EKSAMENSSAMARBEIDENDE FORKURSINSTITUSJONER
Forkurs for 3-årig ingeniørutdanning og integrert masterstudium i teknologiske fag og tilhørende halvårlig realfagskurs.
Universitetet i Sørøst-Norge, OsloMet, Høgskulen D på Vestlandet, Høgskolen i Østfold, NTNU, Universitetet i Agder, Universitetet i Stavanger, UiT-Norges arktiske universitet, NKI, Metis.

Eksamensoppgave

FYSIKK

Bokmål

21. mai 2021
kl. 9.00-14.00

Hjelpemidler:
Alle skriftlige hjelpemidler, alle kalkulatorer.

Andre opplysninger:
Oppgavesettet består av 4 (fire) sider medregnet forsiden, og inneholder 9 (ni) oppgaver. Du skal svare på alle oppgavene og deloppgavene. Alle deloppgaver teller likt.

Oppgave 1

a) En radioaktiv isotop gjennomgår en radioaktiv serie som består av 5 α- og 2 β-utstrålinger.
På slutten har den blitt til ^{206}Pb. Hvilken isotop startet serien med?

b) Den fusjonsreaksjonen som virker mest sannsynlig å kunne utnyttes på jorda er fusjon mellom deuterium og tritium : ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$.
Hvor mange kg deuterium (${}^{2}_{1}\mathrm{H}$) trengs for å frigjøre 1,00 GJ med energi?

Oppgave 2

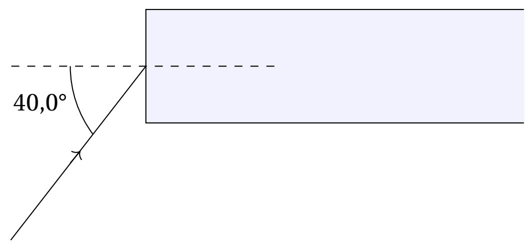
En hund løper med en konstant fart på 36,0 km/h mot en buss som står i ro.
Når hunden er 15,0 m fra bussen starter bussen med konstant akselerasjon på 2,00 m/s^2 vekk fra hunden. Anta at hund og buss beveger seg langs samme rette linje og la tiden starte når bussen starter. Alle strekninger måles fra $t = 0\,\mathrm{s}$.

a) Hvor langt har hunden løpt når den tar igjen bussen?

b) Hva er den største avstanden hunden kan være bak bussen om den skal ta den igjen?

Oppgave 3

En glasstav har brytningsindeks 1,50.
Hvitt lys kommer inn på kortsiden med innfallsvinkelen 40,0°.
Det er vann rundt staven. Regn ut og tegn strålgangen til det hvite lyset til det kommer ut igjen.



Oppgave 4

Et tenkt materiale har smeltepunkt på −25,0 °C og kokepunkt på 50,0 °C. Materialet har spesifikk smeltevarme på 100 kJ/kg. Som fast stoff har det den spesifikke varmekapasiteten 650 J/kgK og som væske har det den spesifikke varmekapasiteten 1,20 kJ/kgK.

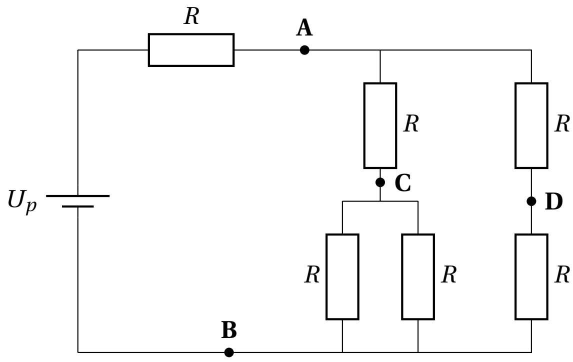
Du starter med 2,25 kg av materialet ved temperaturen −30,0 °C og tilfører varme til temperaturen er 40,0 °C.

a) Regn ut hvor mye varme du må tilføre og forklar alle utregninger.
Framstill grafisk temperaturen som funksjon av tilført varme.

b) Forklar hva som skjer med den indre energien når materialet får tilført energi uten at temperaturen endres.

Oppgave 5

Vi har en spenningskilde som gir polspenningen $U_p = 24\,\mathrm{V}$. Hver motstand i kretsen er på $R = 2{,}0\,\Omega$. Vi har et amperemeter av god kvalitet. Vi kobler opp kretsen som vist under. De merkede punktene er oppkoblingspunkter for amperemeteret.



Hva viser amperemeteret hvis vi kobler det opp

a) mellom A og B?

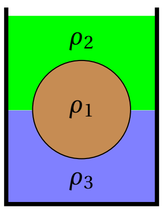
b) mellom C og D?

Oppgave 6

En kule har tetthet $\rho_1 = 0{,}95\,\mathrm{kg/l}$.
Ren sprit har tetthet $\rho_2 = 0{,}79\,\mathrm{kg/l}$ og frostvæske har tetthet $\rho_3 = 1{,}26\,\mathrm{kg/l}$.
Et begerglass fylles delvis opp med frostvæske og kula slippes opp i frostvæska.

a) Forklar hvorfor kula vil flyte og tegn figur med kreftene som virker på kula.
Bestem hvor stor del av kula som er i frostvæska.

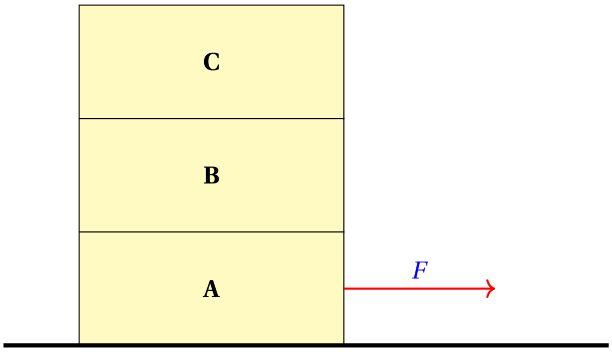
Samme situasjon, men nå er det ren sprit over frostvæska og kula.
Væskene blandes ikke (se figur).



b) Tegn figur med kreftene som virker på kula nå. Beskriv kort hver kraft. Gjør greie for om andelen av kula i frostvæska blir større, mindre eller den samme som i punkt a).

Oppgave 7

Tre like kasser står oppå hverandre. Den nederste kassen står på et friksjonsfritt underlag og blir trukket av en kraft F som er parallell med underlaget. Hver kasse har massen 1,00 kg og friksjonstallet mellom dem er 0,700. Kassene har en akselerasjon på 2,00 m/s^2 i samme retning som F . Se figur.



a) Bestem de horisontale kreftene på hver av de tre kassene.

Akselerasjonen øker og kassene begynner etter hvert å skli fra hverandre.

b) Vil en av kassene skli først? I tilfelle hvilken?

c) Bestem den største akselerasjonen kassene kan ha uten å skli fra hverandre.

Oppgave 8

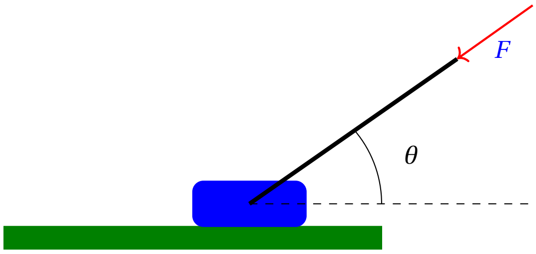
Ei kule med masse 1,00 kg henger i en 3,00 m lang snor som er festet i taket.
Kula med snor trekkes ut en vinkel α fra loddlinjen og slippes.
Sentripetalkraften på kula i banens laveste punkt er 18,0 N.

a) Hvor stort er snordraget i banens laveste punkt?

b) Bestem α da kula ble sluppet.

Oppgave 9

En gressklipper med masse 10,0 kg skyves som på figuren. Skyvekraften har størrelse F og virker nedover i en vinkel θ =40,0°. Gressklipperen beveger seg mot venstre med konstant fart. Det er glidefriksjon og friksjonstallet mellom gressklipperen og underlaget er $\mu = 0,300$.



a) Tegn figur med alle kreftene som virker på gressklipperen.
Bestem normalkraften på gressklipperen.

b) Bestem skyvekraften F da.

Deretter vris gradvis håndtaket slik at vinkelen θ blir større.
Fra en bestemt vinkel, θ_{grense}, får du ikke skjøvet gressklipperen mer uansett hvor stor skyvekraft du bruker.

c) Bestem θ_{grense}.

Alle deloppgaver har lik vekt

Oppgave 1

a) ${}^{a}_{b}X \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + 5\,{}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{-1}e$
Bevaring av nukleontall a = 206 + 20 = 226
Bevaring av elektrisk ladning b = 82 + 10 − 2 = 90
${}^{a}_{b}X = \underline{\underline{{}^{226}_{90}Th}}$

Kommentar: dette er en mulig serie som går slik (ikke nødvendig som del av svar):

$${}^{226}_{90}Th \longrightarrow {}^{222}_{88}Ra + \alpha, {}^{222}_{88}Ra \longrightarrow {}^{218}_{86}Rn + \alpha,\ {}^{218}_{86}Rn \longrightarrow {}^{214}_{84}Po + \alpha,\ {}^{214}_{84}Po \longrightarrow {}^{210}_{82}Pb + \alpha,\ {}^{210}_{82}Pb \longrightarrow {}^{206}_{80}Hg + \alpha,$$
$${}^{206}_{80}Hg \longrightarrow {}^{206}_{81}Tl + \beta^-,\ {}^{206}_{81}Tl \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + \beta^-.$$

b) Massesvinn enkeltreaksjon:
$\Delta m_1 = 2{,}014\,10\,\mathrm{u} + 3{,}016\,05\,\mathrm{u} - 4{,}002\,60\,\mathrm{u} - 1{,}008\,66\,\mathrm{u} =$
$0{,}018\,89\,\mathrm{u} = 0{,}01889 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg} \approx 3{,}1357 \cdot 10^{-29}\ \mathrm{kg}.$
Frigjort energi enkeltreaksjon:
$\Delta E_1 = \Delta m_1 \cdot c^2 \approx 2{,}822166 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{J}.$

$$\text{Masse deuterium} = \frac{1{,}00\,\mathrm{GJ}}{2{,}822166 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{J/reaksjon}} \cdot 2{,}01410 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg/reaksjon} \approx \underline{\underline{1{,}18 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{kg}}}$$

Oppgave 2

Hundens fart er $v = 36{,}0\,\mathrm{km/h} = 10{,}0\,\mathrm{m/s}$ og bussens akselerasjon er $a = 2{,}00\,\mathrm{m/s^2}$. Ved $t = 0$ er avstanden mellom dem $\Delta s = 15{,}0\,\mathrm{m}$. Posisjonen til hunden er $s_h = vt$ og posisjonen til bussen er $s_b = \Delta s + \frac{1}{2}at^2$

a) Finner tidene de er på samme sted.

$$s_h = s_b$$
$$vt = \Delta s + \frac{1}{2}at^2$$
$$\frac{1}{2}at^2 - vt + \Delta s = 0$$
$$\Downarrow \text{abc-formel}$$
$$t = \frac{v \pm \sqrt{(-v)^2 - 2a\Delta s}}{a}$$
$$= \frac{10{,}0\,\mathrm{m/s} \pm \sqrt{(-10{,}0\,\mathrm{m/s})^2 - 2 \cdot 2{,}00\,\mathrm{m/s^2} \cdot 15{,}0\,\mathrm{m}}}{2{,}00\,\mathrm{m/s^2}}$$
$$\approx \begin{matrix} 8{,}16\,\mathrm{s} \\ 1{,}84\,\mathrm{s} \end{matrix}$$

Hunden tar igjen bussen på den tidligste tiden. Da har den løpt:$10{,}0\,\mathrm{m/s} \cdot 1{,}84\,\mathrm{s} \approx \underline{\underline{18{,}4\,\mathrm{m}}}$

b) Den største mulige avstanden (Δs) får vi når ligningen i a) bare gir en løsning, dvs. det under rottegnet (diskriminanten) blir null:

$$(-v)^2 - 2a\Delta s = 0$$
$$v^2 = 2a\Delta s$$
$$\Delta s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(10{,}0\,\mathrm{m/s})^2}{2 \cdot 2{,}00\,\mathrm{m/s^2}} \approx \underline{\underline{25{,}0\,\mathrm{m}}}$$

Oppgave 3

Utregning:

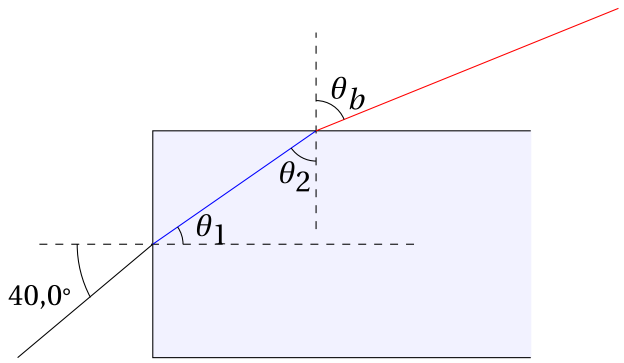
Finner θ_1: $n_{\text{vann}} \cdot \sin 40{,}0° = n_{\text{glass}} \cdot \sin\theta_1 \Rightarrow \theta_1 =\approx 34{,}75°$.
Finner θ_2: $\theta_2 = 90{,}00° - \theta_1 \approx 55{,}25°$

Totalrefleksjon ?
Finner grensevinkel $\theta_{\text{grense}} = \sin^{-1}(\frac{n_{\text{vann}}}{n_{\text{glass}}}) \approx \sin^{-1}(\frac{1,33}{1,50}) \approx 62{,}5°$

Siden $\theta_2 < \theta_{\text{grense}}$ er det ikke totalrefleksjon og strålen brytes ut allerede første gang den treffer veggen. Brytningsvinkelen bli θ_b.

Finner θ_b: $n_{\text{glass}} \cdot \sin\theta_2 = n_{\text{vann}} \cdot \sin\theta_b \Rightarrow \theta_b \approx 67{,}9°$.

Figur:



Oppgave 4

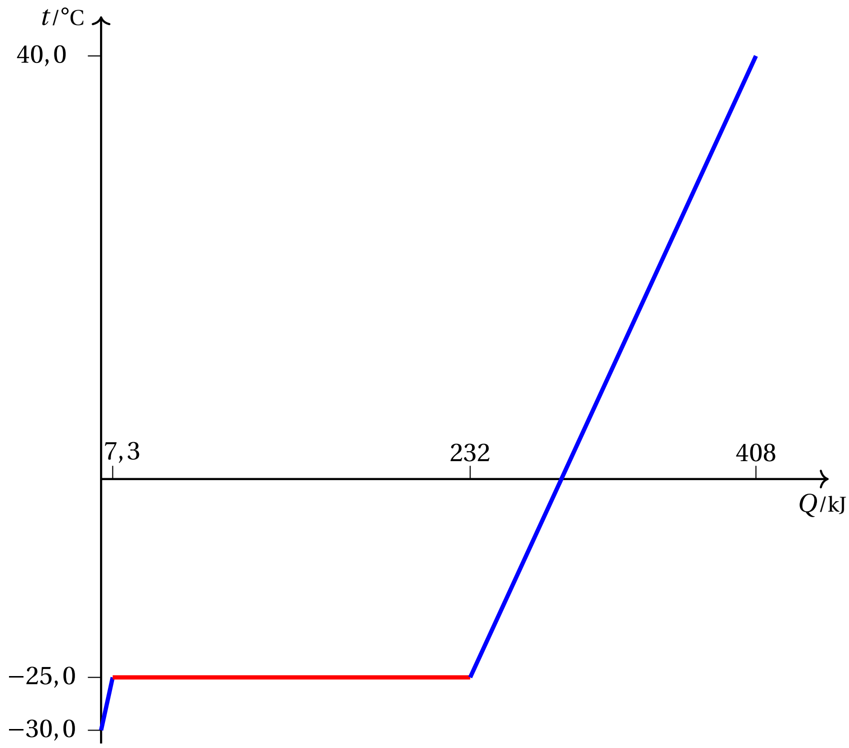
a) For å få til den temperaturendringen må vi:

Først øke temperaturen i materialet fra −30,0 °C til −25,0 °C.
Det krever varmen: $Q_1 = m \cdot c_{\text{fast}} \cdot \Delta T_{\text{fast}} = 2{,}25\,\text{kg} \cdot 650\,\text{J/kgK} \cdot 5{,}0\,\text{K} = 7312{,}5\,\text{J} = 7{,}3125\,\text{kJ}$.

Deretter smelte materialet (fast stoff til væske).
Det krever varmen: $Q_2 = m \cdot l = 2{,}25\,\text{kg} \cdot 100\,\text{kJ/kg} = 225\,\text{kJ}$.

Til slutt skal temperaturen i væska økes fra −25,0 °C til 40,0 °C.
Det krever varmen: $Q_3 = m \cdot c_{\text{væske}} \cdot \Delta T_{\text{væske}} = 2{,}25\,\text{kg} \cdot 1{,}20\,\text{kJ/kgK} \cdot 65{,}0\,\text{K} = 175{,}5\,\text{kJ}$

Samlet varme som må tilføres blir $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 7{,}3125\,\text{kJ} + 225\,\text{kJ} + 175{,}5\,\text{kJ} \approx \underline{\underline{408\,\text{kJ}}}$

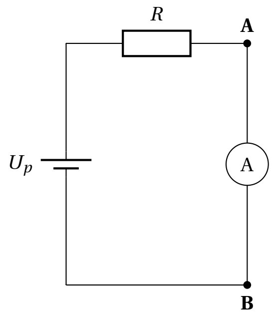


b) Den indre potensielle energien øker mens den indre kinetiske energien er uendret.

Oppgave 5

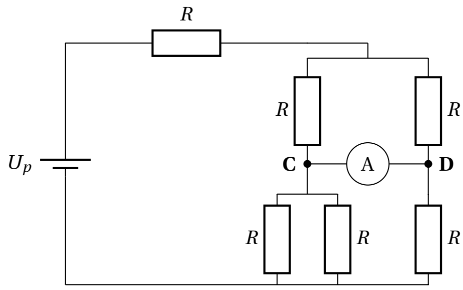
I denne oppgaven er det viktig å vite at et godt amperemeter har tilnærmet null motstand,

a) Med amperemeteret mellom A og B vil vi kortslutte parallellkoplingen så kretsen blir slik:



Ohms lov for denne kretsen gir $U_p = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U_p}{R} = \frac{24\,\mathrm{V}}{2{,}0\,\Omega} = \underline{\underline{12\,\mathrm{A}}}$

b) Med amperemeteret mellom C og D blir det samme potensial i disse to punktene.
Den ytre kretsen blir da en seriekopling med en R og to parallellkoplinger i serie, se under:



Den første parallellkoplingen har resistansen: $R_{p1} = (\frac{1}{R} + \frac{1}{R})^{-1} = \frac{R}{2} = 1{,}0\,\Omega$

Den andre parallellkoplingen har resistansen: $R_{p2} = (\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R})^{-1} = \frac{R}{3} \approx 0{,}667\,\Omega$

Samlet resistanse i ytre krets blir: $R_{\text{tot}} = R + R_{p1} + R_{p2} = \frac{11}{6} R \approx 3{,}67\,\Omega$

Den samlede strømmen blir $I_{\text{tot}} = \frac{U_p}{R_{\text{tot}}} \approx 6{,}55\,\mathrm{A}$ Strømmen fordeles likt i grenene i hver parallellkopling. Strømmen gjennom amperemeteret vil omfordele for å få det til å gå opp.

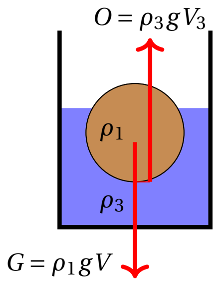
$I_{\text{gren, p1}} = \frac{I_{\text{tot}}}{2} \approx 3{,}275\,\mathrm{A}$

$I_{\text{gren, p2}} = \frac{I_{\text{tot}}}{3} \approx 2{,}183\,\mathrm{A}$

Strømmen gjennom amperemeteret blir 3,275 A - 2,183 A ≈ $\underline{\underline{\text{1,1 A fra D mot C}}}$

Oppgave 6

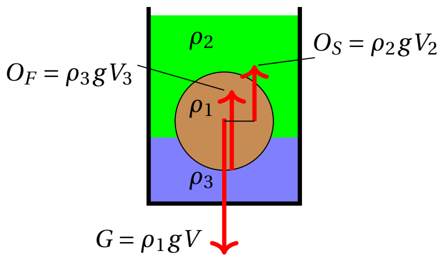
a) Tyngden er $G = mg$. På kula virker to nettokrefter: tyngdekraften nedover og oppdriften oppover.
Tyngdekraften på kula $= mg = \rho_1 g V$ (V er volumet til hele kula).
Oppdriften er tyngden av den fortrengte frostvæska $= \rho_3 g V_3$ (V_3 er volumet til den delen av kula som er i frostvæske).



Kula flyter ved likevekt fordi $\rho_3 g V_3 = \rho_1 g V$.

Andelen under blir $\dfrac{V_3}{V} = \dfrac{\rho_1}{\rho_3} = \dfrac{0{,}95\,\text{kg/l}}{1{,}26\,\text{kg/l}} \approx 0{,}75 = 75\%$

b) Med sprit over blir figuren:



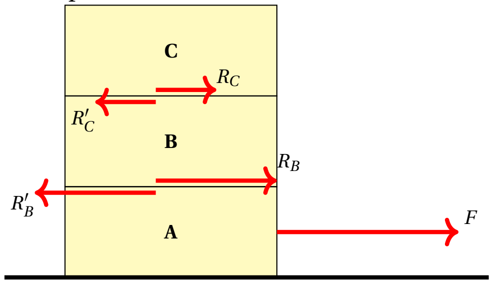
Tyngden G vet vi fra a) er like stor som oppdriften var fra frostvæsken da. Siden det nå blir oppdrift fra spriten også må oppdriften fra frostvæsken bli mindre, dvs volumet av fortrengt frostvæske bli mindre $\Rightarrow$ mindre del av kula vil være i frostvæske.

Kommentar (ikke nødvendig som del av svar):
Fra Newtons 1.lov og Arkimedes lov:

$$\begin{aligned}
G &= O_F + O_S \\
\rho_1 g V &= \rho_3 g V_3 + \rho_2 g V_2 \quad \text{bruker } V_2 = V - V_3 \\
\rho_1 V &= \rho_3 V_3 + \rho_2 (V - V_3) \\
(\rho_1 - \rho_2) V &= (\rho_3 - \rho_2) V_3 \\
\frac{V_3}{V} &= \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_3 - \rho_2} = \frac{0{,}95\,\text{kg/l} - 0{,}79\,\text{kg/l}}{1{,}26\,\text{kg/l} - 0{,}79\,\text{kg/l}} \approx 0{,}34 = 34\%
\end{aligned}$$

Oppgave 7

a) Tegner på de horisontale kreftene på hver kloss:



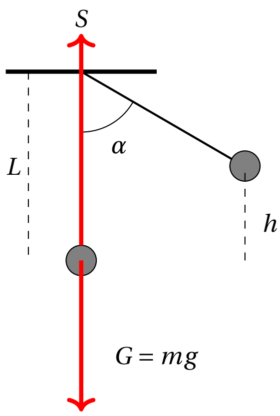
Bruker Newtons 2.lov:
På kloss C:
$\Sigma_C F = R_C = m \cdot a = 1{,}00\,\text{kg} \cdot 2{,}00\,\text{m/s}^2 = \underline{\underline{2{,}00\,\text{N}}} \Rightarrow R'_C \overset{\text{Newtons 3.lov}}{=} R_C = \underline{\underline{2{,}00\,\text{N}}}$
På kloss B:
$\Sigma_B F = R_B - R'_C = R_B - R_C = m \cdot a \Rightarrow R_B = 2 \cdot m \cdot a = 2 \cdot 1{,}00\,\text{kg} \cdot 2{,}00\,\text{m/s}^2 = \underline{\underline{4{,}00\,\text{N}}} \Rightarrow$
$R'_B \overset{\text{Newtons 3.lov}}{=} R_B = \underline{\underline{4{,}00\,\text{N}}}$
På kloss A:
$\Sigma_A F = F - R'_B = F - R_B = m \cdot a \Rightarrow F = 3 \cdot m \cdot a = 3 \cdot 1{,}00\,\text{kg} \cdot 2{,}00\,\text{m/s}^2 = \underline{\underline{6{,}00\,\text{N}}}$

b) Så lenge de ikke sklir vil den statiske friksjonskraften tvinge klossene til å ha samme akselerasjon. Når friksjonskraften ikke lenger kan bli stor nok vil de begynne å skli. Det vil skje samtidig for alle siden akselerasjonen er uavhengig av masse (se også punkt c)).

c) Ser på kloss C. Fra Newtons andre lov: $R_C = ma$.
Friksjonen kan maksimalt være $R_{\text{maks}} = \mu mg$ slik at vi får
$ma_{\text{maks}} = \mu mg \Rightarrow a_{\text{maks}} = \mu g = 0,700 \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \approx \underline{\underline{6{,}87\,\text{m/s}^2}}$

Oppgave 8

Tegner figur:

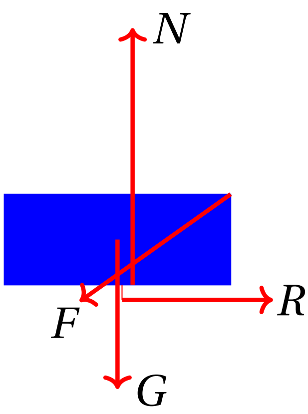


a) Når kula er nederst blir sentripetalkraften $= \Sigma F$.
Setter rett oppover som positiv retning og får
$\Sigma F = S - mg \Rightarrow S = \Sigma F + mg = 18{,}0\,\text{N} + 1{,}00\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\text{m/s}^2 \approx \underline{\underline{27{,}8\,\text{N}}}$

b) Bruker nå at sentripetalkraften er gitt ved $m\dfrac{v^2}{L}$.
Farten i laveste punkt finnes fra energibevaring: $mgh = \dfrac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v^2 = 2gh$.
Ser fra geometrien i figuren at $h = L(1 - \cos\alpha) \Rightarrow m\dfrac{v^2}{L} = 2 \cdot mg(1 - \cos\alpha) = 18{,}0\,\text{N} \Rightarrow \alpha \approx \underline{\underline{85{,}3°}}$

Oppgave 9

a) Her er en figur med alle kreftene som virker på gressklipperen



Siden det er vertikal likevekt: $G + F\sin\theta = N$
Siden det er horisontal likevekt $R = F\cos\theta$
Siden den glir $R = \mu N$
Setter sammen og får

$$F = \frac{\mu N}{\cos\theta} = \frac{N - G}{\sin\theta} \Rightarrow$$

$$N = \frac{G}{1 - \mu\tan\theta} = \frac{10{,}0\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}}{1 - 0{,}300 \cdot \tan 40{,}0°} \approx \underline{131\,\mathrm{N}}$$

b) $F = \dfrac{\mu N}{\cos\theta} \approx \dfrac{0{,}300 \cdot 131\,\mathrm{N}}{\cos 40{,}0°} \approx \underline{\underline{51{,}3\,\mathrm{N}}}$

c) Fra uttrykkene over ser vi at når $1 - \mu\tan\theta \to 0$ vil N $\to \infty$ og friksjonen likeså

$\Rightarrow 1 - \mu\tan\theta_{\text{grense}} = 0 \Rightarrow \tan\theta_{\text{grense}} = \dfrac{1}{\mu} \Rightarrow \theta_{\text{grense}} = \tan^{-1}(\dfrac{1}{0{,}300}) \approx \underline{\underline{73{,}3°}}.$