

Newtons lover [YF 4,5 ; LL 2,3]

(7)

Ekperimentelle ("empiriske") Lover

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

Med null netto ytre kraft \vec{F} på et legeme, forblir legemet i ro eller i retlinjet bevegelse med konstant hastighet \vec{v}

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

Med netto ytre kraft \vec{F} på et legeme, får legemet en akselerasjon prop. med \vec{F} , $\vec{a} = \vec{F}/m$; $m =$ legemets masse

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

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

Legemene vekselvirker med hverandre.

Enhet: $[F] = [m \cdot a] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N} \quad (\text{newton})$

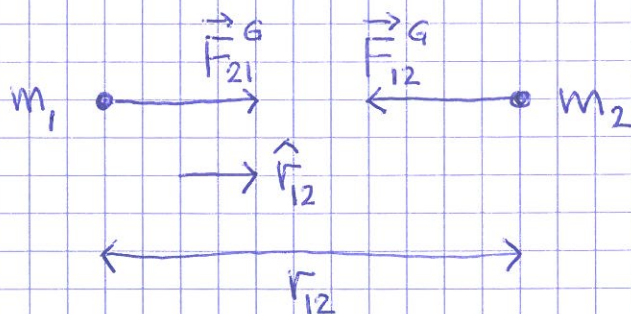
Fundamentale krefter i naturen [YF 5.5; LL 2.1] ⑧

Viktige i klassisk dynamikk og elektromagnetisme er:

- Gravitasjon: Svak tiltrekning mellom legemer pga masse
- Elektromagnetisk: Tiltrekning eller frastøtning pga ladning

[Har dessuten svake og sterke kjernekrefter med kort rekkevidde, hvor ca 10^{-18} m og 10^{-15} m, som beskriver hvor radioaktivitet og det faktum at kjernepartikler holdes sammen]

Newton's gravitasjonslov:

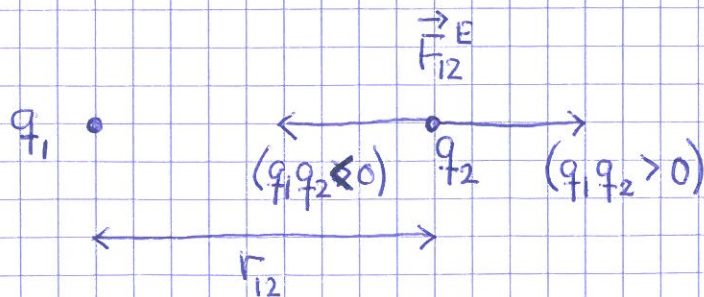


$$\vec{F}_{12}^G = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

$$G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

(gravitasjonskonstanten)

Coulombs lov:



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

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

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

(vakuumpermittiviteten)

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

Eks: To elektroner



9

$$m_e \sim 10^{-30} \text{ kg}, \quad e \sim 10^{-19} \text{ C}$$

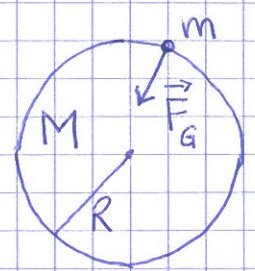
$$\Rightarrow F_E / F_G \sim 10^{43} \Rightarrow F_G \text{ kan neglisjeres}$$

Mellom jorda og månen, derimot, er $F_G \gg F_E$ (selv med nettoladning på f.eks. 10^{10} C på begge)

Mellom "hverdaglige" objekter er typisk $F_E \gg F_G$ (selv med praktisk talt elektrisk nøytrale objekter), men i tillegg kommer F_G fra jorda.

Konklusjon: Både F_G og F_E viktige i hverdagen her på jorda.

Tyngde [YF 4.4; LL 2.5]



Tiltrekkende kraft på m fra jorda:

$$F_G = G \frac{mM}{R^2} \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{m = 6 \cdot 10^{-24}}{(6370 \cdot 10^3)^2} \text{ (N)}$$

$$= mg$$

med $g = GM/R^2 \approx 9.8 \text{ m/s}^2 = \text{tyngdens akselerasjon}$

Hvis $F_G = mg$ er eneste kraft på m, får vi (N2)

$$mg = ma$$

dvs

$$a = g = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad (\text{"fritt fall"})$$

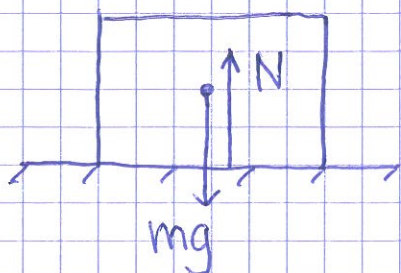
Kontaktkrefter

[YF 4.1; LL3]

(10)

Normalkraft:

N = netto frastøtende coulombkraft
fra underlaget på klossen

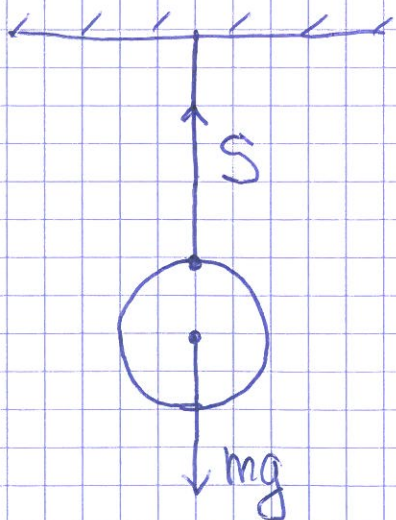


Med klossen i ro gir $N \uparrow$ at

$$N = mg$$

Snordrag:

S = netto tiltrekkende coulombkraft
fra snora på kula

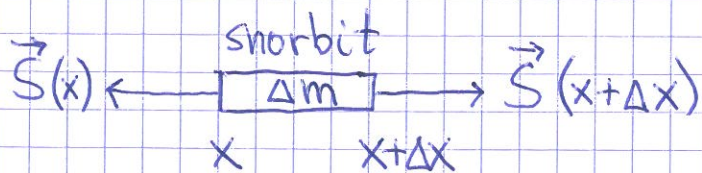


Med kula i ro gir $N \uparrow$

$$S = mg$$

[Oppg: Gjør rede for N_3 (kraft og motkraft)
i disse to tilfellene]

Snordraget \vec{S} er konstant i utstrakte og rette snorer (evt. stenger) som er lette og/eller ikke-akselererte: (11)

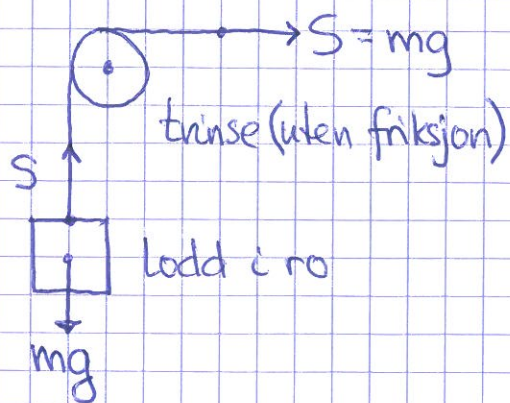


$$N2: \vec{S}(x + \Delta x) + \vec{S}(x) = \Delta m \cdot \vec{a}$$

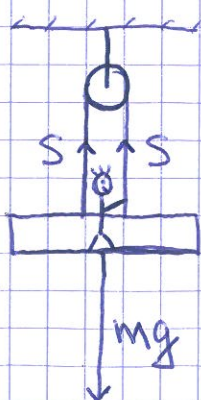
Hvis $\Delta m \approx 0$ eller $\vec{a} = 0$, er $\vec{S}(x + \Delta x) = -\vec{S}(x)$

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

Trinser endrer retningen på \vec{S} :



Talje:



$$N1 \Rightarrow 2S = mg$$

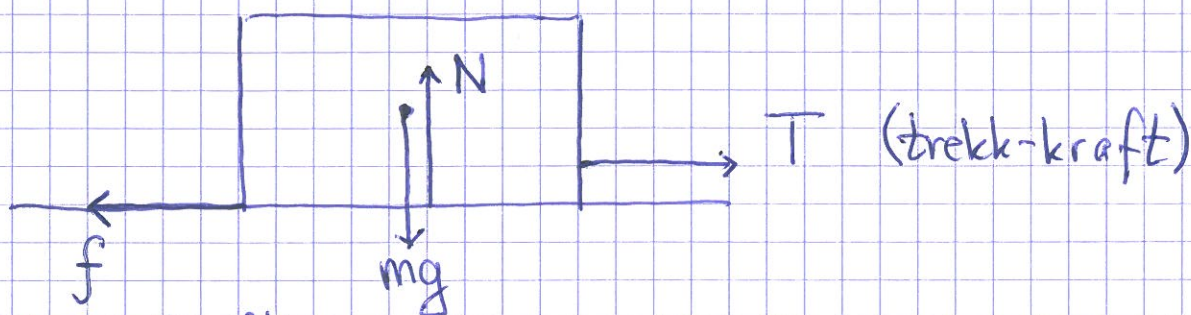
$$S = mg/2$$

Friksjon [YF 5.3 ; LL 3.1]

(12)

Kontaktkrefter rettet mot relativ bevegelse, evt. mot relativ bevegelse som ville finne sted uten friksjon.

Tørr friksjon:



(friksjonskraft, fra underlag på kloss)

Anta at T økes jevnt. Da blir klossen liggende i ro (statisk friksjon) inntil T når en verdi T_s . Hvis $T > T_s$, begynner klossen å gli (kinetisk friksjon), og den akselereres. Ved å variere m , og dermed

$N = mg$, finner vi at T_s , og dermed maksimal statisk friksjonskraft $f_{\max} = T_s$, er proporsjonal med N :

$$f_{\max} = \mu_s N$$

(13)

Her er μ_s = statisk friksjonskoeffisient, et dimensjonsløst tall, bestemt av materialtype og overflatebehandling av kloss og underlag.

Med $T > f_{\max}$ måler vi en friksjonskraft

$$f = T - ma, \quad (N2)$$

og ved å variere m , og dermed $N = mg$, finner vi at

$$f = \mu_k N$$

Her er μ_k = kinetisk friksjonskoeffisient, dim.løst, og bestemt av materialtyper og overflatebehandling.

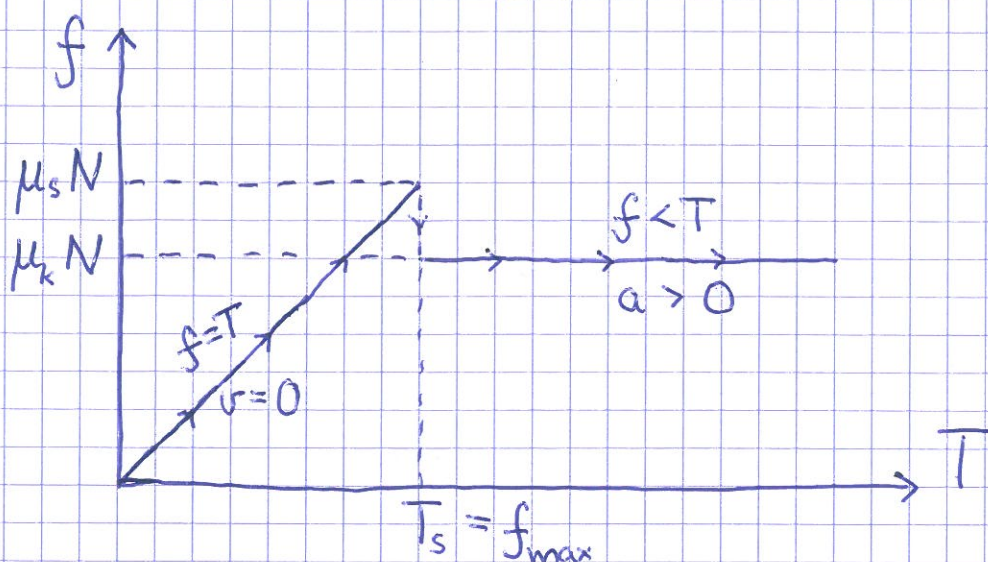
Litt ujevnhet i grenseflatene gir best "grep" i det statiske tilfellet:

kloss
underlag

Med relativ bevegelse (kinetisk tilfelle) "flyter" klossen oppå, og friksjonskraften blir noe redusert.

Ekspenimenter gir da også typisk at $\mu_s > \mu_k$.

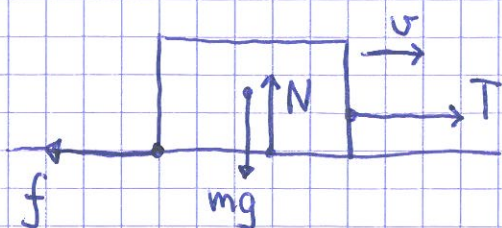
Grafisk framstilling:



Noen tallverdier:

	μ_s	μ_k
Tre mot tre:	0,25 - 0,50	0,2
Søler mot søler:	1,4	0,55
Gummi mot tørr asfalt:	1,0	0,8
— " — våt — " —:	0,3	0,25

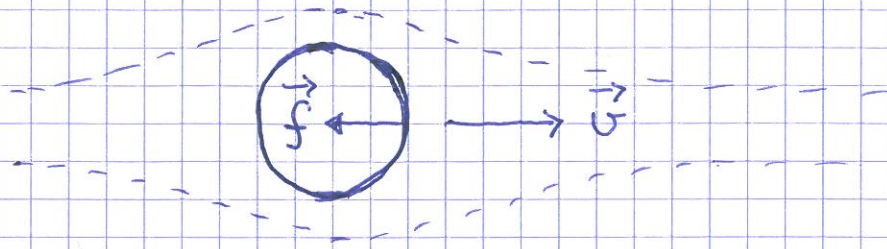
Oppsummert, tørr friksjon:



$v = 0$: statisk friksjon,
 $f = T$
 $f_{max} = \mu_s N$

$v > 0$: kinetisk friksjon,
 $f = \mu_k N$ ($\mu_k < \mu_s$)

Fraksjon i fluider (våt fraksjon) [YF 5.3; LL 8] (15)



- Liten $u \Rightarrow$ laminaer (pen) strømming av fluidet omkring (det symmetriske) objektet

$$\vec{f} = -k \vec{u} = -k u \hat{u}$$

Her avhenger k av fluidets viskositet og objektets størrelse og form

- Stor $u \Rightarrow$ turbulent strømming

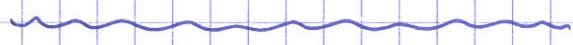
$$\vec{f} = -D u^2 \hat{u} \quad (\text{sånn omtrent})$$

$D =$ "drag" - koeffisient

Newtons lover; løsningsstrategi og eksempler

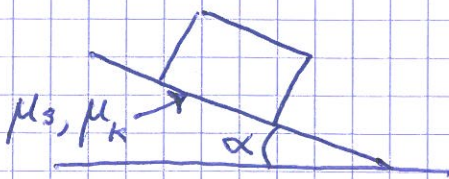
[YF 5 ; LL 3]

- Finn alle ytre krefter \vec{F}_i på legemet
- Tegn "fritt-legeme-diagram", dvs omgivelsene erstattes av krefter på legemet: tyngde $m\vec{g}$, snordrag \vec{S} , normalkraft \vec{N} , friksjon \vec{f} ,
- Velg hensiktsmessig koordinatsystem. Dekomponer.
- Bruk N2 ($\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i / m$) evt N1 ($\sum_i \vec{F}_i = 0$)

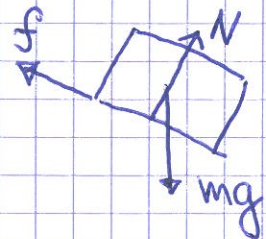


Eks: Kloss(er) på skråplan

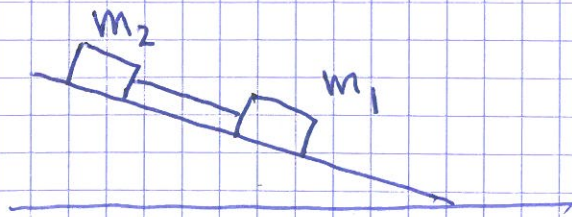
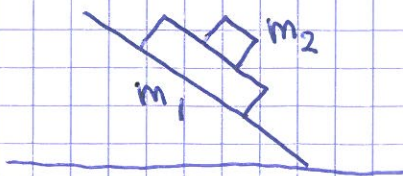
[Ør 2; Lab]



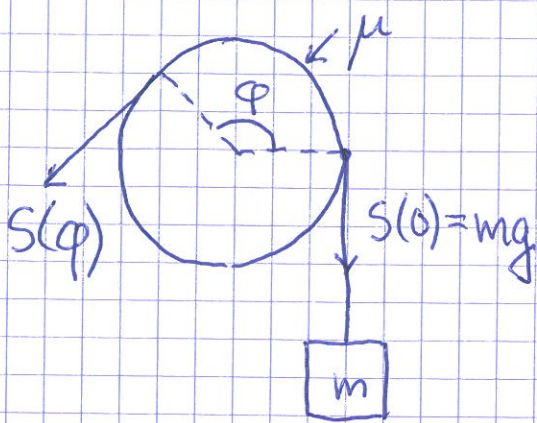
\Rightarrow Fritt-legeme-diagram:



Varianter:



Eks: Snorfriksjon



$S(\varphi)$ = snordrag med kontaktvinkel φ mellom snor og sylinder

$S_{\min}(\varphi)$ = minimum snordrag for å holde lodd opp

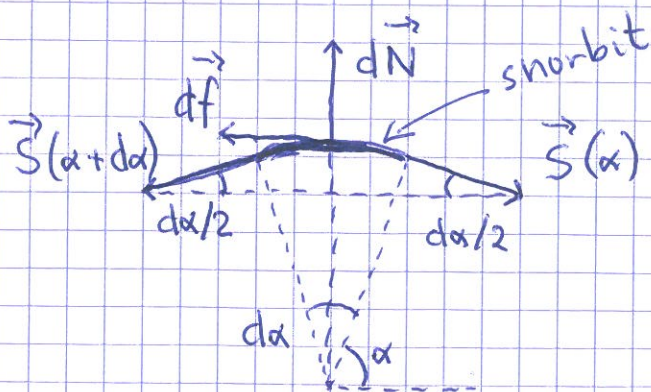
$S_{\max}(\varphi)$ = max snordrag uten at lodd heises opp

m = loddmasse

μ = statisk friksjonskoeffisient

Oppgave: Finn $S_{\min}(\varphi)$ og $S_{\max}(\varphi)$

Strategi: Siden S endres langs kontaktvinkelen, ser vi på liten snorbit mellom vinkel α og $\alpha + d\alpha$:



\vec{S} = snordrag = kraft på snorbit fra resten av snora

$d\vec{N}$ = normalkraft fra sylinder på snorbit

$d\vec{f}$ = friksjonskraft