Universitetet i Sørøst-Norge

Energi

Kjetil Liestøl Nielsen
Førsteamanuensis
Institutt for matematikk og naturfag

Dagens tema

- Arbeid
- Effekt
- Energi
- Potensiell energi
- Kinetisk energi
- Bevaring av energi

Vi skal bruke Socrative i dag. Logg på

https://b.socrative.com/login/student/

Kode: 19ogekso

Læringsmål:

- Forstå hva som menes med arbeid og effekt
- Forstå sammenhengen mellom energi og arbeid
- Forstå hva som menes med effekt
- Forstå hva som menes med potensiell og kinetisk energi
- Forstå hva som menes med bevaring av energi
- Kunne løse praktiske problemer med energi, arbeid og effekt

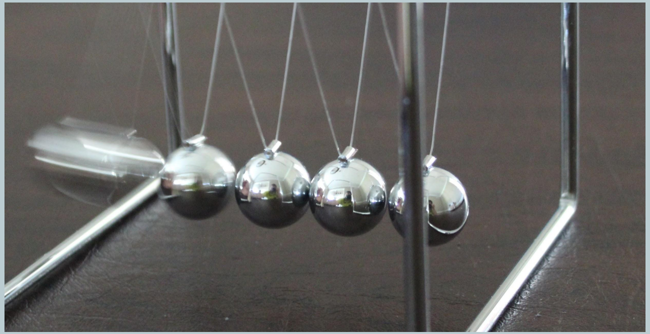
Bevaringslover i mekanikken

I fysikken finner vi flere fysiske størrelser som ikke endrer seg. Dette er nyttig informasjon da vi kan bruke dette til å løse mange praktiske problemer. Innenfor mekanikk er følgende størrelser bevart:

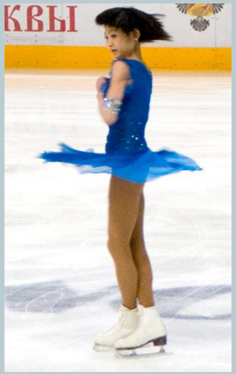
1) **Energi**
2) **Bevegelsesmengde** (momentum)
3) **Dreiemoment** (angular momentum)

I dette kurset kommer vi til å fokusere på bevaring av energi. Energi er et av kjerneelementene i den nye læreplanen.

Eksempel på en bevaring av bevegelsesmengde:



Eksempel på bevaring av dreiemoment



Energi

I skolebøker finner man ofte: "Energi er det som får noe til å skje". Denne definisjonen er vag og kan bidra til forvirring. Det er mange måter å definere energi, men vi skal bruke følgende:

Energien til et fysisk system er et mål for hvor mye arbeid systemet kan utføre.

Men: Hva mener vi med "arbeid" i fysikken?

I fysikken er et "system" en avgrenset del av universet. Dette kan være en gjenstand, en boks med gjenstander, en gass, en planet, en galakse osv.

Merk:

Det er en bitteliten hake med denne definisjonen, men den kommer vi til senere.

Arbeid

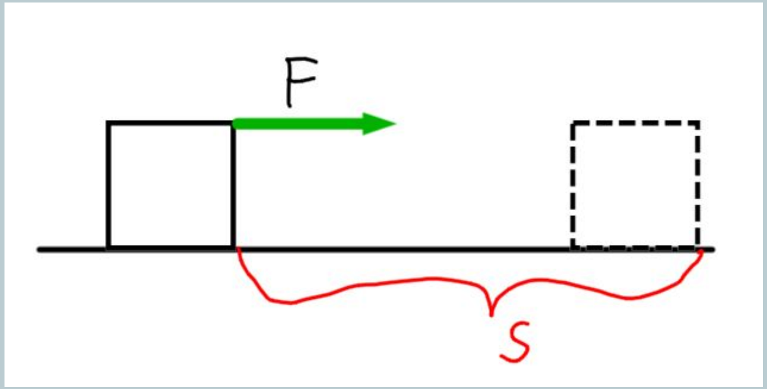
Arbeid er i fysikken definert produktet av krefter og forflytning.

Arbeid = kraft * strekning

Matematisk sett kan vi skrive dette som

$$W = Fs$$

Arbeid måles i enten Newtonmeter (Nm) eller Joule (J).



Andre enheter for arbeid:

- kcal
- Kwh

Visste du at?

1 cal er ca. 4.2 J og er definert som energien som trengs for å øke temperaturen i 1 g vann 1 grad Celsius ved 1 atmosfæres trykk.

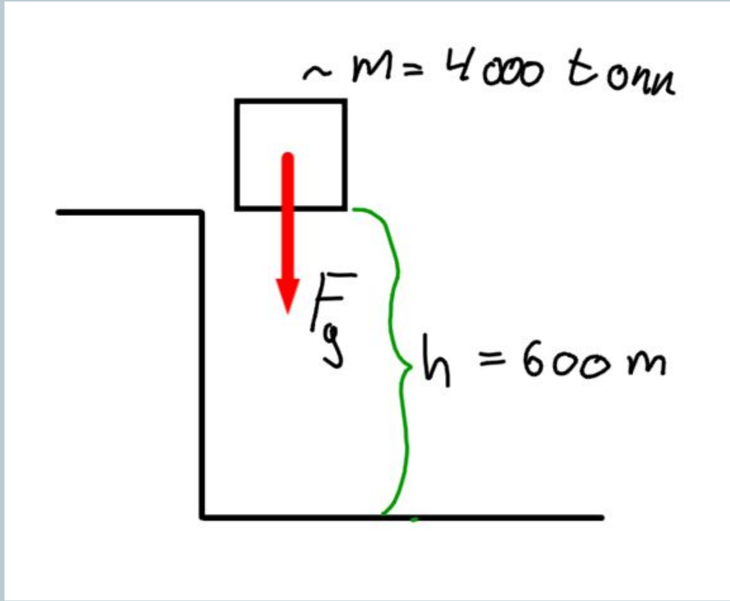
Eksempel

Slippe en stein på 4000 tonn slik at den faller en høyde på 600 m. Hvor stort arbeid ble utført pga. tyngdekraften? Vi bruker definisjonen og får:

$$W = Fs = F_g \cdot h$$

Siden tyngdekraften kan skrives som *mg*, får vi

$$\begin{aligned} W &= F_g \cdot h = mgh \\ &= 4000 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 600 \text{ m} \\ &= \underline{\underline{2.35 \cdot 10^{10} \text{ J}}} \end{aligned}$$



Siden steinen utførte et arbeid, hadde steinen energi ($2.35 \cdot 10^{10}$ J) før den begynte å falle.

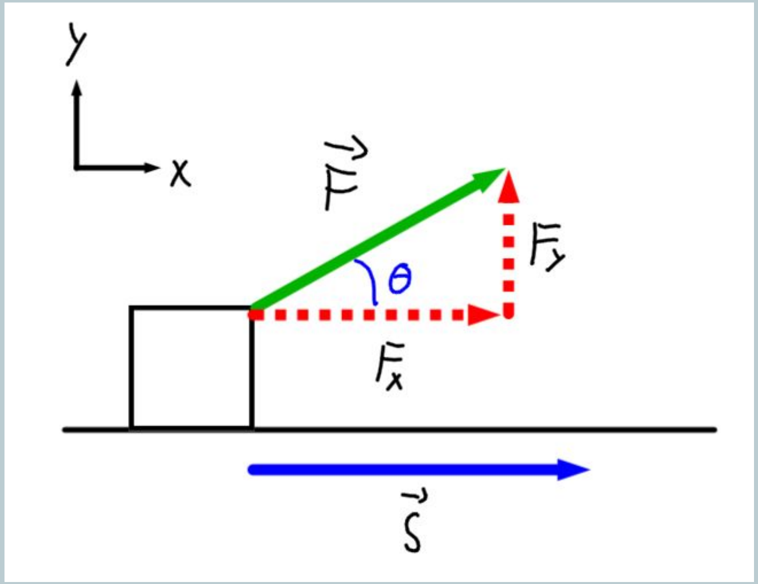
Utvidet definisjoin

Den forrige definisjonen på arbeid gjelder kun dersom kraften og forflytningen peker i samme retning. Arbeid er egentlig definert som et skalarprodukt mellom kraftvektoren og forflytningsvektoren.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

Verdien av denne er like stor som lengden av s multiplisert med komponenten av F som peker i samme retning som s. I bildet i margen blir dette:

$$W = F_x s$$



Quiz:

Hvor stort blir arbeidet dersom vinkelen θ mellom kraften og forflytningen er

1) 90 grader
2) 180 grader

Effekt

Effekt er utført arbeid per tid, dvs. det er et mål for hvor raskt vi utfører arbeidet (dvs. hvor effektiv vi er).

Matematisk skriver vi dette som

$$P = W/t$$

Vi måler effekt i enten Joule per sekund (J/s) eller i Watt (W).

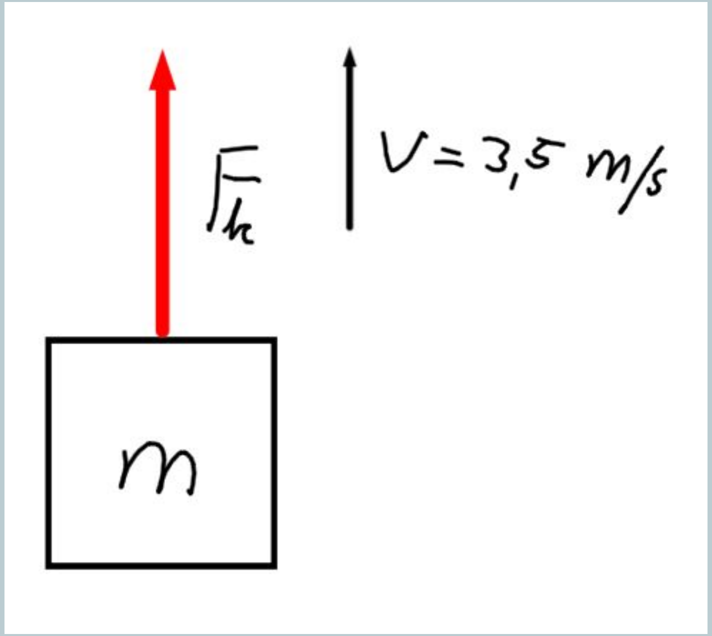
Merk:

På engelsk bruker man ordet "power" for effekt, som kan være litt forvirrende.

Eksempel

En heis på 3000 kg beveger seg oppover 60 m med en konstant fart på 3.5 m/s.

a) Regn ut arbeidet fra kraften som drar heisen oppover.
b) Regn ut effekten til motoren når du antar at kun 85% av motoreffekten går til løfte heisen.



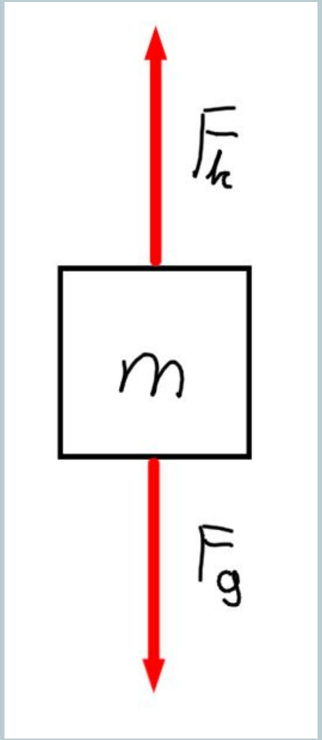
Eksempel - løsning a)

Kraften fra motoren må motvirke tyngdekraften for at den skal bevege seg oppover. Siden farten til heisen er konstant, vet vi fra Newtons første lov at kreftene er like store. Dette gir oss:

$$W = F_k \cdot s = F_g \cdot s = mg \cdot s$$

$$W = 3000\ \mathrm{kg} \cdot 9.8\ \mathrm{m/s}^2 \cdot 60\ \mathrm{m}$$

$$W = 1764000\ \mathrm{J} \approx \underline{\underline{1.8\ \mathrm{MJ}}}$$



Eksempel - løsning b)

Effekten til kraften F_k bli da

$$P_k = \frac{W}{t}$$

Vi har ikke tiden, men den kan vi finne ved å bruke s = vt (bevegelseslikning for konstant fart). Vi får da:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{60 \text{ m}}{3.5 \text{ m/s}} = 17.14 \text{ s}$$

Effekten blir da:

$$P_k = \frac{W}{t} = \frac{1764000 \text{ J}}{17.14 \text{ s}} = 102917 \text{ W}$$

Dette er 85% av effekten til selve motoren. Dette gir oss:

$$P_k = 0.85 \cdot P_m$$

$$P_m = \frac{P_k}{0.85} = \frac{102917 \text{ W}}{0.85} \approx \underline{\underline{1.2 \cdot 10^5 \text{ W}}}$$

Virkningsgrad

I forrige oppgaven ble ikke all effekten til motoren brukt å faktisk løfte heisen. Hvor mye av effekten eller arbeid man får brukt til noe “nyttig”, kaller vi virkningsgrad. Denne er definert som nyttig effekt delt på brukt effekt, eller nyttig arbeid delt på brukt arbeid.

$$\eta = \frac{P_{\text{nyttig}}}{P_{\text{brukt}}} = \frac{W_{\text{nyttig}}}{W_{\text{brukt}}}$$

Gamle glødepærer har en virkningsgrad på ca. 0.025, dvs. at kun 2.5% av den elektriske energien går til lys. Det meste går til varme.

Oppgave 1

Vi lar en 60-Watts lyspære stå på i et minutt.

a) Hvor stort arbeid tilsvarer dette?
b) Anta at lille Ole drar et akebrett med en kraft på 40 N. Hvor langt kommer Ole hvis han utfører et arbeid tilsvarende det du fant i oppgave a?

Ulike typer energi

Det finnes mange former for energi, atomenergi, kjemisk energi, osv…

Men alle energiformer kan kategoriseres i to hovedtyper:

1) **Kinetisk energi** - bevegelsesenergi
2) **Potensiell energi** - stillingsenergi

I dette kurset kommer vil til å fokusere på mekanisk energi.

Gå til Wikipedias side for ulike energiformer:

https://en.wikipedia.org/wiki/Energy#Forms

Selv om det er mange ulike former for energi, blir de beskrevet som enten "potensiell" eller "kinetisk" energi.

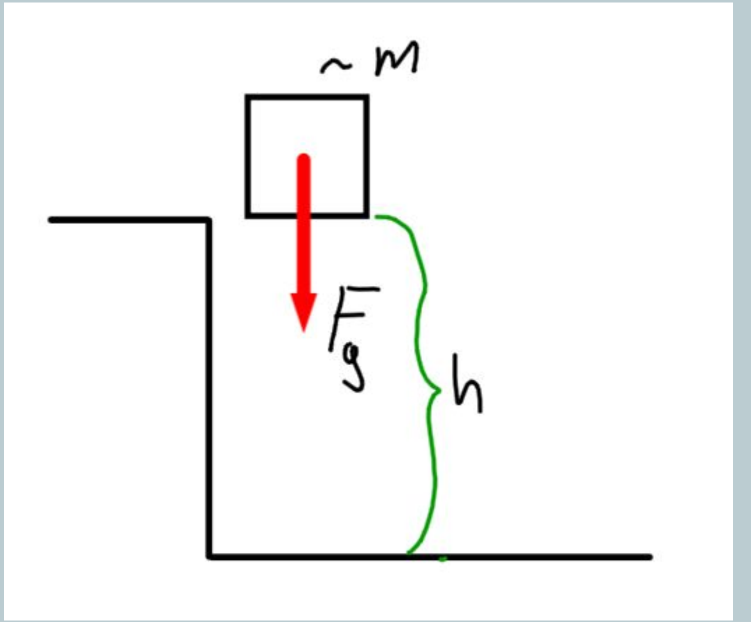
Potensiell energi (i tyngdefelt)

Anta at en kloss er i en høyde h over bakken. Vi har sett at vi da kan få utført et arbeid, som betyr at den har energi.

Ved at klossen faller til bakken, så vi at klossen kan få utført arbeidet tilsvarende mgh. Dette er da energien til klossen i en høyde h over bakken. Vi kaller dette for den potensielle energien til klossen.

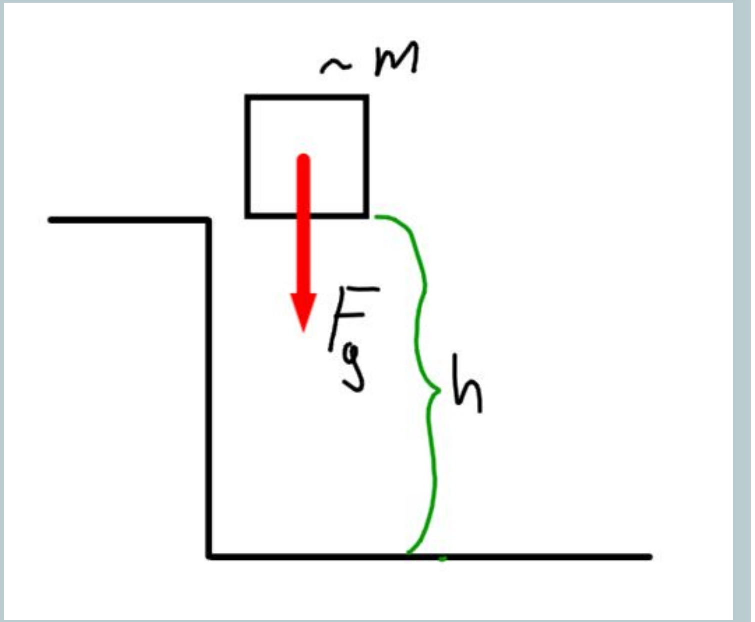
$$E_p = mgh$$

Steinen har potensiell energi siden den er i en stilling for å potensielt få utført arbeid.



Energi er relativt

Energi er en relativ størrelse. I forrige eksempel kan vi selv velge hva som menes med høyden h. Vi kaller dette å velge "nullnivå", dvs. det nivået hvor vi definerer den potensielle energien til å være null.

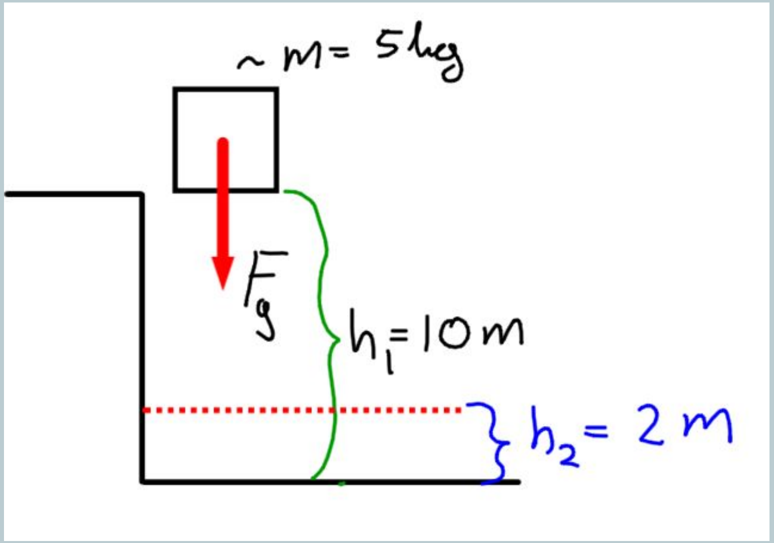


Eksempel

Vi holder en stein på 5 kg i en høyde på 10 meter over bakken. Regn ut den potensielle energien til steinen

a) med bakken som nullnivå.
b) med 2 m over bakken som nullnivå.

c) Hva er den potensielle energien til steinen dersom den er på bakken med 2 m over bakken som nullnivå?



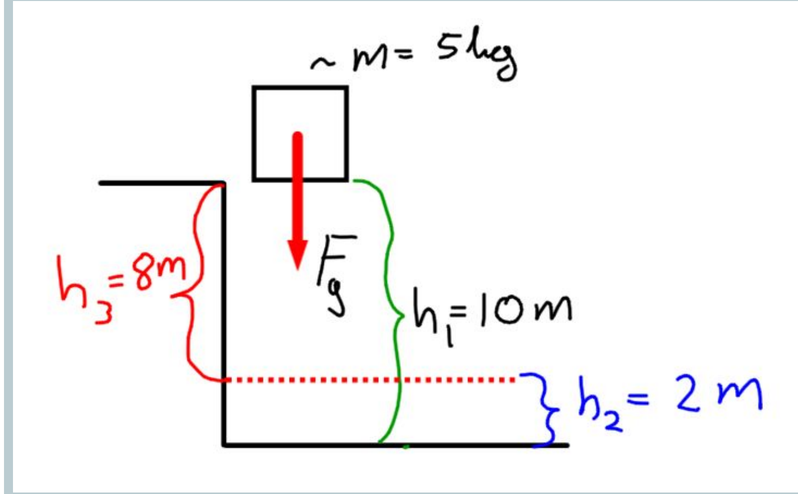
Eksempel - løsning - del 1

Dersom vi velger bakken som nullnivå, blir høyden lik $h_1 = 10\ \mathrm{m}$. Dette gir oss

$$E_{p1} = mgh_1 = 5\ \mathrm{kg} \cdot 9.8 \mathrm{m/s}^2 \cdot 10 \mathrm{m} = \underline{\underline{490\ \mathrm{J}}}$$

Dersom vi velger 2 m over bakken som nullnivå, vil høyden over nullnivå være $h_3 = 8\ \mathrm{m}$. Dette gir oss:

$$E_{p3} = mgh_3 = 5\ \mathrm{kg} \cdot 9.8 \mathrm{m/s}^2 \cdot 8 \mathrm{m} = \underline{\underline{392\ \mathrm{J}}}$$

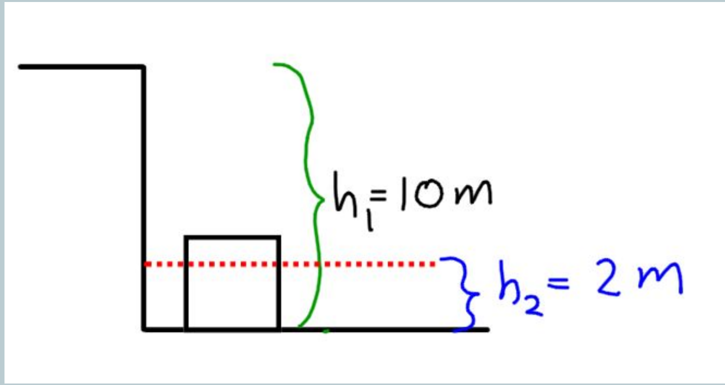


Eksempel - løsning - del 2

Dersom steinen er på bakken og nullnivå er 2 m over bakken, ligger steinen under nullnivå. Vi må da regne med steinen som at den har en negativ høyde. I dette tilfelle blir høyden -2m siden den er 2m under nullnivå. Dette gir oss:

$$E_{p2} = mg(-h_2) = 5\text{ kg} \cdot 9.8\text{m/s}^2 \cdot (-2\text{m}) = \underline{\underline{-98\text{ J}}}$$

Den potensielle energien til steinen blir negativ siden den er under nullnivå.



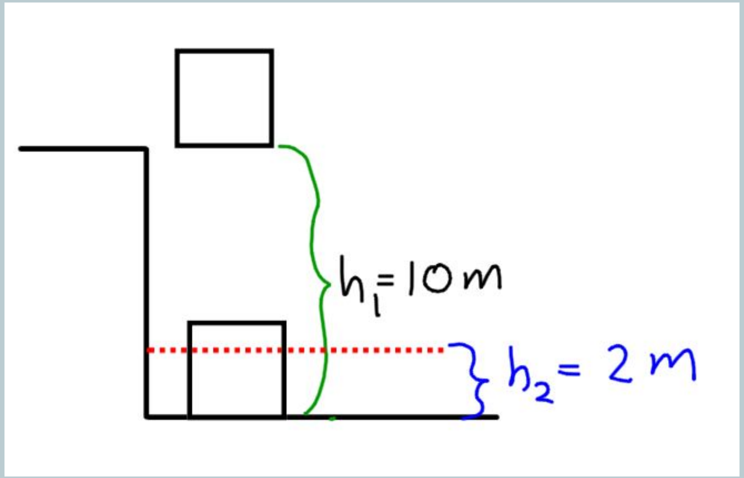
Eksempel - løsning - del 3

Det kan virke merkelig at energien er negativ, men det er egentlig ikke selve verdien til den potensielle energien som er relevant, men heller endring av potensiell energi.

Når steinen beveger seg fra toppen til bakken, blir det utførte arbeidet lik forskjellen i potensiell energi på toppen og bakken, dvs.

$$W = \Delta E = E_{p3} - E_{p2} = 392\ \mathrm{J} - (-98\ \mathrm{J}) = 490\ \mathrm{J}$$

Dette er det samme som den potensielle energien vi regnet ut med bakken som nullpunkt.



Merk:

Selv om energi er et mål for hvor mye arbeid som kan bli utført, så er det egentlig endringen i energi som tilsier hvor mye arbeid vi får ut og ikke selve verdien på energien.

Kinetisk energi

Alt som beveger seg har energi. Det er tre former for bevegelse

- Translatorisk (endring av posisjon)
- Rotasjon
- Vibrasjon

Vi skal her fokusere på translatorisk. Dersom vi regner ut hvor mye arbeid som trengs for å øke farten til et legeme fra 0 til v, får vi:

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

Eksempel

Hva skjer med den kinetiske energien hvis vi øker farten fra v til 2v (dvs. dobler farten)?

Anta

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv^2$$

Dobler vi farten, får vi

$$E_{k2} = \frac{1}{2}m(2v)^2 = \frac{1}{2}m \cdot 2^2 v^2$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2}m \cdot 4v^2 = 4 \cdot \frac{1}{2}mv^2 = 4E_{k1}$$

Dvs. dersom vi dobler farten, blir ikke energien dobbelt så stor, den blir fire ganger så stor!

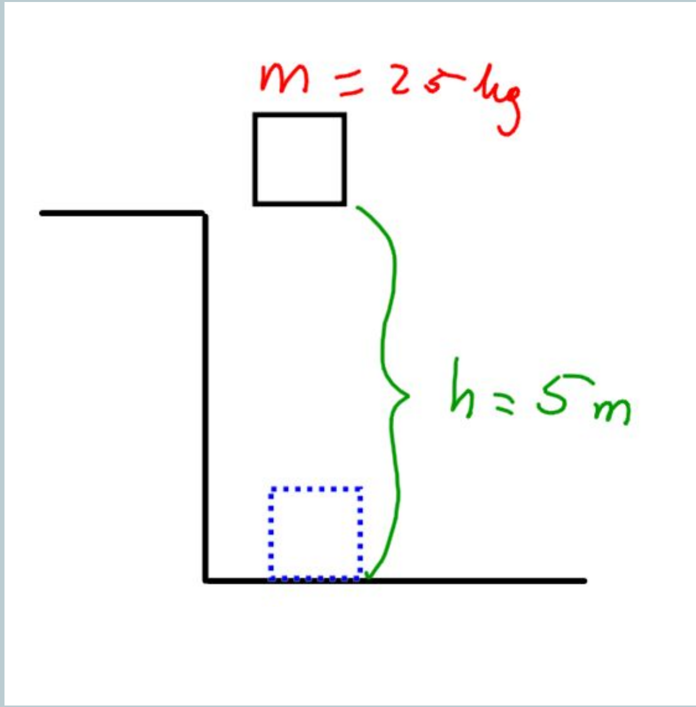
Oppgave 2

Anta at vi har en kloss på 25 kg i en høyde på 5 m over bakken. Vi slipper klossen og hører den treffe bakken 1.01 sekund senere.

a) Regn ut den potensielle energien til klossen relativt til bakken akkurat idet vi slipper klossen.
b) Regn ut farten til klossen rett før den treffer bakken (se formel i margen)
c) Regn ut den kinetiske energien til klossen rett før den treffer bakken.

Denne likningen kan være nyttig i oppgaven:

$$v = v_0 + at$$



Bevaring av energi

Oppgaven i sted er et eksempel på bevaring av energi. Klossen mister potensiell energi etterhvert som den faller ned. Denne energien får klossen tilbake som kinetisk energi. Den totale energien er bevart.

For en stein som faller i fritt fall, vil summen av kinetisk og potensiell energi være konstant:

$$E = E_k + E_p = \text{konstant}$$

Merk:

I fysikken er et lukket system et system som ikke blir påvirket av omgivelsene.

Merk:

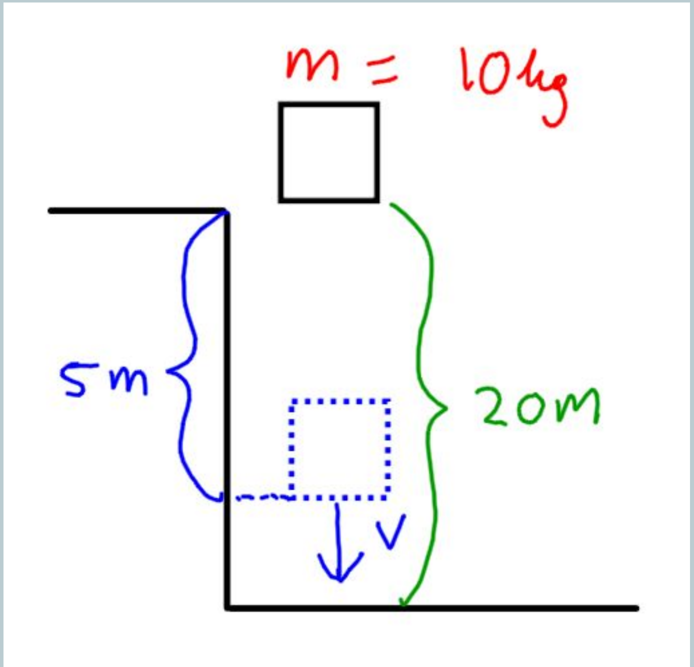
I skolebøker sier man ofte at “energi kan ikke oppstå fra intet, eller forsvinne til intet, den kan bare endre form”. Oppgaven i sted er et eksempel på energi som endrer form (fra potensiell til kinetisk).

Spørsmål:

Kan du finne andre eksempler hvor energi går fra en form til en annen?

Eksempel

En kloss på 10 kg er plassert 20 m over bakken. Bruk bevaring av energi til å finne farten til klossen 5 m over bakken.



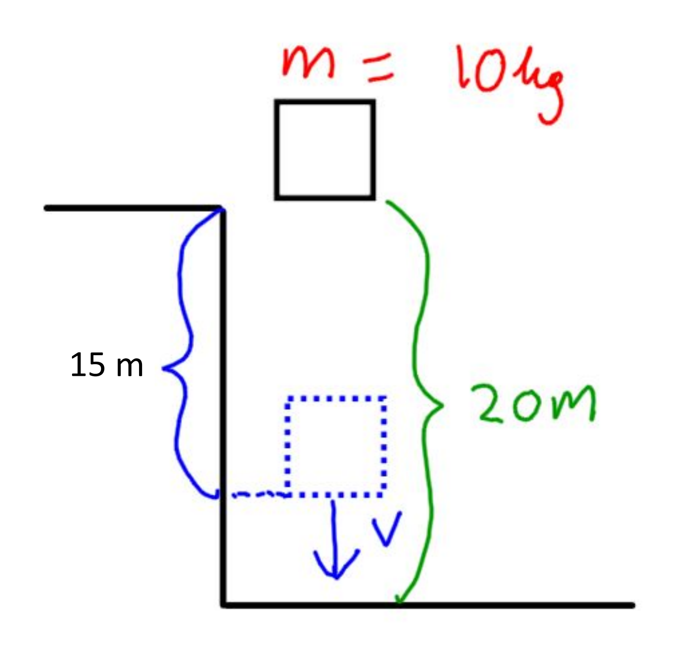
Eksempel - løsning - del 1

På toppen har klossen kun potensiell energi. Dersom vi kaller $h_1 = 20 \text{ m}$, har vi $E_1 = mgh_1$.

Når klossen er 5 m over bakken, har den både kinetisk energi og potensiell energi. Dersom vi kaller farten for v og $h_2 = 5 \text{ m}$, har vi $E_2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv^2$

Siden den totale energien er bevart, har vi

$$E_1 = E_2$$
$$mgh_1 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv^2$$



Eksempel - løsning - del 2

Vi løser denne ligningen for v.

$$
\begin{aligned}
mgh_1 &= mgh_2 + \frac{1}{2}mv^2 \\
gh_1 &= gh_2 + \frac{1}{2}v^2 \\
\frac{1}{2}v^2 &= gh_1 - gh_2 = g(h_1 - h_2)
\end{aligned}
$$

$$v = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} = \sqrt{2 \cdot 9.8\ \mathrm{m/s}^2 (20\ \mathrm{m} - 5\ \mathrm{m})} \approx \underline{\underline{17\ \mathrm{m/s}}}$$

Merk

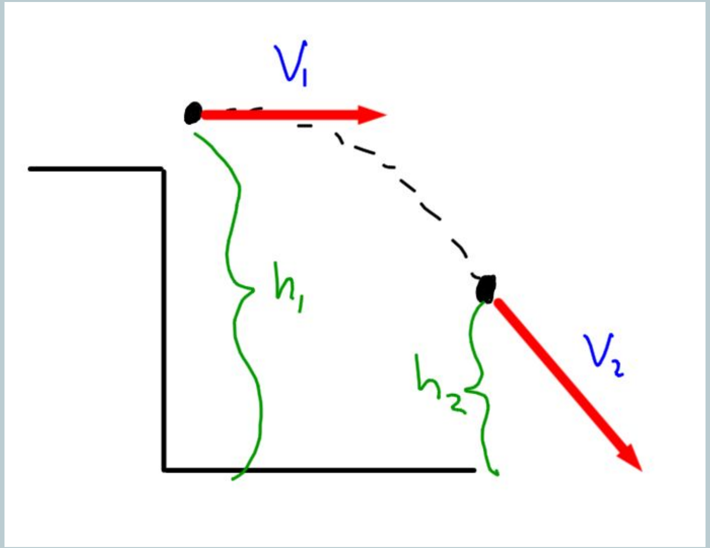
Vi kan også bruke bevaring av energi selv om hastigheten endrer retning. I formelen

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

er v fart, ikke hastighet, så det spiller ingen rolle hvilken retning hastigheten peker. Vi kan fortsatt bruke:

$$E = E_k + E_p = \text{konstant}$$

så lenge legemet er i fritt fall.



Merk:
For bevaring av energi i tyngdefelt, vil den mekaniske energien være bevart så lenge det kun er tyngdekraften som utfører et arbeid. Har vi f.eks. friksjon, vil noe av energien gå "tapt" til arbeidet som friksjonskraften utfører.

Elektrisitet

Blir selvstudium. Her er hva som forventes:

1. Kan forklare hva som menes med elektrisk spenning og strøm
2. Ha kunnskap om elektrisk ladning
3. Kunne tegne en elektrisk krets og vite forskjellen på seriekobling og parallellkobling