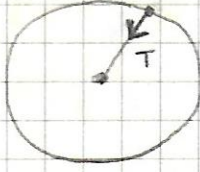


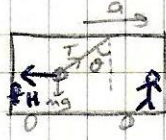
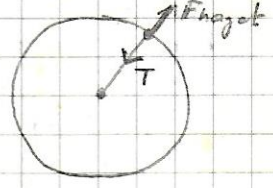
İvme Sistemlerinde Hareket

Eylemsiz Referans Sistemi (İvmesiz)



$$T = F_{merke} = \frac{mv^2}{r}$$

(Eylemlî)



$$F_H = F_{hayali}$$

Eylemsiz



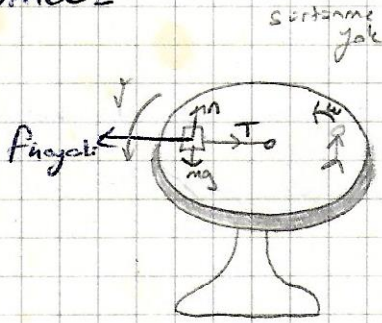
$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= T \sin \theta = ma \\ \Sigma F_y &= T \cos \theta - mg = 0 \\ T \cos \theta &= mg \end{aligned}$$

Eylemlî

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= T \sin \theta - F_{hayali} = 0 \\ \Sigma F_y &= T \cos \theta - mg = 0 \\ T \cos \theta &= mg \end{aligned}$$

$$F_{hayali} = ma$$

Örnek 2



Eylemsiz

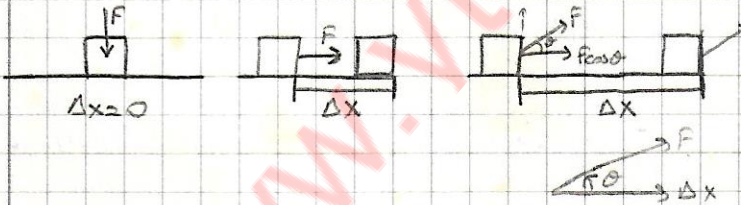
$$\begin{aligned} T &= F_{merke} \\ T &= \frac{mv^2}{r} \\ n - mg &= 0 \end{aligned}$$

Eylemlî

$$\begin{aligned} T - F_{hayali} &= 0 \\ n - mg &= 0 \end{aligned}$$

İş ve Kinetik Enerji

Sabit Bir Kuvvetin Yaptığı İş



Kuvvet doğrultusunda boyunca cisme yerdeğiştirme yapılırsa iş yapılır.

$$W = (F \cos \theta) \Delta x = F \Delta x \cos \theta$$

$$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} \Rightarrow \text{Sonuç skaler}$$

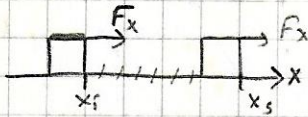
Örnek 2 xy düzleminde hareket eden bir parçacık $\vec{F} = 5\hat{i} + 2\hat{j}$ (N) 'lık sabit bir kuvvetin etkisi ile $\vec{d} = 2\hat{i} + 3\hat{j}$ m 'lik yerdeğiştirme yapılır.

a) Yerdeğiştirme ve kuvvetin büyüklüklerini bulunuz.

$$|\vec{F}| = \sqrt{5^2 + 2^2} = 5,4 \text{ N} \quad |\vec{d}| = \sqrt{2^2 + 3^2} = 3,6 \text{ m}$$

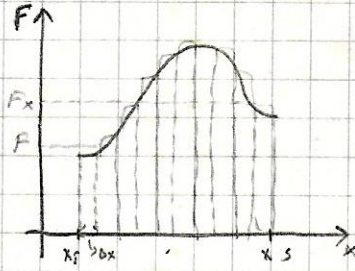
$$b) W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (5\hat{i} + 2\hat{j}) \cdot (2\hat{i} + 3\hat{j}) = (5 \cdot 2) + (2 \cdot 3) = 16 \text{ joule}$$

Değişken bir kuvvetin yaptığı iş



$$F_x = f(x)$$

Kuvvet yola bağlı değişiyor.



$$W \approx F_x \Delta x + F_x \Delta x + \dots + F_x \Delta x$$

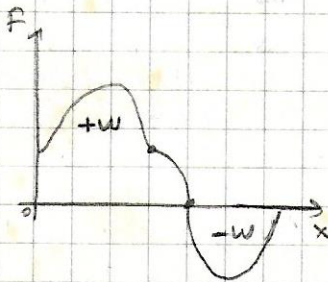
$$W \approx \sum_{x_1}^{x_2} F_x \Delta x \Rightarrow W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum F_x \Delta x = \int F_x dx$$

$$W = \int F_x(x) dx$$

Bir parçacığın üzerine birden fazla kuvvet etker ise net kuvvet $\sum_{i=1}^N F_i = \vec{F}_{net}$

$$W = \int \vec{F}_{net} \cdot d\vec{x} = \int (\sum F_i) dx$$

$$dW = F_x dx$$



Kuvvet-yol grafiğinin altında kalan alan yapılan işi verir.
İş (+) pozitif (-) olur.

$$\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$$

$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

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

$F_x \rightarrow x$ 'in
 $F_y \rightarrow y$ 'nin
 $F_z \rightarrow z$ 'nin fonk

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

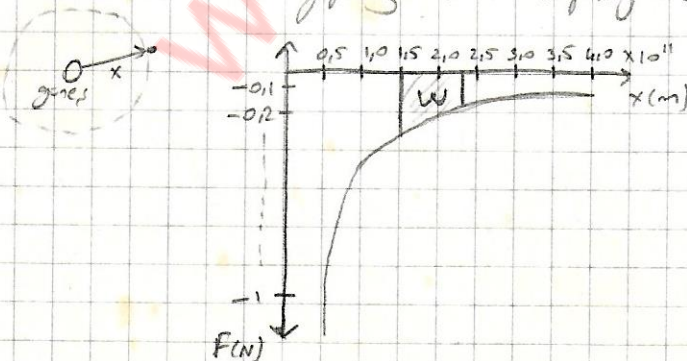
$$d\vec{r} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$$

$$\vec{F} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$$

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} \rightarrow \text{genel ifade}$$

Örnekt Şekilde verilen gezegenler arası bir araştırma uydusu güneşe doğru $F = -1,3 \cdot \frac{10^{22}}{x^2}$ büyüklüğünde bir kuvvet ile çekilmektedir.

Burada x güneşten uyduya olan uzaklıktır. Uyd-güneş arasındaki uzaklık $1,5 \cdot 10^{11}$ m'den $2,3 \cdot 10^{11}$ m'ye değişir ise Güneşin Uydusu üzerinde yaptığı işi hesaplayalım.

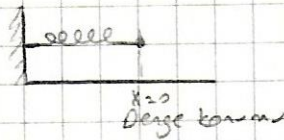


$$W = \int F_x dx = \int_{1,5 \cdot 10^{11}}^{2,3 \cdot 10^{11}} \left(-1,3 \cdot \frac{10^{22}}{x^2} \right) dx$$

$$W = -1,3 \cdot 10^{22} \int (x^{-2}) dx = -1,3 \cdot 10^{22} \left(-\frac{1}{x} \right) \Bigg|_{1,5 \cdot 10^{11}}^{2,3 \cdot 10^{11}}$$

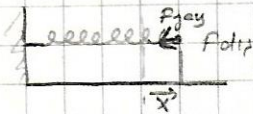
$$W = -1,3 \cdot 10^{22} \left(\frac{-1}{2,3 \cdot 10^{11}} - \frac{-1}{1,5 \cdot 10^{11}} \right) = -3 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

Ber Yay Hooke's İle

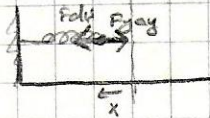


$k = \text{yay sabiti}$
 N/m

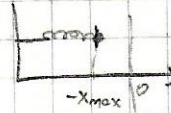
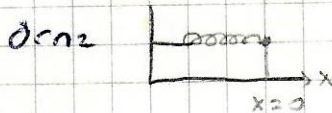
$$F_{\text{yay}} = -kx$$



$F_{\text{diz}} \propto x$
 $F_{\text{diz}} = kx$



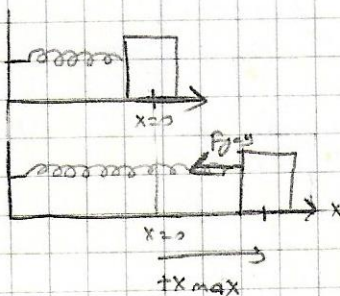
$F_{\text{diz}} = k(-x)$
 $F_{\text{yay}} = -k(-x)$
 $F_{\text{yay}} = kx$



$-x_{\text{max}}$ sakt. yay serbest birakilgari

$$W = \int_{-x_{\text{max}}}^0 F_{\text{yay}} dx = \int_{-x_{\text{max}}}^0 (-kx) dx = -k \int_{-x_{\text{max}}}^0 x dx = -\frac{kx^2}{2} \Big|_{-x_{\text{max}}}^0$$

$$W_{\text{yay}} = -\frac{1}{2} k (0)^2 - \left(-\frac{1}{2} \cdot k \cdot (-x_{\text{max}})^2 \right) = \frac{1}{2} k x_{\text{max}}^2$$

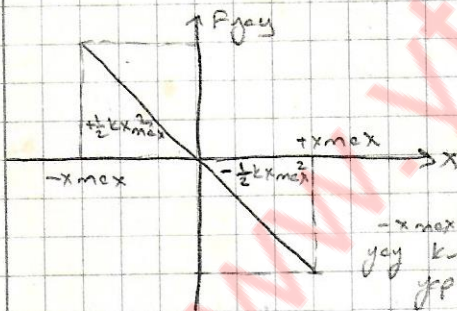


$$W_{\text{yay}} = \int_0^{x_{\text{max}}} (-kx) dx$$

$$= -\frac{kx^2}{2} \Big|_0^{x_{\text{max}}} = -\frac{kx_{\text{max}}^2}{2} - \left(-\frac{k \cdot 0^2}{2} \right)$$

$$= -\frac{1}{2} k x_{\text{max}}^2$$

Δx ile F_{yay}
presisi 180°



$$F_{\text{yay}} = -kx$$

$$W_{\text{yay}} = \int_{-x_{\text{max}}}^{x_{\text{max}}} (-kx) dx$$

$$= -\frac{1}{2} k x^2 \Big|_{-x_{\text{max}}}^{x_{\text{max}}} = 0$$

$x_i \rightarrow x_s$

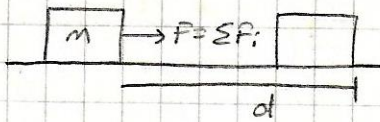
$$W_{\text{yay}} = \int_{x_i}^{x_s} (-kx) dx = -\frac{1}{2} k x^2 \Big|_{x_i}^{x_s}$$

$$= -\frac{1}{2} k x_s^2 - \left(-\frac{1}{2} k x_i^2 \right)$$

$$= -\frac{1}{2} k x_s^2 + \frac{1}{2} k x_i^2$$

$$= -\left(\frac{1}{2} k x_s^2 - \frac{1}{2} k x_i^2 \right)$$

Kinetik Enerji ve İş-Kinetik Enerji Teoremi



Net kuvvet sabit ise yeme de sabit

$$v_s = v_i + at$$

$$a = \frac{v_s - v_i}{t}$$

Newton $F_{net} = \Sigma F_i = ma$

$$\text{iş} \Rightarrow \Sigma W = (\Sigma F_i)d$$

$$W_{net} = \Sigma W = (ma)d$$

$$d = \frac{v_i + v_s}{2} \cdot t$$

$$\rightarrow W_{net} = W = m \left(\frac{v_s - v_i}{t} \right) \left(\frac{v_i + v_s}{2} \right) t$$

$$W_{net} = \frac{1}{2} m (v_s^2 - v_i^2) = \underbrace{\frac{1}{2} m v_s^2}_{\text{son kinetik e.}} - \underbrace{\frac{1}{2} m v_i^2}_{\text{ilk kinetik e.}}$$

$K = \frac{1}{2} m v^2$ kinetik enerji (joule)

$$W = F_{net} \cdot d = \frac{1}{2} m v_s^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = \underbrace{K_s - K_i}_{\Delta K}$$

$$F_{net} \cdot d = \Delta K$$

$$\boxed{W = \Delta K} \Rightarrow \text{iş-kinetik enerji teoremi}$$

Kuvvet değişken ise, yola bağlı ise

$$\Sigma W = \int (\Sigma F_i) dx$$

$$W_{net} = \int m \left(\frac{dv}{dt} \right) dx$$

$$W_{net} = \int F_{net} dx$$

$$= m \int \left(\frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} \right) dx$$

$$F_{net} = m a_x$$

$$= m \int v \frac{dv}{dx} \cdot dx$$

$$W_{net} = \int m a_x dx$$

$$W_{net} = m \int_{v_i}^{v_s} v dv$$

$$= m \left(\frac{v^2}{2} \right) \bigg|_{v_i}^{v_s}$$

$$W = \int F(x) dx = \underbrace{\frac{1}{2} m v_s^2}_{K_s} - \underbrace{\frac{1}{2} m v_i^2}_{K_i}$$

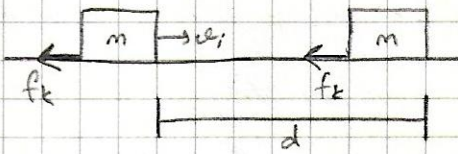
$$W = \int F(x) dx = K_s - K_i$$

$$W_{net} = \underbrace{\frac{1}{2} m v_s^2}_{K_s} - \underbrace{\frac{1}{2} m v_i^2}_{K_i}$$

$$\boxed{W = \Delta K}$$

Kuvvetin yaptığı iş cismin kinetik enerjisindeki değişimi gösterir.

Kinetik Sürtünme İleren Durumlar



$$v_{xs}^2 - v_{xi}^2 = 2 a_x d$$

$$a_x d = \frac{1}{2} (v_{xs}^2 - v_{xi}^2)$$

$$W_s = f_k \cdot d \quad X$$

$$-f_k = m \cdot a_x$$

$$W_s = -f_k d = m a_x d$$

$$W_s = -f_k d = \underbrace{\frac{1}{2} m v_{xs}^2}_{K_s} - \underbrace{\frac{1}{2} m v_{xi}^2}_{K_i}$$

$$W_s = -f_k d = K_s - K_i \rightarrow \Delta K = -f_k d$$

→ Eğer cismin üzerine f_k kinetik sürtünme kuvveti (sürtünme ileren d.) ile birlikte diğer dış kuvvetler aynı anda etkiler ise,

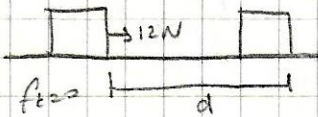
$$\sum_i W_i^{\text{diğer}} + W_s = \Delta K$$

$$\sum_i W_i^{\text{diğer}} - f_k d = K_s - K_i$$

$$K_s = \sum_i W_i^{\text{diğer}} - f_k d + K_i$$

$$\sum_i W_i^{\text{diğer}} - \underbrace{f_k d}_{\text{Çıkartılır}} = \Delta K$$

Örnek: Başlangıçta duran olan 6 kg'lık bir blok 12 N'lık sabit yatay bir kuvvetle bir yüzey boyunca çekilmektedir. Blok 3 m'lik bir uzaklığa hareket ettikten sonra hızını bulunuz.



$$W_F = Fd = (12 \text{ N})(3 \text{ m}) = 36 \text{ joule}$$

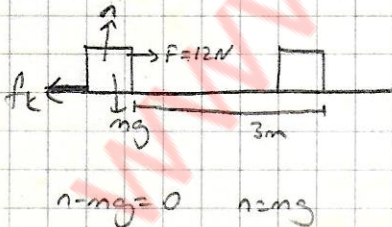
$$K_s = (Fd) - 0 + K_i$$

$$\frac{1}{2} m v_s^2 = Fd + \frac{1}{2} m v_i^2 \rightarrow Fd = \frac{1}{2} m v_s^2$$

$$36 = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot v_s^2$$

$$\sqrt{12} = v_s$$

b) Yüzey $\mu_k = 0,15$ bir kinetik sürtünme katsayısına sahip ise 3 m sonra bloğun hızı?



$$n - mg = 0 \quad n = mg$$

$$f_k = \mu_k \cdot n = \mu_k \cdot mg$$

$$f_k = (0,15)(6)(9,8)$$

$$f_k = 8,82 \text{ N}$$

$$K_s = \sum W - f_k d + K_i$$

$$\frac{1}{2} m v_s^2 = Fd - f_k d + \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$3 v_s^2 = 12(3 \text{ m}) - (8,82)(3 \text{ m})$$

$$v_s = 1,8 \text{ m/s}$$

GÜÇ

Yapılan işin, 0 iş gerçekleştirilme işin geçen süreye oranıdır.

Güç ↑ t ↓ işin gerçekleştirilme hızıdır.

Ortalama Güç

$$\bar{P} \equiv \frac{W}{\Delta t} \left(\frac{\text{iş}}{\text{zaman}} \right) \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ saniye}} = 1 \text{ watt}$$

$$P \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

$$P = \frac{dW}{dt} \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ saniye}} = 1 \text{ watt}$$

$$1 \text{ watt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ s}} = \frac{1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ s}}$$

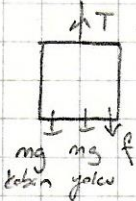
$$1 \text{ watt} = \frac{(1 \text{ kg m/s}^2) \cdot 1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3}$$

1 Beygir Gücü = 746 watt

$$P = \frac{dW}{dt} \quad W = \vec{F} \cdot \vec{s} \quad \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad \boxed{P = \vec{F} \cdot \vec{v}}$$

Örnek: Bir asansör kabini 1000 kg'lık bir kitleye sahiptir. Toplam 800 kütlesiyle görev taşımaktadır. 4000 N'lık sabit bir sürtünme kuvveti şekilsel olarak görülen hareketi karşı koymaktadır.

a) Asansör kabini 3 m/s'lik sabit bir hızla yukarı doğru hareket eden motorun vermesi gereken minimum güç nedir?



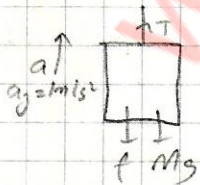
$$a=0 \quad v=3 \text{ m/s}$$

$$\sum F_y = T - f - Mg = m a_y = 0$$

$$T = f + Mg = (4000 \text{ N}) + (1000 \text{ kg} + 800 \text{ kg}) 9.8 = 2.16 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$P_{\text{motor}} = \vec{T} \cdot \vec{v} = T v = (2.16 \cdot 10^4 \text{ N}) (3 \text{ m/s}) = \boxed{6.48 \cdot 10^4 \text{ Watt}}$$

b) Motor yukarı doğru 1 m/s² lik ivme sağlayacak şekilde tasarlanmış ise herhangi bir anda ne kadarlık güç vermeli?



$$\sum F_y = T - Mg - f = M a_y$$

$$T = Mg + f + M a_y \rightarrow T = M (g + a_y) + f$$

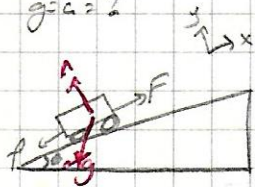
$$T = (1.8 \cdot 10^3 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2 + 1 \text{ m/s}^2) + 4 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$T = 2.34 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$P = T v \rightarrow \boxed{P = (2.34 \cdot 10^4 \text{ N}) \text{ Watt}}$$

v : asansörün m/s cinsinden anlık hızıdır.

Örnek 2 Bir tepeye tırmanan m kütleli bir arabayı göz önüne alalım. Sürüşme kuvvetinin büyüklüğü $f = (218 + 0,7 v^2) \text{ N}$ 'dir. Burada v , m/s olarak arabanın anlık hızıdır. Motorun tekerleklerle vermesi gereken $g = a = ?$



$$\sum F_x = F - f - mg \sin \theta = m a_x$$

$$F = m a_x + mg \sin \theta + f$$

$$F = m a_x + mg \sin \theta + (218 + 0,7 v^2)$$

$$P = Fv = m v a_x + m v g \sin \theta + 218 v + 0,7 v^3$$

$m v a_x \rightarrow$ motorun arabayı ivmelendirmesi için gereken güç

$m v g \sin \theta \rightarrow$ araba eğimli yoldan çıkarken yerçekimini yenmek için gereken güç

$218 v \rightarrow$ Mol sürüşmesini dengelemek için gereken güç

$0,7 v^3 \rightarrow$ Hava sürüşmesini dengelemek için gereken güç