

Newtons Lover

[YF 4, 5 ; LL 2, 3]

(7)

m, \vec{v}, \vec{a} = legemets masse, hastighet, akselerasjon

\vec{F} = netto ytre kraft på legemet

N1: $\vec{F} = 0 \iff \vec{v} = \text{konst.}$

N2: $\vec{F} = m\vec{a}$

N3: $\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$

Krefter er vekselvirkning mellom legemer.

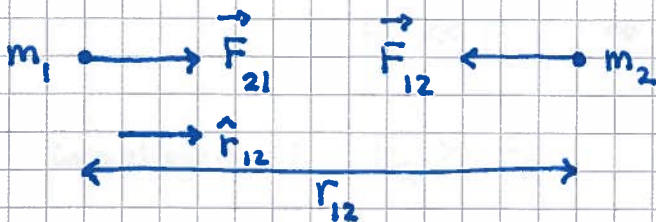
Hvis A påvirker B med kraft \vec{F}_{AB} , påvirker B legeme A med $\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$.

$[F] = \text{kgm/s}^2 = \text{N}$ (newton)

Fundamentale naturkrefter [YF 5.5 ; LL 2.1]

- Gravitasjon: Svak tiltrekning mellom masser

Newtons gravitasjonslov:

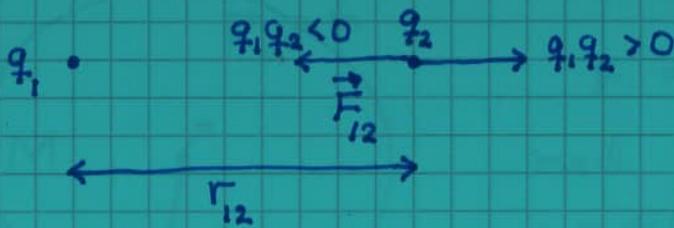


$$\vec{F}_{21} = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

Gravitasjonskonstanten: $G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$

- Elektromagnetisk v.v: Tiltrekning / frastøtning pga ledning (8)

Coulombs lov:



$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{12}$$

$$[q] = C \text{ (coulomb)}$$

$$\text{Vakuumpemittiviteten: } \epsilon_0 \approx 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/C^2$$

- Svake og sterke kjemiskefter. Kort rekkenidde (hvr ca 10^{-18} m og 10^{-15} m). Relevant for hvr radioaktivitet og stabilitet av atomkjerner.

To elektroner: $m = m_e \sim 10^{-30}$ kg, $q = -e \sim -10^{-19}$ C

$$\Rightarrow F_G \ll F_E \Rightarrow F_G \text{ neglsjerbar}$$

To himmellegemer: $F_G \gg F_E$

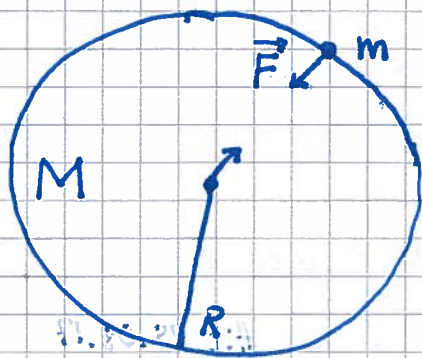
To hverdagslige legemer: $F_E \gg F_G$

~~142~~ ~~143~~

Tyngde

[YF 4.4 ; LL 2.5]

9



Gravitasjonskraft på m fra M (jorda):

$$F = G \frac{mM}{R^2} = mg$$

med

$$g = GM/R^2 \approx 9.81 \text{ m/s}^2$$

= tyngdens akselerasjon

(ved jordas overflate)

$$M \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$R \approx 6370 \text{ km}$$

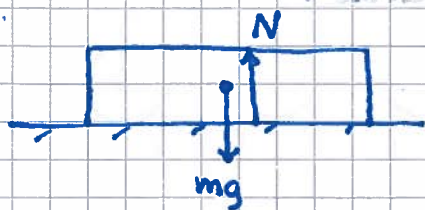
Fritt fall: Når tyngden er eneste kraft på m :

$$mg = ma \Rightarrow \underline{a = g}$$

Kontaktkrefter

[YF 4.1 ; LL 3]

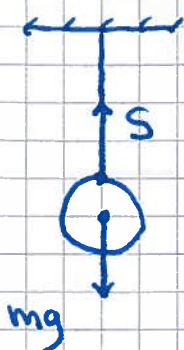
Normalkraft:



N = netto frastøtende coulombkraft fra
bordet på klossen

Hvis kloss i ro: $N = mg$ (pga $N1$)

Snorkraft:



S = netto tiltrekkende coulombkraft fra
snora på kula

Hvis kula i ro: $S = mg$ (pga $N1$)

[Hva er "N3-motkreftene" til mg , N og S ?]

Inni snora virker snordraget begge veier, på hver snorbit: (10)

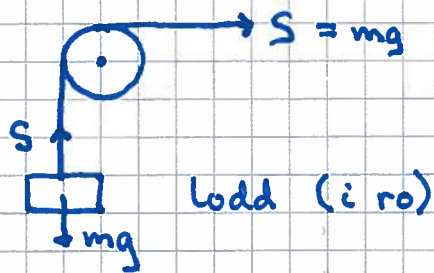


$$N2: \vec{S}(x) + \vec{S}(x+\Delta x) + \Delta m \cdot \vec{g} = \Delta m \cdot \vec{a}$$

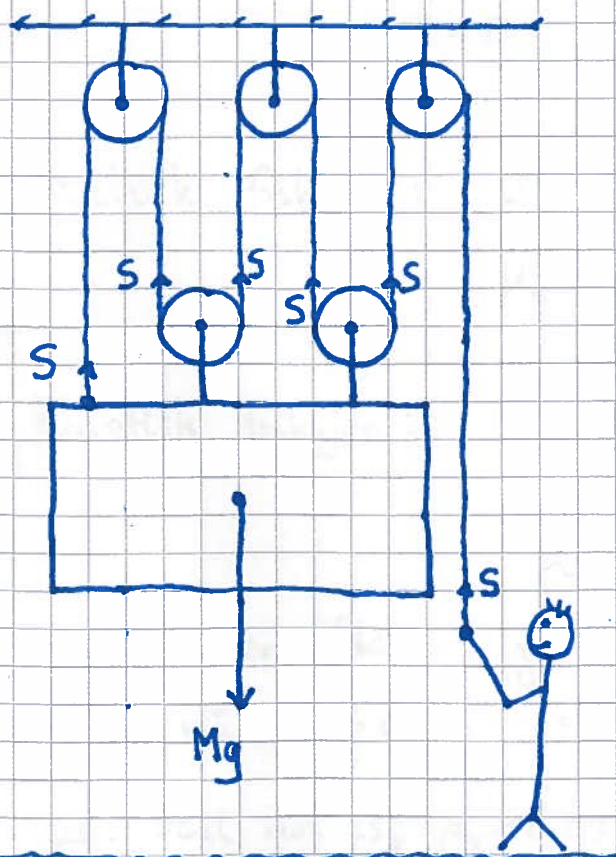
Hvis $\Delta m \approx 0$ ("masseløs snor"), er $\vec{S}(x) \approx -\vec{S}(x+\Delta x)$

\Rightarrow Konstant S ($= |\vec{S}|$) langs hele snora.

Trinse (friksjonsfri) endrer kun retningen på \vec{S} :



Talje gjør deg sterk:



N1 for kassa:

$$5 \cdot S = mg$$

$$\Rightarrow \underline{S = mg/5}$$

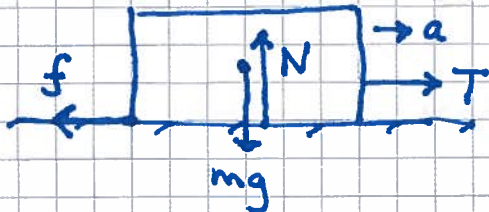
Friksjonskrefter

[YF S.3; LL 3.1]

(11)

= tangentiell komponent av kontaktkraften, rettet mot relativ bevegelse (evt: som ville oppstå uten friksjon)

Torr friksjon:



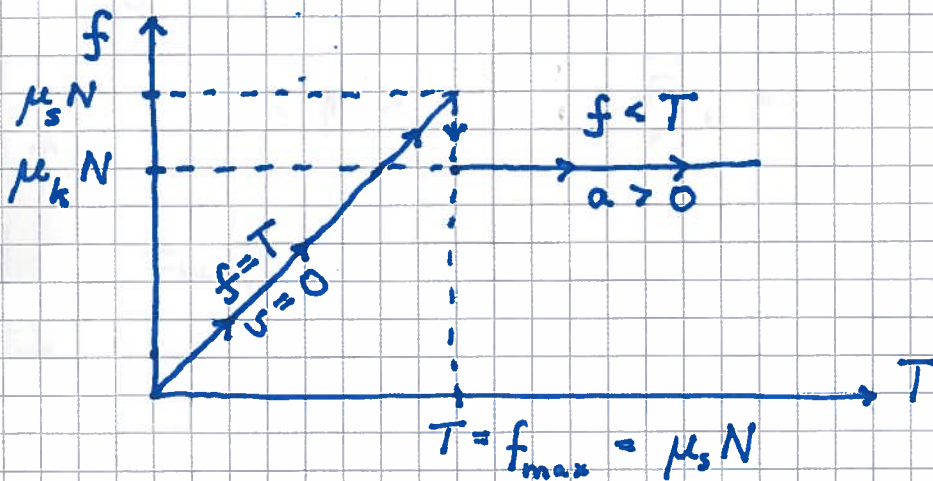
Trekk-kraft T

Normalkraft N ($\approx mg$)

Friksjonskraft f

$$N \perp \text{horisontalt}: T - f = ma$$

Forsøk med økende T gir:



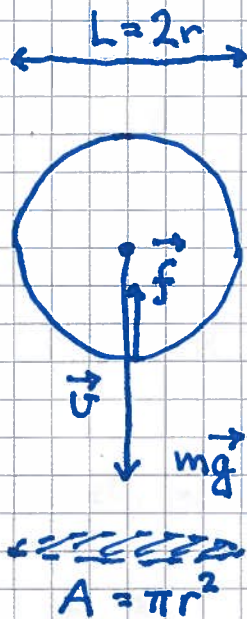
- Statisk friksjon: $v = 0$, $f = T$, $f_{\max} = \mu_s N$
 μ_s = statisk friksjonskoeffisient
- Kinetisk friksjon: $v > 0$, $f = \mu_k N$, $\mu_k < \mu_s$
 μ_k = kinetisk friksjonskoeffisient
- Ujevne grenseflater gir best grep når $v = 0$; flyter oppå når $v > 0$ $\Rightarrow \mu_k < \mu_s$
- Eks: stål mot is; $\mu_s \approx 0.03$ Tre mot tre; $\mu_s \approx 0.5$

Friksjon i fluider

[YF 5.3 ; LL 8]

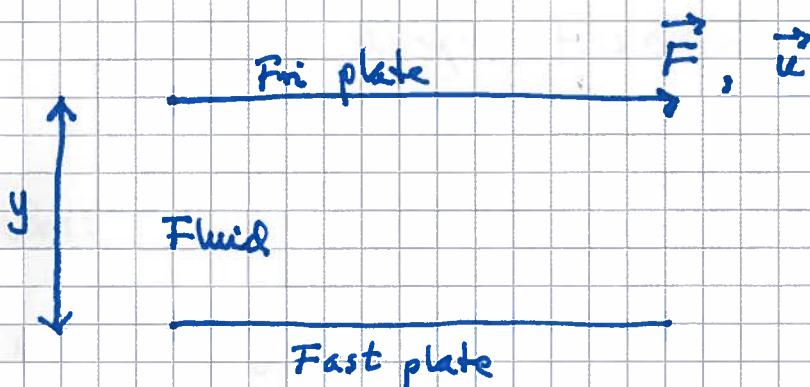
(12)

Symmetrisk
legeme med
lineær
utstrekning
 L



Omgivende fluid med
massefettthet ρ og dynamisk
viskositet μ

Måling av μ :



- Må trekke fri plate med kraft \vec{F} for å holde konstant platehastighet \vec{u} , pga friksjon mellom fluidlagene.
- Lineær hastighetsprofil i fluidet hvis \vec{u} er liten nok.
- Exp. gir F prop. med platenes areal A og hastighet u , omvendt prop. med plateavstanden y :

$$F = \mu \cdot A \cdot u / y$$

der μ = fluidets dynamiske viskositet ; $[\mu] = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

Reynoldstallet: $Re = \rho v L / \mu$ (dimensjonsløs) (13)

Laminær ("pen", lagdelt) strømning av fluid omkring symmetrisk legeme når $Re \lesssim 2000$ (Liten nok v)

$$\vec{f} = -k \vec{v}$$

Kule med radius r : $k = 6\pi \mu r$ (Stokes' lov)

Turbulent (uordnet, med virvler) strømning når $Re \gtrsim 4000$

$$\vec{f} = -D v^2 \hat{v}$$

$$D = \frac{1}{2} \rho A C_d$$

C_d = drag-koeffisienten (≈ 0.5 for kule)

Eks: Bilen "Revolve" ved 60 km/h

$$\rho \approx 1.2 \text{ kg/m}^3 \text{ (luft)} ; A \approx 1.1 \text{ m}^2 ; C_d \approx 1.35$$

$$\Rightarrow f \approx \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 1.1 \cdot 1.35 \cdot \left(\frac{60}{3.6}\right)^2 \text{ N} \approx \underline{250 \text{ N}}$$

Eks: Pingpongball i (tørr) luft

$$\rho \approx 1.2 \text{ kg/m}^3, \mu \approx 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}, L = 2r \approx 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \rho L / \mu \approx 2.7 \cdot 10^3 \text{ s/m}$$

$$\Rightarrow Re > 4000 \text{ når } v \gtrsim 1.5 \text{ m/s}$$

\Rightarrow "alltid" turbulent strømning (i ballidretter)
(oftest!)

Newtons lover; problemløsning

[YFS; LL3]

(14)

Finn alle ytre krefter \vec{F}_i på legemet og tegn fritt-legema-diagram, ders erstatt omgivelsene med krefter på legemet.

Velg koordinatsystem og dekomponér.

Bruk N2 ($\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i / m$) eller N1 ($\sum_i \vec{F}_i = 0$)



Eks: Kloss på skråplan



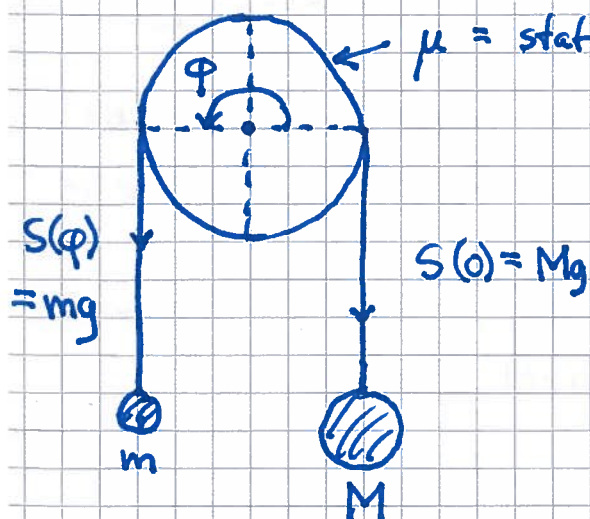
N1 \perp : $N = mg \cos \theta$

N2 \parallel : $mg \sin \theta - f = ma$

$v = 0 \Rightarrow f \leq \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta \Rightarrow \tan \theta_{\max} = \mu_s$

$v > 0 \Rightarrow f = \mu_k N = \mu_k mg \cos \theta \Rightarrow a = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta)$

Eks: Snorfriksjon [Youtube: A.Wahl, Med livet som innsats]



μ = statisk friksjonskoeff. mellom rør og snor

φ = kontaktvinkel mellom rør og snor

Bestem minste m som holder M oppe! ($m < M$)