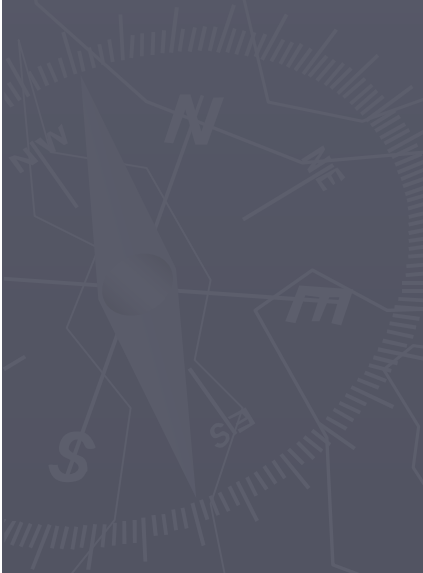


Gerak Rotasi



Momen Inersia

- ▶ Terdapat perbedaan yang penting antara **masa inersia** dan **momen inersia**
- ▶ **Massa inersia** adalah ukuran kemalasan suatu benda untuk mengubah keadaan gerak **translasi** nya (karena pengaruh gaya) sedangkan **Momen inersia** adalah ukuran kemalasan suatu benda untuk mengubah keadaan gerak **rotasi** nya (karena pengaruh torsi)
- ▶ Momen inersia bergantung pada kuantitas materi dan ***distribusinya***
- ▶ Momen inersia juga bergantung pada **posisi sumbu rotasi**

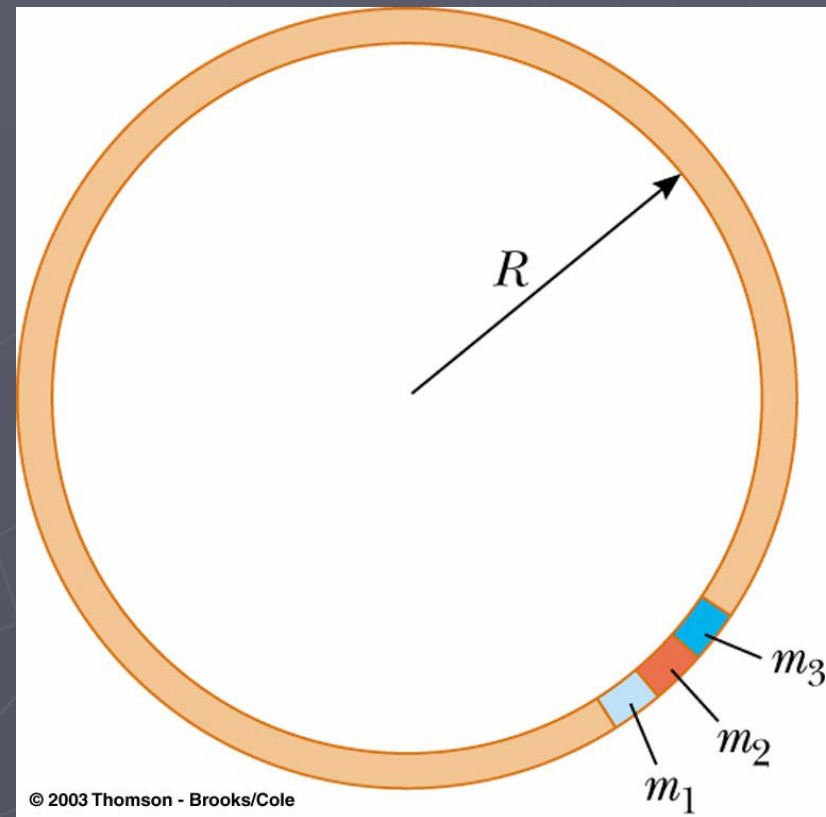
Contoh: Momen Inersia dari Cincin Uniform

- ▶ Bayangkan Cincin terbagi atas sejumlah bagian kecil, $m_1 \dots$
- ▶ Bagian kecil ini berjarak sama dari sumbu

$$I = \sum m_i r_i^2 = MR^2$$

- ▶ Benda Kontinu:

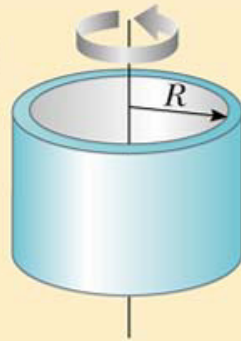
$$I = \int r^2 dm$$



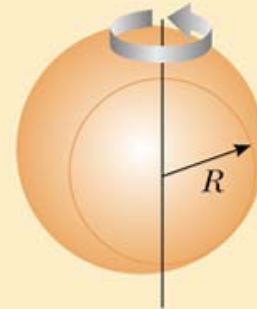
Momen Inersia yang Lain

TABLE 8.1 Moments of Inertia for Various Rigid Objects of Uniform Composition

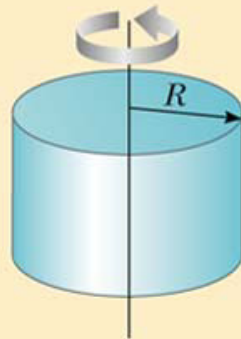
Hoop or thin cylindrical shell
 $I = MR^2$



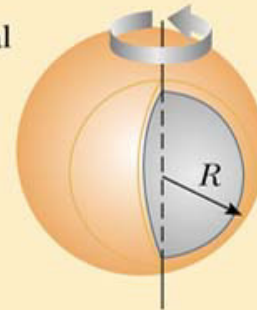
Solid sphere
 $I = \frac{2}{5} MR^2$



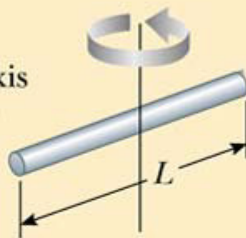
Solid cylinder or disk
 $I = \frac{1}{2} MR^2$



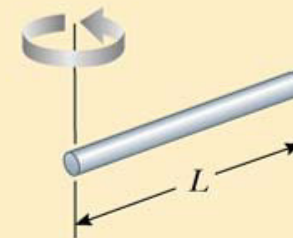
Thin spherical shell
 $I = \frac{2}{3} MR^2$



Long thin rod with rotation axis through center
 $I = \frac{1}{12} ML^2$



Long thin rod with rotation axis through end
 $I = \frac{1}{3} ML^2$

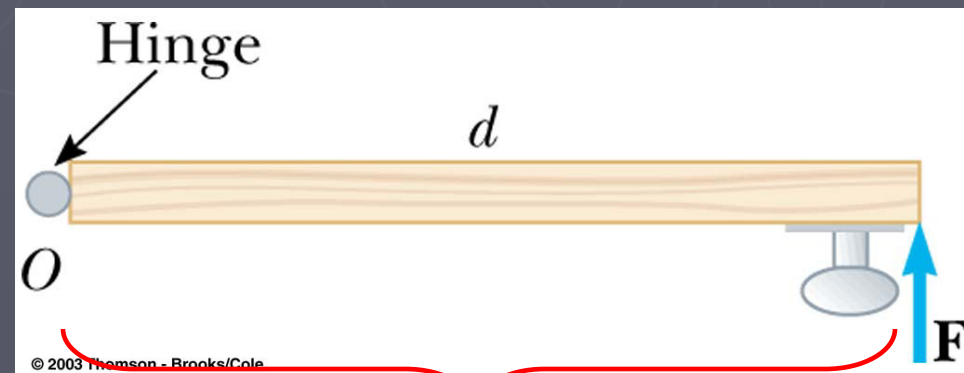


Torsi

- ▶ Torsi, τ , adalah kecenderungan dari sebuah gaya untuk merotasikan sebuah benda terhadap sumbu tertentu

Contoh pada pintu:

$$\tau = Fd$$

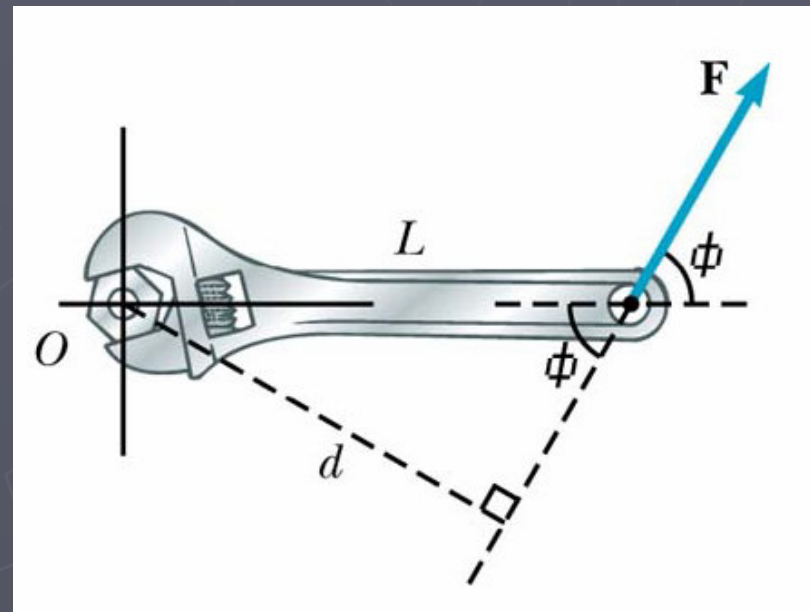


- τ adalah torsi
- d adalah lengan gaya
- F adalah gaya

Lengan Gaya

- ▶ Lengan gaya, d , adalah jarak terdekat (*tegak lurus*) dari sumbu rotasi ke garis searah perpanjangan gaya

- $d = L \sin \phi$



Momentum Sudut

- ▶ Serupa dengan hubungan antara gaya dan momentum dalam sistem linier, kita dapat tunjukkan hubungan antara torsi dan momentum sudut

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad \left(\text{bandingkan dengan } \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \right)$$

- ▶ **Momentum sudut** didefinisikan sebagai $\mathbf{L} = \mathbf{I} \boldsymbol{\omega}$

Kekekalan Momentum Sudut

- ▶ Jika torsi neto nol, momentum sudut konstan
- ▶ Pernyataan *Kekekalan momentum sudut* :
Momentum sudut dari sebuah sistem adalah kekal ketika torsi neto eksternal yang bekerja pada sistem adalah nol
 - Ini terjadi ketika:

$$\Sigma \tau = 0, L_i = L_f \text{ atau } I_i \omega_i = I_f \omega_f$$

Tes Konsep

Seorang penari ski es berputar dengan kedua lengannya terlentang (anggap tidak ada gaya gesekan). Kemudian dia menarik kedua lengan dan merapatkan pada tubuhnya. Dibandingkan dengan energi kinetik rotasi awal, energi kinetik rotasi setelah penari tersebut menarik lengannya haruslah bernilai ...

- a. sama
- b. lebih besar
- c. lebih kecil

Hukum Gravitasi



Hukum Kepler

- ▶ Semua planet bergerak dalam orbit elips dengan matahari sebagai pusatnya.
- ▶ Garis yang menghubungkan tiap planet ke matahari menyapu luasan yang sama dalam waktu yang sama.
- ▶ Kuadrat perioda dari setiap planet berbanding lurus dengan pangkat tiga dari jarak planet tersebut ke matahari.

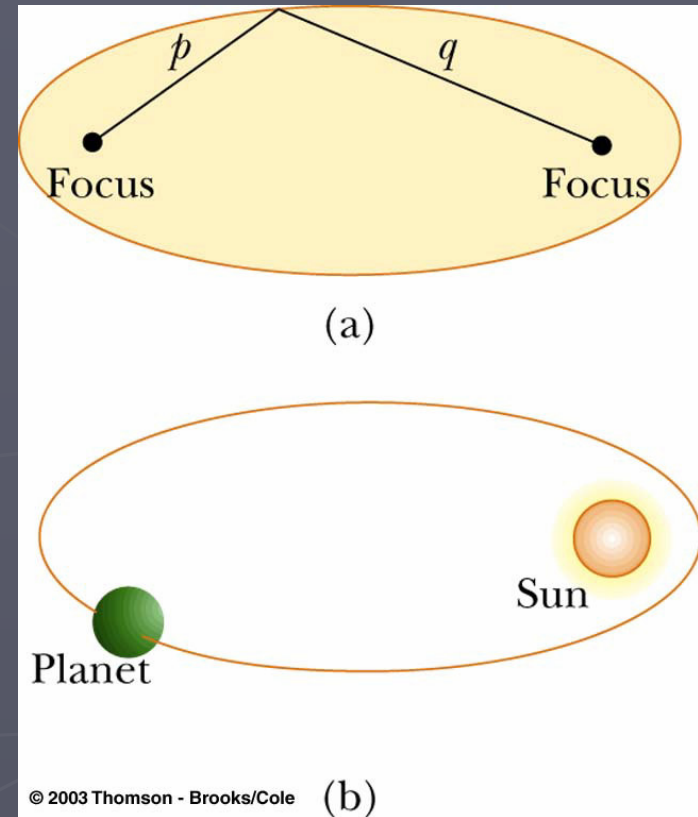
Hukum I Kepler

- ▶ Semua planet bergerak dalam orbit **elips** dengan matahari sebagai pusatnya.

- Benda yang terikat benda lain oleh gaya berbentuk

“**inverse square law**”

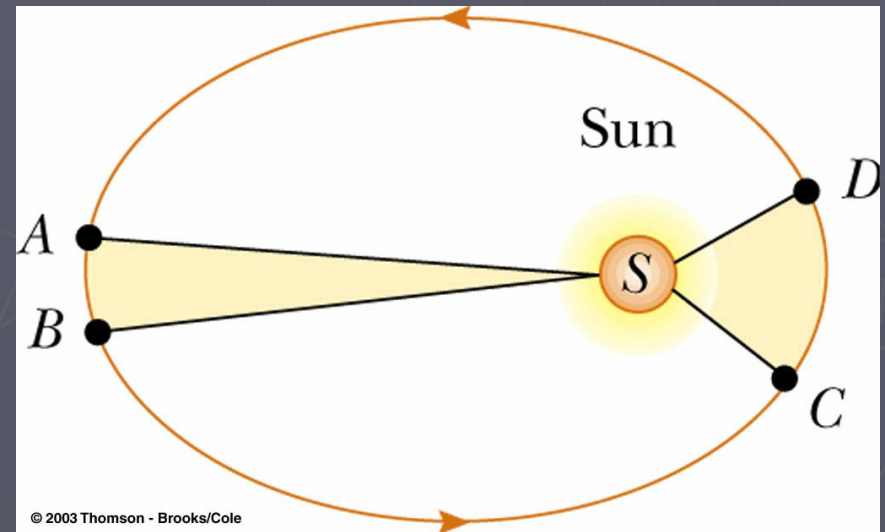
akan bergerak dalam lintasan elips



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Hukum II Kepler

- ▶ Garis yang menghubungkan tiap planet ke matahari menyapu **luas** yang sama dalam waktu yang sama
 - Luas A-S-B dan C-S-D adalah sama



Hukum III Kepler

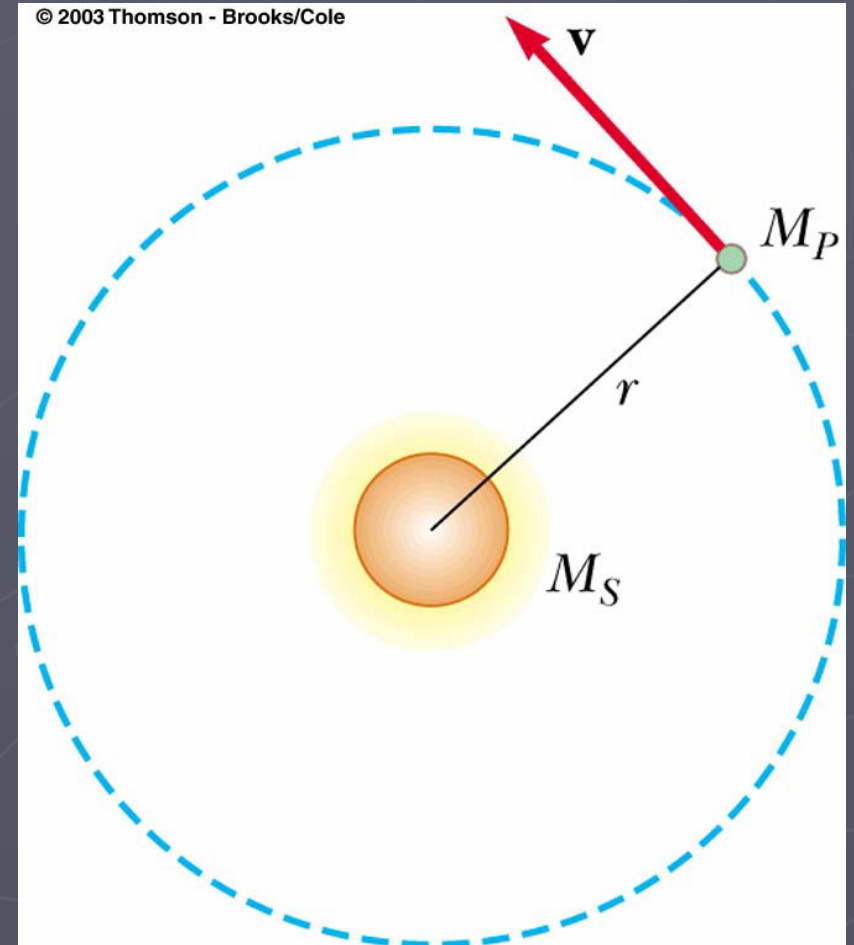
- ▶ Kuadrat perioda dari setiap planet berbanding lurus dengan pangkat tiga dari jarak planet tersebut ke matahari

$$T^2 = Kr^3 \quad \text{dengan} \quad K = \frac{4\pi^2}{GM}$$

- Untuk orbit yang mengelilingi matahari,
 $K_M = 2.97 \times 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$
- K tidak bergantung massa planet

Aplikasi Hukum III Kepler

- ▶ Menentukan massa matahari atau **benda lain** yang mempunyai satelit yang mengelilinginya
- ▶ Asumsinya adalah orbit berupa lingkaran



Hukum Kepler (lanjutan)

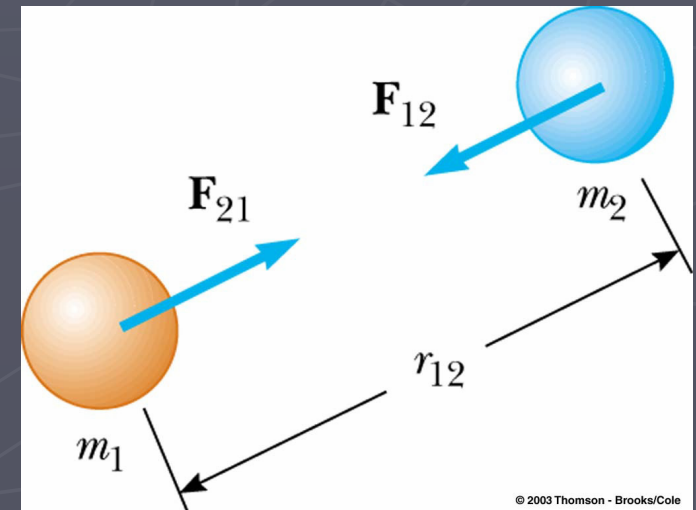
- ▶ Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh Brahe
- ▶ Newton kemudian mendemonstrasikan bahwa hukum ini adalah konsekuensi dari gaya gravitasi antara dua benda bersamaan dengan hukum gerak Newton

Hukum Newton tentang Gravitasi Umum

- ▶ Setiap partikel dalam alam semesta menarik partikel lain dengan gaya yang berbanding lurus dengan perkalian massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar mereka

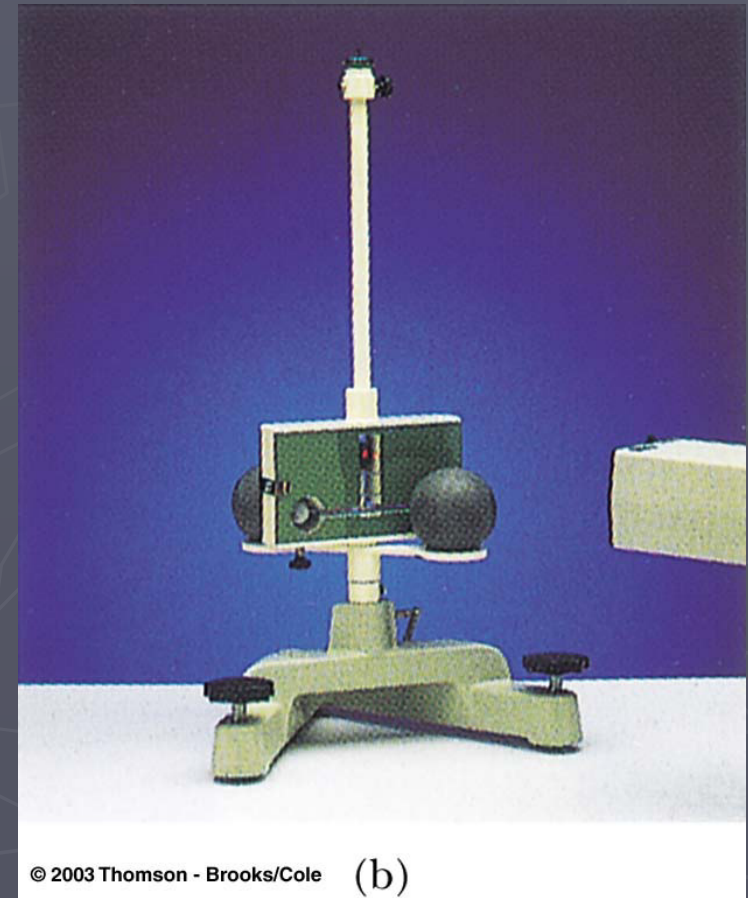
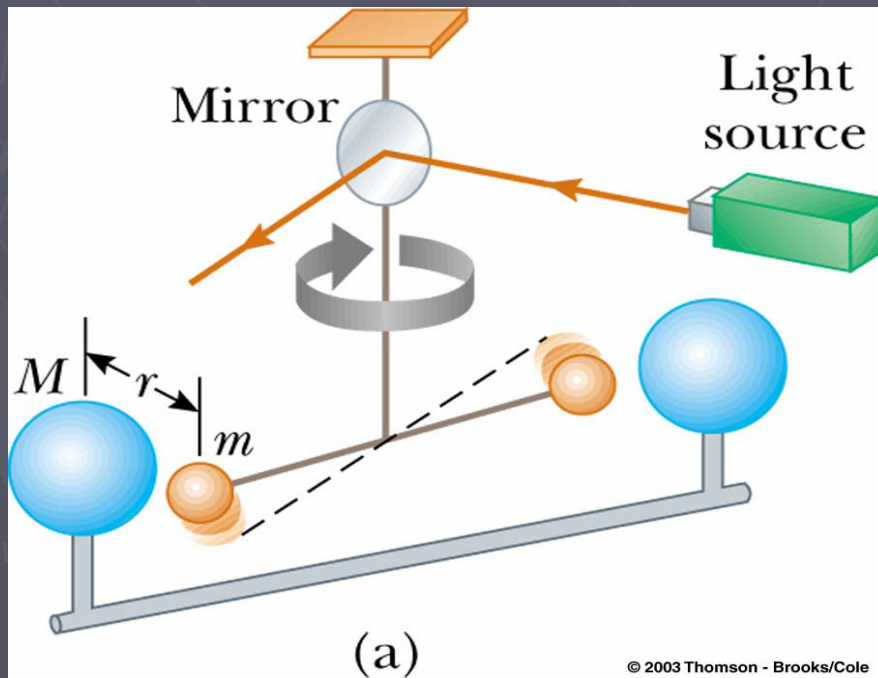
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- G adalah konstanta gravitasi
- $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$



Konstanta Gravitasi

- ▶ Ditentukan secara eksperimen
- ▶ Henry Cavendish
 - 1798
- ▶ Berkas cahaya dan cermin membuat jelas gerak



Contoh:

Pertanyaan: Hitung gaya tarik gravitasi antara dua mahasiswa yang berjarak 1 meter

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{N m^2}{kg^2} \frac{70kg \ 90kg}{(1m)^2} \approx 4.2 \times 10^{-7} N$$

Sangat kecil

Bandingkan:

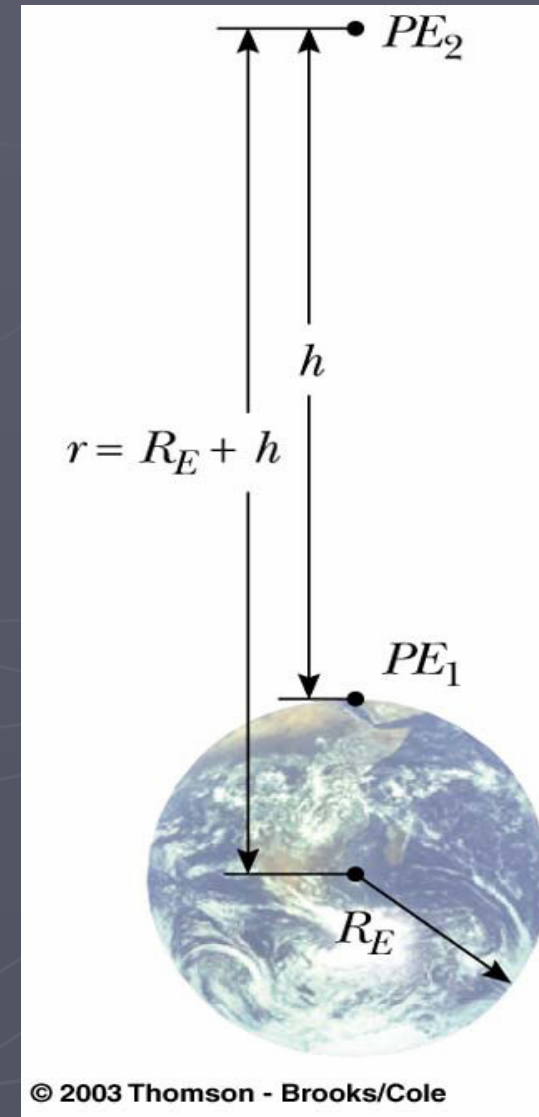
$$F = mg = \underline{686 N}$$

Energi Potensial Gravitasi

- ▶ $EP = mgy$ berlaku hanya yang dekat dengan permukaan bumi
- ▶ Untuk benda yang letaknya jauh dari permukaan bumi, dibutuhkan perumusan yang lain, yaitu:

$$EP = -G \frac{M_E m}{r}$$

- Energi potensial nol dipilih di jauh tak berhingga dari bumi



Laju Lepas

- ▶ Laju lepas adalah laju yang dibutuhkan sebuah benda untuk mencapai ruang angkasa dan tidak kembali

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM_E}{R_E}}$$

- ▶ Untuk bumi, v_{esc} adalah sekitar 11.2 km/s
- ▶ Cat, v tidak bergantung massa benda

Pertanyaan

1. Bagaimana terjadinya pasang surut air laut?
2. Bagaimanakah besarnya medan gravitasi di dalam bumi?
3. Seperti apakah teori Einstein tentang Gravitasi?
4. Apa itu Black Hole?