



Hukum-hukum Newton

- Penyebab gerak benda?
- Ilmuwan sebelum Newton meyakini bahwa keadaan asli sebuah benda adalah **diam**
- Penyelidikan Newton menyimpulkan bahwa keadaan alami benda adalah **kecepatan tetap**
- Diam adalah bagian dari kecepatan tetap
- → Percepatan 0

Hukum gerak I

- “Suatu benda akan tetap pada keadaan awalnya (diam atau **kecepatan** tetap) kecuali ada gaya eksternal yang bekerja **padanya**”

- Hukum gerak I hanya berlaku pada kerangka acuan yang inersia

→ hukum kelembaman dan pendefinisian kerangka acuan
→ kerangka acuan inersia adalah kerangka acuan yang padanya hukum-hukum Newton berlaku





Hukum gerak I

- Kecenderungan suatu benda untuk tetap berada dalam keadaan aslinya dinamakan **inersia** (*inert*)
- Massa merupakan ukuran ke-*inert* –an suatu benda → massa inersia, m
- Massa merupakan sifat (*property*) suatu benda, tidak bergantung keadaan dan pengamatan
- Gaya **bukan** penyebab gerak melainkan penyebab terjadinya perubahan gerak



Hukum gerak II

- “Dalam kerangka acuan yang inersia, percepatan gerak benda sebanding dengan gaya eksternal total yang bekerja **pada** benda”

- $$\mathbf{a} = \frac{\sum \mathbf{F}_{\text{ext}}}{m}$$



Vektor !!

- → mendefinisikan gaya dan pengaruhnya pada gerak benda



Hukum gerak II

- *ma* bukan merupakan suatu gaya
- Berkaitan dengan **gaya total**



Gaya-gaya di alam

- Gaya fundamental:
 - Gaya gravitasi → antara dua benda
 - Gaya elektromagnet → antara dua muatan
 - Gaya nuklir → antara partikel subatom
 - Gaya lemah → pada peluruhan radioaktif



Gaya-gaya di alam

- Secara sederhana dikelompokkan menjadi 2 kategori:
 - Gaya kontak: gaya gesek, gaya tegangan tali, gaya normal, gaya pegas, gaya hambat oleh udara, dll
 - Gaya yang bekerja meskipun tidak ada kontak langsung antara benda dan sumber gaya: gaya gravitasi, gaya coulomb
- Konsep medan gaya



Gaya gravitasi

- Adalah gaya akibat interaksi benda dengan bumi
- Pada gerak jatuh bebas, $\mathbf{a} = \mathbf{g}$

- $\mathbf{F}_g = m\mathbf{g}$

- Dalam hal ini m disebut juga sebagai massa gravitasi (*gravitational mass*)
- Dalam dinamika Newton, massa inersia dan massa gravitasi mempunyai nilai yang sama
- Berat benda adalah gaya yang diperlukan untuk mengimbangi gaya gravitasi pada kasus jatuh bebas

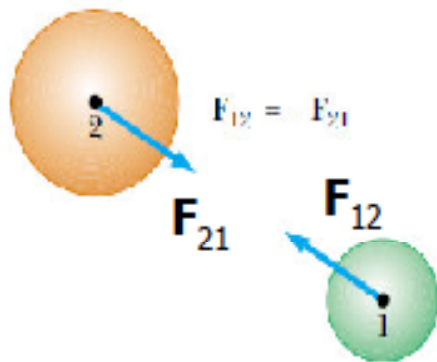


Hukum gerak III

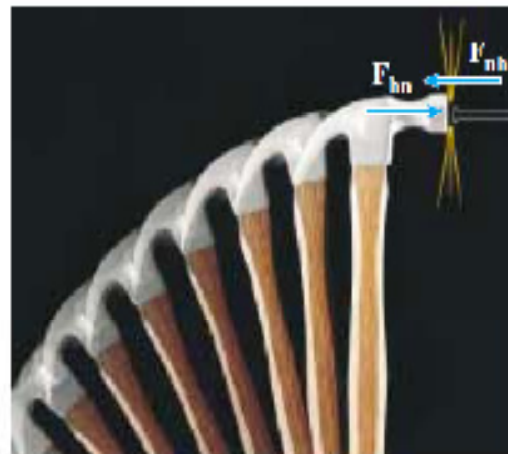
- Gaya-gaya selalu terjadi berpasangan, jika benda A memberikan gaya pada benda B, maka benda B akan memberikan gaya yang besarnya sama tapi arahnya berlawanan pada benda A
- Pasangan gaya aksi-reaksi
- Gaya aksi-reaksi tidak pernah dapat saling mengimbangi karena masing-masing **bekerja pada benda yang berbeda**

Hukum gerak III

■ $\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$



kita tak akan bisa
menyentuh tanpa
tersentuh juga

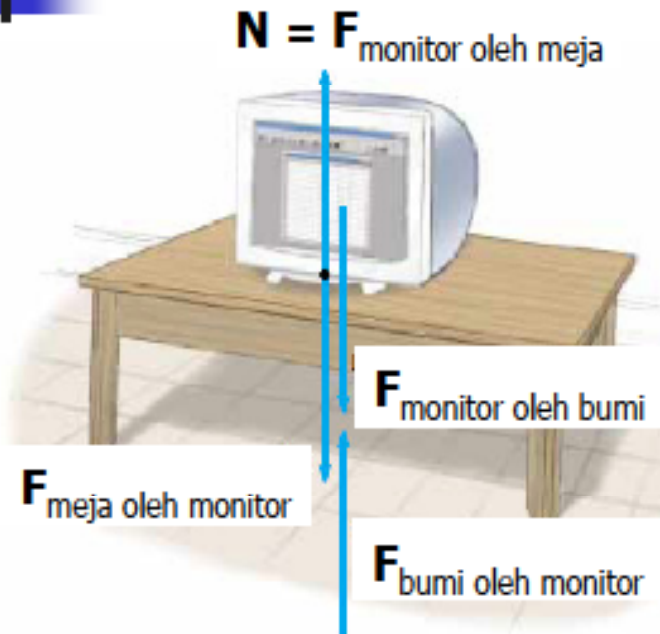




Gaya kontak

- Adalah gaya yang bekerja pada pada benda akibat kontak dengan benda lain
- Komponen dalam arah tegak lurus permukaan kontak → gaya normal
- Komponen dalam arah sejajar dengan permukaan kontak → gaya gesek

Gaya normal



$$N = mg$$

• Gaya normal tidak selalu sama dengan gaya berat

• Gunakan hukum Newton untuk mendapatkan hubungan antara gaya normal N dan gaya berat mg



$$N = \dots?$$



Gaya gesek

- Interaksi benda dengan permukaan tempatnya bergerak dalam arah sejajar gerak digambarkan dengan gaya gesek
- Saat benda mempunyai gerak relatif dengan permukaan → gaya gesek kinetik

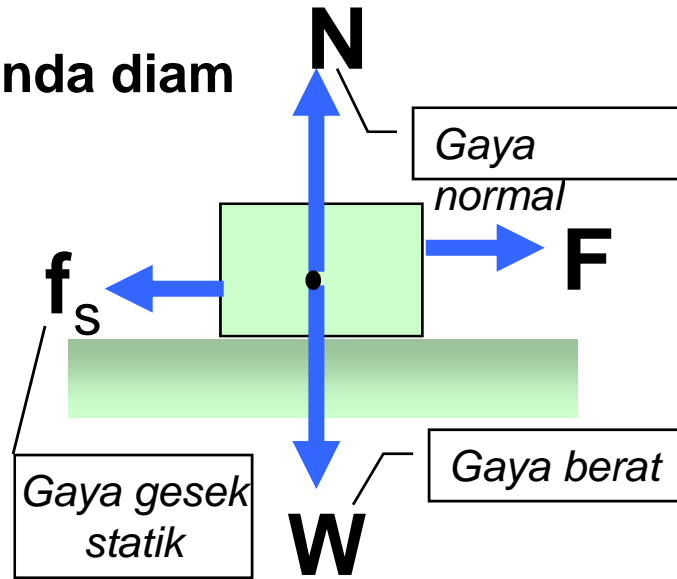
- $f_k = \mu_k N$

- Tidak ada gerak relatif terhadap permukaan → gaya gesek statik

$$f_s \leq \mu_s N$$

GAYA GESEK

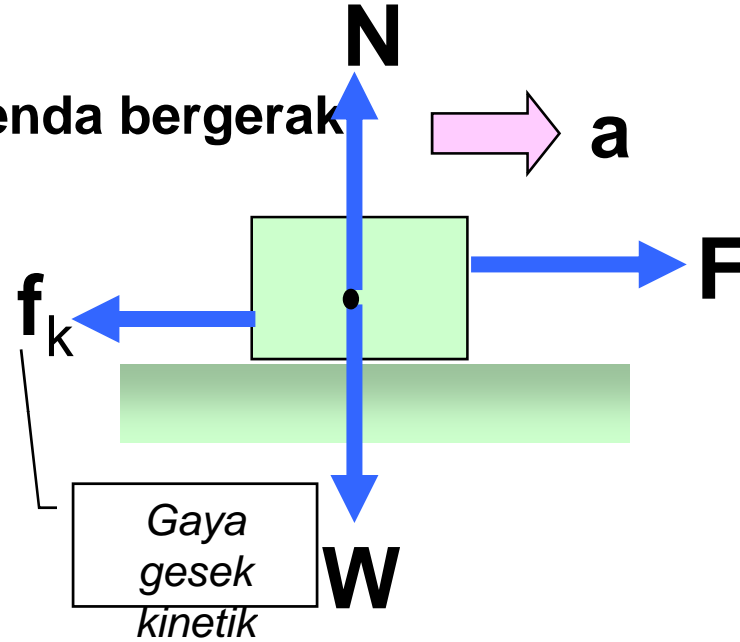
Benda diam



$$f_s = F \leq f_{s,maks}$$

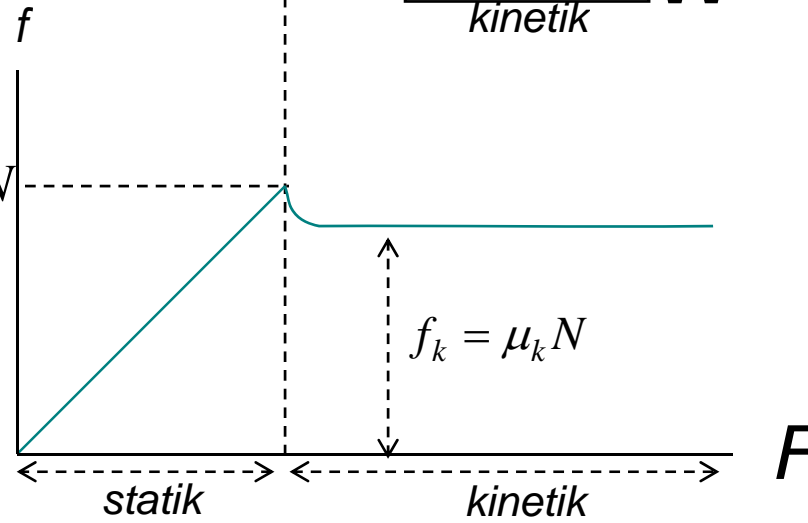
$$\Sigma \mathbf{F} = 0$$

Benda bergerak



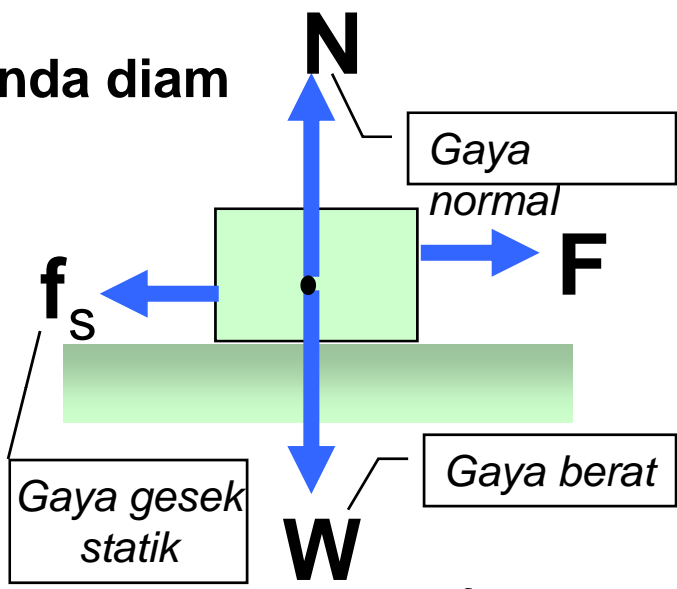
$$F > f_{s,maks}$$

$$\Sigma \mathbf{F} = ma$$



GAYA GESEK

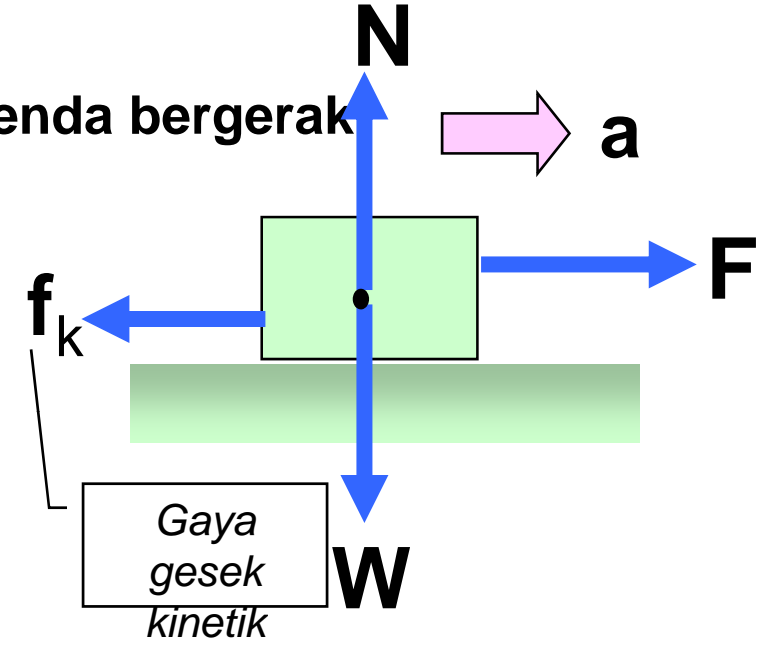
Benda diam



$$f_s = F \leq f_{s,maks}$$

$$\Sigma \mathbf{F} = 0$$

Benda bergerak



$$F > f_{s,maks}$$

$$\Sigma \mathbf{F} = ma$$

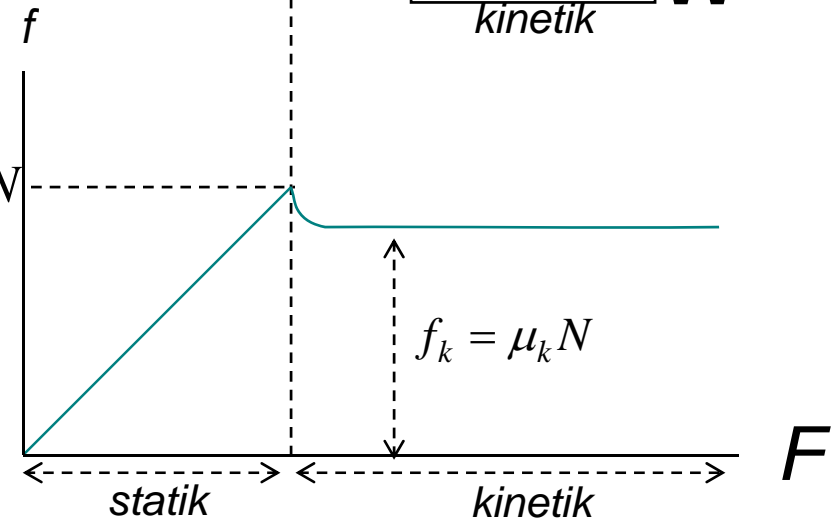




Diagram benda bebas

- Diagram benda bebas (*free body diagram*) adalah gambar yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja **pada** benda
- Penyelesaian dinamika benda
 - Gambar diagram benda bebas
 - Pilih sistem koordinat yang sesuai
 - Gunakan hukum-hukum gerak Newton
 - Selesaikan persamaan-persamaan

Diagram benda bebas

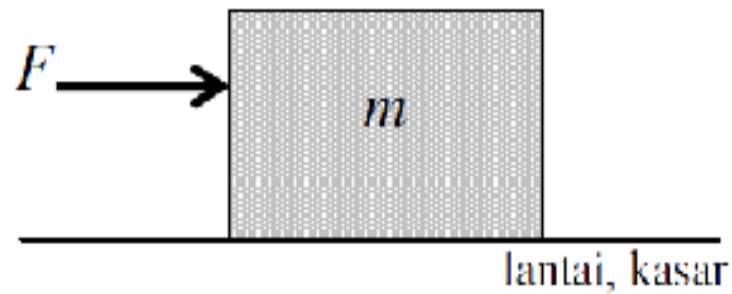


Diagram
benda
bebas

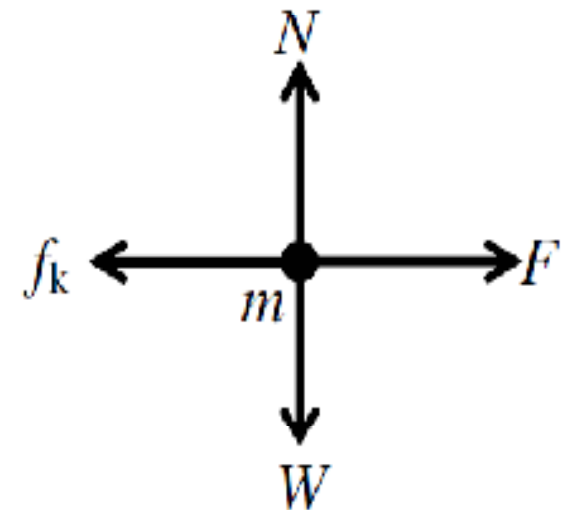
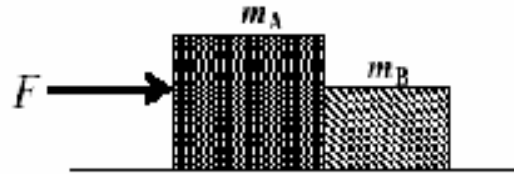
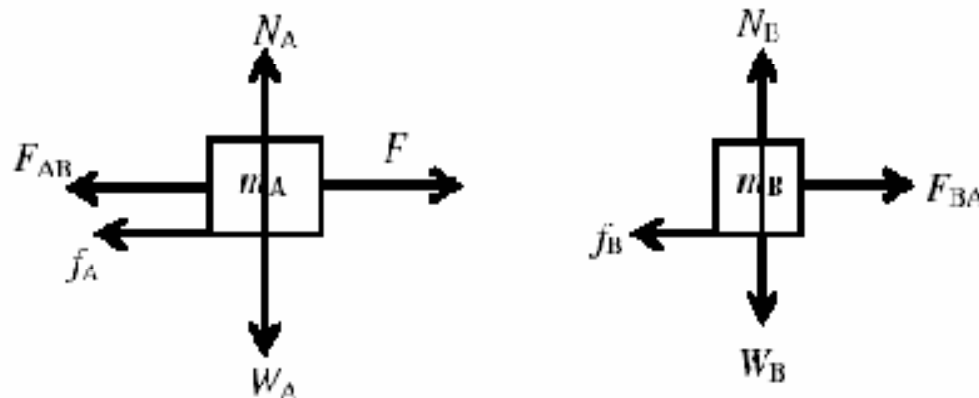



Diagram benda bebas

- Dua benda berjajar di bidang datar



- Diagram benda bebasnya:



- 
- Gunakan hukum Newton untuk masing-masing benda

Benda A

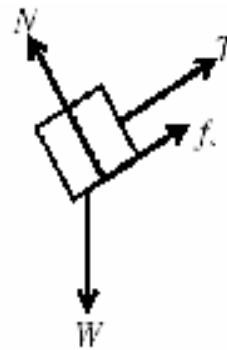
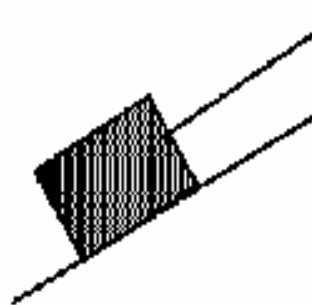
$$\begin{aligned}\sum F_x &= m_A a_{Ax} && \rightarrow F - F_{AB} - f_A = m_A a_{Ax} \\ \sum F_y &= m_A a_{Ay} && \rightarrow N_A - W_A = m_A a_{Ay}\end{aligned}$$

Benda B

$$\begin{aligned}\sum F_x &= m_B a_{Bx} && \rightarrow F_{BA} - f_B = m_B a_{Bx} \\ \sum F_y &= m_B a_{By} && \rightarrow N_B - W_B = m_B a_{By}\end{aligned}$$

Diagram benda bebas

- Benda di bidang miring



Free body diagram

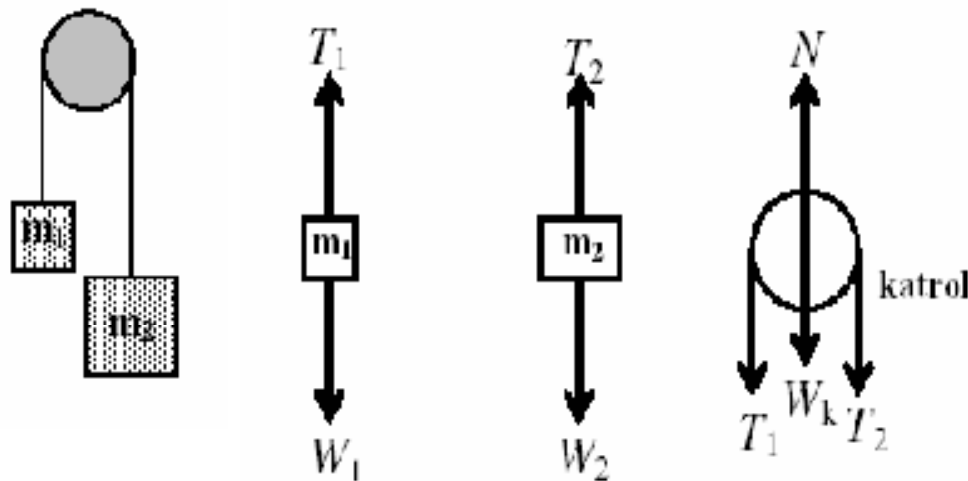
Dapat **dipilih** sumbu x pada arah sejajar bidang miring

$$\sum F_x = ma_x \rightarrow T + f_s - W \sin \theta = ma_x$$

$$\sum F_y = ma_y \rightarrow N - W \cos \theta = ma_y$$

Diagram benda bebas

■ Pesawat atwood



Asumsi berkaitan dengan penyederhanaan:

- Tali tak bermassa \rightarrow tegangan tali konstan
- Tali tidak mulur $\rightarrow a_{1y} = -a_{2y}$
- Katrol tak bermassa \rightarrow hanya mengubah orientasi tali $\rightarrow m_k = 0; T_1 = T_2$

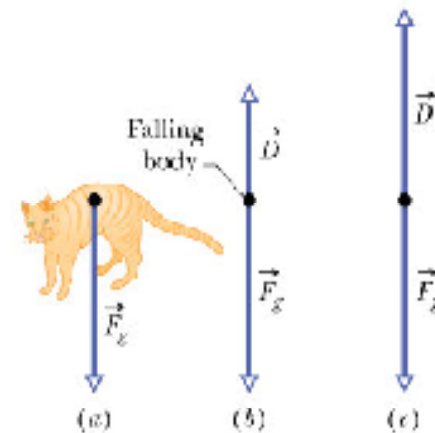
$$\sum F_{1y} = m_1 a_{1y} \rightarrow T_1 - W_1 = m_1 a_{1y}$$

$$\sum F_{2y} = m_2 a_{2y} \rightarrow T_2 - W_2 = m_2 a_{2y}$$

$$\sum F_{ky} = m_k a_{ky} \rightarrow N - W_k - T_1 - T_2 = m_k a_{ky}$$

Gaya hambat (*drag force*)

- Adalah gaya yang dialami benda saat bergerak dalam fluida (cairan, udara)
- Terjadi saat ada kecepatan relatif antara benda dengan medium tempat benda bergerak
- Arah gaya hambat ini adalah searah gerak relatif medium terhadap benda





Gaya hambat (*drag force*)

- Dalam banyak hal, besar gaya hambat dipengaruhi oleh kecepatan relatif benda dengan medium

- $$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2$$

C: konstanta

ρ : rapat massa fluida

A: penampang lintang efektif benda

- Saat sebuah benda jatuh bebas di udara, v bertambah \rightarrow D bertambah, hingga pada suatu keadaan D sama dengan gaya gravitasi (gaya berat) akibatnya benda bergerak dengan kecepatan konstan \rightarrow kecepatan terminal



Kecepatan terminal

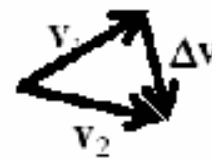
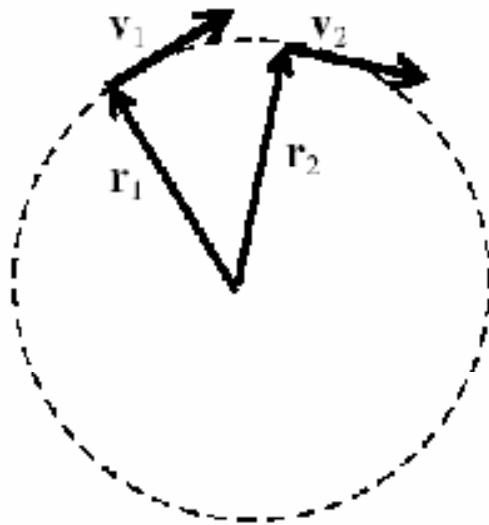
$$D - F_g = ma$$

$$\frac{1}{2} C_p A v_t^2 - mg = 0$$

$$v_t = \sqrt{\frac{2mg}{C_p A}}$$

Kecepatan terminal

Dinamika gerak lingkaran



Percepatan yang dialami oleh benda yang bergerak melingkar beraturan:

$$\mathbf{a} \equiv \mathbf{a}_c = -r\omega^2 \hat{\mathbf{r}}$$

Percepatan sentripetal

Percepatan tersebut yang membuat benda bergerak melingkar.

Jika tidak ada percepatan tersebut, maka benda akan bergerak lurus (hukum gerak I)



Dinamika gerak lingkaran

- Gaya yang dialami oleh benda yang bergerak melingkar

$$\mathbf{F}_c = m\mathbf{a}_c$$

Gaya sentripetal

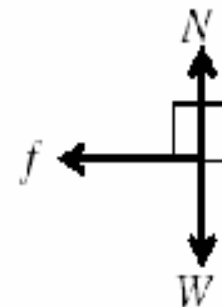
- Gaya tersebut **bukanlah gaya yang ditambahkan pada diagram benda bebas,** melainkan **gaya total** pada benda yang bergerak melingkar
- Gaya sentripetal dapat berupa gaya gesek, gaya gravitasi, tegangan tali dll.

Dinamika gerak lingkaran

- Benda yang berada di atas meja yang berputar



- Diagram benda bebas



- Agar benda tetap dapat bergerak melingkar, diperlukan gaya gesek statik f
- Gaya gesek statik berperan sebagai gaya yang membuat benda bergerak melingkar
→ gaya sentripetal



Dinamika gerak lingkaran

- Dengan hukum Newton

$$\sum F_x = f = ma_x = \frac{mv^2}{r}$$

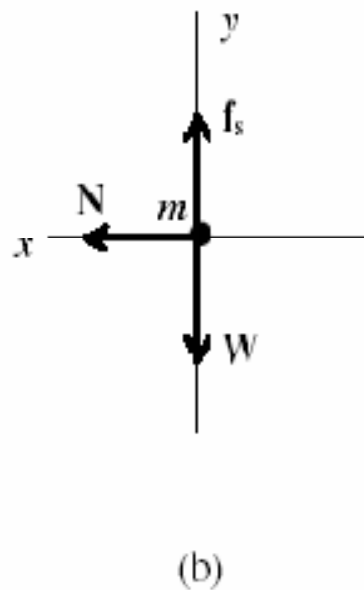
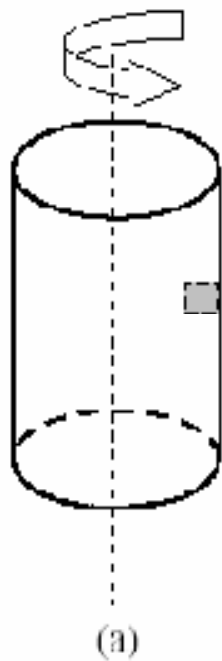
$$\sum F_y = N - W = ma_y = 0$$

- Yang memberikan nilai koefisien gesek minimum agar benda ikut bergerak bersama meja

$$\mu = \frac{v^2}{rg}$$

Dinamika gerak lingkaran

- Benda dalam silinder yang berputar



Benda dapat tidak jatuh asalkan gaya geseknya dapat mengimbangi gaya berat

Dalam hal ini gaya normal berperan sebagai gaya sentripetal yang membuat benda dapat ikut bergerak melingkar



Dinamika gerak lingkaran

- Hukum Newton untuk benda

$$\sum F_x = N = ma_x = \frac{mv^2}{r}$$

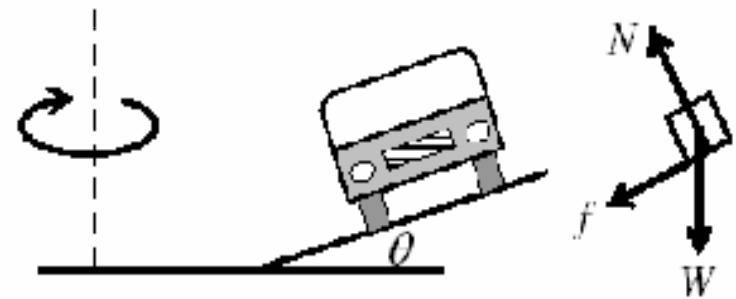
$$\sum F_y = f - W = ma_y = 0$$

- Yang memberikan nilai minimum koefisien gesek statik

$$\mu = \frac{rg}{v^2}$$

Dinamika gerak lingkaran

- Mobil yang menikung



- Hukum Newton

$$\sum F_x = N \sin \theta + f \cos \theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$\sum F_y = N \cos \theta - f \sin \theta - W = ma_y = 0$$

- Yang memberikan

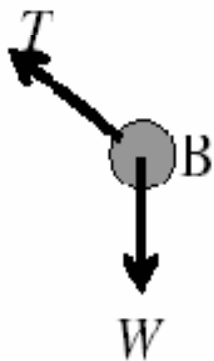
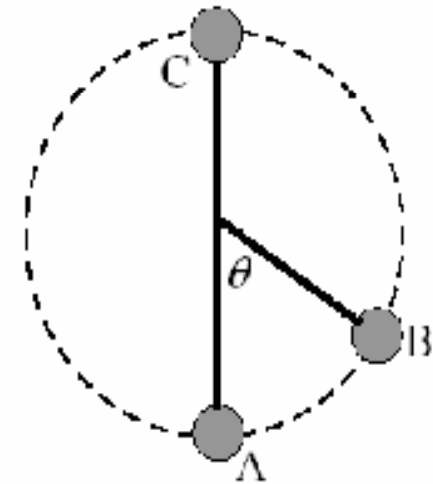
$$\frac{v^2}{gr} = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$$

Dinamika gerak lingkaran

■ Gerak melingkar vertikal



$$T - W = \frac{mv_A^2}{r}$$



$$T - W \cos \theta = \frac{mv_B^2}{r}$$

$$T + W = \frac{mv_C^2}{r}$$

