Oppgave 1

En tennisball med masse 57 g slippes vertikalt rett nedover fra en stor høyde. Startfarten er null. Vi ser først bort fra luftmotstand.

a) Hvor langt har ballen falt etter 4,0 s og hvor langt har den falt når farta er 12 m/s?

b) Hva er endringen i ballens kinetiske energi fra ballen har falt 30 m til den har falt 100 m?

Luftmotstanden modelleres så til å være lik kv^2 der $k = 0{,}0011\,\mathrm{Ns^2/m^2}$.

c) Tegn figurer med kreftene som virker på ballen både med én gang etter at den har blitt sluppet, noen sekunder senere, og etter lang tid (men før den treffer bakken).
Forklar hvordan farten utvikler seg i fallet og hva terminalfart er.
Regn ut terminalfarta i dette tilfellet.

Løsningsforslag

Rettlinjet bevegelse. Velger vertikalt rett ned som positiv retning med start i $y = 0{,}0\,\mathrm{m}$. Startfart er $v_0 = 0{,}0\,\mathrm{m/s}$.

a) Konstant akselerasjon $a = g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$.

- $t = 4{,}0\,\mathrm{s}$ og $s = ? \Longrightarrow$
  $y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} \cdot (4{,}0\,\mathrm{s})^2 = \underline{\underline{78\,\mathrm{m}}}$

- $v = 12\,\mathrm{m/s}$ og $s = ? \Longrightarrow 2ay = v^2 - v_0^2 \Longrightarrow$
  $y = \dfrac{v^2 - v_0^2}{2g} = \dfrac{v^2}{2g} = \dfrac{(12\,\mathrm{m/s})^2}{2 \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}} = \underline{\underline{7{,}3\,\mathrm{m}}}$

b) $(E_p + E_k)_1 = (E_p + E_k)_2 \Longrightarrow \Delta E_k + \Delta E_p = 0$

Når ballen faller nedover øker den kinetiske energien. Endringen er like stor som tapet av den potensielle energien.
$\Delta E_k = 0{,}057\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} \cdot 70\,\mathrm{m} = \underline{\underline{39\,\mathrm{J}}}$

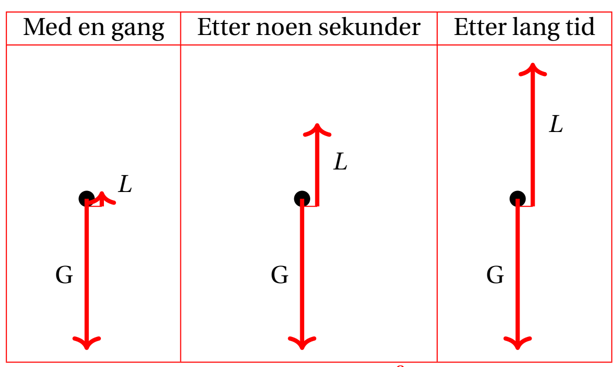
alternativt

$\Delta E_k = -\Delta E_p = mgh_{\text{start}} - mgh_{\text{slutt}} = 0{,}057\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2} \cdot 70\,\mathrm{m} = \underline{\underline{39\,\mathrm{J}}}$

Svar som baserer seg på $2as = v^2 - v_0^2$ kan også være korrekte her siden akselerasjonen er konstant.

c) I denne deloppgaven bør figur vektes 30% forkaring av dynamikken 30% og terminalfart 40%.

Krafttegninger



$G = mg$ og $L = kv^2$.

Akselerasjonen gis fra Newtons 2.lov: $a = \dfrac{\Sigma F}{m} = \dfrac{mg - kv^2}{m} = g - \dfrac{k}{m}v^2$ slik at når v er liten er $a \approx g$ og når v blir større blir a mindre og mindre som igjen gjør at v endres mindre og mindre. Så lenge ballen faller, fortsetter dette og hvis den faller langt nok vil akselerasjonen bli ca. null og farten ca. konstant. Terminalfart er denne konstante farten (nås asymptotisk).

$a(v_{\text{ter}}) = 0 \Longrightarrow g - \dfrac{k}{m}v_{\text{ter}}^2 = 0 \Longrightarrow v_{\text{ter}} = \sqrt{\dfrac{mg}{k}} = \sqrt{\dfrac{0{,}057\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}}{0{,}0011\,\mathrm{Ns^2/m^2}}} = \underline{\underline{23\,\mathrm{m/s}}}$

Oppgave 2

En sylinder på 50,0 liter inneholder en giftig idealgass som har trykket 1,00 MPa og temperaturen 25,2 °C. Sylinderen og gassen avkjøles til −78,5 °C for å dempe trykket.

a) Bestem trykket i gassen når den er helt avkjølt.

Anta så at sylinderen velter og gjennom en skade i ventilen mister 80,0% av gassen. Trykket blir 101,3 kPa.

b) Hva blir temperaturen i den avkjølte gassen nå?

Løsningsforslag

a) $p_1 = 1{,}00\,\text{MPa},\ T_1 = 298{,}2\,\text{K},\ T_2 = 194{,}5\,\text{K},\ p_2 = ?$

Antar konstant volum og konstant antall molekyler.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Longrightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot p_1 = \frac{194{,}5\,\text{K}}{298{,}2\,\text{K}} \cdot 1{,}00\,\text{MPa} = \underline{\underline{652\,\text{kPa}}}$$

b) $p_1 = 1{,}00\,\text{MPa},\ T_1 = 298{,}2\,\text{K},\ N_1 = N,\ p_2 = 101{,}3\,\text{kPa}, N_2 = 0{,}2N,\ T_2 = ?$

Antar konstant volum men ikke konstant antall molekyler.

$$pV = NkT \Longrightarrow \frac{p_1}{N_1 \cdot T_1} = \frac{p_2}{N_2 \cdot T_2} \Longrightarrow T_2 = \frac{N_1 \cdot p_2}{N_2 \cdot p_1} \cdot T_1 = \frac{N \cdot 101{,}3\,\text{kPa}}{0{,}20N \cdot 1{,}00\,\text{MPa}} \cdot 298{,}2\,\text{K} =$$

$$\frac{101{,}3\,\text{kPa}}{0{,}20 \cdot 1{,}00\,\text{MPa}} \cdot 298{,}2\,\text{K} = \underline{\underline{151\,\text{K} \approx -122\,°\text{C}}}$$

Én temperaturbenevning er nok til å kunne få full uttelling.

Oppgave 3

a) Vi tar ut en isklump med masse 400 g fra fryseren, legger den i en panne med lokk og skrur på varmeplaten på komfyren. Isklumpen starter med temperatur lik $-18\,°\mathrm{C}$ og varmes opp til den blir til vann med temperatur $50\,°\mathrm{C}$. Vi antar at 17,7 kJ av varmen tilført fra platen blir brukt til å varme opp panne, lokk og omgivelser, mens resten går til isen.
Hvor mye varme må platen tilføre?

b) Forbrenningsmotoren i en moped har 80 sykluser per sekund. Hver syklus omdanner 220 J indre energi. Effekten som leveres av motoren til hjulene er 4,0 kW. Hvor mye varme går tapt til omgivelsene i hver syklus?

Løsningsforslag

a) Spesifikk smeltevarme for is er $q = 334\,\mathrm{kJ/kg}$.
Spesifikk varmekapasitet for is er $c_{\text{is}} = 2{,}1\,\mathrm{kJ/(kg \cdot K)}$
Spesifikk varmekapasitet for vann er $c_{\text{vann}} = 4{,}18\,\mathrm{kJ/(kg \cdot K)}$
Smeltepunkt is = $0\,°\mathrm{C}$.

Regner først ut nødvendig energi for å få is ved $-18\,°\mathrm{C}$ til å bli vann ved $50\,°\mathrm{C}$:

- Varme for å øke temperatur i isen fra $-18\,°\mathrm{C}$ til $0\,°\mathrm{C}$:
  $Q_1 = m_{\text{is}} \cdot c_{\text{is}} \cdot \Delta T = 0{,}400\,\mathrm{kg} \cdot 2{,}1\,\mathrm{kJ/(kg \cdot K)} \cdot 18\,\mathrm{K} = 15{,}1\,\mathrm{kJ}$
- Varme for å smelte isen:
  $Q_2 = q \cdot m_{\text{is}} = 334\,\mathrm{kJ/kg} \cdot 0{,}400\,\mathrm{kg} = 133{,}6\,\mathrm{kJ}$
- Varme for å øke temperatur i isvannet fra $0\,°\mathrm{C}$ til $50\,°\mathrm{C}$:
  $Q_3 = m_{\text{is}} \cdot c_{\text{vann}} \cdot \Delta T = 0{,}400\,\mathrm{kg} \cdot 4{,}18\,\mathrm{kJ/(kg \cdot K)} \cdot 50\,\mathrm{K} = 83{,}6\,\mathrm{kJ}$

Energi til is er: $Q_{\text{is}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 232{,}3\,\mathrm{kJ}$

Platen må tilføre $Q = Q_{\text{is}} + Q_{\text{panne + lokk + tap}} = 232{,}3\,\mathrm{kJ} + 17{,}7\,\mathrm{kJ} = 250{,}0\,\mathrm{kJ} = \underline{\underline{0{,}25\,\mathrm{MJ}}}$

b) Tiden for en syklus er $t = \dfrac{1{,}0\,\mathrm{s}}{80} = 12{,}5\,\mathrm{ms}$
Energibalansen skal egentlig være av typen $Q_H = W + Q_L$, men oppsett basert på 1.loven ($\Delta U = Q + W$) skal kunne være tilstrekkelig for full uttelling.
Bruker motoren + drivstoff som system.

På en syklus omdannes 220 J $\Longrightarrow \Delta U = -220\,\mathrm{J}$
Arbeidet som leveres på en syklus er $P \cdot t \Longrightarrow W = -4{,}0\,\mathrm{kW} \cdot 12{,}5\,\mathrm{ms} = -50\,\mathrm{J}$
Varme til systemet på en syklus = Q
Energibalanse gir $\Delta U = W + Q \iff Q = \Delta U - W = -220\,\mathrm{J} - (-50\,\mathrm{J}) = -170\,\mathrm{J}$

Det tapes $\underline{\underline{170\,\mathrm{J}}}$ til omgivelsene hver syklus.

Oppgave 4

I en elektrisk krets gir spenningskilden 12,0 V (se bort fra indre motstand i spenningskilden). Kretsen består ellers av en parallellkopling hvor R_1 (10,0 Ω) og R_2 (20,0 Ω) står i serie i den ene grenen og R_3 (60,0 Ω) er alene i den andre. Etter parallellkoplingen er R_4 koplet i serie. Strømmen gjennom R_4 måles til 171,4 mA og spenningen over R_4 måles til 8,57 V.

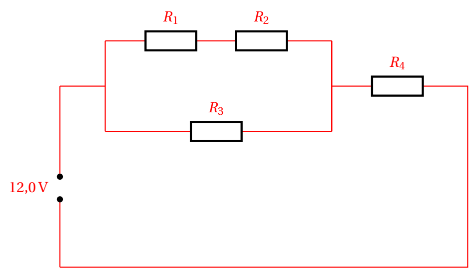
a) Tegn et koplingsskjema til kretsen beskrevet over og bestem R_4.

b) Hva blir strømmen gjennom R_3?

Vi ønsker så at strømmen gjennom R_4 skal bli 200 mA. For å få til det, settes en ny motstand (R_5) inn i kretsen. Spenningskilden skal fortsatt gi 12,0 V.

c) Tegn et koplingsskjema som viser hvordan en slik ny krets kan se ut. Begrunn valget ditt. Regn ut hva R_5 må være i ditt valg av ny krets.

Løsningsforslag



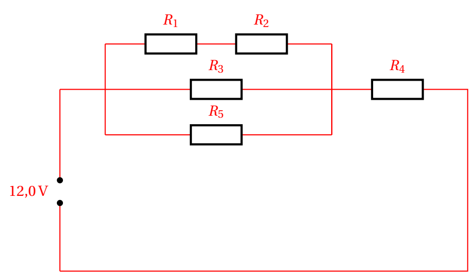
a)

Fra definisjonen av resistanse og Ohms lov: $R_4 = \dfrac{8{,}57\,\text{V}}{0{,}1714\,\text{A}} = \underline{\underline{50{,}0\,\Omega}}$

b) Fra Kirchhoffs 2.lov:
spenningen over parallellkoplingen er $12{,}0\,\text{V} - 8{,}57\,\text{V} = 3{,}43\,\text{V}$
Fra Ohms lov på R_3:strømmen gjennom R_3 er $\dfrac{3{,}43\,\text{V}}{60{,}0\,\Omega} = \underline{\underline{57{,}1\,\text{mA}}}$

c) Siden den totale strømmen skal bli større ved samme totale spenning, må den samlete resistansen minske. Da kan ikke R_5 koples i serie, men må koples i parallell.

Ett eksempel er



$R_{\text{par,opprinnelig}} = (\dfrac{1}{60{,}0\,\Omega} + \dfrac{1}{10{,}0\,\Omega + 20{,}0\,\Omega})^{-1} = 20{,}0\,\Omega$ og
$R_{\text{tot,ny}} = \dfrac{U_{\text{tot}}}{I_{\text{tot,ny}}} = \dfrac{12{,}0\,\text{V}}{0{,}200\,\text{A}} = 60{,}0\,\Omega.$
$R_{\text{par,ny}} = R_{\text{tot,ny}} - R_4 = 60{,}0\,\Omega - 50{,}0\,\Omega = 10{,}0\,\Omega.$
$R_{\text{par,ny}} = (\dfrac{1}{R_1 + R_2} + \dfrac{1}{R_3} + \dfrac{1}{R_5})^{-1} = 10{,}0\,\Omega \Longrightarrow R_5 = \underline{\underline{20{,}0\,\Omega}}$

Oppgave 5

a) Figuren under viser et linjespekter (emisjonsspekter). Forklar helt kort hvordan et slikt spekter oppstår. En av linjene i figuren tilsvarer fotoner med bølgelengde 486 nm. Regn ut energien til et foton med denne bølgelengden.

Thorium-231-kjerner er ustabile og hver kan sende ut ett elektron. Halveringstiden er 25,5 timer. I en beholder har vi en liten mengde av stoffet. Vi måler aktiviteten til å være 568 Bq.

b) Skriv opp reaksjonslikningen og nevn de viktigste bevaringlovene som gjelder i denne prosessen. Forklar kort hva som skjer i thorium-kjernen når det sendes ut ett elektron.

c) Hvis det bare hadde vært to thoriumatomer i beholderen, hvor lang tid ville det tatt før ett av de to atomene hadde sendt ut et elektron? Forklar helt kort.
Hvor lang tid må vi vente før aktiviteten til thoriumet vi har i beholderen blir under 100 Bq?

Løsningsforslag

a) I denne deloppgaven vektes forklaring og utregning 50% hver. Forklaring skal være kort og må inneholde forklaring om kvantiserte overganger mellom energinivå.
Når et atom får tilført energi vil elektroner få høyere energinivå slik at atomet eksiteres. Over tid vil de da emittere fotoner med energier som tilsvarer energiforskjellene i atomet. Det som kommer ut vil da være fotoner med akkurat de bølgelengdene. Emisjonsspekter kommer f.eks. fra en varm gass. Når dette er fra enatomige gasser, vil linjene være tydelig separable og særegne for det atomet.
Energien til ett foton er $\dfrac{h\cdot c}{\lambda} = \dfrac{6,63\cdot 10^{-34}\ \text{Js}\cdot 3,00\cdot 10^{8}\ \text{m/s}}{486\cdot 10^{-9}\ \text{m}} = \underline{\underline{0{,}409\,\text{aJ}}}$

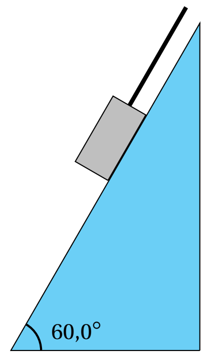
b) I denne deloppgaven vektes forklaring, reaksjonslikning og bevaringslover 33% hver.

- ${}^{1}_{0}\text{n} \longrightarrow {}^{1}_{1}\text{p} + {}^{0}_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$
- I Thoriumkjernen omdannes et nøytron til ett proton + ett elektron + ett antielektronnøytrino.
- En rekke bevaringslover må oppfylles: De mest sentrale er bevaring av nukleontall og bevaring av elektrisk ladning/ladningstall.
  Andre kan nevnes (bl.a. bevaring av leptontall som fører til antielekttronøytrinoet, bevaring av energi og bevaring av bevegelsesmengde). Disse ekstra vil kunne gi et sterkere kvalitativt inntrykk, men siden den mest brukte læreboka kun nevner bevaring nukleontall og ladning skal besvarelser bare med disse være tilstrekkelig for full uttelling på dette punktet.

c)
- Med kun to atomer kan vi ikke vite noe om når dette faktisk vil skje, da nedbrytinger av atomer kun kan angis med sannsynligheter. Hvis vi har et stort antall atomer vil antallet statistisk halveres på en halveringstid, men det kan ikke brukes definitivt med bare to.
- $A(0) = 568\,\text{Bq}$, $A(t) = 100\,\text{Bq}$, $t_{1/2} = 25{,}5\,\text{timer}$, $t = ?$
  $A(t) = A(0)\cdot(\frac{1}{2})^{\frac{t}{t_{1/2}}} \Longrightarrow$
  $t = \dfrac{\ln(\frac{A(t)}{A(0)})}{\ln\frac{1}{2}}\cdot t_{1/2} = \dfrac{\ln(\frac{100\,\text{Bq}}{568\,\text{Bq}})}{\ln\frac{1}{2}}\cdot 25{,}5\,\text{timer} = \underline{\underline{63{,}9\,\text{timer}}}$

Oppgave 6

I en redningsaksjon blir en person senket ned et skråplan. Massen til personen med båre er 80,0 kg. Vinkelen på skråplanet er 60,0° og friksjonstallet er 0,100. Personen og båren senkes 10,0 m nedover skråplanet med konstant fart. Snora er stram hele tiden.



a) Bestem arbeidet som blir gjort av tyngdekrafta under bevegelsen.

b) Bestem friksjonskrafta.

c) Hvor stort arbeid gjøres av alle kreftene til sammen?

Løsningsforslag

Velger oppover skråplanet som positiv x-retning og vinkelrett oppover fra skråplanet som positiv y-retning.

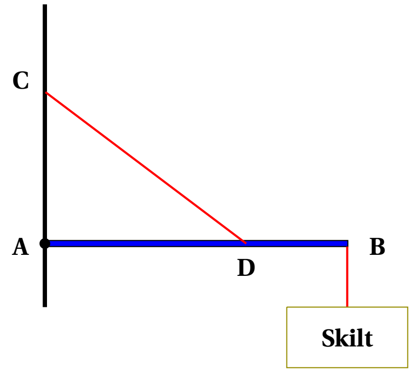
a) $W = \vec{G} \cdot \vec{s} = mg\cos(30{,}0°) \cdot 10{,}0\,\text{m} = \underline{\underline{6{,}80\,\text{kJ}}}$

Alternativt
Ved å bruke tyngdekraftens komponent i bevegelsesretning:
$W = G_x \cdot s = mg\sin\theta \cdot s = mg\sin(60{,}0°) \cdot 10{,}0\,\text{m} = \underline{\underline{6{,}80\,\text{kJ}}}$

b) Fra Newtons 1.lov: $N = mg \cdot \cos\theta$. Friksjonen er glidefriksjon:
$R = \mu N = \mu mg\cos\theta = 0,100 \cdot 80{,}0\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \cdot \cos(60{,}0°) = \underline{\underline{39{,}2\,\text{N}}}$

c) Siden hele bevegelsen foregår med konstant fart blir det ingen endring i kinetisk energi. Da vet vi at arbeidet summen av kreftene gjør også er null.
($W_{\Sigma F} = \Delta E_k = 0$).

Oppgave 7



En planke har masse 2,00 kg jevnt fordelt over hele lengden. Den er hengslet i en vegg ved A og holdes vannrett med en snor som er festet i C og D. Et skilt henger i en snor ved B.
Massen til skiltet er 3,00 kg. Snorene har liten masse.
Avstandene er AC= 60,0 cm, AD = 80,0 cm og AB = 120 cm.

a) Finn kraftmomentene til tyngdekrafta på planken og til snorkrafta i B(fra skiltet) om en akse i D. Hvorfor må den vertikale komponenten til krafta fra veggen på planken være nedover?

b) Regn ut snorkrafta i D (både horisontalkomponent, vertikalkomponent og størrelse).

Løsningsforslag

a) Størrelsen til et kraftmoment kan bestemmes som $rF\sin\theta$ og siden begge kreftene her er vinkelrette på planken kan $\sin\theta$ settes lik $\sin 90° = 1$ slik at størrelsen til kraftmomentene blir:

- Kraftmomentet fra tyngden til planken om en akse i D blir:
  $2{,}00\,\text{kg}\cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2\cdot(0{,}800\,\text{m} - \dfrac{1{,}20\,\text{m}}{2}) = \underline{\underline{3{,}92\,\text{Nm}}}$
- Kraftmomentet som kommer fra tyngden av skiltet om en akse i D blir:
  $3{,}00\,\text{kg}\cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2\cdot(1{,}20\,\text{m} - 0{,}800\,\text{m}) = \underline{\underline{12\,\text{Nm}}}$

Her skal ikke fortegn på kraftmomentene telle i vurderingen. Korrekt antall sifre på det ene momentet er to siden det oppgitte målet på hele lengden er i cm ikke mm. Dette anbefales det å legges minimal vekt på.
Om aksen i D er det tre bidrag. Kraftmomentet fra skilttyngden virker én vei og kraftmomentet fra planketyngden den andre veien. Kraftmomentet fra kraften ved veggen må derfor gi bidrag samme vei som kraftmomentet fra planketyngden. Vertikalkomponenten til kraften må derfor virke nedover.
Formelt kan argumentet skrives som at summen av kraftmomentene må være 0, men en presis forklaring med egne ord skal tillegges like stor vekt.

b) Kaller snordraget for S og vinkelen mellom snora og planke for θ :
$\theta = \tan^{-1}(\dfrac{AC}{AD}) = 36{,}87°$

Setter akse i A og får fra kraftmomentene:
$S\cdot AD\cdot\sin\theta = m_{\text{planke}}\cdot g\cdot\dfrac{AB}{2} + m_{\text{skilt}}\cdot g\cdot AB \Longrightarrow$
$S = \frac{2{,}00\,\text{kg}\cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2\cdot 0{,}600\,\text{m} + 3{,}00\,\text{kg}\cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2\cdot 1{,}20\,\text{m}}{0{,}800\,\text{m}\cdot\sin(36{,}87°)} = 98{,}10\,\text{N} \approx \underline{\underline{98{,}1\,\text{N}}}$

Størrelsene av komponentene blir:
$S_x = S\cdot\cos\theta = 98{,}10\,\text{N}\cdot\cos(36{,}87°) = \underline{\underline{78{,}5\,\text{N}}}$
$S_y = S\cdot\sin\theta = 98{,}10\,\text{N}\cdot\sin(36{,}87°) = \underline{\underline{58{,}9\,\text{N}}}$

Se bort fra fortegn på komponentene

Oppgave 8

Det er satt opp til at man kan hoppe i strikk fra en bro 25,0 m over vann. Strikken er 5,00 m lang når den ikke er strukket, og oppfører seg som en fjær med fjærkonstant 200 N/m når den strekkes. En student med masse 75,0 kg hopper i strikk fra broa med null i startfart.

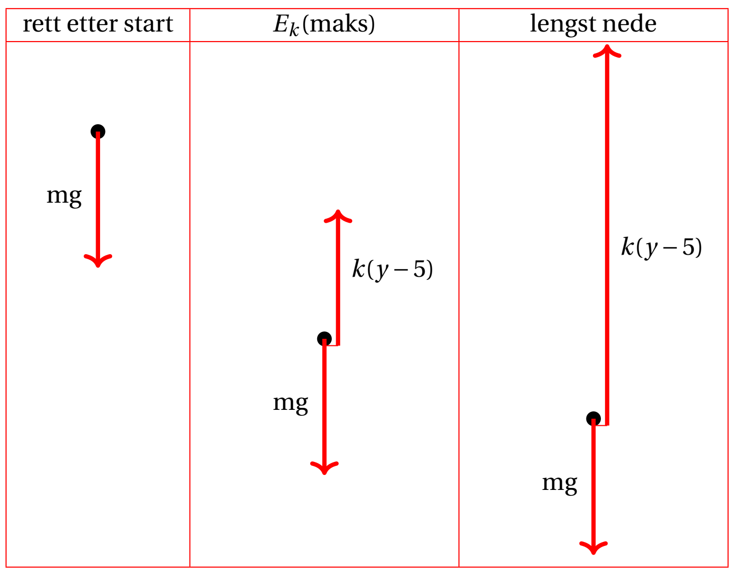
a) Tegn figur med kreftene som virker på studenten rett etter starten, når studentens kinetiske energi er størst, og når studenten er lengst nede.

b) Hvor langt under brua kommer studenten maksimalt?

Løsningsforslag

I de første 5 meterene av fallet virker en kraft, tyngdekraften. Etter 5,00 m vil det virke en tyngdekraft rett ned og en fjærkraft rett opp.
Fjærkraften vil bli større jo lenger under 5,00 m studenten kommer.
Bruker et koordinatsystem hvor y =0,00 m ved broa og positiv rett nedover.

a) Krafttegninger



b) Ser på student + snor som system i energibetraktningene.
De første 5 meterene vil studenten miste potensiell energi som blir til kinetisk energi. Etter 5 meter vil systemet miste potensiell energi hos studenten. Denne vil da en stund gå til å øke studentens kinetiske energi og snoras potensielle energi. Når draget i snora er like stort som tyngdekrafta på studenten vil den kinetiske energien til studenten slutte å øke. Deretter vil den potensielle energien til studenten fortsette å avta og den potensielle energien i snora fortsette å øke så lenge den kinetiske energien til studenten kan avta. Når den kinetiske energien ikke kan bli mindre har studenten kommet maksimalt langt ned.

Setter nullpunkt for den potensielle energien ved broa.
Systemets totale mekaniske energi er da null slik at nederst må
$-mgy+\frac{1}{2}k(y-5{,}00\,\mathrm{m})^2=0 \iff -75{,}0\,\mathrm{kg}\cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}\cdot y+\frac{1}{2}\cdot 200\,\mathrm{N/m}(y-5{,}00\,\mathrm{m})^2=0{,}00\,\mathrm{J} \overset{\text{regner ubenevnt}}{\Longrightarrow}$
$-735{,}75y+100y^2-1000y+2500=0 \iff 100y^2-1735{,}7y+2500=0 \iff y^2-17{,}357y+25=0 \iff$
$y=15{,}77 \lor y=1{,}59 \Rightarrow y=15{,}8$
Studenten kommer maksimalt $\underline{\underline{15{,}8\,\mathrm{m}}}$ under broa.