

Fisika Dasar I (FI-321)

Topik hari ini (minggu 5)

Usaha dan Energi

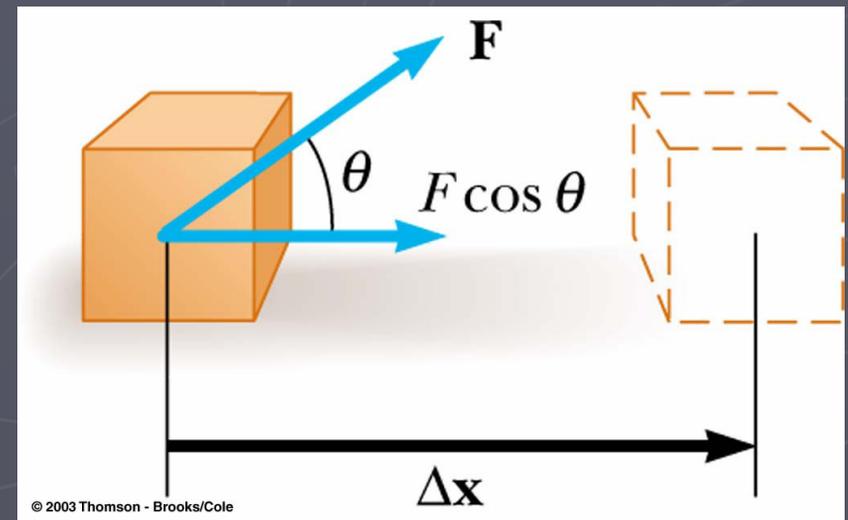


Usaha

- ▶ Menyatakan hubungan antara **gaya** dan **energi**
- ▶ **Energi** menyatakan kemampuan melakukan usaha
- ▶ Usaha, W , yang dilakukan oleh gaya **konstan** pada sebuah benda didefinisikan sebagai **perkalian** antara **komponen gaya sepanjang arah perpindahan** dengan **besarnya perpindahan**

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

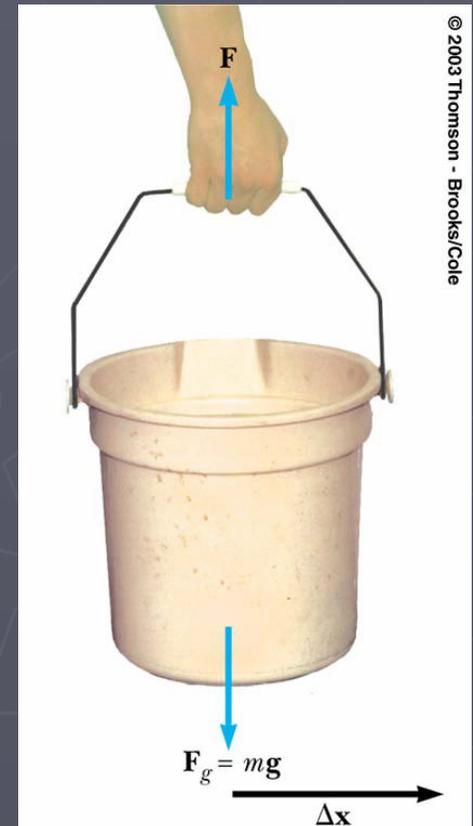
- $(F \cos \theta)$ komponen dari gaya sepanjang arah perpindahan
- Δx adalah besar perpindahan



Usaha (lanjutan)

- ▶ Tidak memberikan informasi tentang:
 - waktu yang diperlukan untuk terjadinya perpindahan
 - Kecepatan atau percepatan benda
- ▶ **Catatan:** usaha adalah nol ketika:
 - ▶ Tidak ada **perpindahan**
 - ▶ Gaya dan perpindahan saling **tegak lurus**, sehingga $\cos 90^\circ = 0$ (jika kita membawa ember secara horisontal, gaya gravitasi tidak melakukan kerja)

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



Usaha (lanjutan)

► Besaran Skalar

Satuan Usaha	
SI	joule ($J=N \text{ m}$)
CGS	erg ($\text{erg}=\text{dyne cm}$)
USA & UK	foot-pound ($\text{foot-pound}=\text{ft lb}$)

- Jika terdapat banyak gaya yang bekerja pada benda, usaha total yang dilakukan adalah penjumlahan aljabar dari sejumlah usaha yang dilakukan tiap gaya

Usaha (lanjutan)

- ❑ Usaha dapat bernilai **positif** atau **negatif**
 - ❑ **Positif** jika gaya dan perpindahan **berarah sama**
 - ❑ **Negatif** jika gaya dan perpindahan **berlawanan arah**

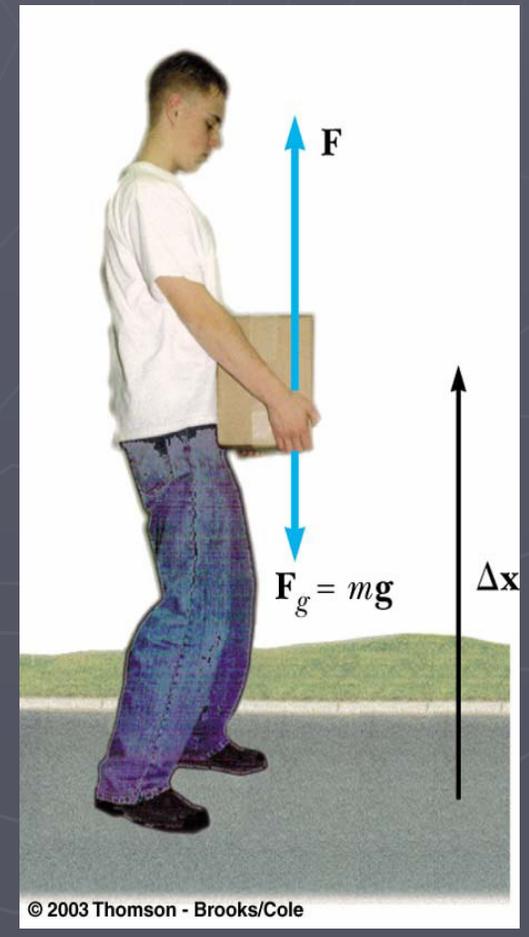
❑ Contoh 1

- ❑ Usaha yang dilakukan oleh **orang**:
 - ❑ ketika menaikkan kotak **+**
 - ❑ ketika menurunkan kotak **-**

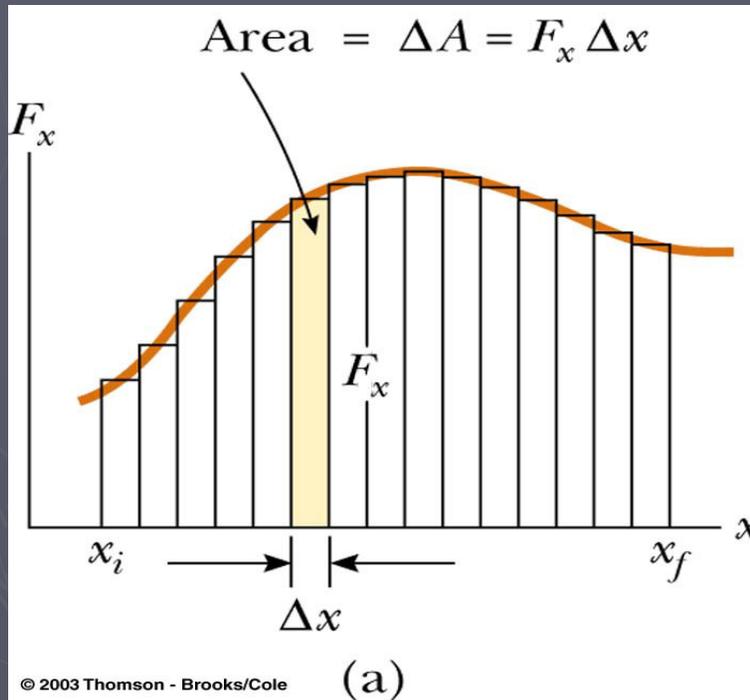
❑ Contoh 2

- ❑ Usaha yang dilakukan oleh **gaya gravitasi**:
 - ❑ ketika menaikkan kotak **-**
 - ❑ ketika menurunkan kotak **+**
 - ❑ ketika bergerak horisontal **nol**

Aninasi 5.1

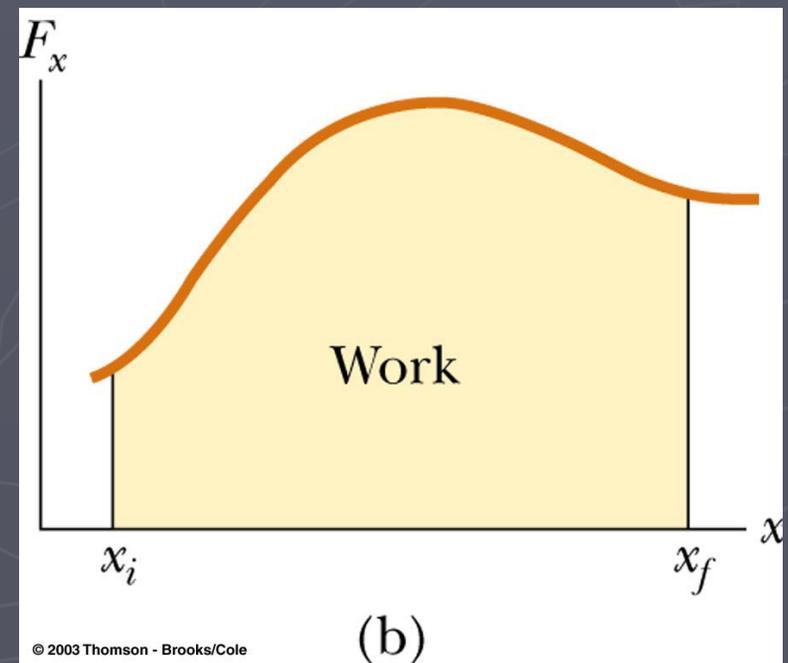


Usaha oleh Gaya yang Berubah dan Interpretasi Grafik dari Usaha



- Bagi perpindahan **total** ($x_f - x_i$) menjadi **bagian kecil perpindahan** Δx
- Untuk setiap bagian kecil perpindahan:

$$W_i = (F \cos \theta) \Delta x_i$$



- Sehingga, usaha total adalah:

$$W_{tot} = \sum_i W_i = \sum_i F_x \cdot \Delta x_i$$

Yang merupakan **luas total di bawah kurva $F(x)$** !

Energi Kinetik

- ▶ Energi diasosiasikan dengan gerak sebuah benda
- ▶ Besaran skalar, satuannya sama dengan usaha
- ▶ Kerja berhubungan dengan energi kinetik
- ▶ Misalkan F adalah sebuah gaya konstan:

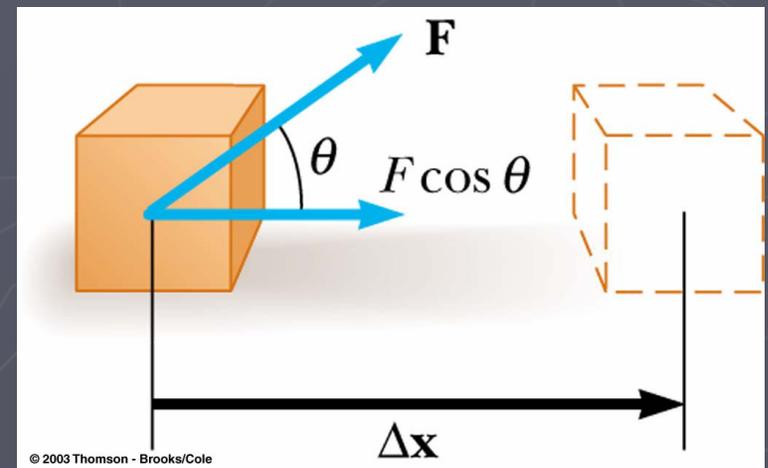
$W_{\text{net}} = Fs = (ma)s$, sedangkan :

$$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot s, \text{ atau } a \cdot s = \frac{v^2 - v_0^2}{2}.$$

$$\text{Sehingga : } W_{\text{net}} = m \left(\frac{v^2 - v_0^2}{2} \right) = \underbrace{\frac{1}{2}mv^2} - \underbrace{\frac{1}{2}mv_0^2}.$$

Besaran ini disebut energi kinetik:

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



Teorema Usaha-Energi Kinetik

- ▶ Ketika usaha dilakukan oleh gaya neto pada sebuah benda dan benda hanya mengalami perubahan laju, usaha yang dilakukan sama dengan perubahan energi kinetik benda

$$W_{net} = KE_f - KE_i = \Delta KE$$

- Laju akan bertambah jika kerja positif
- Laju akan berkurang jika kerja negatif

Usaha dan Energi Kinetik (lanjutan)

Palu yang bergerak mempunyai energi kinetik dan dapat melakukan usaha pada paku (**palu mengalami perubahan kecepatan**)



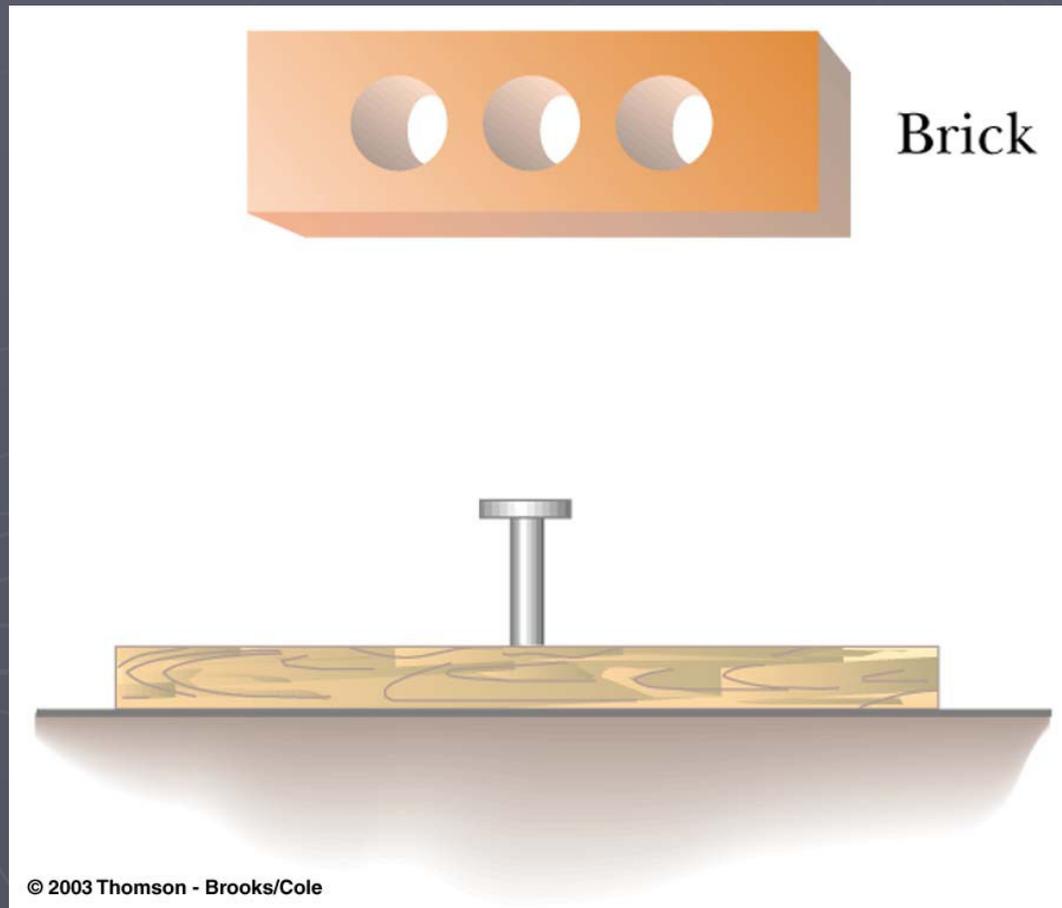
Energi Potensial

- ▶ **Energi Potensial** diasosiasikan dengan **posisi** sebuah benda dalam sebuah sistem
 - Energi potensial adalah sifat dari sistem, bukan benda
 - Sebuah sistem adalah kumpulan dari benda atau partikel yang saling berinteraksi melalui gaya
- ▶ **Satuan** dari **Energi Potensial** adalah sama dengan Usaha dan **Energi kinetik**

Energi Potensial Gravitasi

- ▶ Energi potensial Gravitasi adalah energi yang berkaitan dengan posisi relatif sebuah benda dalam ruang di **dekat permukaan bumi**
 - Benda berinteraksi dengan bumi melalui gaya gravitasi
 - Sebenarnya energi potensial dari sistem bumi-benda

Contoh Energi Potensial



Usaha dan Energi Potensial Gravitasi

- ▶ Tinjau sebuah buku bermassa m pada ketinggian awal y_i
- ▶ Usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi:

$$W_{\text{grav}} = (F \cos \theta)s = (mg \cos \theta)s, \text{ dengan :}$$

$$s = y_i - y_f, \cos \theta = 1,$$

$$\text{Sehingga : } W_{\text{grav}} = mg(y_i - y_f) = \underbrace{mgy_i} - \underbrace{mgy_f}.$$

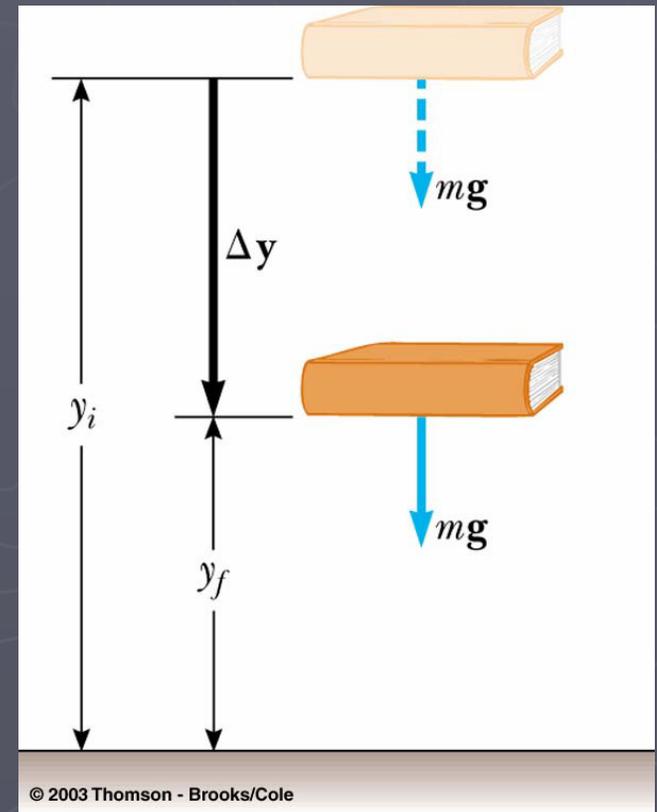
Besaran ini disebut **energi potensial**:

$$EP = mgy$$

■ **Catatan:**

$$W_{\text{gravity}} = EP_i - EP_f$$

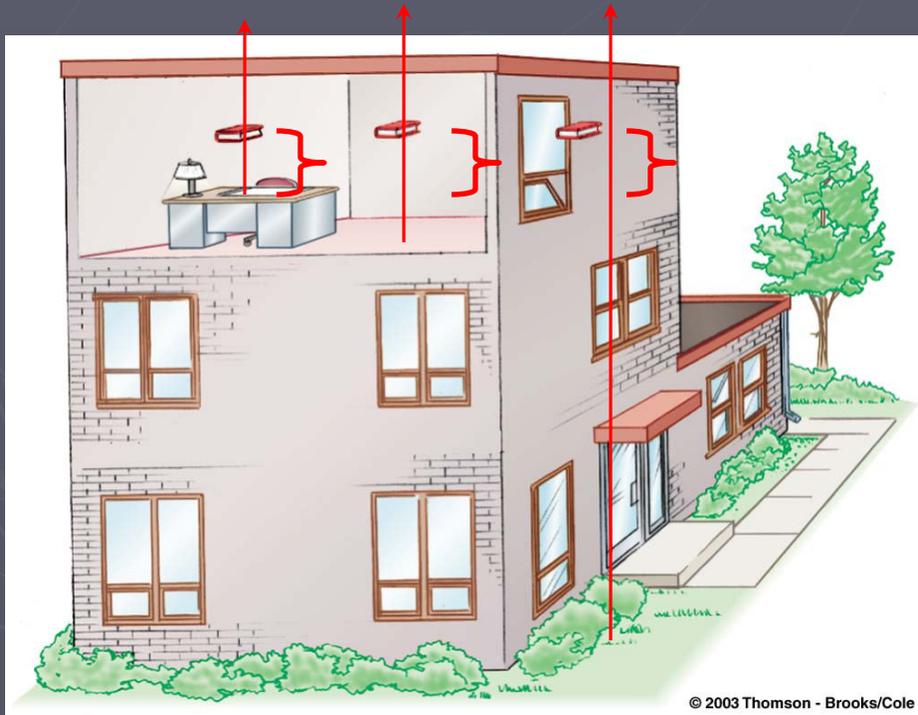
Penting: Usaha dihubungkan dengan **Beda Energi Potensial**



Titik Acuan untuk Energi Potensial Gravitasi

- ▶ Tempat dimana energi potensial gravitasi bernilai nol harus dipilih untuk setiap problem
 - Pemilihannya bebas karena **perubahan energi potensial** yang merupakan kuantitas penting
 - Pilih tempat yang tepat untuk titik acuan nol
 - ▶ Biasanya permukaan bumi
 - ▶ Dapat tempat lain yang disarankan oleh problem

Titik Acuan untuk Energi Potensial Gravitasi (lanjutan)



Pemilihan titik acuan sembarang karena usaha yang dilakukan hanya bergantung pada **perubahan energi potensial**

$$W_{grav_1} = mgy_{i_1} - mgy_{f_1},$$

$$W_{grav_2} = mgy_{i_2} - mgy_{f_2},$$

$$W_{grav_3} = mgy_{i_3} - mgy_{f_3}.$$

$$W_{grav_1} = W_{grav_2} = W_{grav_3}.$$

Gaya Konservatif

- ▶ Sebuah gaya dinamakan **konservatif** jika usaha yang dilakukannya pada benda yang bergerak diantara dua titik **tidak bergantung pada lintasan yang dilalui benda**
 - Usaha hanya bergantung pada posisi akhir dan awal dari benda
 - Gaya konservatif dapat mempunyai fungsi energi potensial yang berkaitan

Catatan: Sebuah gaya dikatakan **konservatif** jika usaha yang dilakukan pada benda yang bergerak melalui **lintasan tertutup** adalah nol.

Gaya Konservatif (lanjutan)

► Contoh gaya konservatif:

- Gaya Gravitasi
- Gaya Pegas
- Gaya Elektromagnetik

► Karena kerjanya tidak bergantung lintasan:

- $W_c = EP_i - EP_f$: hanya bergantung pada titik akhir dan awal

Gaya Non-Konservatif

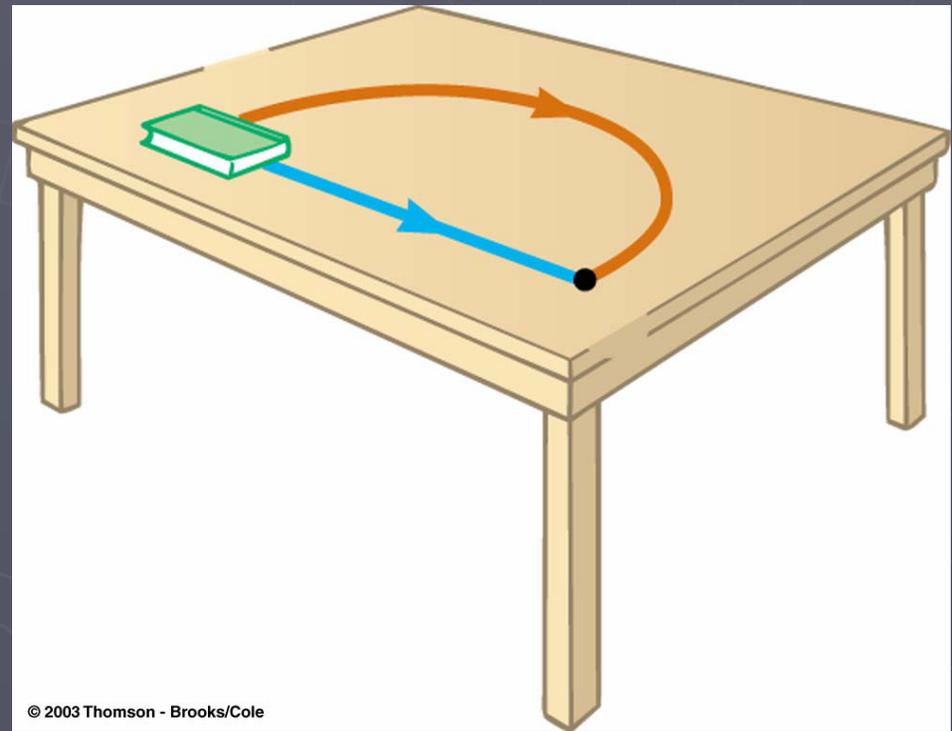
- ▶ Sebuah gaya dikatakan **nonkonservatif** jika kerja yang dilakukannya pada sebuah benda **bergantung pada lintasan** yang dilalui oleh benda antara titik akhir dan titik awal
- ▶ Contoh gaya non-konservatif
 - Gaya gesek

Contoh: Gaya Gesekan sebagai Gaya Non-konservatif

- ▶ Gaya gesek mentransformasikan energi kinetik benda menjadi energi yang berkaitan dengan temperatur
 - Benda menjadi lebih panas dibandingkan sebelum bergerak
 - *Energi Internal* adalah bentuk energi yang digunakan yang berkaitan dengan temperatur benda

Gaya Gesek Bergantung Lintasan

- ▶ Lintasan **biru lebih pendek** dari lintasan **merah**
- ▶ Kerja yang dibutuhkan lebih kecil pada lintasan **biru** daripada lintasan **merah**
- ▶ Gesekan **bergantung** pada lintasan dan merupakan **gaya non-konservatif**



Kekekalan Energi Mekanik

► Kekekalan secara umum

- Untuk mengatakan besaran fisika *kekal* adalah dengan mengatakan nilai numerik besaran tersebut konstan

► Dalam kekekalan energi, energi mekanik total tidak berubah (konstan)

- Dalam sebuah sistem yang terisolasi yang terdiri dari benda-benda yang saling berinteraksi melalui gaya konservatif, energi mekanik total sistem tidak berubah

Kekekalan Energi

- ▶ Energi **mekanik** total adalah jumlah dari energi **kinetik** dan energi **potensial** sistem

$$E_i = E_f$$

$$EK_i + EP_i = EK_f + EP_f$$

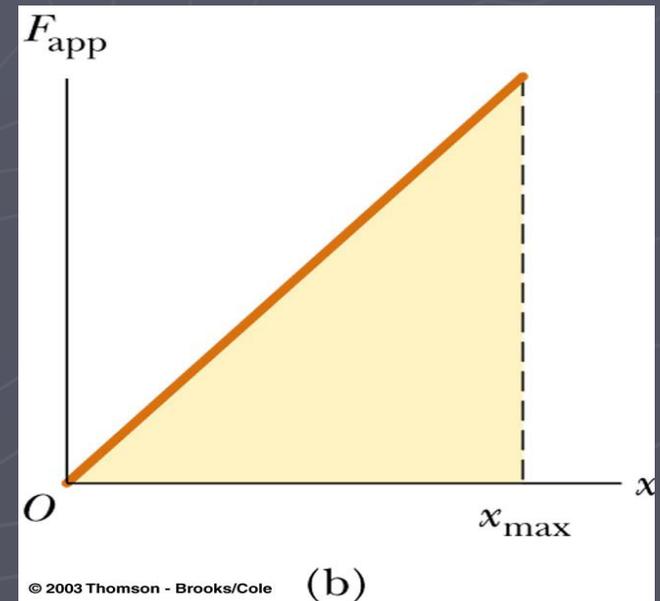
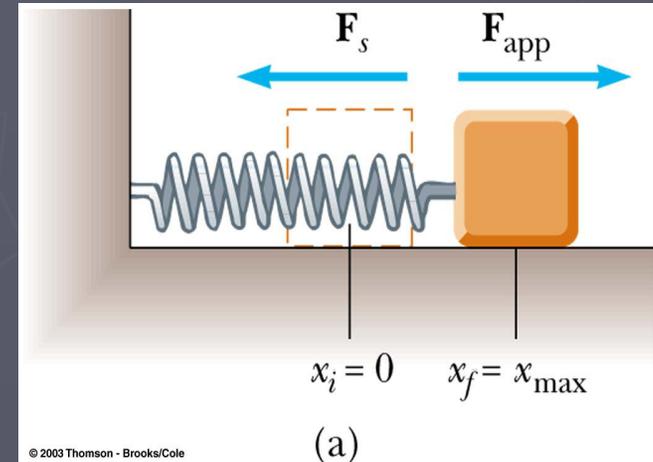
- Energi bentuk lain dapat ditambahkan guna memodifikasi persamaan di atas

Animasi 5.2

Gaya Pegas

- ▶ Melibatkan *konstanta pegas*, k
- ▶ Hukum Hooke memberikan gaya:
 - $F = -kx$
 - ▶ F adalah gaya pemulih
 - ▶ F berlawanan dengan arah x
 - ▶ k bergantung pada pembuatan pegas, material penyusunnya, ketebalan kawat, dll.

Animasi 5.3



Energi Potensial dalam Pegas

► Energi Potensial Elastik

- Berkaitan dengan kerja yang dibutuhkan untuk memampatkan pegas dari posisi setimbang ke posisi lain x

$W_{\text{spr}} = (F \cos \theta)x$, dengan :

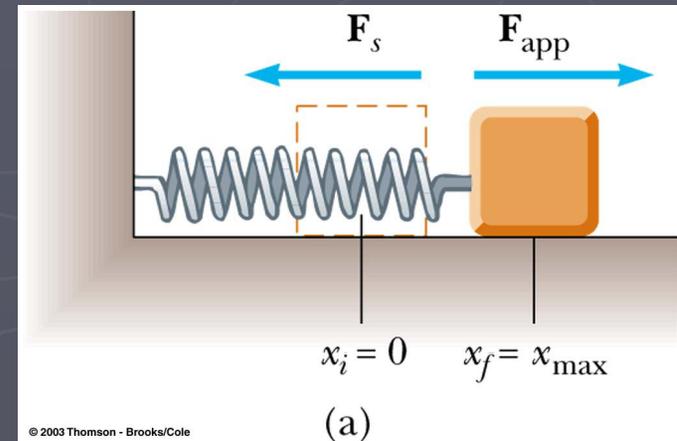
$$\cos \theta = 1, F = \frac{F_0 + F_x}{2} = \frac{0 + F_x}{2} = \frac{-kx}{2}$$

sehingga : $W_{\text{spr}} = 0 - \frac{-kx}{2}x = \frac{1}{2}kx^2$.

Dinamakan energi potensial elastik:

$$EP_s = \frac{1}{2}kx^2$$

Animasi 5.4



Kekekalan Energi Mencakup Pegas

- Energi potensial pegas ditambahkan di kedua ruas persamaan kekekalan energi

$$(EK + EP_g + EP_p)_i = (EK + EP_g + EP_p)_f$$

Animasi 5.5

Gaya Non-konservatif dengan Tinjauan Energi

- ▶ Ketika gaya non-konservatif hadir, energi mekanik sistem **tidak konstan**
- ▶ Usaha total yang dilakukan oleh semua gaya konservatif dan non-konservatif pada sistem sama dengan **perubahan energi kinetik sistem**

$$W_{total} = W_k + W_{nk} = \Delta EK$$

- ▶ Usaha yang dilakukan oleh semua gaya non-konservatif pada bagian dari sistem sama dengan **perubahan energi mekanik sistem**

$$W_{nk} = \Delta Energi$$

Catatan Tentang Kekekalan Energi

- ▶ Kita tidak dapat menciptakan atau memusnahkan energi
 - Dengan kata lain energi adalah kekal
 - Jika energi total sebuah sistem tidak konstan, energi pasti telah berubah ke bentuk lain dengan mekanisme tertentu

Daya

- ▶ *Daya* didefinisikan sebagai **laju transfer (aliran) energi**

- $\bar{P} = \frac{W}{t} = F\bar{v}$

- Satuan SI adalah **Watt** (W) : $W = \frac{J}{s} = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$

- USA & UK : hp (horsepower) :

$$1 \text{ hp} = 550 \frac{\text{ft lb}}{\text{s}} = 746 \text{ W}$$

- kilowatt hours (kWh) digunakan dalam tagihan listrik
1 kWh = Joule

Latihan

Buku Tipler jilid I
Hal 205 no 59

PR

Buku Tipler jilid I
Hal 203 no 32
Hal 204 no 51
Hal 207 no 76, 77