

Newtons Lover [OS1 5,6 ; YF 4,5 ; LL 2,3]

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

\vec{F} = netto ytre kraft på legemet

$$N1: \quad \vec{F} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \vec{v} = \text{konstant}$$

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

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

N3 sier noe om hva krefter er, en slags vekselvirkning mellom legemer:

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

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

Hvis vi definerer legemets impuls som

$$\vec{p} = m\vec{v},$$

og husker at $\vec{a} = d\vec{v}/dt$, ser vi at N2 alternativt kan skrives på formen

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Mer om det senere!

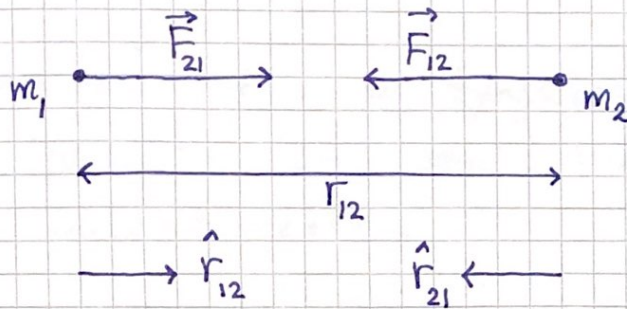
Fundamentale krefter i naturen

(13)

[OS1 13.1 ; OS2 5.3 ; YF 5.5 ; LL 2.1]

Gravitasjon (Tyngdekraft):

Svak tiltrekning mellom masser.



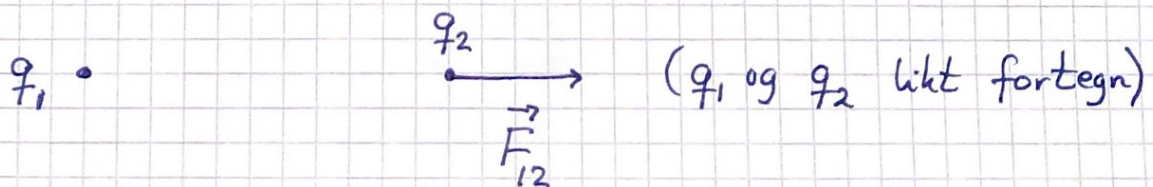
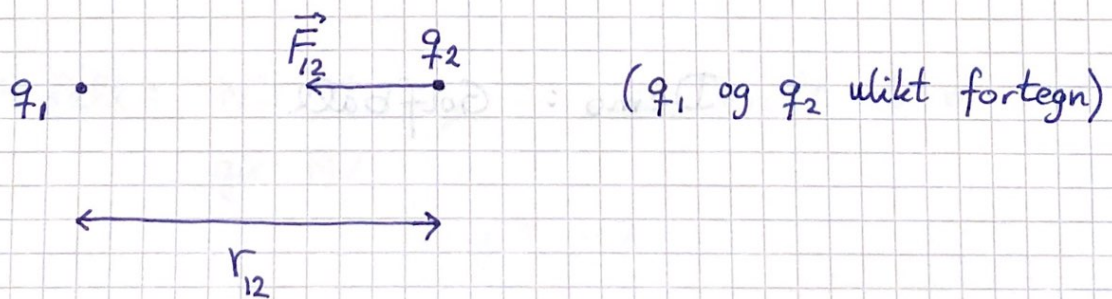
Newtons gravitasjonslov:

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

$$G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 \quad (\text{gravitasjonskonstanten})$$

Coulombkrefter:

Tiltrekning og frastøtning mellom ladninger.



(14)

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

Enhet for ladning: $[q] = C$ (coulomb)

$$\epsilon_0 \approx 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad (\text{vakuumpermittiviteten})$$

“Hverdagen” styres av tyngdekraften fra jorda, og kontaktkrefter, som i bunn og grunn er coulombkrefter.

[Svake og sterke kjernekrefter har kort rekkevidde og forårsaker radioaktivitet og stabile atomkjerener.]

Tyngde [OS1 13.2, 5.4; YF 4.4; LL 2.5]



$$F = G \frac{Mm}{R^2} = \text{tyngden av } m$$

$$\text{Jorda: } M \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \quad \text{og} \quad R \approx 6370 \text{ km}$$

$$\Rightarrow g = \frac{GM}{R^2} \approx 9.81 \text{ m/s}^2 = \text{tyngdens akselerasjon, nær jordas overflate}$$

Fritt fall: Når $F = mg$ er eneste kraft på m ,
gir N2

$$mg = ma$$

dos

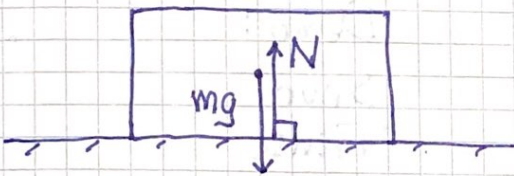
$$\underline{\underline{a = g}}$$

Kontaktkrefter

[OS1 5.6, 6.2, 6.4 (14.3) ; YF 4.1, 5.3 ; LL 3, 8]

Normalkraft :

N = normalkomponent av frastøtende coulombkraft mellom to legemer i kontakt

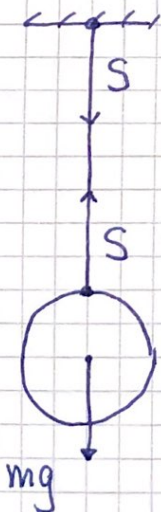


Hvis klossen er i ro :

$$N = mg \quad (N1)$$

Snorkraft :

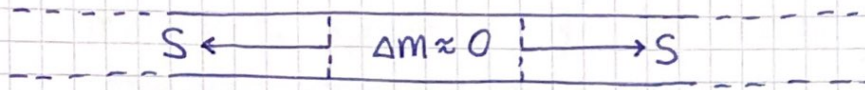
S = tiltrekkende coulombkraft mellom snor og legeme festet til snora ; \vec{S} i snoras retning



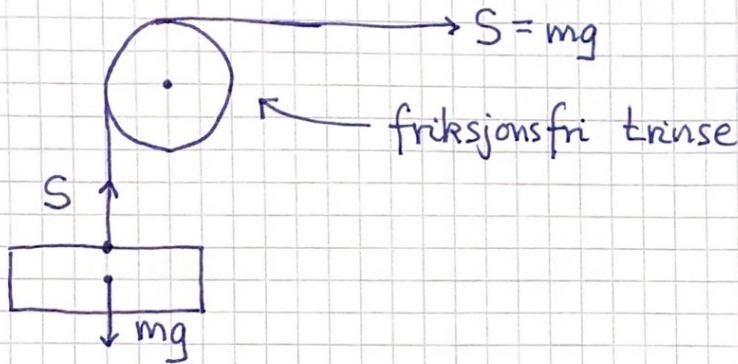
Hvis kula i ro: $S = mg$ (N1)

[Oppg: Finn "motkreftene" til N , S , mg (N3)]

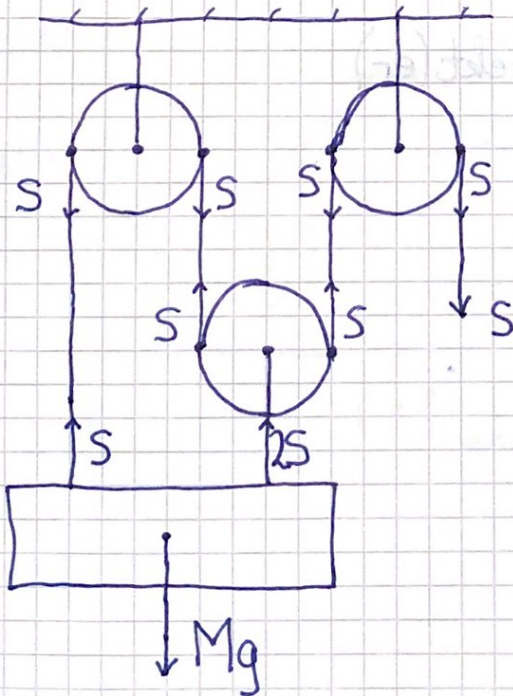
Snorer er typisk lette ("masseløse"), rette, og med konstant snordrag S :



Trinser endrer retningen på \vec{S} :



Taljer gjør deg "sterk":



N_1 for kassa:

$$3S - Mg = 0$$

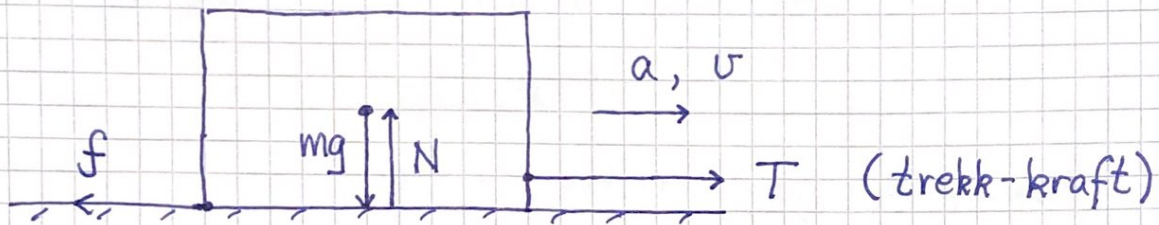
$$S = \frac{1}{3} Mg$$

[Hva er her belastningen på taket?]

Friksjonskrefter [OS1 6.2; YF 5.3; LL 3.1]

(17)

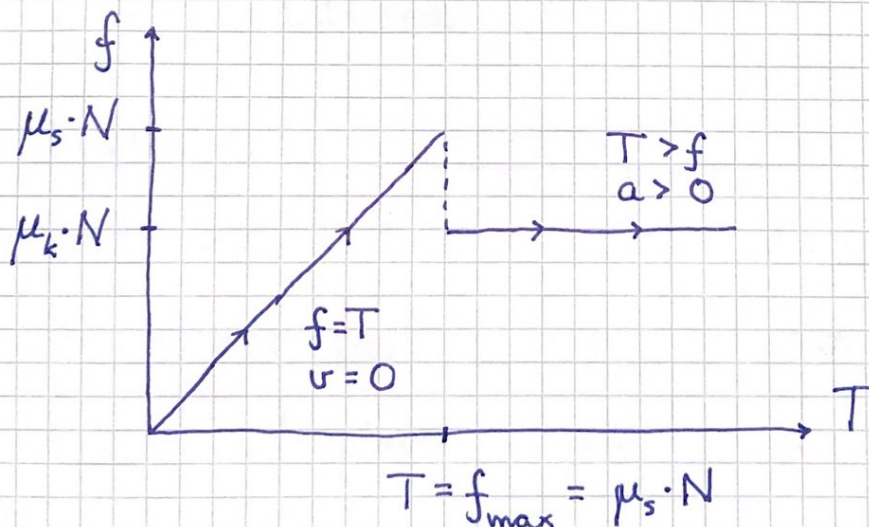
f = tangentiell komponent av kontaktkraften mellom to legemer; \vec{f} har retning mot legemenes relative bevegelse



$$N \perp \text{bordet} \Rightarrow N = mg$$

$$N2 \parallel \text{---} \Rightarrow T - f = ma$$

$$\Rightarrow f = T - ma$$



Kloss i ro : Statisk friksjon

$$v = 0, \quad a = 0$$

$$f = T, \quad f_{\max} = \mu_s \cdot N$$

μ_s = statisk friksjonskoeffisient

Klossen glir : Kinetisk friksjon

$$f = \mu_k \cdot N$$

μ_k = kinetisk friksjonskoeffisient

$$\text{Enhet: } [f] = [N] = N \Rightarrow [\mu_s] = [\mu_k] = 1$$

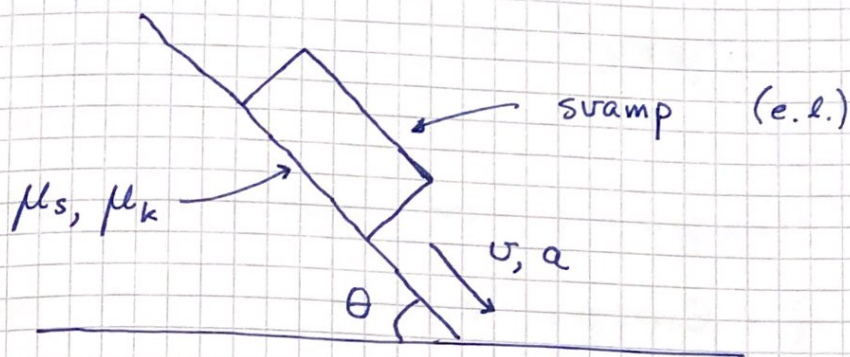
For to gitte materialer og overflater er som regel $\mu_s > \mu_k$, fordi ujevnheter gir "best grep" når $v = 0$.

Noen tallverdier :

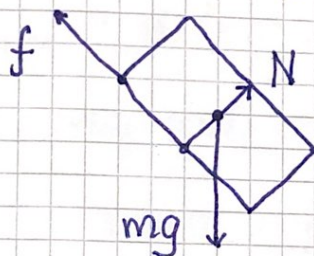
Materialer	μ_s	μ_k
Stål mot is	0.03	< 0.01
Gummi mot plast (Lab)	0.6 - 1.0	
Plast mot plast (Lab)	0.3 - 0.4	
Våt svamp på bordplate	> 1	

Eksempel (m / Løsningsstrategi) :

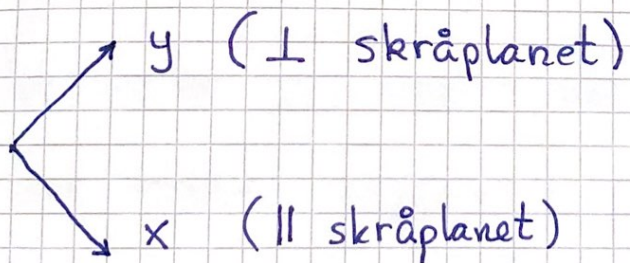
(19)



- Finn ytre krefter og tegn "fritt-legeme-diagram".



- Velg hensiktsmessig koordinatsystem og dekomponér.



$$N_x = 0, \quad N_y = N$$

$$f_x = f, \quad f_y = 0$$

$$G_x = mg \sin \theta, \quad G_y = mg \cos \theta$$

(20)

- Bruk $N1$, $\sum_j \vec{F}_j = 0$, eller $N2$,
 $\vec{a} = \frac{1}{m} \sum_j \vec{F}_j$, og løs ligningene.

Her:

$$N1 \perp \text{skråplanet} \Rightarrow N = mg \cos \theta$$

$$N2 \parallel \text{---} \Rightarrow mg \sin \theta - f = ma$$

Hvis svamp i ro: $f = mg \sin \theta$; $a = 0$

Siden $f_{\max} = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta$, vil svampen gli dersom

$$mg \sin \theta > \mu_s mg \cos \theta$$

dvs

$$\tan \theta > \mu_s$$

Når svampen glir, er $f = \mu_k N = \mu_k mg \cos \theta$, dvs

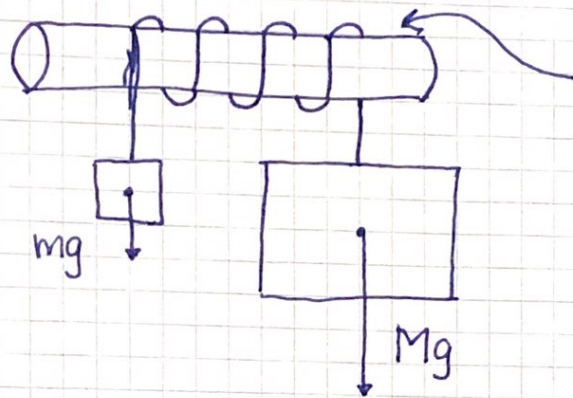
$$a = g (\sin \theta - \mu_k \cos \theta)$$

Vi måler μ_s ved å øke θ , inntil svampen (evt. klossen) begynner å gli ved vinkel θ_{\max} .

Da er $\mu_s = \tan \theta_{\max}$

Eks: Snorfriksjon

(21)



μ = statisk friksjonskoeffisient mellom rør og snor

Snora strammes rundt røret; friksjonen fra røret på snora vokser raskt (eksponentielt) med kontaktrinkelen φ mellom rør og snor (her: $\varphi = 7\pi$).

Likewekt (dvs loddene henger i ro) dersom

$$e^{-\mu\varphi} < \frac{m}{M} < e^{\mu\varphi}$$

Hvis f.eks $\mu = 0.17$ og $M = 1 \text{ kg}$ og $\varphi = 7\pi$, holder det med en masse

$$m = M e^{-\mu\varphi} = 1000\text{g} \cdot e^{-0.17 \cdot 7\pi} \approx 24\text{g}$$

for å hindre at loddet M faller ned.

[Se TFR4104, #2019, s. 22-23 for detaljert utregning.]