

# Fisika Dasar I (FI-321)

Topik hari ini (minggu 5)

## Usaha dan Energi

- Usaha dan Energi
- Energi Kinetik
- Teorema Usaha – Energi Kinetik
- Energi Potensial Gravitasi
- Usaha dan Energi Potensial Gravitasi
- Gaya Konservatif dan Non-Konservatif
- Kekekalan Energi Mekanik
- Usaha oleh Gaya Non-Konservatif
- Daya

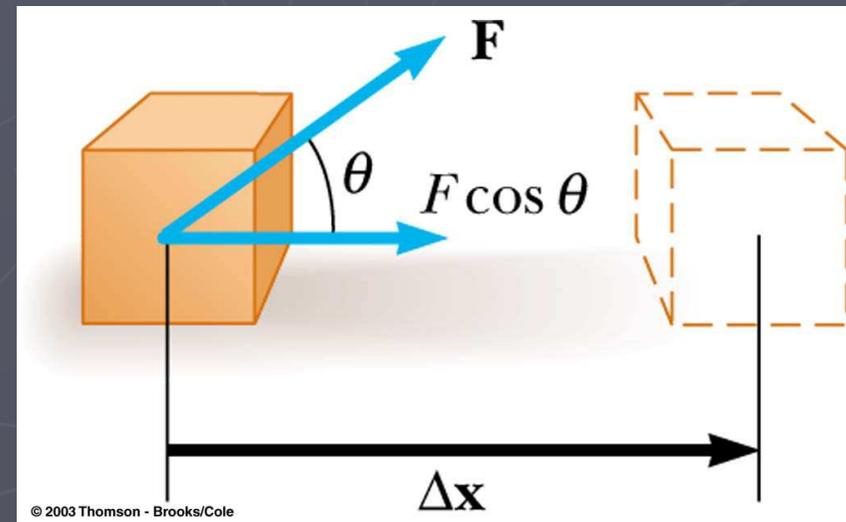


# Usaha

- ▶ 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**

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

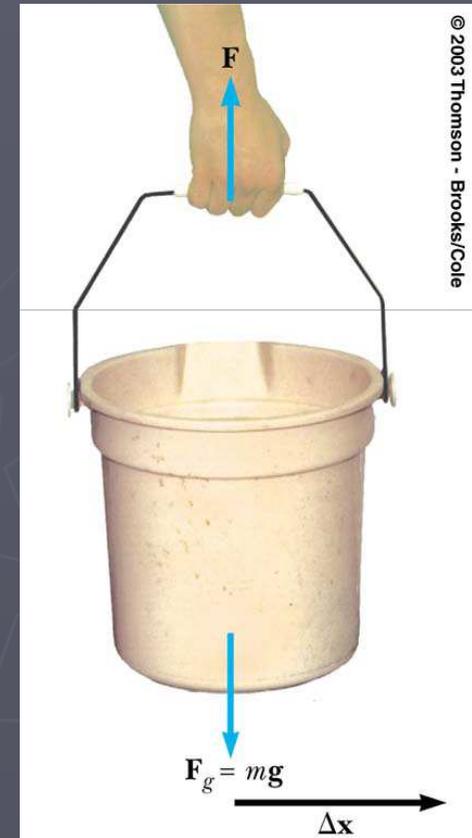
- $(F \cos \theta)$  komponen dari gaya sepanjang arah perpindahan
- $\Delta x$  adalah besar perpindahan



# 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 ( $J=N\ m$ )
CGS	erg ( $erg=dyne\ cm$ )
USA & UK	foot-pound ( $foot-pound=ft\ lb$ )

- 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

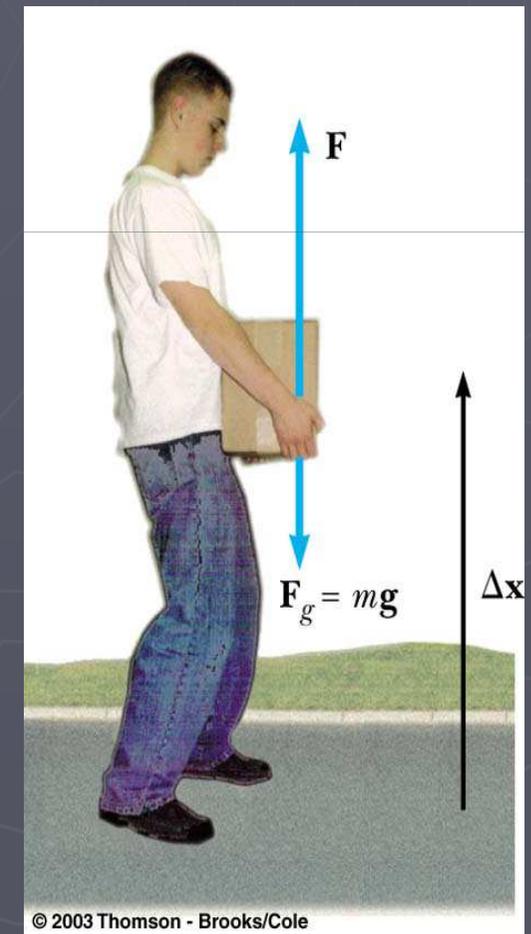
- ❑ Usaha yang dilakukan oleh **orang**:

- ❑ ketika menaikkan kotak **+**
- ❑ ketika menurunkan kotak **-**

## ❑ Contoh 2

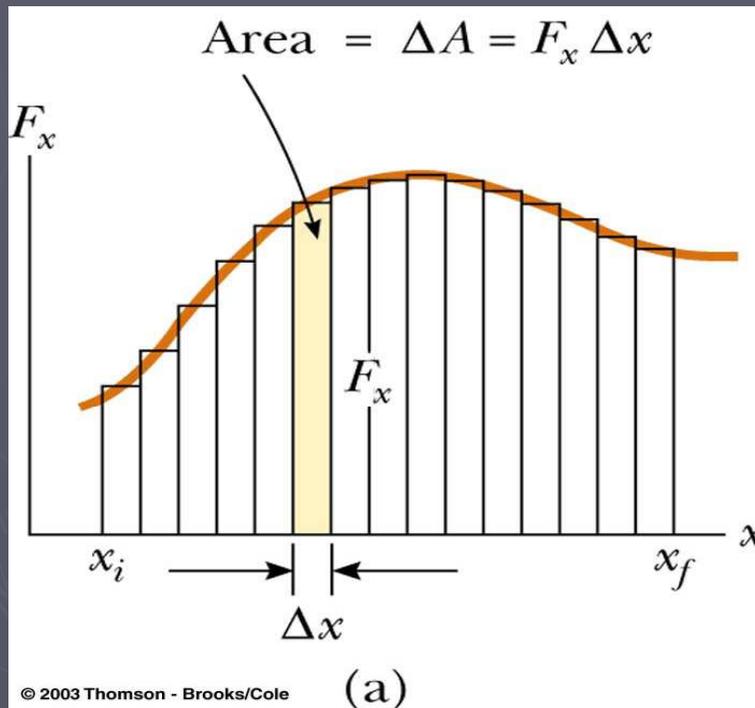
- ❑ Usaha yang dilakukan oleh **gaya gravitasi**:

- ❑ ketika menaikkan kotak **-**
- ❑ ketika menurunkan kotak **+**
- ❑ ketika bergerak horisontal **nol**



**Animasi 5.1**

# Usaha oleh Gaya yang Berubah dan Interpretasi Grafik dari Usaha



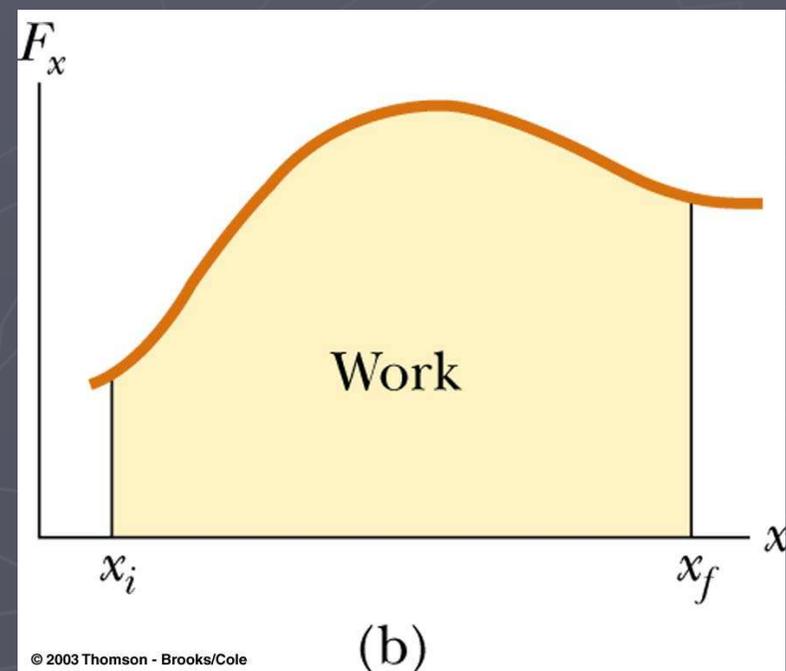
- Bagi perpindahan **total** ( $x_f - x_i$ ) menjadi **bagian kecil perpindahan**  $\Delta x$
- Untuk setiap bagian kecil perpindahan:

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

- 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  $F(x)$ !**



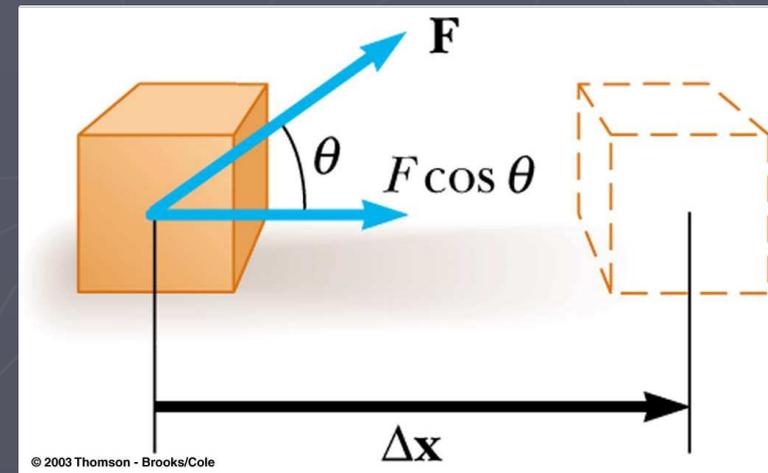
# Energi Kinetik

- ▶ Energi diasosiasikan dengan gerak sebuah benda
- ▶ Besaran skalar, satuannya sama dengan usaha
- ▶ Usaha 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:

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

# 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**)



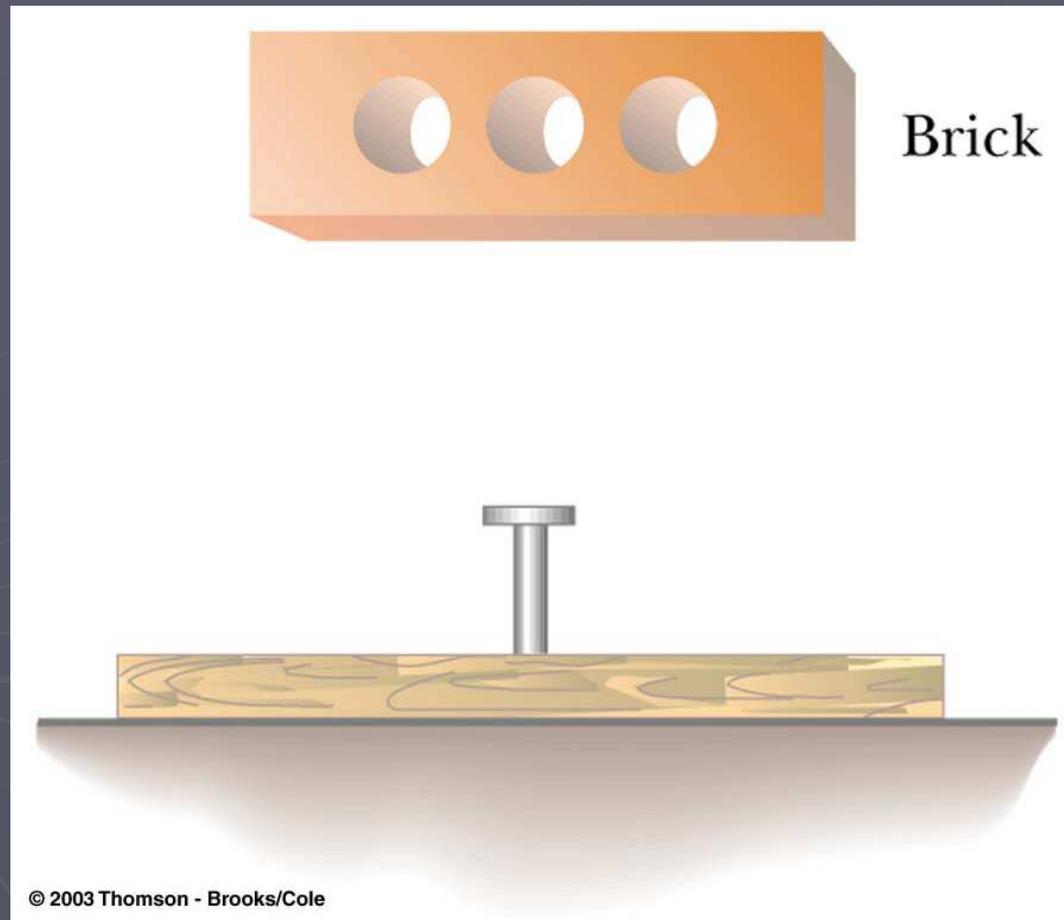
# Energi Potensial

- ▶ **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:

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

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

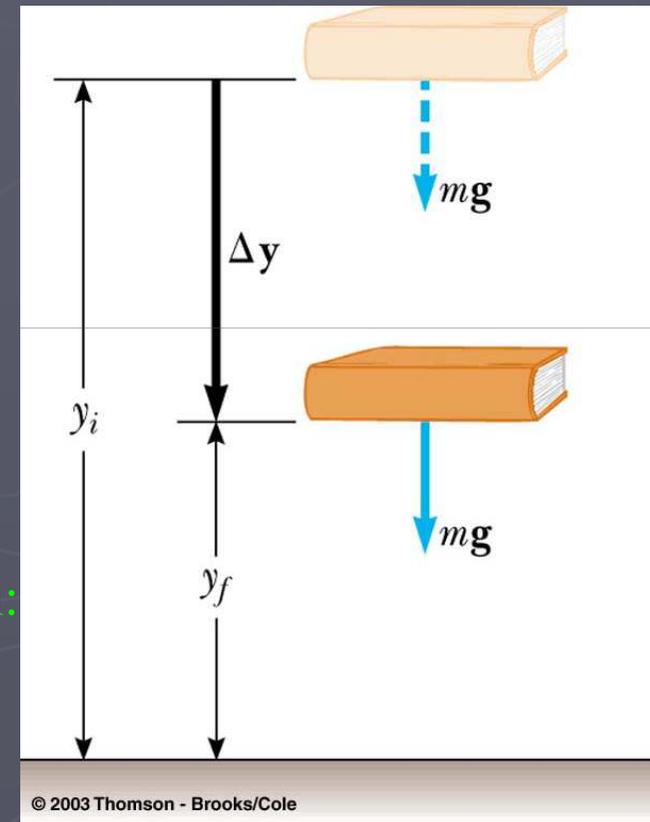
$$\text{Sehingga : } W_{\text{grav}} = mg(y_i - y_f) = \underbrace{mgy_i} - \underbrace{mgy_f}.$$

Besaran ini disebut **energi potensial gravitasi**:

$$EP = mgy$$

## ■ Catatan:

$$\begin{aligned} W_{\text{gravitasi}} &= EP_i - EP_f \\ &= -(EP_f - EP_i) = -\Delta EP \end{aligned}$$

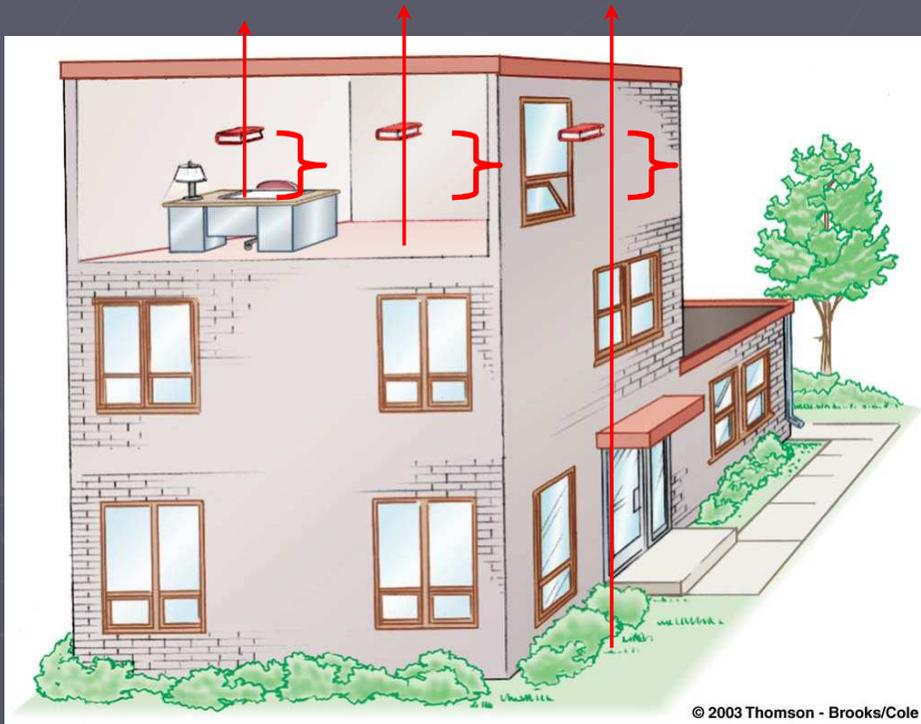


Penting: Usaha dihubungkan dengan **Beda Energi Potensial**

# 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  
 $= -(EP_f - EP_i) = -\Delta EP$

# Gaya Non-Konservatif

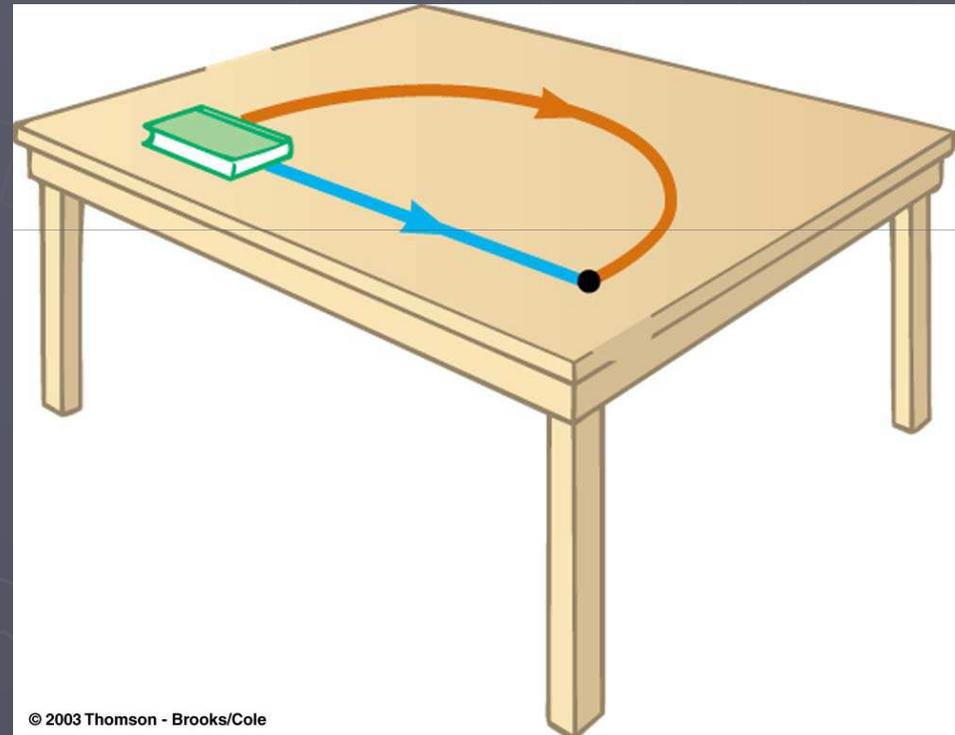
- ▶ Sebuah gaya dikatakan **nonkonservatif** jika kerja yang dilakukannya pada sebuah benda **bergantung pada lintasan** yang dilalui oleh benda antara titik akhir dan titik awal
- ▶ Contoh gaya non-konservatif
  - Gaya gesek

# 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 Mekanik (lanjutan)

- Usaha total oleh semua gaya konservatif:

$$W_{\text{total konservatif}} = \int \mathbf{F}_c \cdot d\mathbf{s} = -\Delta EP = \Delta EK$$

Sehingga

$$\Delta EP + \Delta EK = \Delta(EP + EK) = 0$$

$$(EP + EK)_i = (EP + EK)_f$$

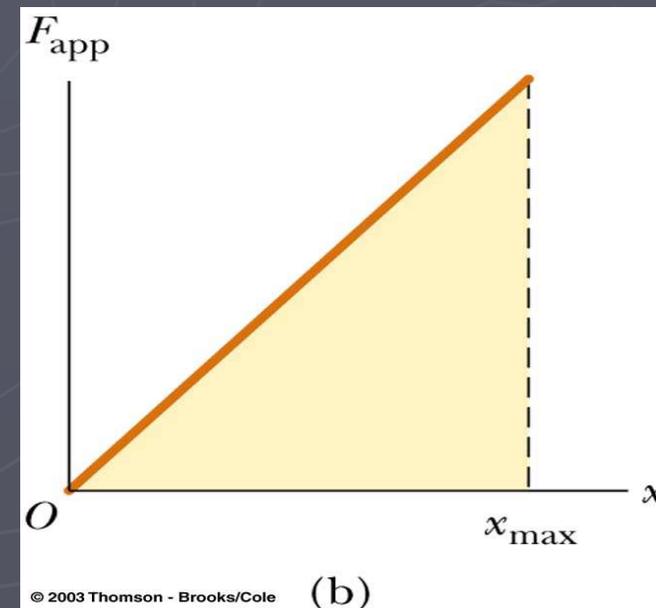
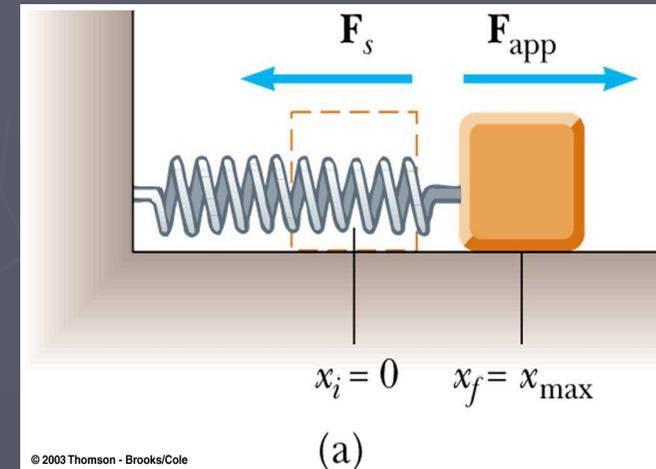
- Energi **mekanik** total adalah jumlah dari energi **kinetik** dan energi **potensial** sistem

**Animasi 5.2**

# Gaya Pegas

- ▶ Melibatkan *konstanta pegas*,  $k$
- ▶ Hukum Hooke memberikan gaya:
  - $F = - k x$ 
    - ▶  $F$  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 Pegas

- Berkaitan dengan usaha yang dibutuhkan untuk memampatkan/meregangkan pegas dari posisi  $x$  ke posisi setimbang

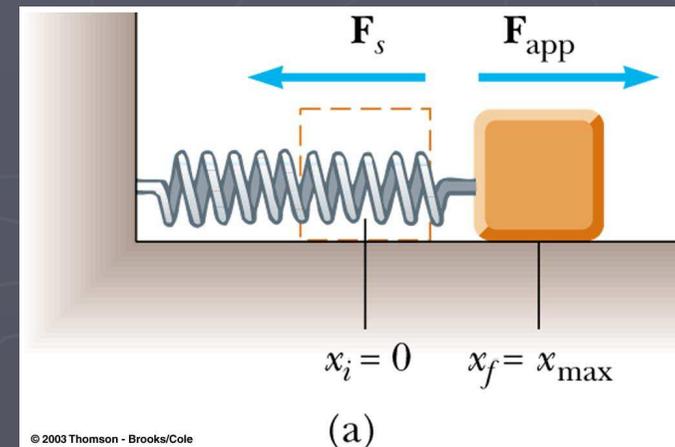
$$W_{spr} = \int \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{x_i}^{x_f} -kx dx = -\left(\frac{1}{2}kx_f^2 - \frac{1}{2}kx_i^2\right)$$
$$= -\Delta EP = -(EP_f - EP_i)$$

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

Dinamakan energi potensial pegas:

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

**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 konservatif ( $\mathbf{F}_1$  dan  $\mathbf{F}_2$ ) dan gaya non-konservatif ( $\mathbf{F}_{nc}$ ) hadir, energi mekanik sistem **tidak kekal**,

$$\mathbf{F}_{neto} = \mathbf{F}_{nc} + \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

- ▶ Usaha total yang dilakukan oleh semua gaya konservatif dan non-konservatif pada sistem sama dengan **perubahan energi kinetik sistem**

$$\begin{aligned} W_{total} &= \int \mathbf{F}_{nc} \cdot d\mathbf{s} + \int \mathbf{F}_1 \cdot d\mathbf{s} + \int \mathbf{F}_2 \cdot d\mathbf{s} \\ &= W_{nc} + W_1 + W_2 = \Delta EK \end{aligned}$$

# Gaya Non-Konservatif dengan Tinjauan Energi (lanjutan)

- ▶ Usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif adalah negatif perubahan energi potensial sistem.

$$W_c = -\Delta EP$$

- ▶ Sehingga usaha total oleh gaya konservatif dan non konservatif menjadi:

$$W_{\text{total}} = W_{\text{nc}} + W_1 + W_2 = W_{\text{nc}} - \Delta EP_1 - \Delta EP_2 = \Delta EK$$

$$\text{Sehingga : } W_{\text{nc}} = \Delta EP_1 + \Delta EP_2 + \Delta EK = \Delta EM$$

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

$$W_{\text{nc}} = \Delta EM$$

# 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