli elde edilen yayın ucuna Şekil 2'deki gibi asılırsa sistem yeniden dengeye geldiğinde yaylarda depolanan toplam enerji kaç  $E$  olur?

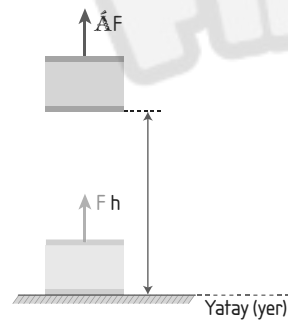
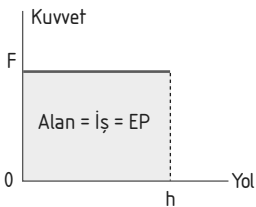
- A)  $\frac{1}{4}$  B)  $\frac{1}{2}$  C) 1 D) 2 E) 4

## YER ÇEKİMİ POTANSİYEL ENERJİSİ

h  $m$  kütleli bir cisim sabit  $F$  kuvveti ile sabit hızla  $h$  kadar düşey yukarı çıkarıldığında yapılan iş cismin yer çekimi potansiyel enerjisine dönüşür.

h Cisme uygulanan kuvvet cismin ağırlığına eşittir. ( $F = mg$ )

h Sabit ve düşey  $F$  kuvveti ile düşey yukarı çıkarılan bir cisim için kuvvet - yol grafiği aşağıdaki gibidir.



$$\begin{aligned} \text{Alan} &= \text{İş} = EP \\ \Delta F &= m \Delta g \\ W &= F \cdot h = m \cdot g \cdot h \\ EP_{\text{yer çekimi}} &= m \cdot g \cdot h \end{aligned}$$

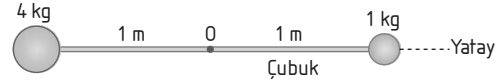
h Yer çekimi ivmesinin  $g$  olduğu ortamda  $m$  kütleli bir cismin yer-den yüksekliği  $h$  ise cismin yer çekimi potansiyel enerjisini veren bağıntı;

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

dir.

## Örnek

O noktası etrafında serbestçe dönebilen kütlesi önemsiz 2 m uzunluğundaki çubuğun uçlarına sabitlenmiş 4 kg ve 1 kg kütleli cisimler yatay konumda şekildeki gibi dengededir.

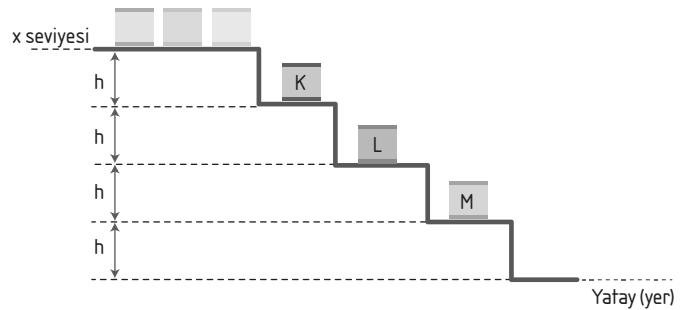


Çubuk ve cisimlerden oluşan sistem serbest bırakılarak düşey denge sağlandığında cisimlerden oluşan sistemin yer çekimi potansiyel enerjisindeki değişim aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) Değişmemiştir. B) 30 J artmıştır.  
C) 30 J azalmıştır. D) 40 J artmıştır.  
E) 40 J azalmıştır.

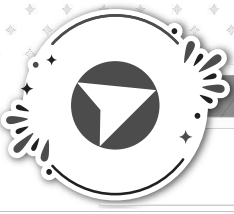
## Örnek

Basamaklara şekildeki gibi yerleştirilmiş boyutları önemsiz  $K$ ,  $L$  ve  $M$  cisimlerinin yere göre potansiyel enerjileri eşittir. Daha sonra cisimlerin üçü de  $x$  seviyesine götürülüyor.

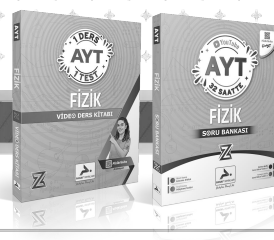


Taşıma sonrasında cisimlerin yer çekim potansiyel enerjilerindeki artış miktarları sırasıyla  $E_K$ ,  $E_L$  ve  $E_M$  olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

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

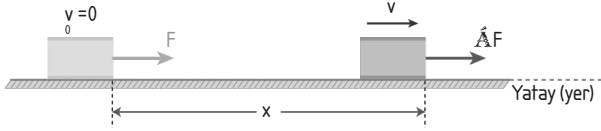


Enerji

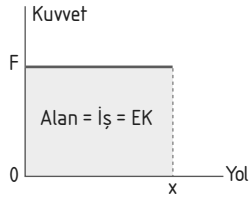


## KİNETİK ENERJİ

- h Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemde durmakta olan  $m$  kütleli bir cisim sabit  $F$  kuvveti ile  $x$  kadar ilerletildiğinde,  $x$  yolu sonunda  $F$  kuvvetinin yaptığı iş cismin kinetik enerjisine eşittir.



- h  $\vec{F}$  kuvvetinin etkisinde cisim  $\vec{a}$  ivmesi ile hızlanır.
- h Sabit ve yatay  $F$  kuvveti ile yatayda yol aldırılan cisim için kuvvet - yol grafiği aşağıdaki gibidir. Grafiğin altında kalan alan yapılan işi verir. Bu iş, cismin kazandığı kinetik enerjiye eşittir.



$$\text{Alan} = \text{İş} = EK \quad \vec{F} = m\vec{a}$$

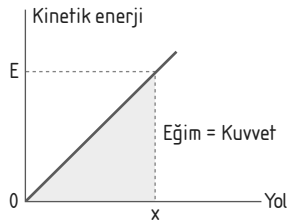
$$W = F \cdot x = m \cdot a \cdot x = EK$$

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

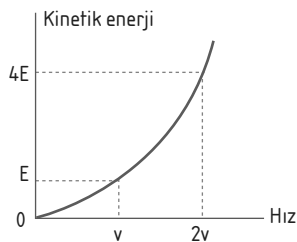
$$EK = m \cdot \frac{v^2}{2x} \cdot x = \frac{mv^2}{2}$$

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

- h Cismin ilk hızı varsa ve kuvvet cismin hareket yönünde ise cismin kinetik enerjisi yapılan iş kadar artar, kuvvet cismin hareket yönüne zıt ise cismin kinetik enerjisi yapılan iş kadar azalır.
- h Sabit kuvvet etkisindeki cismin kinetik enerji - yol grafiğinde eğim kuvvete eşittir.

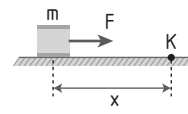


- h Cismin kinetik enerjisi, hızının karesi ile doğru orantılıdır.

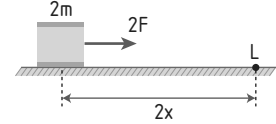


## Örnek

Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan  $m$  ve  $2m$  kütleli cisimlere Şekil 1 ve Şekil 2'deki gibi  $F$  ve  $2F$  kuvvetleri  $x$  ve  $2x$  kadar yol aldırıyor.



Şekil 1



Şekil 2

Cisimlerin K ve L noktalarındaki kinetik enerjileri  $E_K$  ve  $E_L$  oldu -  $E_K$  göre,  $E_L$  kaçtır? E

A)  $\frac{1}{4}$

B)  $\frac{1}{2}$

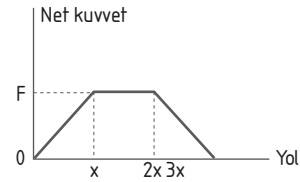
C) 1

D) 2

E) 4

## Örnek

Yatay bir düzlemde durmakta olan cisme etki eden net kuvvetin cismin aldığı yola bağlı grafiği şekilde gibidir.



Cisim harekete geçtikten sonra  $x$  kadar yol aldığı anda kinetik enerjisi  $E$  olduğuna göre, toplamda  $3x$  yol aldığı andaki kinetik enerjisi kaç  $E$ 'dir?

A) 0

B) 1

C) 2

D) 4

E) 8