



ÜNİTE II

ENERJİ

1. İş-Güç
2. Enerji
3. Kinetik Enerji
 - a) Yapılan İş ve Kinetik Enerji Değişimi
 - b) Kinetik Enerjinin Korunumu
 - c) Sürtünmeli Etkileşmelerde Kinetik Enerji Kaybı
 - d) Dönen Bir Cismin Kinetik Enerjisi
4. Potansiyel Enerji
 - a) Yayın Potansiyel Enerjisi
 - b) Yeryüzü Yakınlardaki Yer Çekimi Potansiyel Enerjisi
 - c) Genel Olarak Çekim Potansiyel Enerjisi
 - d) Kurtulma ve Bağlanma Enerjisi
5. Einstein'e Göre Enerji
6. Mekanik Enerjinin Korunumu
7. Mekanik Enerjinin Korunumu İle İlgili Uygulamalar

ÖZET

ÖĞRENDİKLERİMİZİ PEKİŞTİRELİM

DEĞERLENDİRME SORULARI

- . Ünite II ile İlgili Problemler
- . Ünite II ile İlgili Test Soruları

**BU ÜNİTEDE NELER ÖĞRENECEĞİZ?**

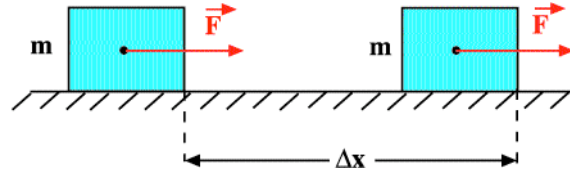
Bu bölümü çalıştığımızda;

- * İş, enerji ve güç kavramlarını,
- * İş-enerji teoremini,
- * Dönme kinetik enerjisi ve eylemsizlik momentini,
- * Potansiyel enerji kavramını,
- * Mekanik enerjinin korunumu yasasını,
- * Hareket problemlerinin çözümü için yeni yöntemleri öğreneceksiniz.

**BU ÜNİTEYİ NASIL ÇALIŞMALIYIZ?**

- * Bu bölümü kavrayabilmek için; ilk beş bölümü anlamış olmanız gerekir.
- * Bu bölümü çalışmaya başlamadan önce; vektörel analiz konusunu ve Newton'un II. Hareket Kanunu ile sabit ivmeli hareket eşitliklerini tekrarlayınız.

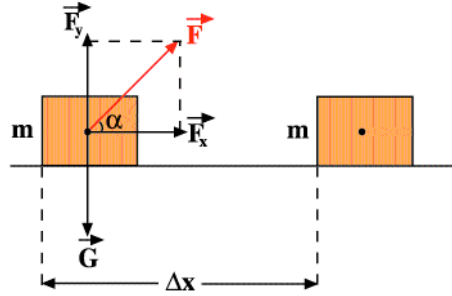
1. İŞ-GÜÇ



Şekil 2.1 : Kuvvet etkisiyle bir cismin yer değiştirmesi.

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, yatay düzlemdeki cisim sabit bir \vec{F} kuvvetinin etkisiyle Δx kadar yer değiştirmiş olsun. Yapılan iş, kuvvetle (F) yer değiştirmenin (Δx) çarpımına eşittir. $W = F \cdot \Delta x$ 'tir.

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi yatay düzlemdeki cisim, yatayla α açısı yapan sabit bir kuvvetin etkisiyle Δx kadar yer değiştirmiş olsun. Yapılan iş kuvvetin yatay bileşeni (F_x) ile yer değiştirmenin (Δx) çarpımına eşittir.

Şekil 2.2 : \vec{F} kuvvetinin hareket yönündeki bileşeni

$$W = F_x \Delta x$$

$$F_x = F \cos \alpha \quad \text{olduğundan,}$$

$$W = F \cos \alpha \Delta x \quad \text{şeklinde işin genel ifadesi yazılır.}$$

Kuvvetin yatay eksenle (Hareket doğrultusu) yaptığı α açısının değerine göre yapılan iş sıfır, artı ve eksi değerler olabilir.

- I. $\alpha = 0^\circ$ ise, cismin hareket yönü ile uygulanan kuvvetin yönü aynıdır.
 $\cos 0^\circ = 1$ olduğundan yapılan iş en büyüktür. $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos 0^\circ = F \cdot \Delta x$ olur.
- II. $\alpha = 90^\circ$ ise, kuvvet hareket doğrultusuna diktir. $\cos 90^\circ = 0$ olduğundan iş yapılmaz.
 $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos 90^\circ = 0$ olur.

III. $\alpha = 180^\circ$ ise, cismin hareket yönü ile uygulanan kuvvet ters yönlüdür.

$\cos 180^\circ = -1$ olduğundan yapılan iş negatif olur. $W = F \cdot \Delta x \cdot \cos 180^\circ = -F \cdot \Delta x$ olur.



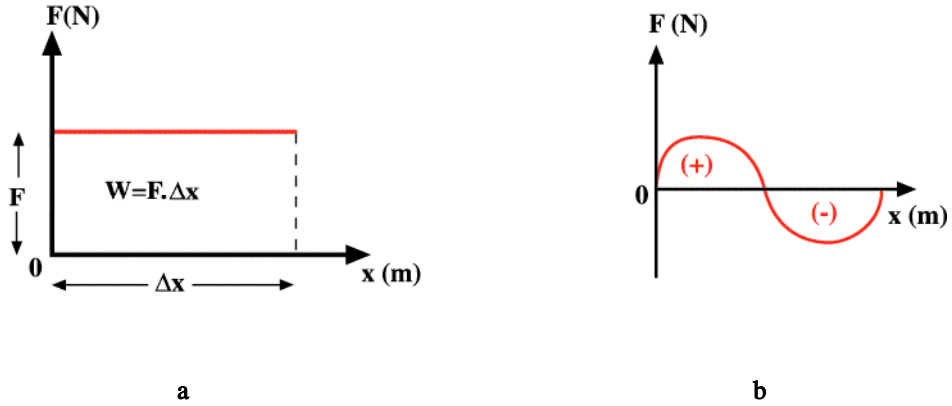
$\alpha = 90^\circ$ olduğunda $W = 0$ olur. Yani, hareket doğrultusuna dik kuvvet iş yapmaz.

Nicelik	Kuvvet	Yer değiştirme	İř
Sembol	F	Δx	W
Birim	N	m	J (Joule) = N . m

Tablo 2.1 : Birim tablosu

Grafik 2.1'de bir cisim üzerine etki eden kuvvetle cismin yer deęiřtirmelerinin değişimi görülmektedir. Buna göre;

- I. Yapılan iş grafikte yatay eksen arasında kalan alana eşittir.
- II. Toplam alan hesabında işaretler dikkate alınır.



Grafik 2.1: Kuvvet-yer değiştirme grafikleri



Birim zamanda yapılan işe güç denir. Tanıma göre güç,

$$\text{Güç} = \frac{\dot{W}}{\text{Zaman}}$$

$$P = \frac{W}{t} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

Nicelik	İş	Zaman	Güç
Sembol	W	t	P
Birim	J	s	W (Watt)= $\frac{\text{joule}}{\text{saniye}}$

Tablo 2.2 : Birim tablosu

ÖRNEK 1

Yatay düzlemde hareketsiz bir cisme, düzleme paralel 100 N'luk sabit bir kuvvet etki ettirilerek cismin 4 m yer değiştirmesi sağlanıyor. Yapılan iş kaç J'dür? (Sürtünmeler önemsenmeyecek)

ÇÖZÜM

Yer değiştirme yatay düzlemde, kuvvet doğrultusu ve yönündedir.

$$F = 100 \text{ N}$$

$$W = F \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 4 \text{ m}$$

$$W = 100 \cdot 4$$

$$W = ?$$

$$W = 400 \text{ J}$$

ÖRNEK 2

Yatay düzlemde hareketsiz bir cisme, yatay düzlemle 37° açı yapan 100 N'luk sabit bir kuvvet etki ettirilerek cismin 10 m yer değiştirmesi sağlanıyor. Kuvvetin yaptığı iş kaç J'dür? ($\cos 37^\circ = 0,8$, sürtünmeler önemsenmeyecek)

ÇÖZÜM

$$F = 100 \text{ N}$$

$$W = F_x \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 10 \text{ m}$$

$$W = F \cdot \cos a \cdot \Delta x$$

$$a = 37^\circ$$

$$W = F \cdot \cos 37^\circ \cdot \Delta x$$

$$W = ?$$

$$W = 100 \cdot 0,8 \cdot 10$$

$$W = 800 \text{ J}$$

ÖRNEK 3

Bir otomobil motorunun 5 saniyede yaptığı iş 40000 J ise motorun gücü kaç W'tır?

ÇÖZÜM

$$t = 5 \text{ s}$$

$$W = 40000 \text{ J}$$

$$P = ?$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{40\,000}{5}$$

$$P = 8000 \text{ J/s (Watt)}$$

2. ENERJİ

Enerji, iş yapabilme yeteneğidir. İş ve enerji aynı birimle ifade edilir. Hareketli bir cisim, barajda toplanan su, sıkıştırılmış yay enerjiye sahiptir. Enerjinin Elektrik enerjisi, ısı enerjisi, ışık enerjisi, atom enerjisi, kimyasal enerji, mekanik enerji gibi çok çeşitli şekilleri vardır. Bu bölümde incelenecek olan **mekanik enerji; kinetik enerji ve potansiyel enerji** olmak üzere iki çeşittir.

3. KİNETİK ENERJİ

Cisimlerin hareketinden dolayı sahip oldukları enerjiye hareket enerjisi veya kinetik enerji denir.

Kütlesi **m**, hızı **v** olan bir cismin kinetik enerjisi;

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \text{ dir.}$$

Nicelik	Kütle	Hız	Kinetik Enerji
Sembol	m	v	E_k
Birim	kg	m/s	$J = \text{kg m}^2/\text{s}^2$

Tablo 2. 3 : Birim tablosu

a) Yapılan İş ve Kinetik Enerji Değişimi

Yatay düzlemde hareketsiz bir m kütesine yatay ve sabit \vec{F} kuvveti Δt süresince etki ederek cisme Δx yolunu aldırır. Bu durumda yapılan iş;

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

Bu işi yapmak için harcanan enerji cisme hız kazandıracığından kinetik enerjiye dönüşür. Bu durumda,

$$W = E_k$$

$$F \cdot \Delta x = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{yazılır.}$$

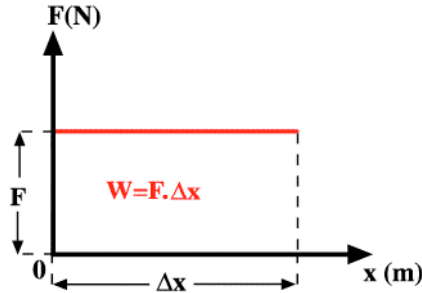
Hareket halindeki bir cisme kuvvet uygulandığında cismin hızında değişim meydana gelir. Cismin kuvvet uygulanmadan önceki kinetik enerjisi $E_{k_{ilk}}$, kuvvet uygulandıktan sonra sahip olacağı kinetik enerji $E_{k_{son}}$ ile gösterilirse kinetik enerjisindeki değişim miktarı; $\Delta E_k = E_{k_{son}} - E_{k_{ilk}}$ olur.

$$F \cdot \Delta x = \frac{1}{2} mv_s^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$

$$W = \Delta E_k \quad \text{yazılır.}$$

Bir cisme etkiyen net kuvvetin yaptığı iş, cismin kinetik enerjisindeki değişim miktarına eşittir.

Bir kuvvetin yaptığı iş kuvvet (F)-yer değişirme (x) grafiğinden de bulunabilir.

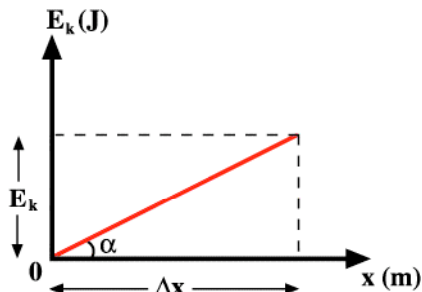


Grafik 2.2 : Kuvvet-yer değişirme grafiği

Grafik 2.2'de görüldüğü gibi kuvvet-yer değişirme grafiğinin altındaki alan, yapılan işi veya kinetik enerji değişimini verir.

$$\text{Alan} = W = \Delta E_k$$

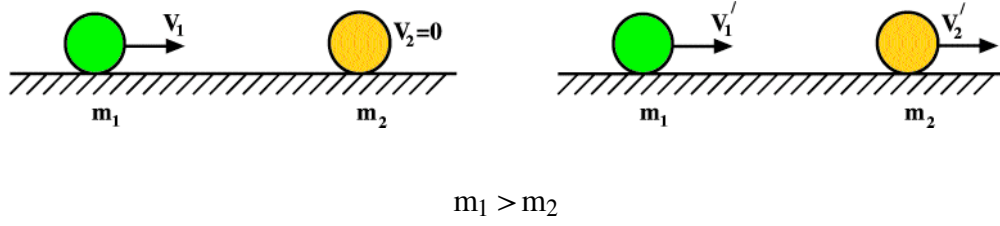
Kinetik enerji-yer değişirme grafiğinde ise eğim, cisme etkiyen net kuvveti verir (Grafik 2.3).



$$\text{Eğim} = \text{tg}\alpha = F_{\text{net}} = \frac{E_k}{\Delta x}$$

Grafik 2.3 : Kinetik enerji-yer değişirme grafiği

b) Kinetik Enerjinin Korunumu



Çarpışmadan önce

Çarpışmadan sonra

Şekil 2.3 : Esnek çarpışmalarda enerjinin korunumu

Şekil 2.3'de görüldüğü gibi hareketli olan m_1 kütleli cisim, durmakta olan m_2 kütleli bir cisme merkezî olarak çarpsın. Çarpışmadan önce ve çarpışmadan sonra enerji ve momentum korunacaktır.

Momentumun korunumuna göre,

$$-\Delta \vec{P}_1 = \Delta \vec{P}_2$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \quad \text{olur.}$$

Kinetik enerjinin korunumuna göre,

$$\Delta E_{k1} = \Delta E_{k2}$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

m_2 kütleli cisim hareketsiz olduğundan

$$m_2 v_2 = 0 \quad \text{ve} \quad \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = 0 \quad \text{olur.}$$

Bu durumda son hızlar:

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$$

$$v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1 \quad \text{şeklinde yazılır.}$$

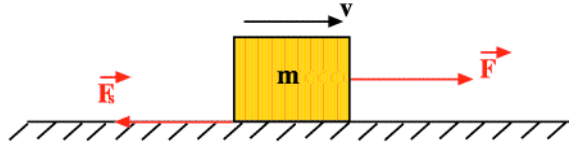


Kinetik enerjinin korunduğu çarpışmalara esnek çarpışmalar denir.

c) **Sürtünmeli Etkileşmelerde Kinetik Enerji Kaybı**

Şekil 2.4'de görüldüğü gibi masa üzerinde kaymakta olan bir cismin hareketi süresince, sürtünme kuvveti yer değiştirmeye zıt yönde olduğundan cismi yavaşlatır.

Yapılan iş, sürtünme kuvveti ile yer değiştirmenin çarpımına eşit olup negatiftir. Cisim yapılan iş kadar kinetik enerji kaybeder. Kaybedilen enerji ise ısıya dönüşür.



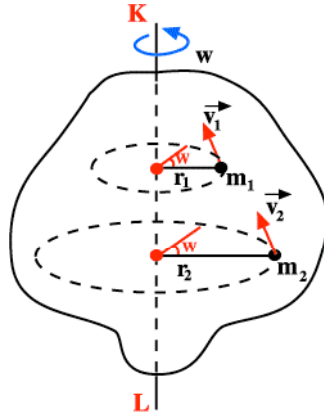
Şekil 2.4 : Sürtünmeli etkileşmelerde enerji kaybı



İki cismin çarpışması sonucu toplam kinetik enerji korunmuyorsa böyle çarpışmalara esnek olmayan çarpışmalar denir.

d) **Dönen Bir Cismin Kinetik Enerjisi**

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi KL ekseni etrafında dönen cismi oluşturan m_1 ve m_2 kütleli cisimler r_1 ve r_2 yarı çaplı çemberler boyunca hareket ediyorlar. Cisimlerin w açısal hızları aynı olmasına karşın, \vec{v}_1 ve \vec{v}_2 çizgisel hızları farklı büyüklüktedir. Bu nedenle cismin kinetik enerjisi cisimlerin kinetik enerjilerinin toplamına eşittir.



Şekil 2.5 : Dönen bir cismin kinetik enerjisi

$$E_k = E_{k_1} + E_{k_2} + \dots + E_{k_n}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n v_n^2 \quad \text{hızlar yerine;}$$

$$v_1 = w r_1 \quad v_2 = w r_2 \quad \text{yazılırsa,}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 (w r_1)^2 + \frac{1}{2} m_2 (w r_2)^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n (w r_n)^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} w^2 \sum m r^2 \quad \text{olur.}$$



Denklemdaki $\sum mr^2$ ifadesine cismin dönme eksenine göre eylemsizlik (atalet) momenti denir I ile gösterilir.



Eylemsizlik momenti $I = \sum m r^2$ olan cismin dönme kinetik enerjisi $E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$ olur.

Nicelik	Kütle	Yarıçap	Eylemsizlik Momenti	Açısal Hız	Dönme Kinetik Enerjisi
Sembol	m	r	I	ω	E_k
Birim	kg	m	kg.m ²	Rad / s	J

Tablo 2.4 : Birim tablosu

Eylemsizlik momenti cismin hızına bağlı olmayıp kütesine, şekline ve dönme ekseninin yerine bağlıdır.

Sonuç olarak:

I. Dönmeden ilerleyen (öteleme hareketi yapan) bir cismin kinetik enerjisi;

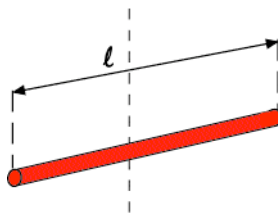
$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

II. Sadece dönme hareketi yapan bir cismin kinetik enerjisi;

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$$

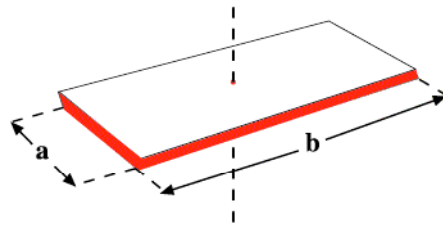
III. Dönerek ilerleyen (hem dönme, hem de öteleme hareketi yapan) bir cismin kinetik enerjisi;

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{bağıntıları ile bulunur.}$$



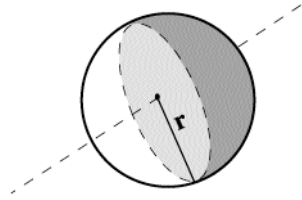
$$I = \frac{1}{12} m l^2$$

a. İnce çubuk



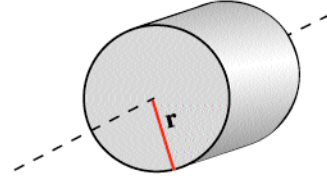
$$I = \frac{1}{12} m (a^2 + b^2)$$

b. Dikdörtgen levha



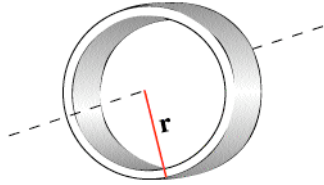
$$I = \frac{2}{5} mr^2$$

c. İçi dolu küre



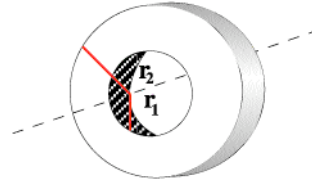
$$I = \frac{1}{2} mr^2$$

d. İçi dolu silindir



$$I = mr^2$$

e. İçi boş silindir



$$I = \frac{1}{2} m (r_1^2 + r_2^2)$$

f. Halka

Şekil 2.6 : Bazı cisimlerin eylemsizlik momentleri

ÖRNEK 4

İç yarıçapı $r_1 = 0,2$ m, dış yarıçapı $r_2 = 0,8$ m, kütlesi 600 kg olan ve saniyede 1 devir yapacak şekilde dönen bir değirmen taşının;

a. Açısal hızını,

b. Eylemsizlik momentini,

c. Kinetik enerjisini bulunuz. ($\pi = 3$ ve $I = \frac{1}{2} m (r_1^2 + r_2^2)$)

ÇÖZÜM

a. $f = 1s^{-1}$

$$w = 2\pi f$$

$$w = 2 \cdot 3 \cdot 1$$

$$w = 6 \text{ rad/s}$$

b. $I = \frac{1}{2} m (r_1^2 + r_2^2)$

$$I = \frac{1}{2} 600 [(0,2)^2 + (0,8)^2]$$

$$I = \frac{1}{2} 600 (0,04 + 0,64)$$

$$I = \frac{1}{2} 600 (0,68)$$

$$I = 300 \cdot 0,68$$

$$I = 204 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

c. $E_k = \frac{1}{2} I w^2$

$$E_k = \frac{1}{2} 204 (6)^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 204 \cdot 36$$

$$E_k = 102 \cdot 36$$

$$E_k = 3672 \text{ J}$$

4. POTANSİYEL ENERJİ



Bir sistemin konumundan dolayı sahip olduğu enerjiye potansiyel enerji adı verilir. E_p sembolü ile gösterilir.

Sıkıştırılmış bir yayın, depolanmış su buharının, belirli bir yükseklikte bulunan cismin veya barajdaki suyun sahip olduğu enerji potansiyel enerjidir. Potansiyel enerjiye sahip bir cisim veya sistem iş yapabilir.

a) Yayın potansiyel Enerjisi

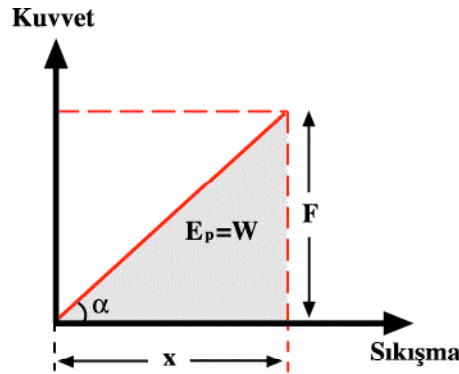
Şekil 2.7’de olduğu gibi, esnek yayın bir ucu sabit bir yere bağlanmıştır. Sürtünmesiz yatay düzlemde sabit v_0 hızıyla hareket etmekte olan m kütleli cisim yaya çarpınca yay sıkışır. Cisim yaya bir kuvvet uygularken yay da cisme aynı büyüklükte ve zıt yönde bir kuvvet uygular.

Yay sıkışırken, cismin hızı ve dolayısıyla kinetik enerjisi azalırken, yay da aynı miktarda potansiyel enerji kazanır.

v_0 hızı ile m kütleli cisim yaklaşmakta	
Cismin yaya çarpma anı	
Yay x kadar sıkışmış, cismin hızı v değerine düşmüş ve cisim E_k kaybetmiştir. Cismin kaybettiği E_k , yayda E_p olarak depolanmıştır.	
Cismin hızı sıfıra düştüğünde E_k ’nin tamamı yaya E_p olarak aktarılmıştır.	
Yay itmeye devam ederken cisim hız, dolayısıyla E_k kazanır.	
Cisim, yaya çarptığı ilk konuma dönmüştür. Bu durumda cisim ilk E_k ni kazanmıştır. Bu noktadaki hızı v_0 ’ dir.	
m kütlesi v_0 hızıyla uzaklaşmaktadır.	

Şekil 2.7 : Sabit v_0 hızlı bir cisimle esnek yayın etkileşmesi

Grafik 2.4'te cismin yaya uyguladığı F kuvvetinin, yayın sıkışma miktarı x ' e göre değişim grafiği görülmektedir.



Grafik 2.4: Kuvvet-sıkışma grafiği

Grafikte elde edilen doğrunun eğimi $\text{tg } \alpha = \frac{F}{x} = k$ 'dir.



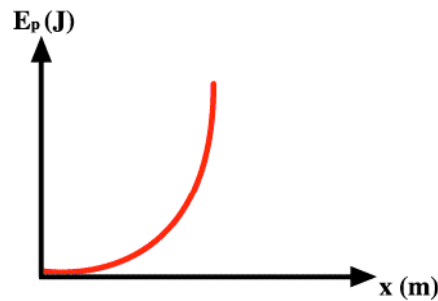
Burada **orantı katsayısı olan k sabitine yay sabiti denir**. O halde kuvvetle sıkışma arasındaki bağıntı $F = kx$ şeklinde yazılır.

Yayı sıkıştırmakla yapılan iş (W) kuvvet-sıkışma grafiğinin altındaki alana eşit olup yayda depo edilen potansiyel enerjiyi (E_p) verir. Taralı alan üçgen olduğundan;

$$\text{yayın potansiyel enerjisi, } E_p = W = \frac{F \cdot x}{2} = \frac{k \cdot x \cdot x}{2}$$

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 \text{ olur.}$$

Grafik 2.5'te esnek yayın potansiyel enerji (E_p) -sıkışma(x) grafiği görülmektedir.



Grafik 2.5: Yay potansiyel enerjisi-sıkışma grafiği

Nicelik	Yay sabiti	Sıkışma-uzama	Yay Potansiyel Enerjisi
Sembol	k	x	E_p
Birim	N/m	m	J

Tablo 2.5 : Birim tablosu

Şekil 2.7'deki cisim ile yay arasındaki etkileşme tamamlandığı anda cisim, etkileşme başlamadan önceki kinetik enerjisini yeniden kazanır. Yani maksimum sıkışmada yayın potansiyel enerjisi, cismin kinetik enerjisine dönüşmüştür. Yay uzarken ortaya çıkan ara hâllerde ise, cismin kinetik enerjisindeki artış yayın potansiyel enerjisindeki azalmaya eşit olup sistemin toplam enerjisi (mekanik enerji) sabittir. Toplam enerji için, $E = E_k + E_p$ yazılır.

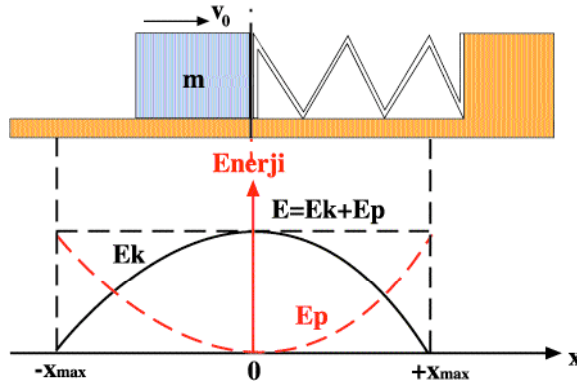
Herhangi bir basamaktaki enerji ise, $E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$ şeklinde yazılır.

Maksimum sıkışmada cismin hızı sıfır olduğundan bu durumda toplam enerji,

$E = \frac{1}{2} kx_{\max}^2$ cismin yaya çarpma veya yaydan ayrılma anlarında $x=0$ olduğundan

$E = \frac{1}{2} mv_0^2$ değerlerine eşittir.

Şekil 2.7'deki sistemde cisim yaya takılı iken basit harmonik hareket yapar. Bu durumda cismin kinetik enerjisi ile yay potansiyel enerjisinin yer değiştirmeye bağlı değişimi Grafik 2.6' daki gibi olur.



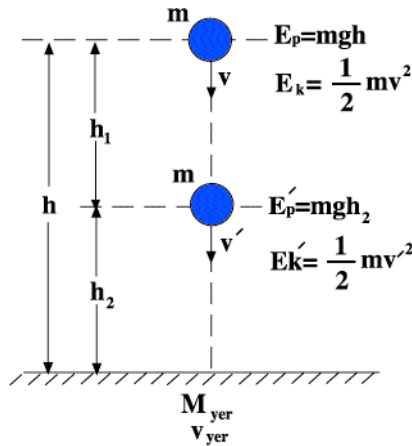
Grafik 2.6: Basit harmonik hareket yapan cisim-yay sisteminin toplam enerji grafiği

b) Yeryüzü Yakınlarında Yer Çekimi Potansiyel Enerjisi

Şekil 2.8'de görüldüğü gibi yeryüzünden belli bir yükseklikte bulunan m kütleli cisim serbest bırakılınca yer çekimi etkisiyle aşağı doğru düşerken aynı anda, m kütleli cisim ile M kütleli yer arasında genel çekimden dolayı, yerde cisme doğru az da olsa hareket eder.

Sistemin potansiyel enerjisi azalırken, her iki cisimde kinetik enerji kazanır. Bu durumda iki cismin momentumları

$$V_{\text{yer}} = \frac{m}{M_{\text{yer}}} v \quad \text{yazılabilir.}$$



Şekil 2.8 : Yeryüzü yakınlarında Yer'e doğru düşen bir cismin kinetik ve yer çekimi potansiyel enerjileri

$$mv - M_{yer} V_{yer} = 0$$

$$mv = M_{yer} V_{yer} \text{ veya } E_{k_{cisim}} = \frac{1}{2} mv^2$$

Cismin kinetik enerjisi; $E_{k_{yer}} = \frac{1}{2} M_{yer} V_{yer}^2$ ' dir.

Yer'in kinetik enerjisi; $E_{k_{yer}} = \frac{1}{2} M_{yer} \left(\frac{m}{M_{yer}} v \right)^2$

$$E_{k_{yer}} = \frac{m}{M_{yer}} \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_{k_{yer}} = \frac{m}{M_{yer}} E_{k_{cisim}} \text{ Momentum ifadesinden yararlanarak,}$$

Buradaki $\frac{m}{M_{yer}}$ oranı çok küçük olduğundan ihmal edilirse, $E_{k_{yer}} = E_{k_{cisim}}$ olur.

Yani cisim ile Yer kütesinden oluşan sistemde kaybolan potansiyel enerjinin tamamı, cismin kazandığı kinetik enerjiye dönüşmüştür.

Cisim aşağı doğru düşerken, hızı v den v' gibi bir değere yükselir. h' kadar aşağı düştüğünde cismin son hızı, $v'^2 = v^2 + 2gh'$

kinetik enerji değişimi, $E'_k - E_k = \frac{1}{2} mv'^2 - \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m (v'^2 - v^2) = \frac{1}{2} m (2gh') = mgh'$

$\Delta E_k = mgh$ şeklinde yazılabilir.

Aynı cisim h yüksekliğinden h_2 yüksekliğine düşerse, potansiyel enerjideki değişim

$$E'_p - E_p = -mg(h - h')$$

$$\Delta E_p = mgh' - mgh \text{ dir.}$$

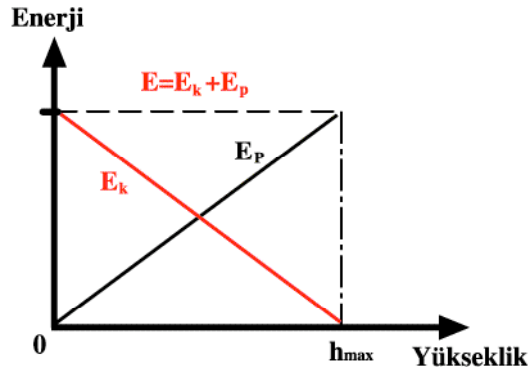
Cisim aşağı doğru düşerken kaybettiği potansiyel enerji, kazandığı kinetik enerjiye eşittir. Bir cismin toplam enerjisi daima sabittir.

$$E = E_k + E_p = \text{Sabit}$$

Yerden h yüksekliğinde, hızı v olan m kütleli cismin toplam (mekanik) enerjisi,

$$E = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \text{ olur.}$$

Grafik 2.7’de görüldüğü gibi yeryüzü yakınlarında düşey doğrultuda ($h = 0$ iken $E_p = 0$ olan) hareket eden bir cismin kinetik ve potansiyel enerjilerinin yerden yükseklikle değişim grafiği birbirinin tersidir.



Grafik 2.7: Yeryüzüne yakın yüksekliklerde hareket eden bir cismin potansiyel, kinetik ve toplam enerjileri.

Nicelik	Kütle	Yerçekimi İvmesi	Yükseklik	Potansiyel Enerji
Sembol	m	g	h	E_p
Birim	kg	m/s^2	m	J

Tablo 2.6 : Birim tablosu

c) Genel Olarak Çekim Potansiyel Enerjisi



Bölüm 2’de yeryüzünde ve yeryüzüne yakın yüksekliklerde yerin çekim alan şiddetini sabit kabul ettik. Gerçekte ise yerin çekim alan şiddetti sabit değildir.

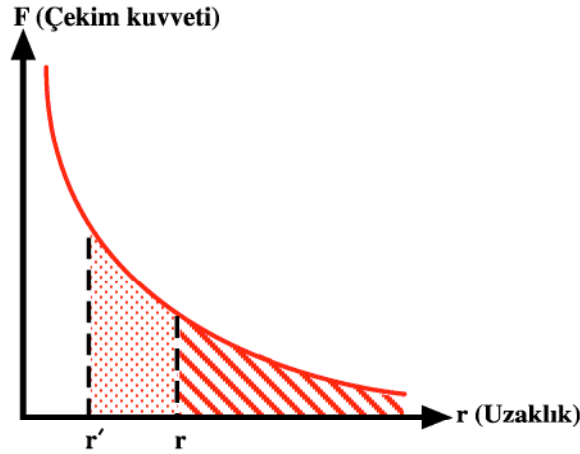


Birbirinden oldukça uzakta bulunan iki gök cisimi arasındaki çekim kuvveti, kütlelerinin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. (Newton’un Genel Çekim Kanunu).



Bu kuvvet $F = G \frac{mM}{r^2}$ bağıntısı ile hesaplanır.

İki cisim arasındaki çekim kuvvetinin uzaklığa bağlı değişimi Grafik 2.8'deki gibidir.



Grafik 2.8 : İki cisim arasındaki çekim kuvvetinin uzaklığa bağlı grafiği

Grafik 2.8'deki noktalı alan yer kürenin merkezinden r' kadar uzaklıkta bulunan cismin yerin merkezinden r kadar uzaklığa götürmek için yapılması gereken işi gösterir. Taralı alan ise yerin merkezinden r uzaklığında bulunan cismi sonsuza götürmek için yapılması gereken işi verir.

Bu alan $G \frac{mM}{r}$ olarak bulunur.

Bu ifade cismin sonsuzdaki enerjisi ile yerin merkezinden r kadar uzaklıkta sahip olduğu çekim potansiyel enerjisinin farkına eşittir.

$$E_{p_\infty} - E_{p_r} = G \frac{mM}{r} \quad E_{p_r} = E_{p_\infty} - G \frac{mM}{r} \text{ ' dir.}$$

Sonsuz uzaklıktaki potansiyel enerji sıfır olduğundan, $E_{p_r} = - G \frac{mM}{r}$ olur.

Bir cismin herhangi bir andaki toplam (mekanik) enerjisi, $E = E_k + E_{p_r}$

$$E = \frac{1}{2} mv^2 - G \frac{mM}{r} \text{ olarak yazılır.}$$

Nicelik	Kütle	Uzaklık	Genel çekim Sabiti	Çekim Potansiyel Enerjisi
Sembol	m, M	r	G	E_{p_r}
Birim	kg	m	Nm^2/kg^2	J

Tablo 2.7 : Birim tablosu

d) Kurtulma ve Bağlanma Enerjisi

I. Kurtulma Enerjisi



Yeryüzeyinde duran bir uyduyu, Yer'in çekim alanının dışına götürebilmek için gereken enerjiye kurtulma enerjisi denir.

m kütleli cisim, Yer'in merkezinden r kadar uzaklıkta iken çekim potansiyel enerjisi

$$E_{Pr} = -G \frac{mM}{r} \text{ idi.}$$

Sonsuz uzaklıktaki potansiyel enerji sıfır olduğundan, yeryüzünden fırlatılan bir roketin dünyanın yörüngesini terketmesi için kalkış sırasında $+G \frac{mM}{r}$ kadarlık bir kinetik enerjiye sahip olması gerekir. İşte bu enerjiye kurtulma enerjisi denir ve

$$E_{kur} = G \frac{mM}{r} \text{ şeklinde yazılır.}$$

Böyle bir roketin dünyadan fırlatılma hızı ise

$$\frac{1}{2} mv^2 = G \frac{mM}{r}$$

$$v_{kur} = \sqrt{2 \frac{GM}{r}} \text{ olur.}$$

II. Bağlanma Enerjisi



Yer çevresinde dönmekte olan uyduyu, Yer'in çekim alanından kurtarmak için verilmesi gereken enerjiye bağlanma enerjisi denir.

Yer çevresinde r kadar uzakta dairesel bir yörüngede sabit hızla dolanan uydu üzerine etki eden çekim kuvveti, merkezci kuvvete eşittir.

$$\frac{mv^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$$

$$mv^2 = G \frac{mM}{r}$$

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{GmM}{2r}$$

Denklemin sol tarafı bağlanma enerjisini (E_b) verir. Bu durumda

$$E_b = \frac{GmM}{2r} = \frac{1}{2} E_{kurtulma} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$



Bağlanma enerjisi kurtulma enerjisinin yarısına eşittir.

5. EINSTEIN'E GÖRE ENERJİ

Einstein (Aynştayn)'a göre, hareketsiz bile olsa bütün maddeler bir enerjiye sahiptir. Durgun hâldeki maddenin enerjisi;

$$E_0 = m_0 c^2 \text{ dir.}$$

Formüldeki

m_0 : bir cismin durgun kütlesi

c : Işığın boşluktaki hızı ($3 \cdot 10^8$ m/s)

E_0 : bu kütleyle karşılık gelen enerjidir.

Durgun hâldeki m_0 kütleli maddesel parçacık ışık hızına yakın hızla hareket ederse, Einstein'e göre bu cismin kütlesi hızına bağlı olarak;

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{ifadesine göre artar.}$$



Kinetik enerjisi ise, $E_k = (m - m_0) c^2$ olur.

Bu rölativistik kinetik enerji formülüdür.

Cismin hızı v , ışık hızı c yanında çok küçük ise,



$m \approx m_0$ olacağından $E_k = \frac{1}{2} m_0 v^2$ şeklini alır.

Bu formülde klâsik kinetik enerji eşitliğidir.

6. MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU

Sürtünmenin bulunmadığı bir ortamda hareket eden bir cismin toplam (mekanik) enerjisi;

$$E_T = E_k + E_p = \frac{1}{2} mv^2 + mgh = \text{Sabit} \quad \text{tir.}$$



Herhangi bir anda kinetik enerji ne kadar azalır, potansiyel enerji o kadar artar veya potansiyel enerji azalır, kinetik enerji artar. Yani mekanik enerji korunur.



Sürtünmeli ortamda mekanik enerji korunmaz ama toplam enerji korunur. Sistemde cismin sahip olduğu kinetik enerji cismin sürtündüğü yüzeyde ısı enerjisine dönüşür. Isı enerjisinin miktarı cismin kaybettiği kinetik enerjiye eşittir. Yani sistemde toplam enerji korunmuştur.



Isı, sıcaklık farkından dolayı bir cisimden diğerine geçen iç enerjidir. Sıcaklık ise, madde moleküllerinin kütle merkezi hareketinin, ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür. Sıcaklık termometre ile ölçülür ve birimi derece selsiyus tur ($^{\circ}\text{C}$). Isı enerjisi birimi kaloridir (cal).



Bir gram saf suyun sıcaklığını $14,5^{\circ}\text{C}$ 'tan $15,5^{\circ}\text{C}$ 'a çıkarmak için verilmesi gereken ısı miktarına 1 kalori denir.



$$1 \text{ cal} \cong 4,2 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} \cong 0,24 \text{ cal} \text{ dir.}$$

Kütlesi m olan bir cismin sıcaklığını t_1 dereceden t_2 dereceye değiştirmek için, verilmesi veya alınması gereken ısı miktarı, $Q = m c (t_2 - t_1) = m c \Delta t$ formülüyle bulunur.

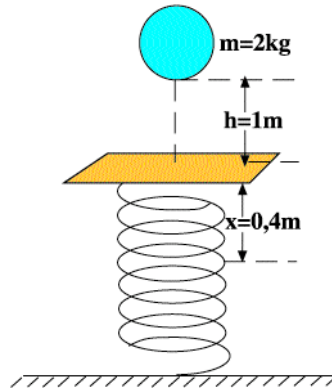


Formüldeki c , cismin ısınma ısısı veya öz ısıdır. Her cisim için farklı değerdedir. mc 'ye ısı sığası veya su cinsinden değer denir.

7. MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU İLE İLGİLİ UYGULAMALAR

ÖRNEK 5

Kütlesi 2 kg olan cisim şekildeki gibi 1 m yükseklikten bırakılınca, yayın maksimum sıkışması 0,4 m oluyor. Yayın kuvvet sabiti kaç N/m'dir? (Sürtünmeler önemsenmeyecek, $g=10 \text{ N/kg}$ alınacak)



Şekil 2.9

ÇÖZÜM

Cismin $(h+x)$ kadar yükseklikten düşmekle kaybedeceği yer çekimi potansiyel enerjisi, yayın x kadar sıkışmasıyla potansiyel enerjiye dönüşür. O hâlde,

$$E_{\text{pcisim}} = E_{\text{pyay}}$$

$$mg(h+x) = \frac{1}{2} kx^2$$

$$2 \cdot 10(1+0,4) = \frac{1}{2} k(0,4)^2$$

$$28 = 0,08 k$$

$$k = 350 \text{ N/m}$$

ÖRNEK 6

20 m yükseklikten bırakılan bir cismin yere çarptığı andaki hızı kaç m/s olur? (g=10 m/s² alınacak)

ÇÖZÜM :

Enerjinin korunumu kanununa göre cismin sahip olduğu potansiyel enerjinin tamamı kinetik enerjiye dönüşür. O hâlde,

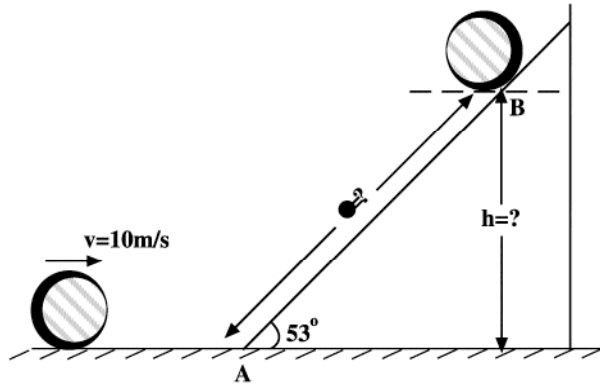
$$\begin{array}{lll} E_p = E_k & gh = \frac{1}{2} v^2 & v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 20 \\ mgh = \frac{1}{2} mv^2 & v^2 = 2gh & v^2 = 400 \\ & & v = 20 \text{ m/s} \end{array}$$

ÖRNEK 7

0,4 kg kütleli içi boş silindir Şekil 2.10'da görüldüğü gibi sürtünmesiz yatay bir düzlemde yuvarlanarak 10 m/s sabit hızla A noktasına geliyor. Daha sonra B noktasına çıkıyor.

Cismin;

- A noktasındaki kinetik enerjisini(E_k),
- Eğik düzlemde çıkabileceği yüksekliği (h),
- Eğik düzlemde alacağı yolu (l) bulunuz. ($I=mr^2$, $\sin 53^\circ = 0,8$)



Şekil 2.10

ÇÖZÜM

$$a. E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I \frac{v^2}{r^2}$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} mr^2 \frac{v^2}{r^2}$$

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_k = mv^2$$

$$E_k = 0,4 \cdot (10)^2$$

$$E_k = 40 \text{ J}$$

b. Enerjinin korunumuna göre

$$E_{kA} + E_{pA} = E_{kB} + E_{pB}$$

$$40 + 0 = 0 + mgh$$

$$40 = mgh$$

$$40 = 0,4 \cdot 10 \cdot h$$

$$h = \frac{40}{4}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$c. \sin 53^\circ = \frac{h}{\ell}$$

$$0,8 = \frac{10}{\ell}$$

$$\ell = 12,5 \text{ m}$$



ÖZET

Bir cisim üzerine F kuvvetinin yaptığı iş (W), x yer değiştirme olmak üzere $W = F \cdot x = Fx \cos \alpha$ olarak tanımlanır. İfade de α ; kuvvetin cismin hareket doğrultusuyla yaptığı açı olup değere göre iş; pozitif (+), negatif (-) veya sıfır olabilir. İşin birimi Joule (J) dür.

Birim zamanda yapılan işe güç denir. $P = \frac{W}{t}$ olarak formülle gösterilir.

Gücün birimi J/s (watt) dir.

Bir cismin üzerine etkiyen bileşke kuvvetin yaptığı iş, bu cismin kinetik enerjisinin değişimine eşittir. $W = \Delta E_k$ bu ifade, iş-enerji teoremi olarak bilinir.

Enerji, bir cismin iş yapabilme yeteneğidir.

Mekanik enerji, kinetik enerji ve potansiyel enerji olmak üzere iki kısma ayrılır.

Kinetik enerji, hareket enerjisi olarak bilinir ve $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ bağıntısı ile hesaplanır

Potansiyel enerji ise bir cismin veya sistemin konumu ya da durumu nedeniyle sahip olduğu enerji olup $E_p = mgh$ olarak ifade edilir.

Esnek bir yayın depoladığı enerji $E_p = \frac{1}{2} kx^2$ kadardır.

Kuvvetler korunumlu ve korunumsuz olmak üzere ikiye ayrılır. Kuvvetin yaptığı iş yoldan bağımsız ise buna korunumlu kuvvet, yoldan bağımsız değilse korunumsuz kuvvet denir. Örneğin; yer çekimi kuvveti korunumlu, sürtünme kuvveti korunumsuz bir kuvvettir.

Korunumlu bir kuvvetin etkisi altında hareket eden bir cismin toplam mekanik enerjisi korunur. $E_T = E_k + E_p = \text{Sabit}$ olur. Buna mekanik enerjinin korunumu ilkesi denir.

Korunumsuz kuvvetin etkisi altında hareket eden cismin toplam mekanik enerjisi korunmaz. Harcanan enerji ısıya dönüşür.

Isı ile sıcaklık farklı iki kavramdır. Isı birimi kaloridir (cal).

1 cal = 4,18 J'dür.

Isı miktarı sıcaklık değişimi olan durumlarda $Q = m c (t_2 - t_1) = m c \Delta t$ ifadesi ile, hâl değişiminde ise $Q = mL$ ifadesi ile hesaplanır.

ÖĞRENDİKLERİMİZİ PEKİŞTİRELİM

- 1- 3 m/s'lik sabit hızla ilerlemekte olan 10 kg kütleli bir cismin üzerine etki eden bir kuvvet tarafından 80 J'lük bir iş yapılırsa cismin hızı kaç m/s artar?

ÇÖZÜM

$$\begin{aligned}
 W &= \Delta E_k & 80 &= \frac{1}{2} 10 (v_2^2 - 3^2) & \Delta v &= v_2 - v_1 \\
 W &= \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 & v_2^2 &= 16 + 9 & \Delta v &= 5 - 3 \\
 W &= \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) & v_2^2 &= 25 & \Delta v &= 2 \text{ m/s} \\
 & & v_2 &= 5 \text{ m/s} & &
 \end{aligned}$$

- 2- Yay sabiti 4000 N/m olan bir yayda 20 J'lük bir potansiyel enerjiyi depolayabilmek için, yay kaç m sıkıştırılmalı ya da gerilmelidir?

ÇÖZÜM

$$\begin{aligned}
 E_{\text{p yay}} &= \frac{1}{2} kx^2 \\
 20 &= \frac{1}{2} 4000 x^2 \\
 x^2 &= 0,01 \\
 x &= 0,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- 3- 5 kg kütleli bir cisim yatay bir zemin üzerinde 30 N'luk yatay bir kuvvetle 10 m çekildiğinde;
- Kuvvetin yaptığı işi,
 - Cismin hızını bulunuz.

ÇÖZÜM

$$\begin{aligned}
 \text{a. } W &= F \cdot x & \text{b. } W &= \Delta E_k \\
 W &= 30 \cdot 10 & 300 &= \frac{1}{2} mv^2 \\
 W &= 300 \text{ J} & 300 &= \frac{1}{2} 5 v^2 \\
 & & v^2 &= \frac{600}{5} \\
 & & v^2 &= 120 \\
 & & v &\approx 11 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

- 4- 20 m yükseklikten yere düşen 1 kg kütleli cismin yere çarptığı andaki hızı kaç m/s'dir? ($g = 10 \text{ m/s}^2$ alınacak)

ÇÖZÜM

Cisim korunumlu bir kuvvet olan yer çekiminin etkisi altında hareket edeceğinden mekanik enerji korunacaktır. Buna göre;

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

$$\frac{1}{2} mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2} mv_2^2 + mgh_2 \quad v_1 = 0 \quad h_2 = 0 \text{ olduğundan}$$

$$0 + mgh_1 = \frac{1}{2} mv_2^2 + 0$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2} mv_2^2$$

$$10 \cdot 20 = \frac{1}{2} v_2^2$$

$$200 = \frac{1}{2} v_2^2$$

$$v^2 = 20^2$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

- 5- Toplam kütlesi 300 kg, gücü 60 000 W olan bir asansörün 8 m yükselebilmesi için geçmesi gereken süre kaç s'dir? ($g = 10 \text{ m/s}^2$ alınacak)

ÇÖZÜM

$$W = F \cdot x = mgx$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$t = \frac{24000 \text{ J}}{60000 \text{ J/s}}$$

$$W = 300 \cdot 10 \cdot 8$$

$$t = \frac{W}{P}$$

$$t = 0,4 \text{ s}$$

$$W = 24000 \text{ J}$$

- 6- Durmakta olan 1000 kg kütleli bir otomobile, 50 m içinde 400 N'luk sürtünme kuvvetine karşı, 20 m/s'lik hız kazandırabilecek kuvvetin değeri kaç N olmalıdır?

ÇÖZÜM

Cisim üzerine etki eden net kuvvetin ($F - f_{\text{sür}}$) yaptığı iş otomobilin kazandığı kinetik enerjiye eşittir.

$$(F - f_{\text{sür}}) x = \frac{1}{2} mv^2$$

$$(F - 400) 50 = \frac{1}{2} 1000(20)^2$$

$$50F - 20000 = 500 \cdot 400$$

$$50F - 20000 = 200000$$

$$50F = 200000 + 20000$$

$$50F = 220000$$

$$F = 4400 \text{ N}$$

- 7- Yeryüzünden fırlatılan $2 \cdot 10^3$ kg kütleli bir uydunun;
- Bağlanma enerjisini,
 - Kurtulma enerjisini,
 - Kurtulma hızını bulunuz.

ÇÖZÜM

$$(G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2, \quad M_{\text{yer}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}, \quad r_{\text{yer}} \approx 6 \cdot 10^6 \text{ m})$$

$$\text{a. } E_b = \frac{1}{2} \frac{GmM_{\text{yer}}}{r_{\text{yer}}} = \frac{1}{2} \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6 \cdot 10^6}$$

$$E_b = 6,67 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$\text{b. } E_{\text{kur}} = 2E_b = 2 \cdot 6,67 \cdot 10^{10}$$

$$E_{\text{kur}} = 1,334 \cdot 10^{11} \text{ J}$$

$$\text{c. } v^2 = \frac{2GM_{\text{yer}}}{r_{\text{yer}}} = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6 \cdot 10^6} = 1,334 \cdot 10^8$$

$$v = 1,15 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

- 8- Durgun hâlde kütlesi 0,1 kg olan bir cisim 10^4 km/s hızla hareket ederken kütlesi kaç kg olur? ($c = 3 \cdot 10^5$ km/s)

ÇÖZÜM

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0,1}{\sqrt{1 - \frac{(10^4)^2}{(3 \cdot 10^5)^2}}} = \frac{0,1}{\sqrt{1 - \frac{10^8}{9 \cdot 10^{10}}}} = \frac{0,1}{\sqrt{1 - \frac{1}{9 \cdot 10^2}}}$$

$$m \approx 0,10006 \text{ kg}$$

- 9- 200 gram kütleli bir demir parçasının sıcaklığını 100 °C'tan 20 °C'a düşürmek için cisimden alınması gereken ısı miktarı kaç kaloridir? ($c_{\text{demir}} = 0,11 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$)

ÇÖZÜM

$$Q = mc\Delta t = mc (t_2 - t_1)$$

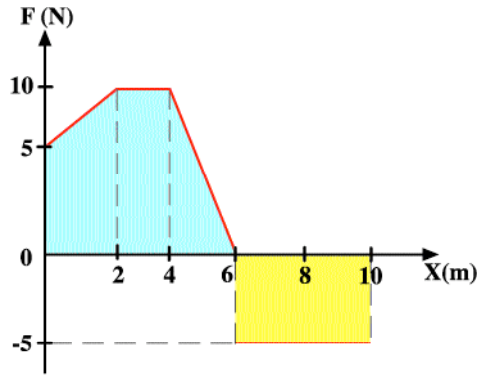
$$Q = 200 \cdot 0,11 (20-100)$$

$$Q = 22 \cdot (-80)$$

$$Q = -1760 \text{ cal}$$

- 10- Yatay ve sürtünmesiz bir düzlemdeki hareketsiz 2 kg kütleli cismin yer değiştirmesinin kuvvete bağlı değişimi yandaki grafikte verilmiştir. Cisim 10 m yol aldığımda;

- Yapılan işi,
- Kinetik enerjisindeki değişimi,
- Hızını bulunuz.



Grafik 2.9

ÇÖZÜM

- Yapılan iş grafikteki alanların cebirsel toplamına eşittir.

$$W = \Sigma F\Delta x = \frac{(5+10)}{2} \cdot 2 + 2 \cdot 10 + \frac{2 \cdot 10}{2} + 4(-5) \quad W = 15 + 20 + 10 - 20 = 25 \text{ J}$$

- Yapılan iş, cismin kinetik enerji değişimine eşit olduğundan,

$$\Delta E_k = W = 25 \text{ J}$$

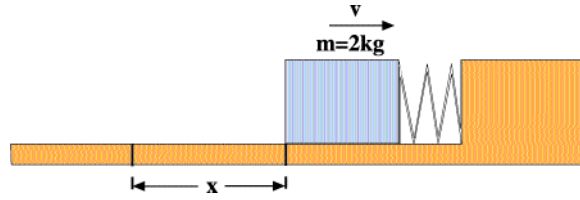
$$c. \quad \Delta E_k = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} m (v_2^2 - 0) \quad 25 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot v_2^2 \quad v_2 = 5 \text{ m/s olur.}$$



DEĞERLENDİRME SORULARI

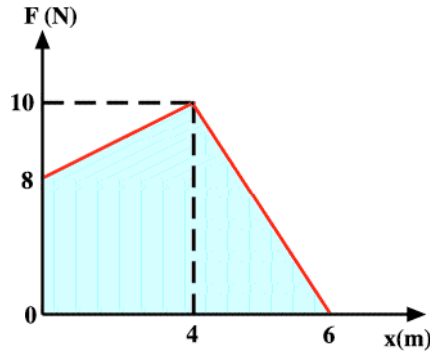
a) BÖLÜM İLE İLGİLİ PROBLEMLER

- 1- Bir yayın ucundaki 2 kg kütleli cismi Şekil 2.11’de görüldüğü gibi, denge konumuna göre 0,2 m sıkıştırılmak için 40 N kuvvet uygulanıyor. Buna göre;
 - a. Yay sabitini,
 - b. Hareketin periyodunu bulunuz. ($\pi = 3$ alınacak)



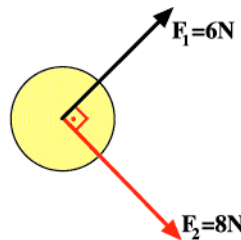
Şekil 2.11

- 2- 4 kg’lık bir cismin yer değiştirmesinin kuvvete bağlı değişimi Grafik 2.10’da verilmiştir. Cisim başlangıçta hareketsiz olduğuna göre;
 - a. 6 m sonunda yapılan işi,
 - b. Cismin son hızını bulunuz.



Grafik 2.10

- 3- Sürtünmesiz yatay düzlem üzerindeki hareketsiz bir cisme Şekil 2.12’deki gibi yatay doğrultulu kuvvetler etki ediyor. Cisim bu kuvvetlerin etkisiyle 5 m yol aldığı anda yapılan iş kaç J olur?



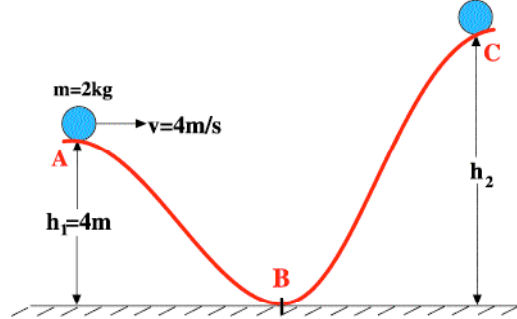
Şekil 2.12

- 4- Kütlesi 8 kg olan cismin hızını 4 s'de 2 m/s'den 6 m/s'ye çıkaran gücün değeri kaç W olur?
- 5- Ay, Yer çevresinde çembersel bir yörüngede dolanmaktadır. Ay'ın Yer'e bağlanma enerjisi kaç J'dür?
($m_{ay} = 7,3 \cdot 10^{22}$ kg, $M_{yer} = 6 \cdot 10^{24}$ kg, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N m²/kg², $r_{ayyer} = 3,8 \cdot 10^8$ m)

b) BÖLÜM İLE İLGİLİ TEST SORULARI

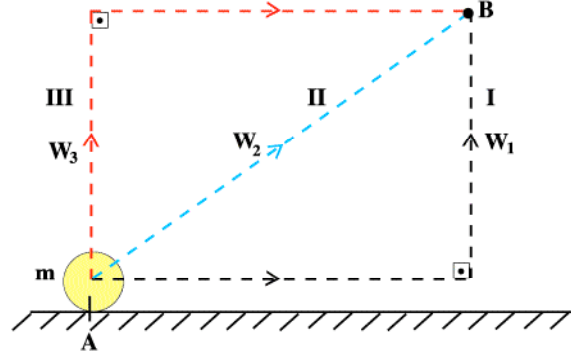
- 1- Yatay düzlemde 4 m/s sabit hızla hareket eden 10 kg kütleli cisme, yatay olarak etki eden bir kuvvet tarafından 100 J'lük bir iş yapılırsa cismin hızındaki artış kaç m/s olur?
- A) 2
B) 4
C) 6
D) 10
- 2- 8 N'luk bir kuvvet bir cisme 4 m/s' lik ortalama bir hız kazandırıyor. Bu kuvvetin cisme aktardığı güç kaç W'tır?
- A) 0,5
B) 2
C) 4
D) 32
- 3- Aşağıdakilerden kaç tanesi enerji birimidir?
- . Watt . saniye (W.s)
 - . Newton . metre (N.m)
 - . Joule (J)
 - . Kilogram . metre/saniye (kg.m/s)
 - . Kilogram metrekare/saniye (kg m²/s)
- A) 2
B) 3
C) 4
D) 5

- 4- Şekildeki 2 kg kütleli cismin A noktasındaki hızı 4 m/s dir. Cisim sırasıyla A, B, C yolunu izleyerek C noktasında duruyor. Buna göre C noktası A noktasından kaç m yüksektedir? (Sürtünmeler önemsenmeyecek, $g=10 \text{ m/s}^2$ alınacak)

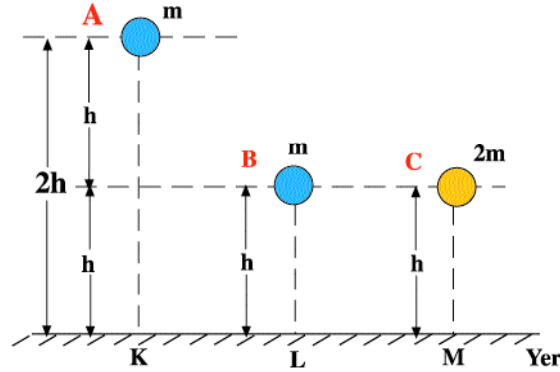


- A) 0,8
 B) 4,1
 C) 4,8
 D) 9,6
- 5- Yatayla 53° lik açı yapacak doğrultuda cisme etki eden 10 N'uk kuvvet, cisme yatay doğrultuda 8 m yol aldırıyor. Yapılan iş kaç J'dür? (Sürtünmeler önemsenmeyecek, $\cos 53^\circ=0,6$)
- A) 6
 B) 7,5
 C) 48
 D) 80
- 6- Sürtünmesiz yatay düzlemde bulunan 2 kg kütleli cisme yatay doğrultuda 4 N'luk kuvvet 5 s süreyle etkirse yapılan iş kaç J olur?
- A) 20
 B) 40
 C) 100
 D) 200

- 7- Şekildeki A noktasında bulunan m kütleli cismi B noktasına götürmek için I, II, III yolları kullanılıyor. Bu yollarda yapılan işler sırasıyla W_1, W_2, W_3 , ise aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (Sürtünmeler önemsenmeyecek)



- A) $W_2 < W_1 = W_3$
 B) $W_1 = W_2 = W_3$
 C) $W_3 > W_2 > W_1$
 D) $W_2 > W_1 = W_3$
- 8- Yerden A, B ve C kadar yükseklikten serbest bırakılan cisimlerin K, L ve M noktalarındaki hızları v_1, v_2 ve v_3 'tür. Hızlar arasındaki ilişki hangi seçenekte doğru olarak belirtilmiştir? (Sürtünmeler önemsenmeyecek)

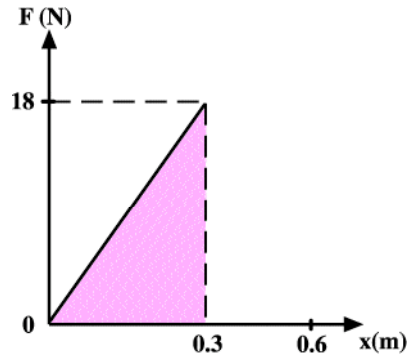


- A) $v_1 > v_2 = v_3$
 B) $v_1 = v_3 > v_2$
 C) $v_1 = v_2 = v_3$
 D) $v_1 < v_2 = v_3$

9- Yerdeki 2 kg kütleli bir cismi 3 saniyede 6 m yüksekliğe çıkaran kişinin harcadığı güç kaç W'tır? ($g = 10 \text{ m/s}^2$ alınacak)

- A) 10
- B) 30
- C) 40
- D) 360

10- Şekilde bir yayın kuvvet-uzanım grafiği görülmektedir. Buna göre, 0,6 m uzanım için yayda depolanan potansiyel enerji kaç J'dür?



- A) 5,4
- B) 10,8
- C) 18
- D) 60