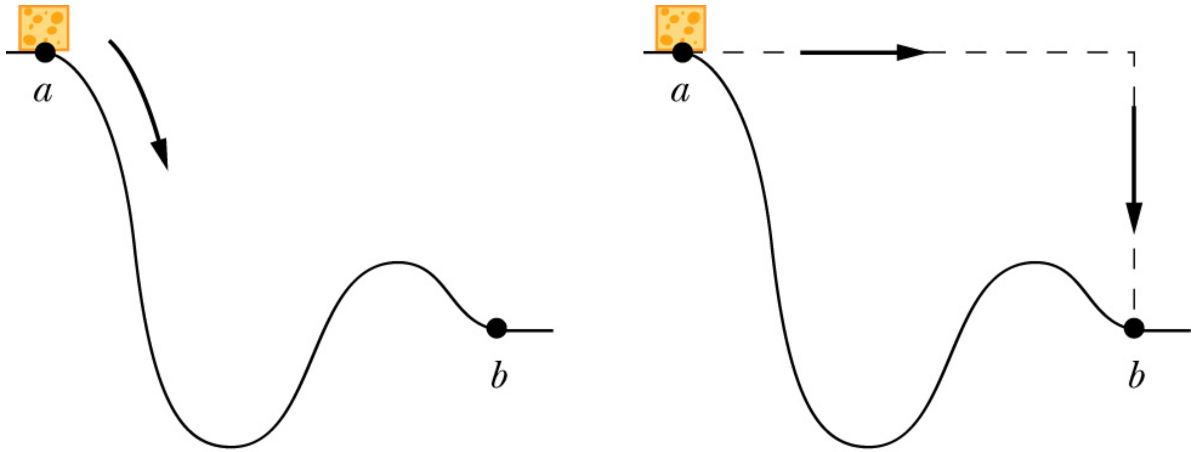
Energi

Energi

- Energi dan Energi Mekanik
- Usaha
- Energi Kinetik
- Usaha dan Energi Kinetik
- Perkalian Skalar dari Dua vektor

Mengapa Energi?

- Mengapa kita memerlukan kondep Energi?
- Pendekatan energi untuk menjelaskan gerak berguna khususnya ketika hukum Newton sulit atau tidak mungkin digunakan
- Energi adalah kuantitas skalar. Energi tidak memiliki arah yang berkaitan dengannya



Apa itu Energi?

- Energi adalah property dari keadaan (state) sistem, dan bukan property dari objek individual: kita harus memperluas pandangan.
- Beberapa bentuk Energi:
  - Mekanikal:
    - Energi Kinetik (berkaitan dengan gerak, dalam sistem)
    - Energi Potensial (berkaitan dengan posisi, dalam sistem)
  - Kimia
  - Elektromagnetik
  - Nuklir
- Energi adalah kekal. Energi dapat berpindah dari satu objek ke objek lainnya atau berubah bentuk, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan

Energi Kinetik

- Energi kinetik adalah energi yang terkait dengan keadaan gerak suatu objek.
- Untuk objek yang bergerak dengan kelajuan $\boldsymbol{v}$

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

- SI unit: joule (J)

1 joule = 1 J = 1 kg m^2/s^2

Kasus Khusus:
Percepatan Konstan

Ingat hasil eleminasi t:

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

Dikalikan dengan ½ m:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = ma(x - x_0)$$

$$= ma\Delta x$$

Tetapi F = ma!

$$\Delta\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = F\Delta x$$

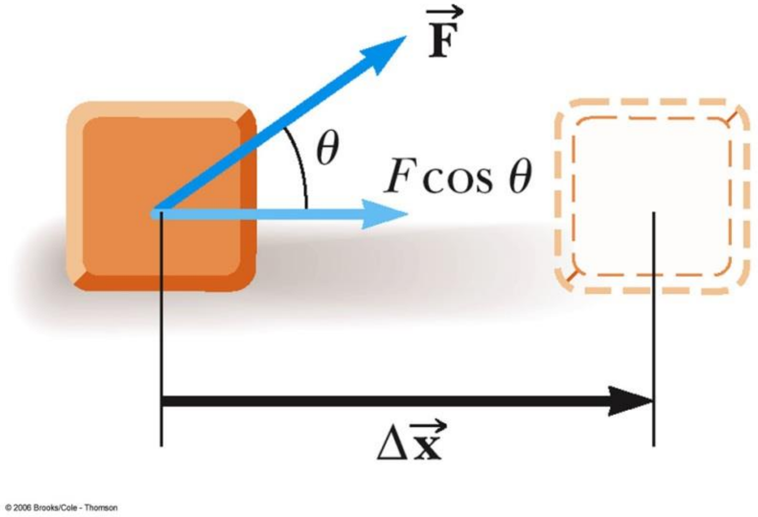
Usaha *W*

- Mulai dengan $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0{}^2 = F_x\Delta x$ → Usaha “W”

- Usaha menyediakan hubungan antara gaya dan energi
- Usaha yang dilakukan pada suatu objek ditransfer ke / darinya
- Jika W > 0, energi ditambahkan: "ditransfer ke objek"
- Jika W < 0, energi diambil: "ditransfer dari objek"

Definisi Usaha W

- Usaha, W, dilakukan dengan gaya konstan pada suatu objek didefinisikan sebagai perkalian dari komponen gaya di sepanjang arah perpindahan dan besarnya perpindahan.
- $$W \equiv (F\cos\theta)\Delta x$$
  - F adalah besarnya gaya
  - Δx adalah besarnya perpindahan objek
  - θ adalah sudut antara $\vec{\mathbf{F}}$ dan $\Delta\vec{\mathbf{x}}$



Unit Usaha

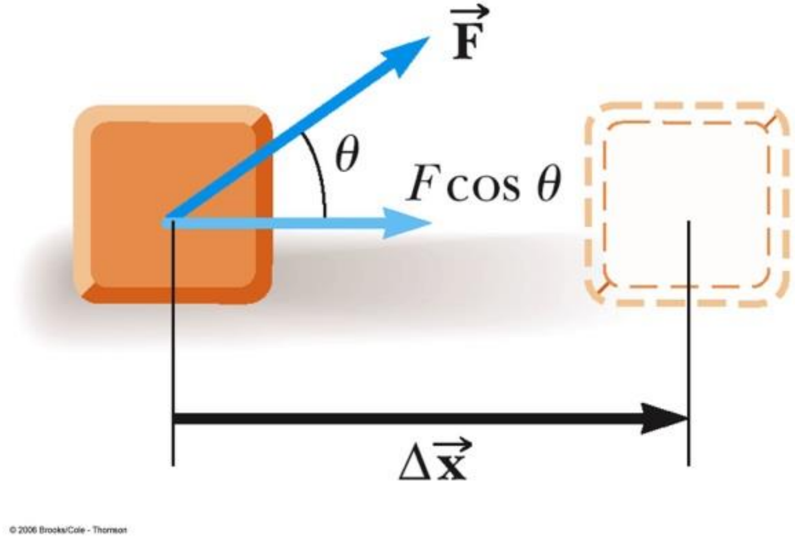
- Ini tidak memberikan informasi tentang
  - waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya perpindahan
  - Kecepatan atau percepatan objek
- Usaha adalah kuantitas skalar
- SI Unit
  - Newton • meter = Joule
    - N • m = J
    - J = kg • m² / s² = (kg • m / s²) • m

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0{}^2 = (F\cos\theta)\Delta x$$

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

Usaha: + atau -?

- Usaha bisa positif, negatif, atau nol. Tanda Usaha tergantung pada arah kekuatan relatif terhadap perpindahan.
- $$W \equiv (F\cos\theta)\Delta x$$
  - Usaha positif: W > 0 jika 90 ° > θ > 0 °
  - Usaha negatif: W < 0 jika 180 ° > θ > 90 °
  - Usaha nol: W = 0 jika θ = 90°
  - Usaha maksimal jika θ = 0°
  - Usaha minimal jika θ = 180°



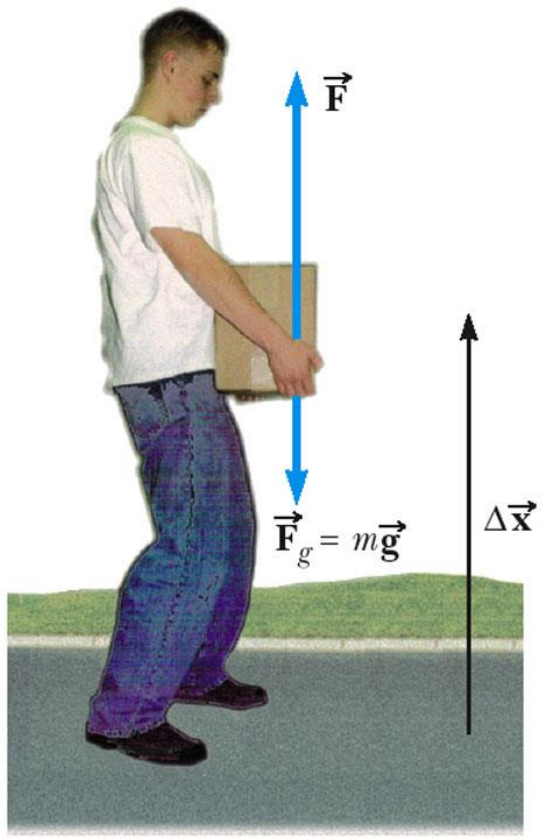
Contoh: Ketika Usaha adalah Nol

- Seorang pria membawa seember air secara horizontal dengan kecepatan konstan.
- Gaya tidak bekerja pada ember
- Perpindahan bersifat horizontal
- Gaya bersifat vertikal
- cos 90° = 0

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

Contoh: Pekerjaan Bisa Positif atau Negatif

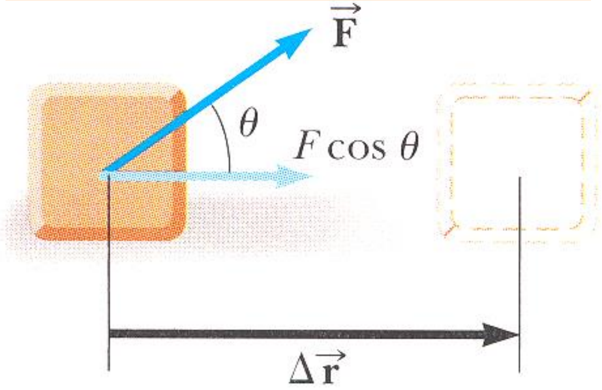
- Usaha adalah positif ketika mengangkat kotak
- Usaha akan negatif jika menurunkan kotak
    - Gaya masih ke atas, tetapi perpindahan akan ke bawah.

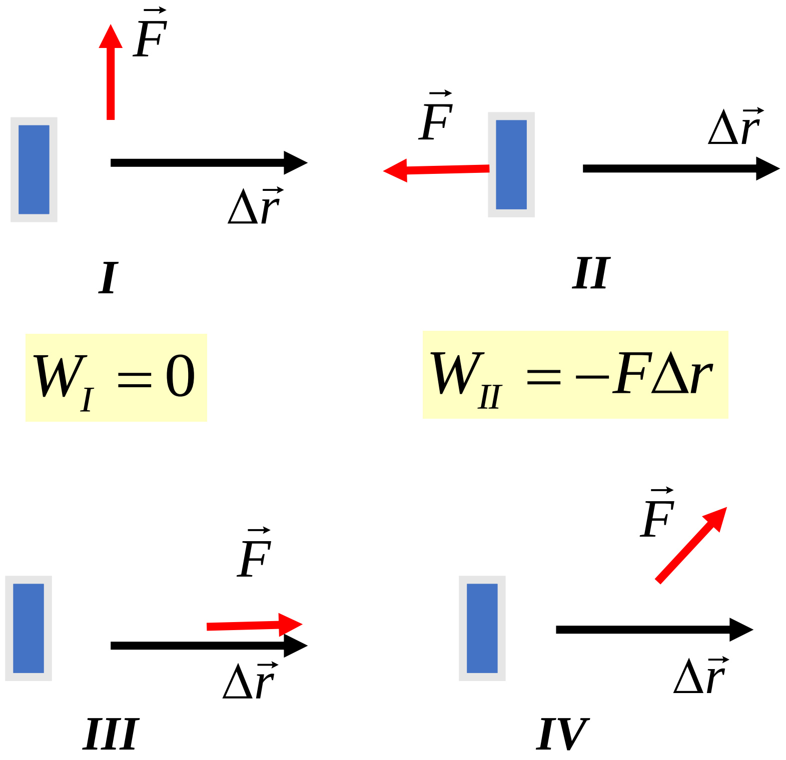


Usaha yang dilakukan oleh kekuatan konstan

- Usaha W dilakukan pada sistem oleh agen mengerahkan gaya konstan pada sistem adalah perkalian antara besarnya F gaya, besarnya Δr dari perpindahan titik penerapan gaya, dan cosθ, di mana θ adalah sudut antara gaya dan vektor perpindahan:
-

$$W \equiv \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F\Delta r \cos\theta$$





$$W_I = 0$$

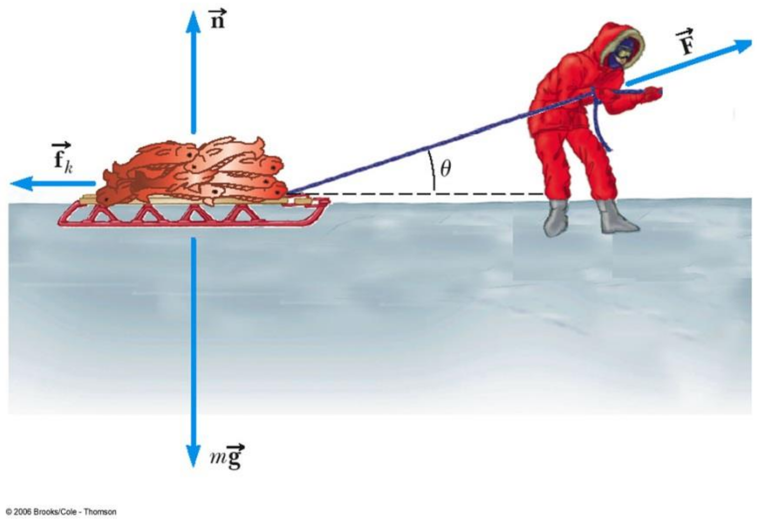
$$W_{II} = -F\Delta r$$

$$W_{III} = F\Delta r$$

$$W_{IV} = F\Delta r \cos\theta$$

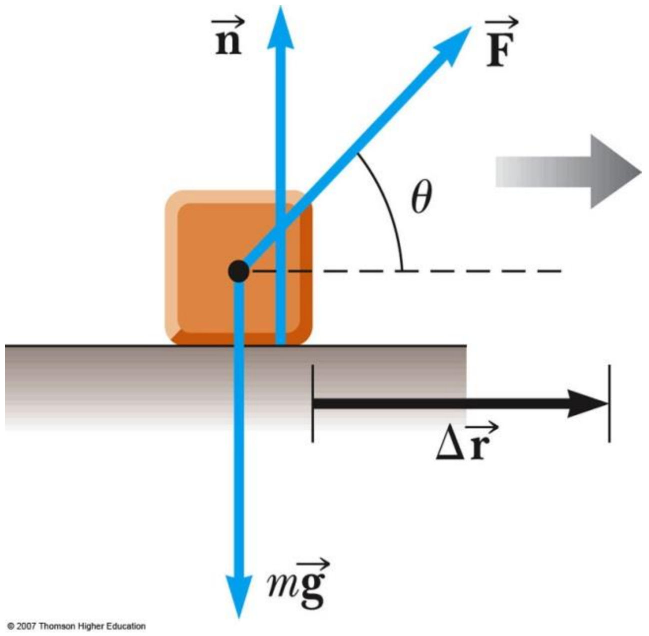
Usaha dan Gaya

- Seorang Eskimo menarik kereta luncur seperti yang ditunjukkan. Total massa kereta luncur adalah 50,0 kg, dan ia mengerahkan kekuatan 1,20 × 102 N pada kereta luncur dengan menarik tali. Berapa besar Usaha yang dia lakukan pada kereta luncur jika θ = 30 ° dan dia menarik kereta luncur 5,0 m?
- $$W = (F\cos\theta)\Delta x$$
  $$= (1.20\times10^{2}\,N)(\cos 30^{\circ})(5.0m)$$
  $$= 5.2\times10^{2}\,J$$



Usaha yang Dilakukan oleh Beberapa Gaya

- Jika lebih dari satu gaya bertindak pada suatu objek, maka total pekerjaan sama dengan jumlah aljabar dari pekerjaan yang dilakukan oleh kekuatan individu.
- $$W_{\text{net}} = \sum W_{\text{oleh gaya individual}}$$
  - Ingat Usaha adalah skalar, jadi ini adalah jumlah aljabar



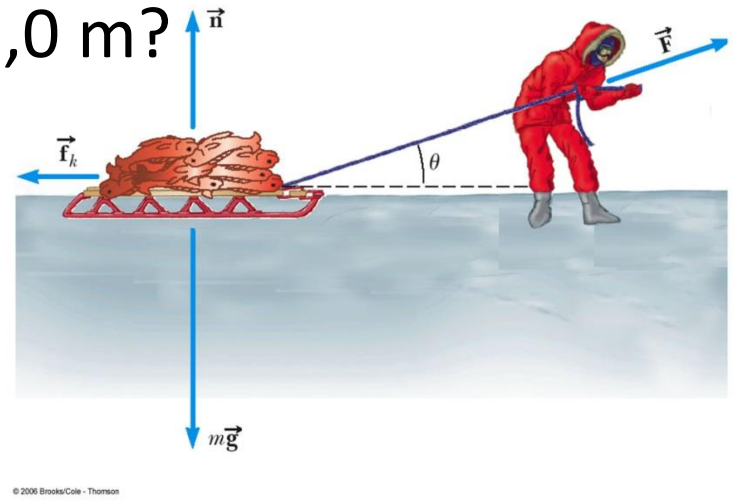
$$W_{net} = W_g + W_N + W_F = (F\cos\theta)\Delta r$$

Usaha dan Beberapa Gaya

- Misalkan µk = 0,200, Berapa besar usaha yang dilakukan pada kereta luncur oleh gesekan, dan pekerjaan bersih jika θ = 30° dan dia menarik kereta luncur 5,0 m?

$$F_{net,y} = N - mg + F\sin\theta = 0$$

$$N = mg - F\sin\theta$$



$$W_{fric} = (f_k\cos 180^\circ)\Delta x = -f_k\Delta x$$
$$= -\mu_k N\Delta x = -\mu_k(mg - F\sin\theta)\Delta x$$
$$= -(0.200)(50.0kg \cdot 9.8m/s^2$$
$$-1.2\times10^2 N\sin 30^\circ)(5.0m)$$
$$= -4.3\times10^2 J$$

$$W_{net} = W_F + W_{fric} + W_N + W_g$$
$$= 5.2\times10^2 J - 4.3\times10^2 J + 0 + 0$$
$$= 90.0J$$

Energi Kinetik

- Energi kinetik yang terkait dengan gerakan suatu objek

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

- Kuantitas skalar dengan unit yang sama dengan Usaha
- Usaha berkaitan dengan energi kinetik

$$\frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m {v_0}^2 = F_{net} \Delta x$$

$$W_{net} = EK_f - EK_i = \Delta EK$$

Kasus Khusus:
Percepatan Konstan

Ingat hasil eleminasi t:

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

Dikalikan dengan ½ m:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = ma(x - x_0)$$

$$= ma\Delta x$$

Tetapi F = ma!

$$\Delta(\frac{1}{2}mv^2) = F\Delta x$$

Teorema Usaha-Energi Kinetik

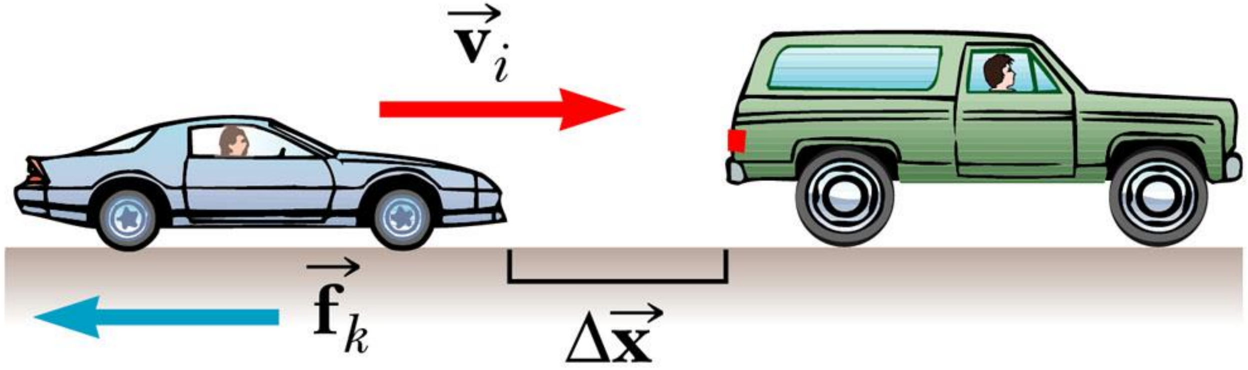
- Ketika Usaha dilakukan oleh gaya bersih pada suatu objek dan satu-satunya perubahan dalam objek adalah kelajuannya, usaha yang dilakukan sama dengan perubahan energi kinetik objek.
  - Kelajuan akan meningkat jika Usaha positif
  - Kelajuan akan berkurang jika Usaha negatif

$$W_{net} = EK_f - EK_i = \Delta EK$$

$$W_{net} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^{\,2}$$

Usaha dan Energi Kinetik

- Pengemudi mobil 1,00 $\times 10^3$ kg yang melaju di jalan tol pada 35,0 m / s menginjak remnya untuk menghindari tabrakan dengan kendaraan di depannya, yang berhenti karena ada kemacetan di depan. Setelah rem diterapkan, gaya gesekan konstan pada mobil adalah 8,00 $\times 10^3$ N. Abaikan hambatan udara. (a) Pada jarak minimum berapa rem harus diterapkan untuk menghindari tabrakan dengan kendaraan lain tersebut? (b) Jika jarak antara kendaraan awalnya hanya 30,0 m, pada kelajuan berapa tabrakan akan terjadi?



Usaha dan Energi Kinetik

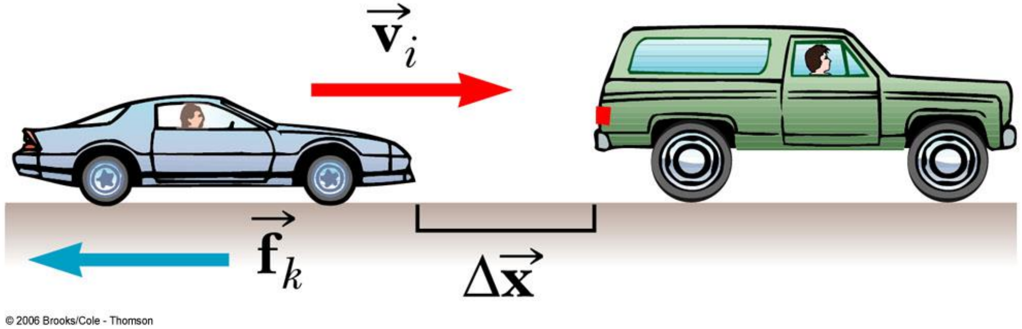
- (a) Diketahui $v_0 = 35.0 m/s, v = 0, m = 1.00 \times 10^3 kg, f_k = 8.00 \times 10^3 N$
- Tentukan jarak berhenti minimum yang diperlukan

$$W_{net} = W_{fric} + W_g + W_N = W_{fric} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$-f_k \Delta x = 0 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$-(8.00 \times 10^3 N)\Delta x = -\frac{1}{2}(1.00 \times 10^3 kg)(35.0 m/s)^2$$

$$\Delta x = 76.6 m$$



Usaha dan Energi Kinetik

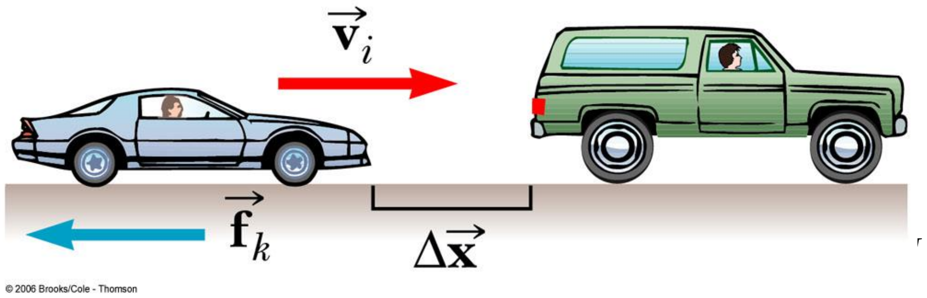
- (b) Diketahui $\Delta x = 30.0m, v_0 = 35.0m/s, m = 1.00\times10^3 kg,\ f_k = 8.00\times10^3 N$
- Tentukan kelajuan saat tabrakan.
- Tuliskan teorema Usaha-Energi:

$$W_{net} = W_{fric} = -f_k\Delta x = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$v_f^2 = v_0^2 - \frac{2}{m}f_k\Delta x$$

$$v_f^2 = (35m/s)^2 - (\frac{2}{1.00\times10^3 kg})(8.00\times10^3 N)(30m) = 745m^2/s^2$$

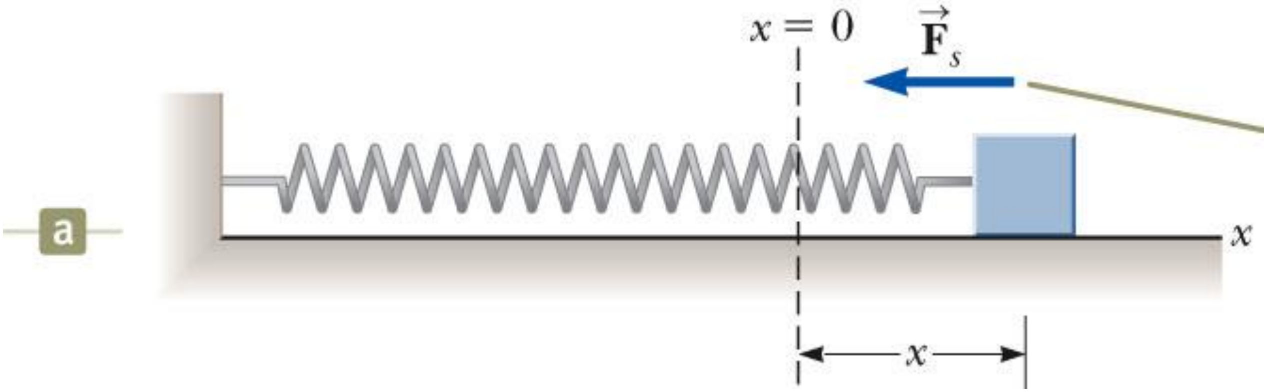
$$v_f = 27.3m/s$$



Usaha yang dilakukan oleh Pegas

- Gaya Pegas

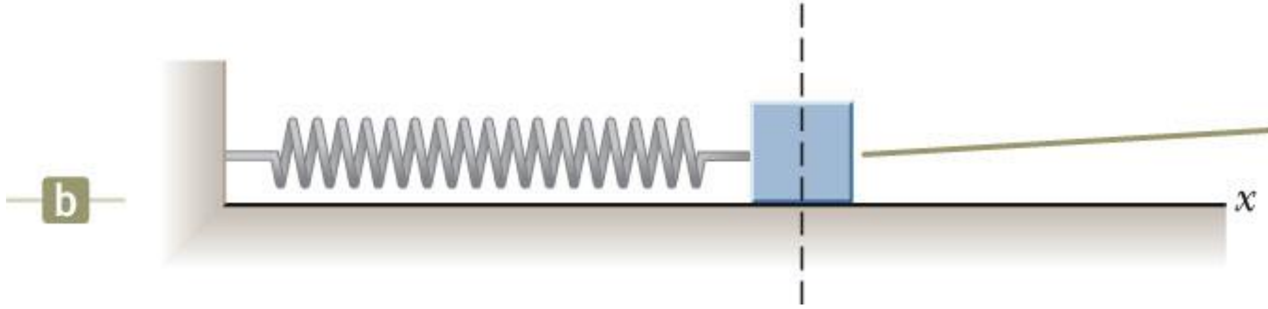
$$F_x = -kx$$



Ketika x positif (pegas ditarik), gaya pegas mengarah ke kiri

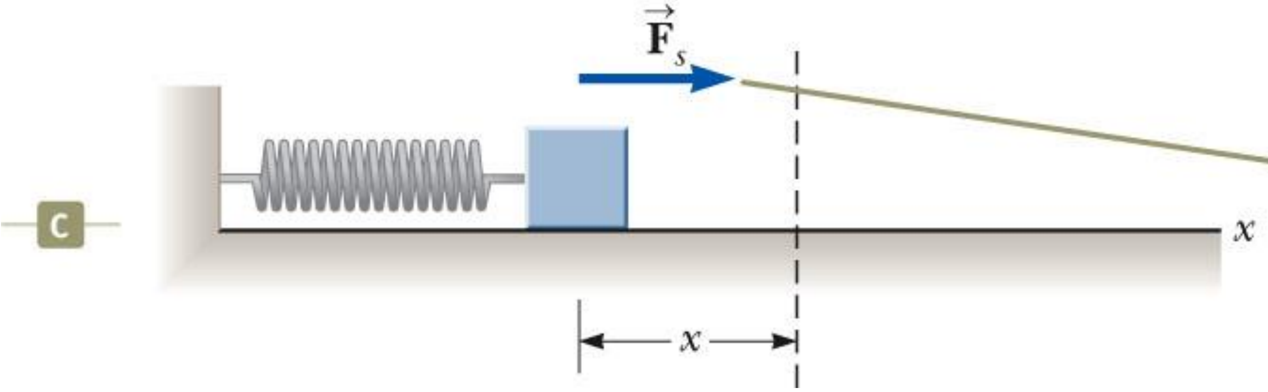
Pegas pada Kesetimbangan

- F = 0

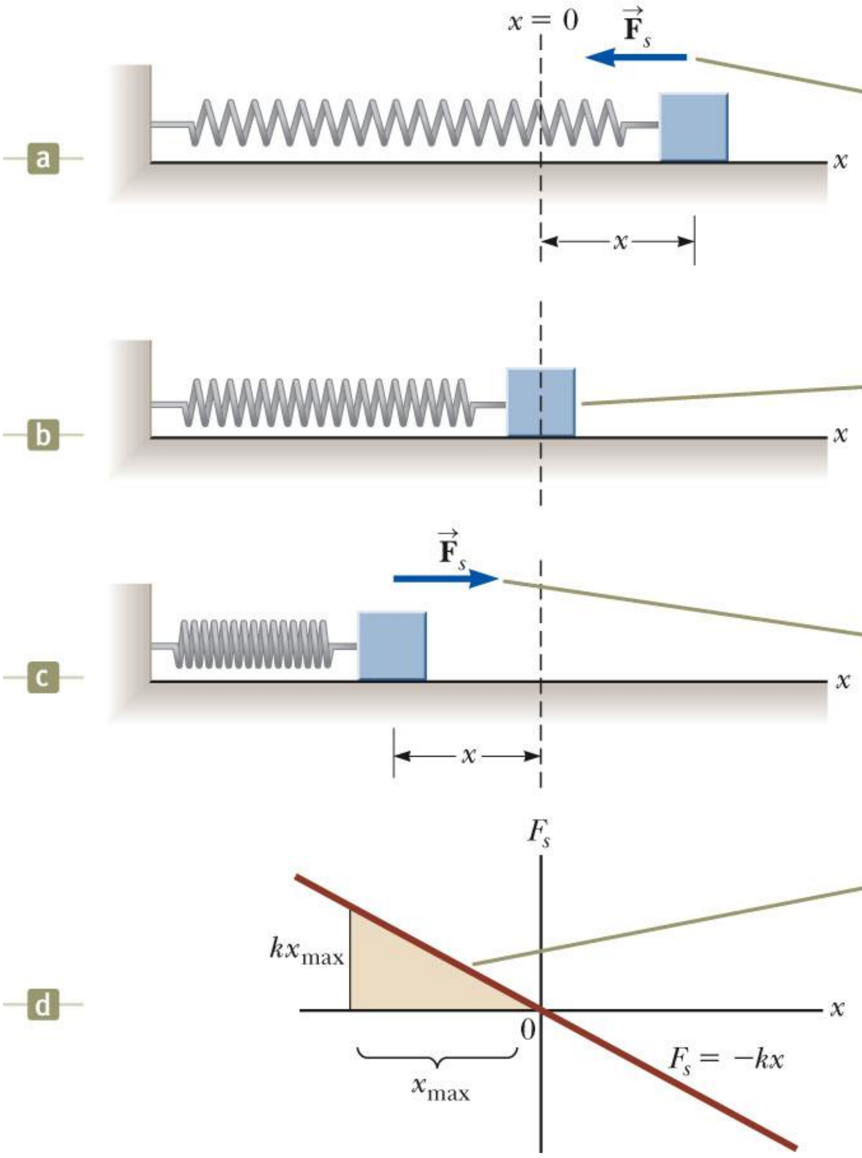


Ketika x nol (Panjang alami pegas), gaya pegas adalah nol

Spring Compressed



Ketika x negatif(pegas ditekan), gaya pegas mengarah ke kanan



Ketika x positif (pegas ditarik), gaya pegas mengarah ke kiri

Ketika x nol (Panjang alami pegas), gaya pegas adalah nol

Ketika x negatif(pegas ditekan), gaya pegas mengarah ke kanan

Usaha oleh Gaya pegas terhadap blok saat begerak dari –Xmax ke 0 adalah area yang diarsir dibawahnya, ½kx^2_{max}

$$\lim_{\Delta x \to 0} \sum_{x_i}^{x_f} F_x \Delta x = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx$$

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx = \int_{x_i}^{x_f} -kx\,dx$$

$$= \int_{-x_{max}}^{0} -kx\,dx = \tfrac{1}{2} kx^2$$

$$W = \int_{x_i}^{x_f} -kx\,dx = \tfrac{1}{2} kx_i^2 - \tfrac{1}{2} kx_f^2$$

Usaha Pegas pada blok

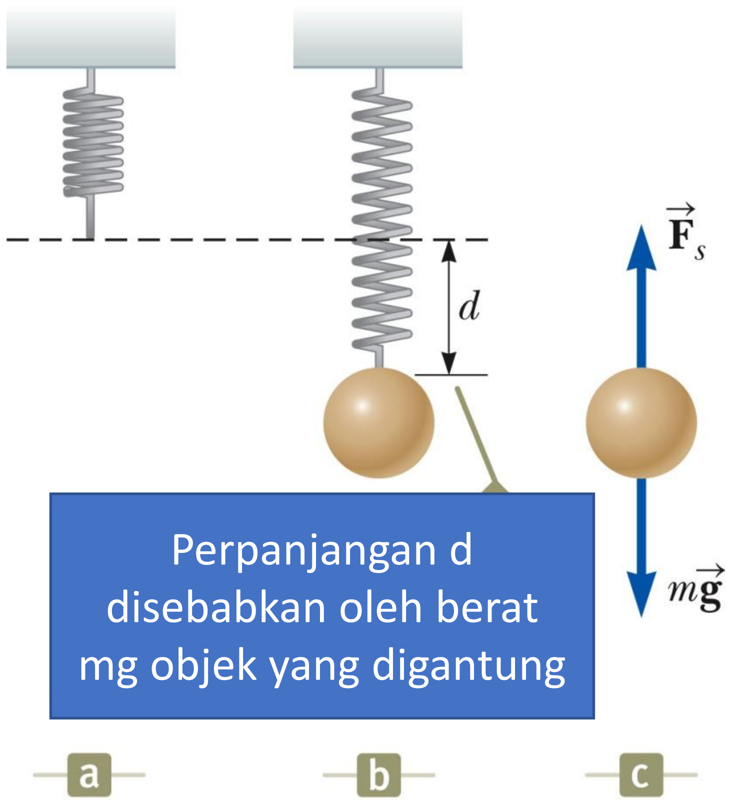
Mengukur Konstanta Pegas

- Pegas tanpa beban dengan kesetimbangan alaminya.
- Massa digantungkan pada ujung pegas menyebabkan perpanjangan d
- Dari

$$F_x = kx - mg = 0$$

$$k = \frac{mg}{d}$$

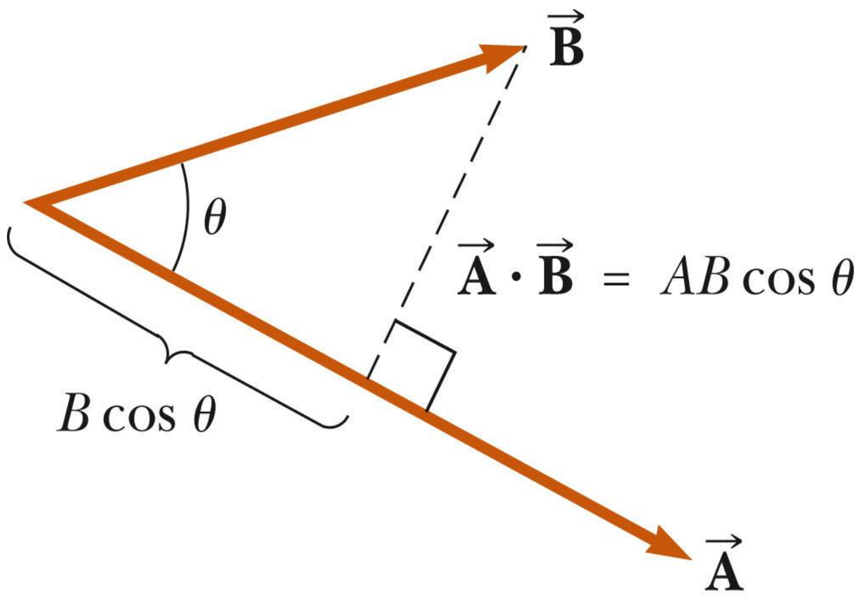
maka didapatkan konstanta pegas.



Perkalian Skalar (Dot) 2 Vektor

- Produk skalar dari dua vektor ditulis sebagai $\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}}$
  - juga disebut perkalian titik.
- $\vec{\mathbf{A}} \cdot \vec{\mathbf{B}} \equiv A\,B\,cos\,\theta$
  - θ adalah sudut antara *A* and *B*
- Diterapkan pada Usaha, artinya

$$W = F\Delta r\cos\theta = \vec{\mathbf{F}} \cdot \Delta\vec{\mathbf{r}}$$



Perkalian Titik

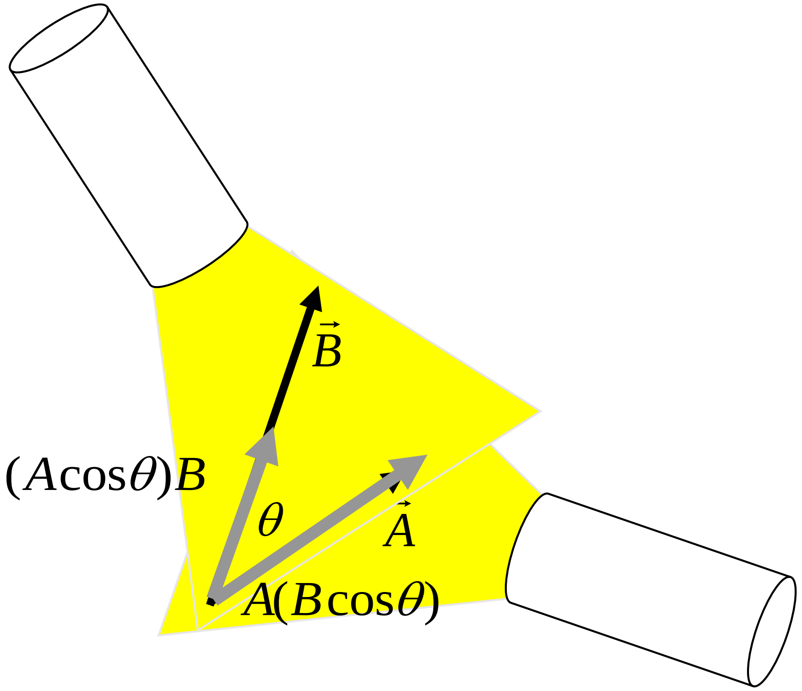
- Perkalian titik mengatakan sesuatu tentang seberapa parallel dua vektor tersebut.
- Perkalian titik (produk scalar) dari dua vektor dapat dipandang sebagai proyeksi dari satu vektor ke arah vektor lainnya.

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos\theta$$

$$\vec{A}\cdot\hat{i} = A\cos\theta = A_x$$

- Komponen

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$$



Proyeksi dari Vektor : Perkalian Titik

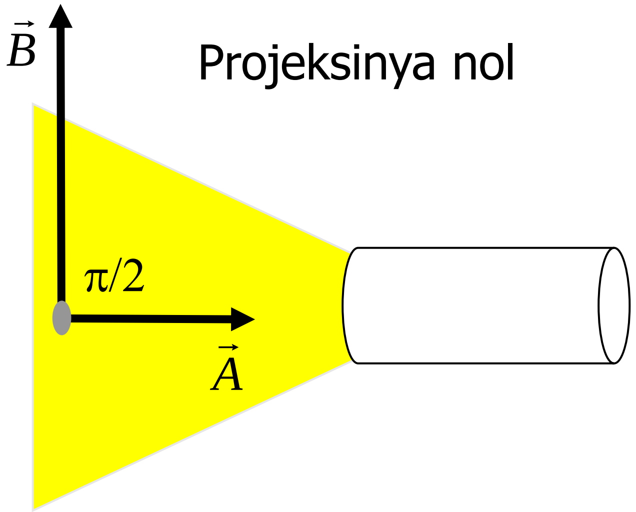
- Perkalian titik mengatakan sesuatu tentang seberapa parallel dua vektor tersebut.
- Perkalian titik (produk scalar) dari dua vektor dapat dipandang sebagai proyeksi dari satu vektor ke arah vektor lainnya.

$$\hat{i}\cdot\hat{j}=0;\ \hat{i}\cdot\hat{k}=0;\ \hat{j}\cdot\hat{k}=0$$

$$\hat{i}\cdot\hat{i}=1;\ \hat{j}\cdot\hat{j}=1;\ \hat{k}\cdot\hat{k}=1$$

$$\vec{A}\cdot\vec{B}=AB\cos\theta$$

$$\vec{A}\cdot\hat{i}=A\cos\theta=A_x$$



- Komponen

$$\vec{A}\cdot\vec{B}=A_xB_x+A_yB_y+A_zB_z$$

Derivasi

- Dari asalnya? $\vec{A}\cdot\vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$
- Mulai dari
$$\vec{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k}$$
$$\vec{B} = B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}$$
- Kemudian
$$\begin{aligned}\vec{A}\cdot\vec{B} &= (A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k})\cdot(B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}) \\ &= A_x\hat{i}\cdot(B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}) + A_y\hat{j}\cdot(B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}) + A_z\hat{k}\cdot(B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k})\end{aligned}$$
- Tetapi
$$\hat{i}\cdot\hat{j} = 0;\ \ \hat{i}\cdot\hat{k} = 0;\ \ \hat{j}\cdot\hat{k} = 0$$
$$\hat{i}\cdot\hat{i} = 1;\ \ \hat{j}\cdot\hat{j} = 1;\ \ \hat{k}\cdot\hat{k} = 1$$
- Maka
$$\begin{aligned}\vec{A}\cdot\vec{B} &= A_x\hat{i}\cdot B_x\hat{i} + A_y\hat{j}\cdot B_y\hat{j} + A_z\hat{k}\cdot B_z\hat{k} \\ &= A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z\end{aligned}$$

Produk Skalar

- Vektor-vektor $\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j}$ dan $\vec{B} = -\hat{i} + 2\hat{j}$
- Tentukan produk skalar $\vec{A}\cdot\vec{B} = ?$

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = A_x B_x + A_y B_y = 2\cdot(-1) + 3\cdot 2 = -2 + 6 = 4$$

- Tentukan sudut θ antara kedua vector ini

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{2^2 + 3^2} = \sqrt{13} \qquad B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{(-1)^2 + 2^2} = \sqrt{5}$$

$$\cos\theta = \frac{\vec{A}\cdot\vec{B}}{AB} = \frac{4}{\sqrt{13}\sqrt{5}} = \frac{4}{\sqrt{65}}$$

$$\theta = \cos^{-1}\frac{4}{\sqrt{65}} = 60.3^\circ$$

Sumber:

Physics 111: Mechanics Lecture 6

Dale Gary

NJIT Physics Department