Genel Fizik

Doç. Dr. Hasan H. Esenoğlu

2019

İçerik

1. Fizik ve Ölçme; Temel Büyüklükler; Kütle, zaman ve uzunluk; Birimler ve Boyut Analizi; Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar
2. Vektörler; vektörlerin toplanması ve çarpımı
3. Bir boyutta hareket, Yer değiştirme, Hız ve İvme, Serbest düşme
4. İki boyutta hareket , Eğik atış ve dairesel hareket
5. Newton Hareket Yasaları

Vize Haftası

6. Sürtünme kuvvetleri ve Newton yasalarının uygulamaları, İş ve kinetik enerji
7. Potansiyel Enerji ve Enerjinin korunumu, Doğrusal momentum ve çarpışmalar, momentumun korunumu
8. Katı Cismin Sabit Bir Eksen Etrafında Dönmesi, Eylemsizlik momenti
9. Yuvarlanma Hareketi , Dönme Enerjisi, Açısal Momentum ve Tork
10. Statik ve Denge
11. Titreşim Hareketi
12. Akışkanlar Mekaniği

Final Haftası

Ayrıntılı İçerik

Sürtünme kuvvetleri ve Newton yasalarının uygulamaları, İş ve kinetik enerji

İki Cisim Arasındaki Sürtünme Kuvveti

- Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetleri

Sürtünme Kuvvetinin Özellikleri

- Statik ve Kinetik Sürtünme Katsayıları

Merkezcil kuvvet açısından düzgün dairesel hareket

Düzgün Dairesel Hareket, Merkezcil Kuvvet

Kinetik Enerji ve İş

Kinetik Enerji

Bir kuvvetin yaptığı iş

İş

İş-Kinetik Enerji Teoremi

Yerçekimi Kuvvetinin Yaptığı İş

Yükseltme Kuvvetinin Yaptığı İş

Alçaltma Kuvvetinin Yaptığı İş

Değişken Kuvvetin Yaptığı İş

Yay Kuvveti

Yay Kuvveti Tarafından Yapılan İş

Üç-Boyutlu Uzayda Kuvvetin Yaptığı İş

Değişken Kuvvet ve İş-Kinetik Enerji Teoremi

Güç

Hıza Bağlı Güç İfadesi

Kinetik Enerji ve İş

Bu bölümde Hız ve ivme gibi vektörel nicelikler yerine iş ve kinetik enerji gibi skaler nicelikler kullanılacağından problemlerin çözümü kolay olacaktır.

Kinetik Enerji

Bir cismin hızından dolayı sahip olduğu enerjidir. Hızı v, kütlesi m olan bir cismin kinetik enerjisi şu ifadeye sahiptir:

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

SI sistemindeki birimi $kg\frac{m^2}{s^2} = joule$ ve sembolik olarak J ile gösterilir.

Kütlesi $m = 1\,kg$ olan bir cisim $v = 1\,m/s$ hızına sahipse, kinetik enerjisi $K = 0.5\,J$'dür.

İş (W)

Kütlesi m olan bir cisme bir F kuvveti uygulandığında cisim ivmelenir ve hızını (v) dolayısıyla da kinetik enerjisini (K) artırabilir veya azaltabilir.

Cismin kinetik enerjisindeki değişim miktarı, F kuvveti tarafından cisme aktarılan veya cisimden dışarıya alınan enerji (W) kadardır.

Cisme enerji aktarılmışsa W pozitiftir ($W > 0$) ve F kuvveti cisim üzerinde pozitif iş yapmıştır denir.

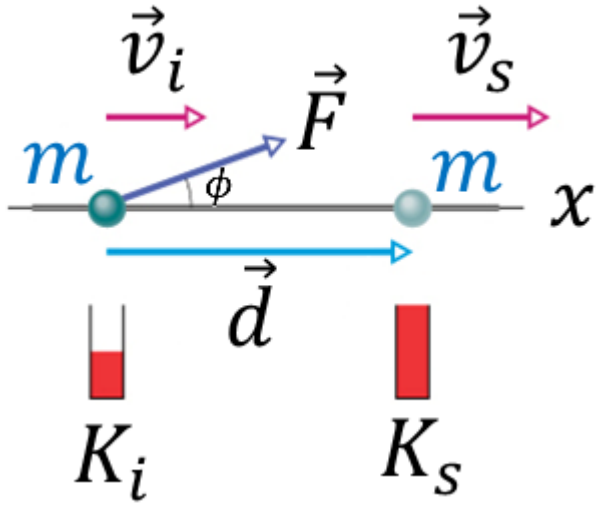
Aksine, cisimden dışarıya enerji alınmışsa W negatiftir ($W < 0$) ve F kuvveti cisim üzerinde negatif iş yapmıştır denir.

Şekilde kütlesi m olan cisim sürtünmesiz bir yüzeyde x-ekseni yönünde hareket edebilmektedir.

Cisme yatayla ϕ açısı yapacak şekilde bir $\vec{F}$ kuvveti uygulanıyor.

Newton'un ikinci yasası gereği:

$$F_x = ma_x$$'dir.



Cismin başlangıçtaki hızının $\vec{v}_0$ve $\vec{d}$ kadarlık bir yer-değiştirme sonundaki hızının da $\vec{v}$ olduğunu varsayalım.

$F_x = ma_x$

$K = \frac{1}{2}mv^2$

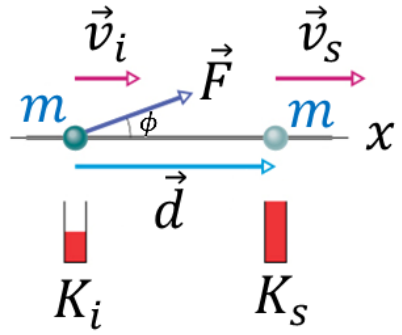
Kinematiğin üçüncü denklemi:

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d$$

eşitliğinden,

$$\left(\frac{m}{2}\right)v^2 - \left(\frac{m}{2}\right)v_0^2 = \left(\frac{m}{2}\right)2a_x d = \left(\frac{m}{2}\right)2\frac{F_x}{m}d = F_x d = (F\cos\phi)d$$

$$\left.\begin{aligned} K_i &= \frac{1}{2}mv_0^2 \\ K_s &= \frac{1}{2}mv_s^2 \end{aligned}\right\} \Delta K = K_s - K_i = Fd\cos\phi$$



$$W = \Delta K \rightarrow W = Fd\cos\phi \rightarrow W = \vec{F}\cdot\vec{d}\ (joule)$$

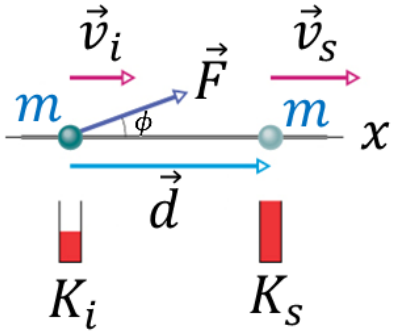
Not 1:

İş için bulunan bağıntıyı, F kuvvetinin sabit olduğu durum için türettik.

$$W = Fd\cos\phi$$

Not 2:

Cismin noktasal olduğunu kabul ettik.



Not 3:

$0 < \phi < 90° \rightarrow W > 0; 90° < \phi < 180° \rightarrow W < 0$

Net iş:

Cisme birden fazla kuvvet etkiyorsa (örneğin $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ ve $\vec{F}_C$), net iş (W_{net})'in hesaplanması iki şekilde yapılır:

Yol 1:

Her bir kuvvetin yaptığı işler (W_A, W_B ve W_C) ayrı ayrı hesaplanır ve sonra da toplanır ($W_{net} = W_A + W_B + W_C$).

Yol 2:

Cisim üzerine etki eden net kuvvet ($\vec{F}_{net} = \vec{F}_A + \vec{F}_B + \vec{F}_C$) bulunur ve sonra da net kuvvetin yaptığı iş hesaplanır ($W_{net} = \vec{F}_{net} \cdot \vec{d}$).

Örnek

xy -düzlemindeki bir cisim $\vec{F} = 5.0\vec{\imath} + 2.0\vec{\jmath}\,(N)$ kuvvetinin etkisiyle $\vec{d} = 2.0\vec{\imath} + 3.0\vec{\jmath}\,(m)$ ile verilen bir yer değiştirme yapıyor. Buna göre;

a) Kuvvetin yaptığı işi ($W = ?$) ve
b) Kuvvetle yer değiştirme vektörü arasındaki açıyı bulunuz ($\theta = ?$).

Çözüm

$(\vec{F} = 5.0\vec{\imath} + 2.0\vec{\jmath}\,;\, \vec{d} = 2.0\vec{\imath} + 3.0\vec{\jmath}\,;\, W = ?\,;\, W = ?)$

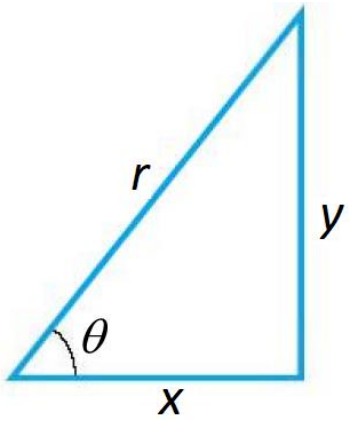
a) $W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (5 \times 2) + (2 \times 3) = 16\ J$

b) $\vec{F} \cdot \vec{d} = Fd\cos\phi = \left(\sqrt{25+4}\right)\left(\sqrt{4+9}\right)\cos\phi$

$$= \left(\sqrt{29}\right)\left(\sqrt{13}\right)\cos\phi = \sqrt{377}\cos\phi = 16$$

$$\rightarrow \cos\phi = \frac{16}{\sqrt{377}}$$

$$\phi = 35°$$



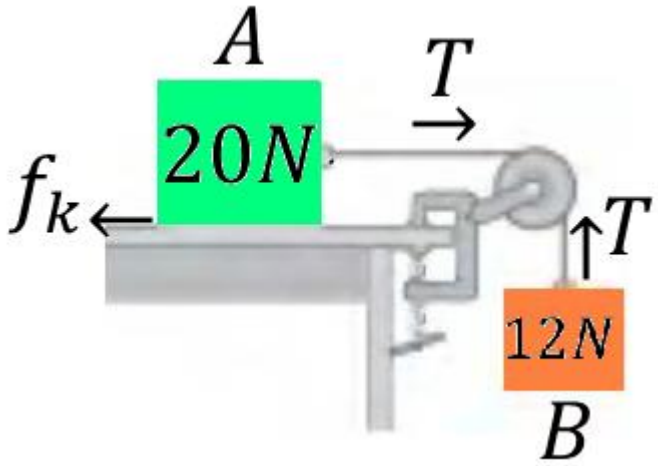
$r = \sqrt{x^2 + y^2}$

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$

Örnek

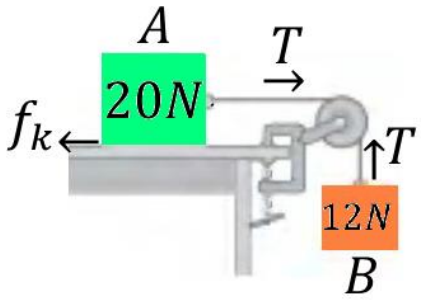
İki blok hafif bir iple, sürtünmesiz ve ağırlıksız bir makara üzerinden birbirlerine bağlanmıştır. Sistem serbest bırakıldığında, bloklar sabit hızla hareket etmektedirler.

A bloğu sağa doğru, B bloğu aşağı doğru 75 cm hareket ettiğinde, bloklara etkiyen kuvvetlerin yaptıkları işleri bulunuz (W =?).



$F_x = ma_x$

Çözüm ($a_x = a_y = 0; d = 75\ cm\ ; W =?$)



Hız sabit ise ivme sıfırdır.

Blok A: $\sum F_x = T - f_k = 0$

Blok B: $\sum F_y = T - 12 = 0$

$\Big\} T = f_k = 12\ N$

Not: Bloklar sabit hızla hareket ettiği için, her iki blok üzerine etki eden kuvvetlerin yaptığı $net\ iş = 0$'dır.

Çözüm

$(a_x = a_y = 0; T = f_k = 12\ N\ ; d = 75\ cm\ ; \phi = 0\ ;\ W = ?)$

Blok A:

$W_T = 12 \times 0.75m \times \cos 0° = 9\ J$

$W_{f_k} = 12 \times 0.75m \times \cos 180° = -9\ J$

$W_{mg} = 12 \times 0.75m \times \cos 90° = 0$

$W_N = 20 \times 0.75m \times \cos 90° = 0$

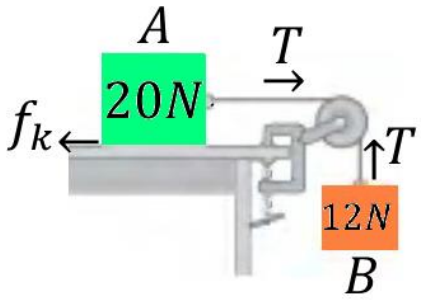
Blok B:

$W_T = 12 \times 0.75m \times \cos 180° = -9\ J$

$W_{mg} = 12 \times 0.75m \times \cos 0° = 9\ J$

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$

$W = Fd \cos \phi$



İş-Kinetik Enerji Teoremi

Bir cisim üzerine yapılan net işin

$$W_{net} = K_s - K_i$$

olduğunu görmüştük.

Kinetik enerjideki değişimin de

$$\Delta K = K_s - K_i$$

olduğu dikkate alınırsa, iş-kinetik enerji teoremi:

$$\Delta K = K_s - K_i = W_{net}$$

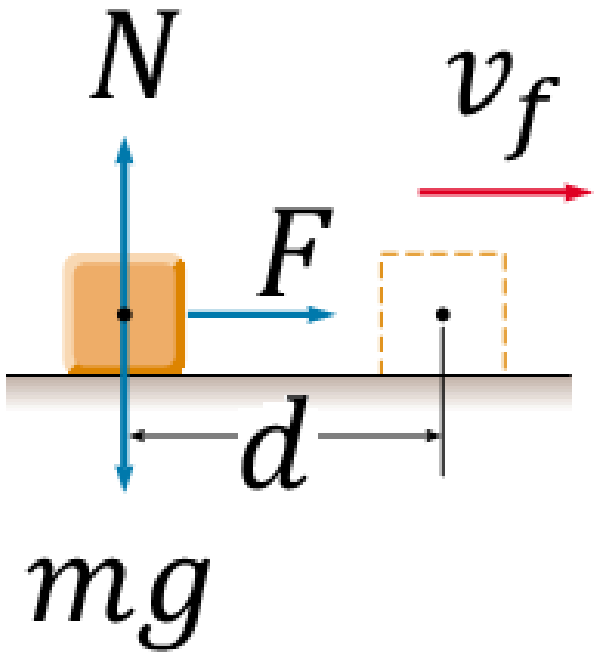
Bir cismin kinetik enerjisindeki değişim = Cisim üzerinde yapılan net iş

$$W_{net} > 0 \rightarrow K_s - K_i > 0 \rightarrow K_s > K_i$$
$$W_{net} < 0 \rightarrow K_s - K_i < 0 \rightarrow K_s < K_i$$

$$\Delta K = K_s - K_i = W_{net}$$

Örnek

Kütlesi $6\ kg$ olan bir blok sürtünmesiz bir düzlemde duruyorken, $12\ N$'luk sabit bir yatay kuvvetin etkisiyle harekete başlıyor. Blok yatayda $3\ m$ yol aldıktan sonra hızı (v) ne olur?



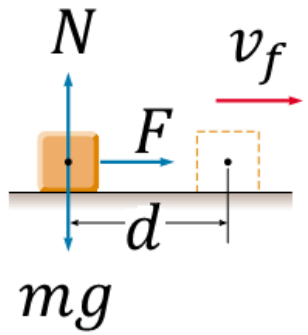
Çözüm

$(m = 6\ kg\ ; F = 12\ N\ ;\ \ d = 3\ m\ ; K_i = 0\ ; v_s = ?)$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = 12 \times 3 \cos 0° = 36\ J$$

$$\rightarrow K_s - K_i = \frac{1}{2} m v_s^2 - 0 = 36\ J \rightarrow v_s = \sqrt{\frac{2 \times 36}{6}}$$

$$\rightarrow v_s = 3.5\ \frac{m}{s}$$



$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

$$W = Fd \cos \phi$$

$$\Delta K = K_s - K_i = W_{net}$$

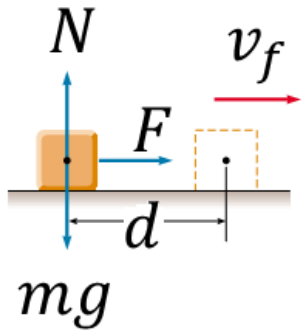
$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

Çözüm

$(m = 6\,kg\,; F = 12\,N\,;\;\; d = 3\,m\,; K_i = 0\,; v_i = 0; v_s = ?)$

Problem kinematik yoldan da çözülebilir:

$$\sum F_x = 12 = ma_x \rightarrow a_x = \frac{12}{6} = 2\,\frac{m}{s^2}$$



$$v_s^2 = {v_i}^2 + 2a_x\Delta x = 0 + 2 \times 2 \times 3 = 12$$

$$\rightarrow v_s = 3.5\,\frac{m}{s}$$

$F_x = ma_x$

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$

$W = Fd\cos\phi$

$\Delta K = K_s - K_i = W_{net}$

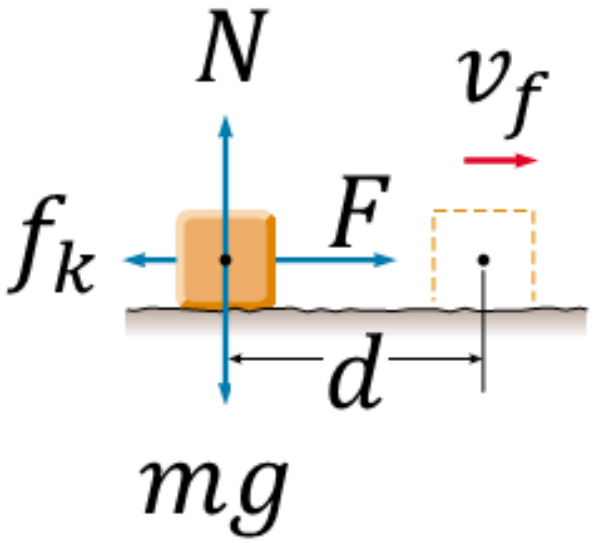
$K = \frac{1}{2}mv^2$

$v^2 = {v_0}^2 + 2a(x - x_0)$

$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$

Örnek

Kütlesi $6\,kg$ olan bir blok kinetik sürtünme katsayısı $\mu_k = 0.15$ olan bir düzlemde duruyorken, $12\,N$'luk sabit bir yatay kuvvetin etkisiyle harekete başlıyor. Blok yatayda $3\,m$ yol aldıktan sonra hızı (v) ne olur?



Çözüm

$(m = 6\ kg\ ; F = 12\ N\ ;\ \ d = 3\ m\ ; K_i = 0\ ; \mu_k = 0.15\ ; v_s = ?)$

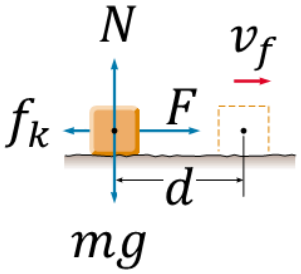
$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = 12 \times 3 \cos 0° = 36\ J \text{ } (F\text{'nin yaptığı iş})$$

$$f_k = \mu_k mg = 0.15 \times 6 \times 9.8 = 8.82\ N$$

$$W_f = \vec{f}_k \cdot \vec{d} = f_k d \cos\phi = \mu_k mgd \cos 180°$$

$$W_f = -8.82 \times 3 = -26.5\ J \text{ } (f_k\text{'nın yaptığı iş})$$

$$W + W_f = 36 - 26.5 = 9.5\ J$$



$f_k = \mu_k F_N$

$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$

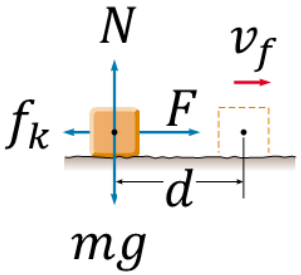
$W = Fd\cos\phi$

Çözüm

$(m = 6\,kg\,; F = 12\,N\,;\ \ d = 3\,m\,; K_i = 0\,; \mu_k = 0.15\,; v_s = ?)$

$$W + W_f = K_s - K_i = \frac{1}{2}mv_s^2 - 0 = 9.5\,J$$

$$\rightarrow v_s = \sqrt{\frac{2 \times 9.5}{6}} \rightarrow v_s = 1.8\ \frac{m}{s}$$



$$f_k = \mu_k F_N$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

$$W = Fd\cos\phi$$

$$\Delta K = K_s - K_i = W_{net}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Delta K = K_s - K_i = W_{net}$$

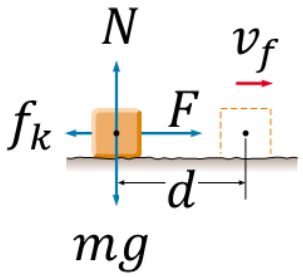
Çözüm

$(m = 6\,kg\,; F = 12\,N\,;\ \ d = 3\,m\,; K_i = 0\,; \mu_k = 0.15\,; v_s = ?)$

Problem kinematik yoldan da çözülebilir:

$$\sum F_x = 12 - f_k = 12 - 8.82 = 3.18 = ma_x$$

$$\rightarrow a_x = \frac{3.18}{6} = 0.53\ \frac{m}{s^2}$$



$$v_s^2 = {v_i}^2 + 2a_x\Delta x = 0 + 2 \times 0.53 \times 3 = 3.18$$

$$\rightarrow v_s = 1.8\ \frac{m}{s}$$

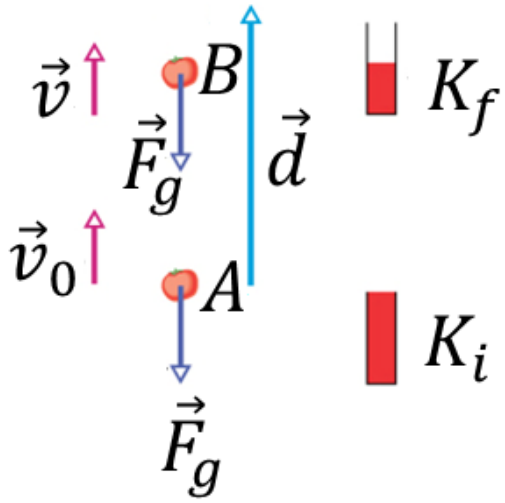
$$v^2 = {v_0}^2 + 2a(x - x_0)$$

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

Yerçekimi Kuvvetinin Yaptığı İş

Kütlesi m olan bir cisim A noktasından v_0 ilk hızıyla yukarı doğru fırlatılsın.

Cisim yükseldikçe, yer çekimi kuvveti ($F = mg$) tarafından yavaşlatılır ve B noktasında daha düşük bir v hızına sahip olur.



Cisim A noktasından B noktasına giderken, yer çekimi kuvvetinin yaptığı iş:

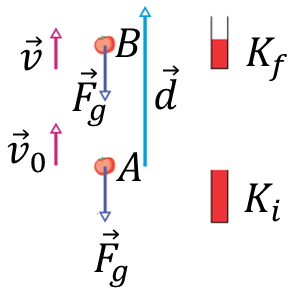
$$W_g(A \to B) = \vec{F}_g \cdot \vec{d} = mgd\cos 180° = -mgd$$

Cisim B noktasından A noktasına dönerken, yer çekimi kuvveti tarafından yapılan iş:

$$W_g(B \to A) = \vec{F}_g \cdot \vec{d} = mgd\cos 0° = mgd$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

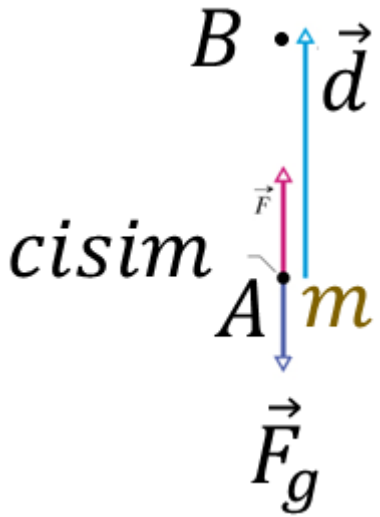
$$W = Fd\cos\phi$$



Yükseltme Kuvvetinin Yaptığı İş

Kütlesi m olan cismi bir F kuvvetiyle (dış kuvvet) A noktasından B noktasına yükseltmek isteyelim.

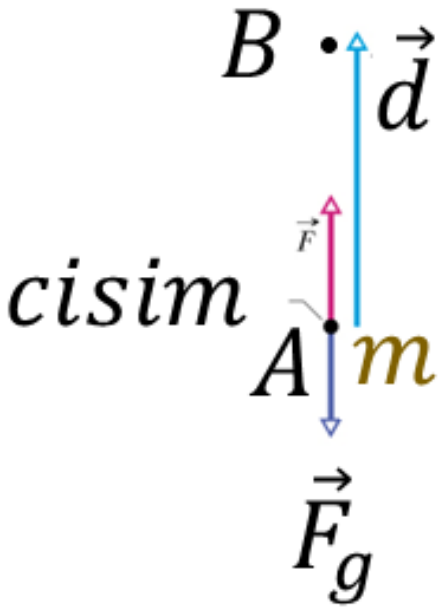
Cisim harekete başladığı A noktasında ve ulaştığı B noktasında durgun olsun. Bu aralıkta uygulanan F kuvvetinin sabit olması gerekmiyor.



Cisme etki eden iki kuvvet vardır. Biri yerçekimi kuvveti F_g, diğeri de cismi yukarı kaldırmak için dışardan uyguladığımız F kuvvetidir.

$$W_{net} = \Delta K = 0 \rightarrow W_{dış} + W_g = 0 \rightarrow W_{dış} = -W_g$$

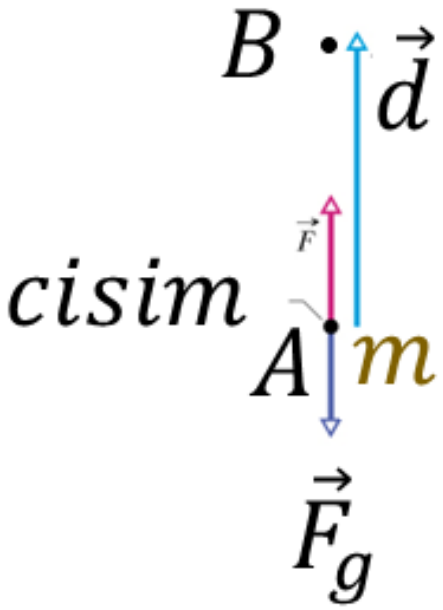
$$W_g = mgd\cos 180° = -mgd \rightarrow W_{dış} = mgd$$



Alçaltma Kuvvetinin Yaptığı İş

Bu durumda cisim B noktasından A noktasına hareket etmektedir.

$$W_g = mgd\cos 0° = mgd \rightarrow W_{dış} = -W_g = -mgd$$

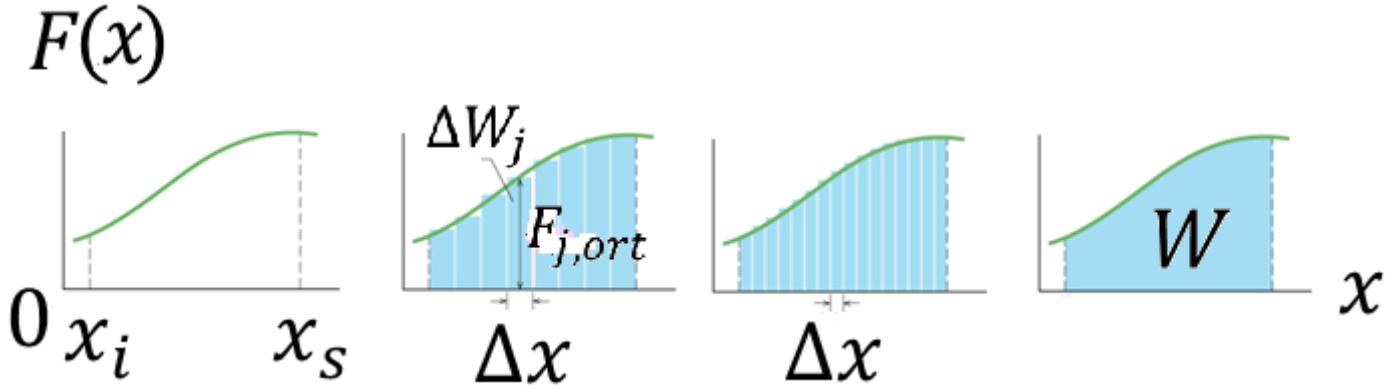


$W_{dış} = -W_g$

Değişken Kuvvetin Yaptığı İş

Şekilde, konuma bağlı olarak değişen bir F kuvveti verilmiştir. Bu kuvvetin x_i ile x_s noktaları arasında yaptığı işi (W) bulmak isteyelim.

Bunun için (x_i, x_s) aralığı, genişliği Δx olan N tane ince şerite bölünür.



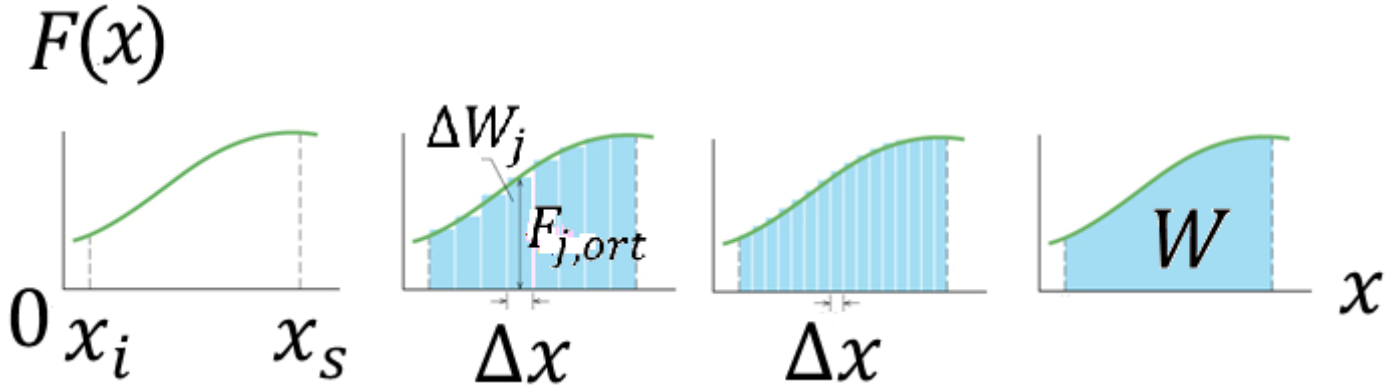
J'ninci aralıkta yapılan iş

$$\Delta W_j = F_{j,ort}\Delta x$$

kadardır. Bu durumda toplam iş,

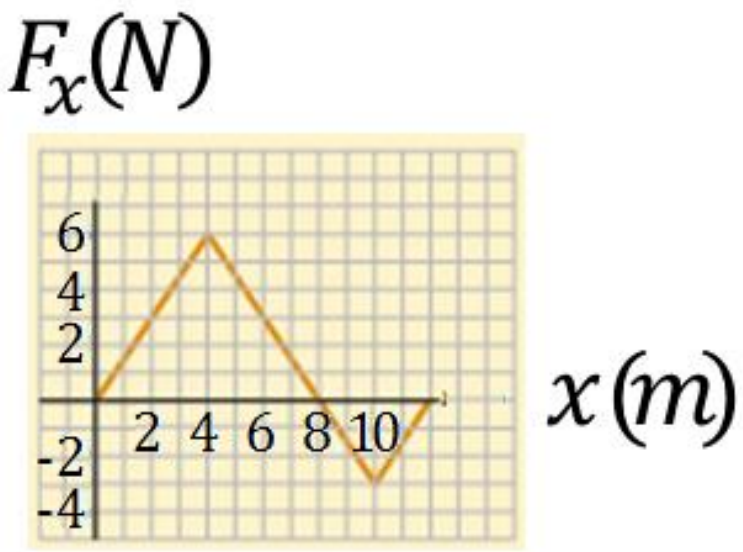
$$W = \sum_{j=1}^{N} F_{j,ort}\Delta x = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx \rightarrow W = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx$$

olur.



Örnek

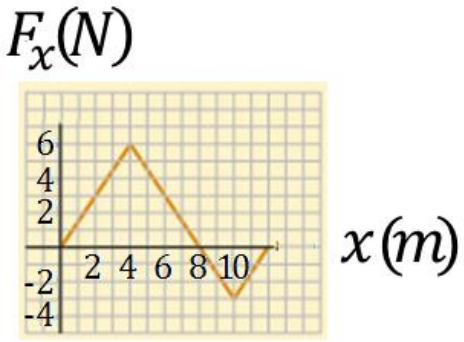
Bir cisim üzerine etkiyen kuvvetin cismin konumuna bağlılığı şekildeki gibidir.



a) $x = 0 - 8\ m$
b) $x = 8 - 12\ m$
c) $x = 0 - 12\ m$

aralıklarında bu kuvvetin yaptığı işi bulunuz ($W = ?$).

Çözüm
$(W = ?)$



a) $x = 0 - 8\ m$ aralığındaki üçgensel bölgenin alanı:

$$W_{0-8} = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx = \int_{0}^{8} F(x)\,dx = \frac{8 \times 6}{2} = 24\ J$$



$$W = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx$$

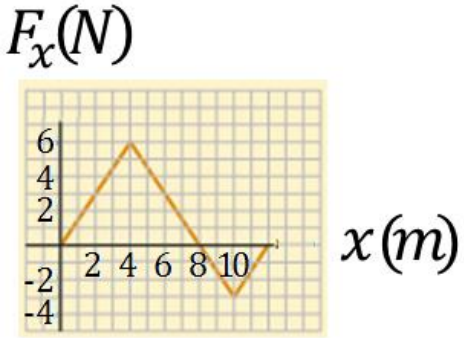
b) $x = 8 - 12\ m$ aralığındaki üçgensel bölgenin alanı:

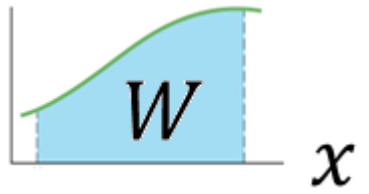
$$W_{8-12} = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx = \int_{8}^{12} F(x)\,dx = \frac{4 \times (-3)}{2} = -6\ J$$

Çözüm
$(W = ?)$

c) $x = 0 - 12\ m$ aralığındaki iki üçgenin alanı:

$$W = W_{0-8} + W_{8-12} = 24 - 6 = 18\ J$$





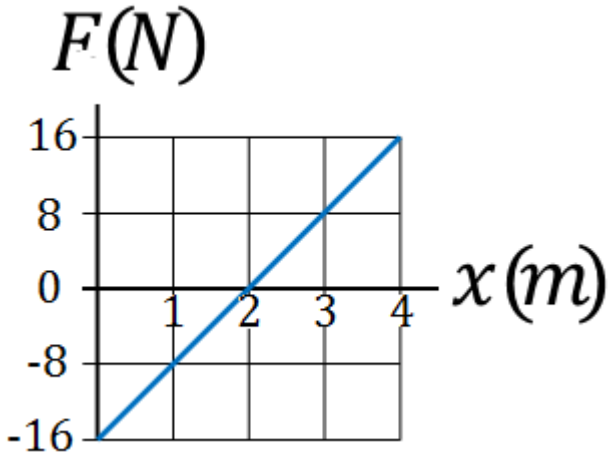
$$W = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx$$

Örnek

Bir cisme etkiyen kuvvet, metre cinsinden olmak üzere, $F = 8x - 16\ N$ ifadesine göre değişmektedir.

a) $x = 0 - 3\ m$ aralığında kuvvetin yaptığı işi bulunuz ($W = ?$).

b) Kuvvet-konum grafiğini çiziniz ve $x = 0 - 3\ m$ aralığında kuvvetin yaptığı işi ($W = ?$) grafikten bulunuz.



Çözüm

$(F = 8x - 16\ ;\ W = ?)$

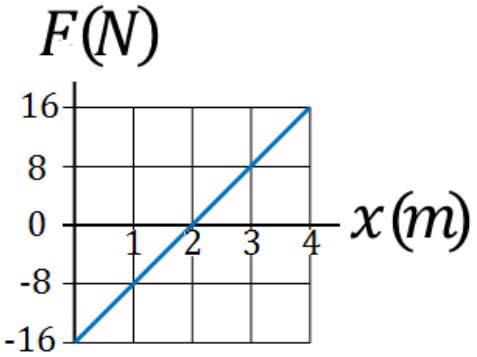


a) $x = 0 - 3\ m$ aralığındaki iş:

$$W = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx$$

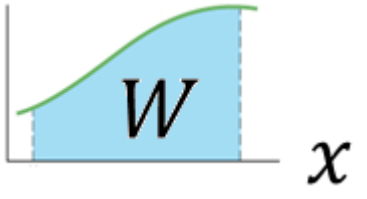
$$W_{0-3} = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx$$

$$= \int_0^3 (8x - 16)\,dx = \left|8\frac{x^2}{2} - 16x\right|_0^3 = \left(8\frac{3^2}{2} - 16 \times 3\right) - \left(8\frac{0^2}{2} - 16 \times 0\right) = \left(8\frac{3^2}{2} - 16\right.$$



Çözüm

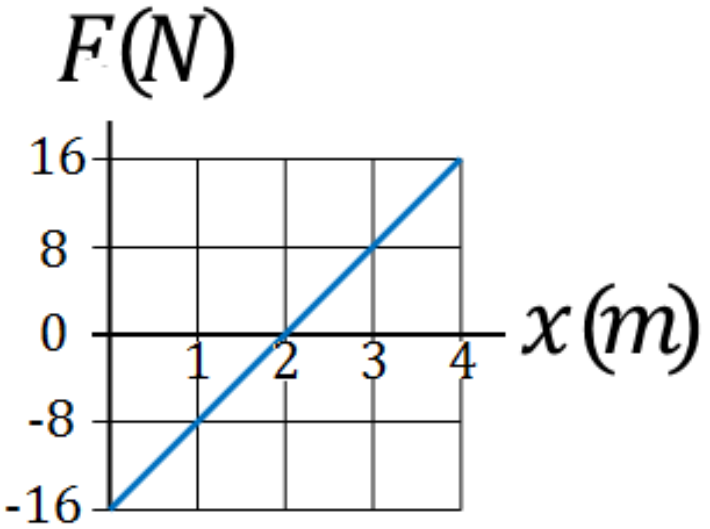
$(F = 8x - 16\ ;\ W = ?)$



b) Grafikten $x = 0 - 3\ m$ aralığındaki iş:

$$W = \int_{x_i}^{x_s} F(x)\,dx$$

$$W = W_{0-2} + W_{2-3} = \frac{2 \times (-16)}{2} + \frac{1 \times 8}{2} = -12\ J$$



Örnek : $\vec{F} = (4x\hat{i} + 3y\hat{j})$ N' luk kuvvetin etkisindeki bir cisim orijinden başlayarak $x = 5\ m$ noktasına hareket etmektedir. Kuvvetin yaptığı işi bulunuz.

$$W = \int_{r_i}^{r_s} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \quad ; \quad d\vec{r} = dx\hat{i} + dy\hat{j}$$

$$W = \int_{r_i}^{r_s} (4x\hat{i} + 3y\hat{j}).(dx\hat{i} + dy\hat{j})$$

$$W = \int_{r_i}^{r_s} (4xdx + 3ydy) = \int_0^5 4xdx + \int_0^0 3ydy$$

$$W = 4\left(\frac{x^2}{2}\right)_0^5 = 50\ \text{J}$$