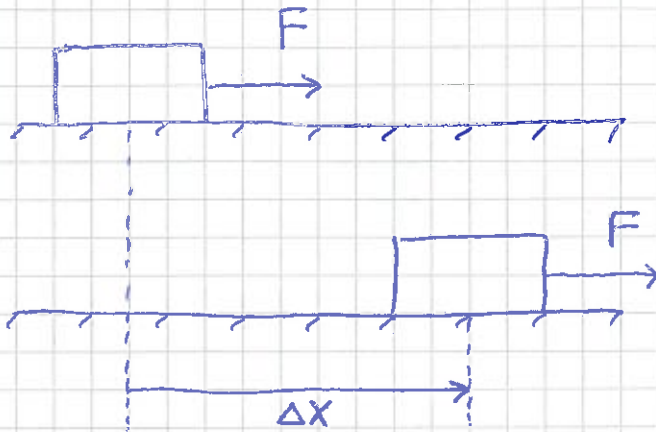


Arbeid og energiArbeid

arbeid $\stackrel{\text{def}}{=}$ kraft $\times$ forflytning



$W = F \cdot \Delta x$ = arbeidet utført av kraften F på klossen når forflytningen er Δx ("work")

Enhet:

$$[W] = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J} \text{ (joule)}$$

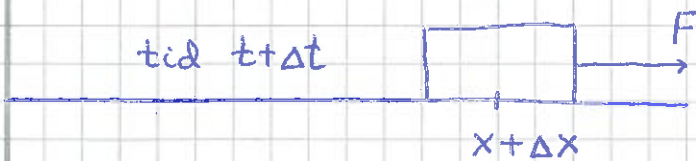
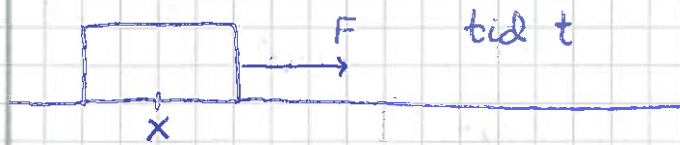
Eks: Hvor stort arbeid gjør du på 10 kg sukker når du løfter det fra golvet og 1 m opp?

Løsn: $F = mg = 10 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 = 98 \text{ N}$ (litt mer i starten)
 $\Delta y = 1 \text{ m}$

$$\Rightarrow W = F \cdot \Delta y = 98 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 98 \text{ Nm} = \underline{\underline{98 \text{ J}}}$$

Effekt

effekt $\stackrel{\text{def}}{=}$ arbeid (evt. energi) pr tidsenhet



$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta x}{\Delta t} = F \cdot v \quad (\text{"power"})$$

Enhet: $[P] = \text{J/s} = \text{W (watt)}$

Eks 1: Sukkerløftet tok 0.5 s. Hva var effekten?

Løsn 1: $P = \frac{98 \text{ J}}{0.5 \text{ s}} = 196 \text{ J/s} = \underline{\underline{196 \text{ W}}}$

Eks 2: En familie på fire bruker 30 MWh elektrisk energi pr år. Hvor mange joule er dette? Hva er gjennomsnittlig effektforbruk?

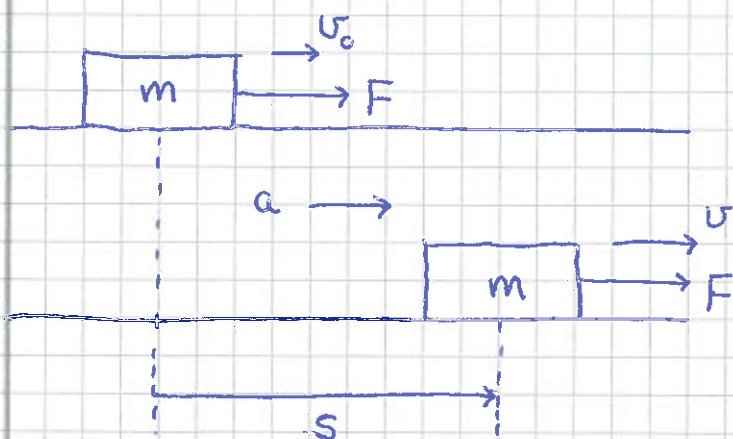
Løsn 2: $M = \text{mega} = 10^6$, $W = \text{J/s}$, $h = \text{time} = 3600 \text{ s}$

$$\Rightarrow 30 \text{ MWh} = 30 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = \underline{\underline{1.08 \cdot 10^{11} \text{ J}}}$$

$$\bar{P} = 30 \cdot 10^6 \text{ Wh} / 365 \cdot 24 \text{ h} = 3425 \text{ W} \approx \underline{\underline{3.4 \text{ kW}}}$$

Kinetisk energi

(3)



$$W = F \cdot s \quad ; \quad F = m \cdot a \quad ; \quad v^2 = v_0^2 + 2as$$
$$\Rightarrow W = m \cdot a \cdot s = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

kinetisk energi def $\frac{1}{2}mv^2$

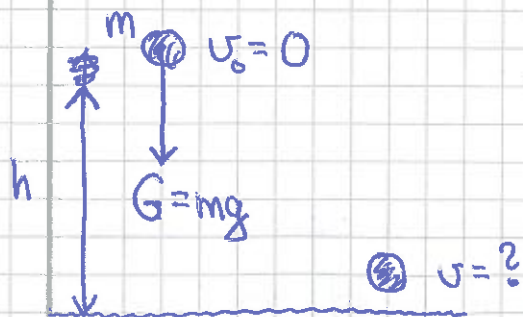
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Dermed:

$$W = E_k - E_{k0} = \Delta E_k$$

(Netto) Arbejde W utført på legemet tilsvarer endringen ΔE_k i legemets kinetiske energi

Eks: Fritt fall



Løsn: Arbeid utført av G :

$$W = G \cdot h = mgh$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\Rightarrow \underline{v = \sqrt{2gh}}$$

$$(h = 1.8\text{m} \Rightarrow v \approx \sqrt{36\text{m}^2/\text{s}^2} = 6\text{m/s})$$

Potensiell energi

(4)



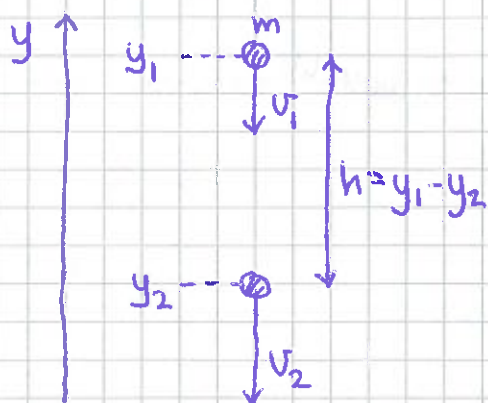
$\Delta E_p = + F \cdot \Delta y = -mgh =$ ending i legemets potensielle energi når det faller i tyngdefeltet.

Fortegn: $\vec{F}$ har retning fra høy mot lavere E_p

Merk:

- Bare forskjeller/endringer i E_p har fysisk betydning
- Potensiell energi bare knyttet til konservative krefter, f.eks. gravitasjon og "coulombkrefter", ikke friksjon

Mekanisk energibevarelse



$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = -F \cdot h < 0$$

$$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = W = F \cdot h > 0$$

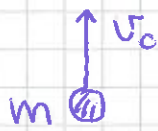
$$\Rightarrow \Delta E_p = -\Delta E_k$$

$$\Rightarrow E_{p2} - E_{p1} = E_{k1} - E_{k2}$$

$$\Rightarrow \boxed{E_{k1} + E_{k2} = E_{p1} + E_{p2}}$$

Dvs: Total mekanisk energi, $E_{mek} = E_k + E_p$,
er konstant (i et konservativt system)

Eks: Vertikalt kast; hvor høyt kommer ballen? (5)



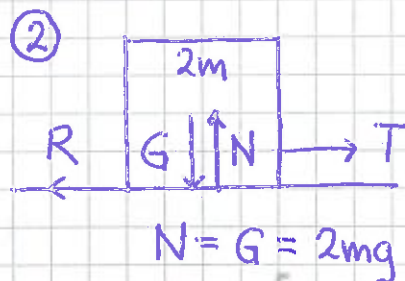
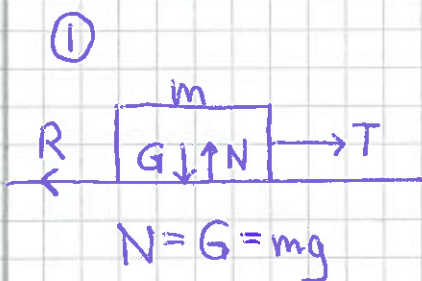
Løsn: Velg (f.eks.) $E_{p0} = 0$ i start høyden.
Da er $E_{mek,0} = E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$.

Ballen snur på toppen, i høyde h over start høyden,
dvs med $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0$ og $E_p = mgh = E_{mek}$.

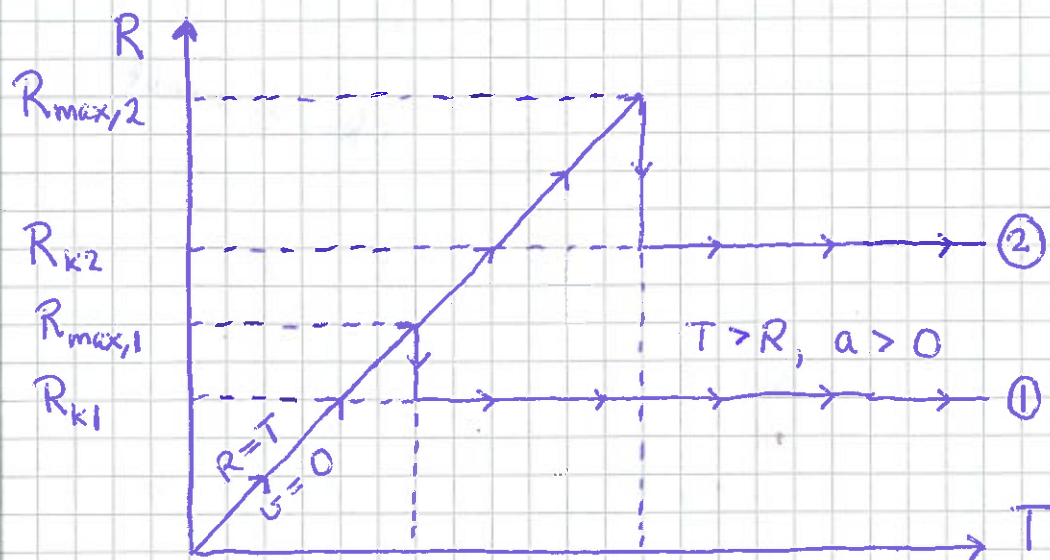
$E_{mek,0} = E_{mek}$ gir $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh$, dvs $h = v_0^2 / 2g$ (som s.3)

Friksjon

= kontaktkrefter rettet mot ("ønsket") relativ bevegelse



Eksperimenter med økende trekk-kraft T gir:



Kloss i ro ($v=0$): Statisk friksjon.

⑥

$$R = T \quad (\text{Newtons 1. lov})$$

$$R_{\max} = \mu_s \cdot N$$

μ_s = statisk friksjonskoeffisient

Kloss i bevegelse ($a > 0$): Kinetisk friksjon (Glidefriksjon)

$$R = \mu_k \cdot N \quad (\text{uavhengig av } v)$$

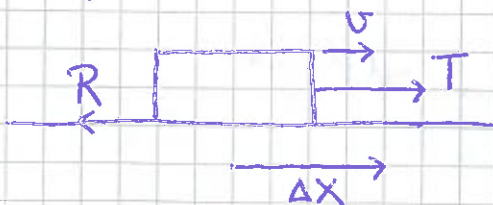
μ_k = kinetisk friksjonskoeffisient

Noen typiske tallverdier:

Materialer	μ_s	μ_k
Tre mot tre	0.5	0.3
Stål mot is	0.03	0.015

Ujevnheter i kontaktflatene gir best grep i statisk tilfelle, flyter lettere oppå $\Rightarrow \mu_s > \mu_k$

Friksjonsarbeid:



$\vec{R}$ motsatt rettet $\vec{\Delta x}$

$$\Rightarrow \text{friksjonsarbeidet } W_R = \vec{R} \cdot \vec{\Delta x} = -R \cdot \Delta x < 0;$$

W_R representerer tap mekanisk energi, omdannes til varmeenergi

Bevegelsesmengde

[alternativt: impuls; engelsk: ^(linear) momentum]



$$N2: F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$$

Dvs: Kraften F gir legemet en endring i størrelsen $m \cdot v$

Bevegelsesmengde def masse $\times$ hastighet

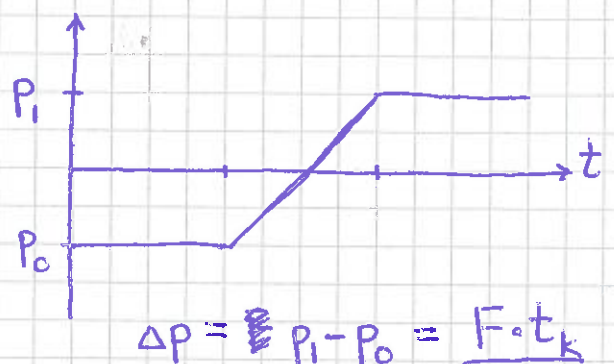
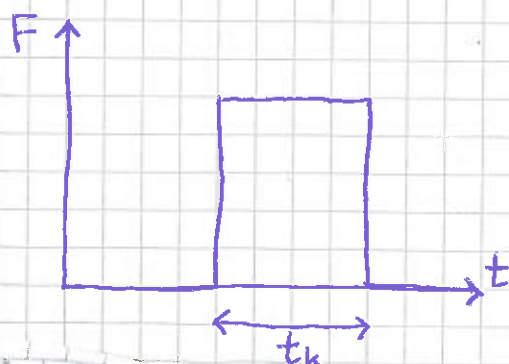
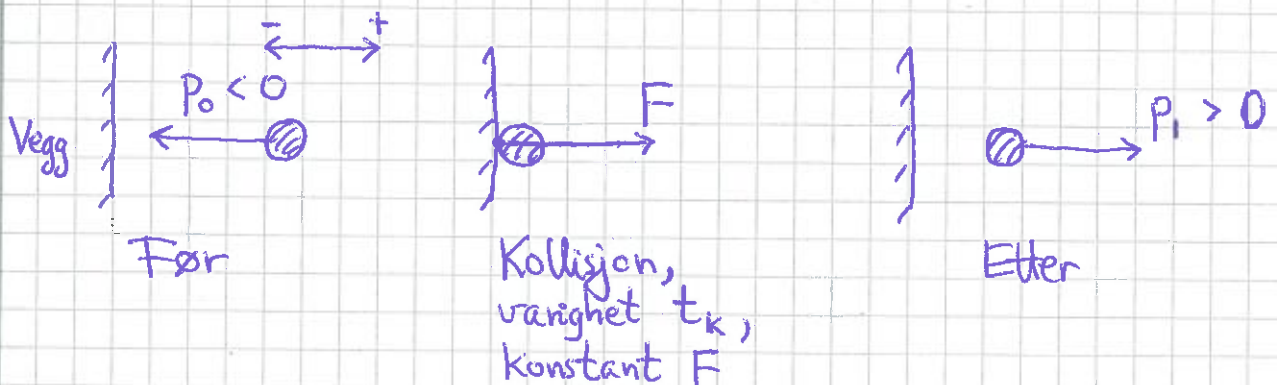
$$p = m \cdot v \quad (\vec{p} = m\vec{v})$$

Enhet: $[p] = \text{kg} \cdot \text{m/s}$

$$\Rightarrow N2 \text{ kan skrives slik: } F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t})$$

Hvis F (summen av ytre krefter) $= 0$, er $\Delta p = 0$,
dvs $p = \text{konstant}$ (lov om impulsbevarelse)

Eks (kvalitativt): Ball mot vegg



$$\Delta p = p_1 - p_0 = F \cdot t_k$$