

Løsningsforslag til eksamen i Fysikk 2 høsten 2015

Oppgave 1

1a) A

Magnetisk fluks: $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$, hvor Φ er magnetisk fluks med enhet Wb, $\vec{B}$ er magnetisk feltstyrke med enhet T, og $\vec{A}$ er areal med enhet m². Dette gir $T = \text{Wb}/\text{m}^2$.

1b) C

Newtons andre lov:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Gravitasjonskraften er den eneste kraften som virker, og akselerasjonen er lik sentripetalsakselerasjonen:

$$\frac{ymM}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{yM}$$

1c) B

Tyngdekraften er gitt ved $G = mg$, $\Rightarrow g = G/m$, så tyngdens akselerasjon er proporsjonal med tyngdekraften. På overflaten av planeten er derfor $g = (1/9) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 2,0 \text{ m/s}^2$.

1d) C

På planeten X har vi $g = yM/r^2 \Rightarrow r = \sqrt{yM/g}$. På planeten Y har vi $r_Y = \sqrt{y'(2M)/(2g)} = r$.

1a) D

Hookes lov: $F = kx$.

Newtons første lov gir at fjærkraften oppover må være like stor som tyngdekraften nedover for at klossene skal henge i ro.

I den nederste fjæren henger én kloss med masse $2m$, hvilket gir $kx_2 = 2mg \Rightarrow x_2 = 2mg/k$. I den øverste fjæren henger to klosser med samlet masse $3m$, hvilket gir $kx_1 = 3mg \Rightarrow x_1 = 3mg/k$.

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{3 \cdot mg/k}{2 \cdot mg/k} = \frac{3}{2}$$

1b) C

Newtons andre lov i toppen av loopen:

$$N + G = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow N = m \frac{v^2}{r} - G$$

Newtons andre lov i bunnen av loopen:

$$N - G = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow N = m \frac{v^2}{r} + G$$

Parten er større i bunnen enn i toppen av loopen, så normalkraften blir nye større. Dette stemmer overens med figur C.

1g) C

Fra bevegelseslikningene har vi $h = \frac{1}{2} a_{\text{eff}} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{2h/a_{\text{eff}}}$, hvor h er høyden som ballen faller relativt til rakettten, a_{eff} er ballens akselerasjon relativt til rakettten, og t er tiden fallet tar.

Når rakettten står stille, er ballens akselerasjon g i forhold til bakken, mens rakettens akselerasjon i forhold til bakken er 0. Dette gir $a_{\text{eff}} = g$.

Når rakettten akselererer oppover med $a = 3g$, er ballens akselerasjon fortsatt g i forhold til bakken, mens rakettens akselerasjon i forhold til bakken er $3g$. Ballens akselerasjon i forhold til rakettten blir derfor $a_{\text{eff}} = 4g$, så falltiden halveres.

1b) D

Kraften på en ladd partikkel i et elektrisk felt er gitt ved $F = qE$. Hvis vi antar at det kun er den elektriske kraften som virker, får vi fra Newtons andre lov $qE = ma \Rightarrow a = qE/m$. Akselerasjonen til partikkelen må være lik for at de skal komme frem samtidig, så forholdet mellom masse og ladning må være likt.

1i) A

Vi ser av figuren at det elektriske feltet er 0 i et punkt på linjen mellom de to ladingene. Dette betyr at feltene fra ladingene må være motsatt rettet. Det elektriske feltet går ut fra positive ladinger og inn mot negative ladinger, så den nederste partikkelen må også være positivt ladd.

1j) D

Kraften på en rett leder med strøm I , retning og lengde $\vec{l}$ i et magnetfelt $\vec{B}$ er gitt ved $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$. Med strøm inn i pappplanet og magnetfelt mot høyre, gir høyrehåndregelen for kryssprodukt at kraften peker nedover.

1k) C

Høyrehåndregelen for magnetfelt rundt en rett leder: Med tommel i strømrørningen peker magnetfeltet langs krummede fingre. I_1 peker ut av pappplanet og I_2 inn i pappplanet, så magnetfeltene fra begge disse lederne peker oppover ved L_2 . I_2 peker ut av pappplanet, og $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$ og høyrehåndregelen for kryssprodukt gir da at kraften på L_2 peker mot venstre.

1l) B

Begge ladingene blir avbøyd mot høyre i forhold til sin bane. $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ og høyrehåndregelen for kryssprodukt gir at ladingene må ha samme fortegn for at dette skal skje.

1m) D

Kinetisk energi:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

Newtons andre lov for sirkelbevegelse, med magnetisk kraft $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ som eneste kraft og $\vec{v} \perp \vec{B}$:

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$qB = m \frac{v}{r}$$

$$qB = \frac{m}{r} \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

$$qBr = \sqrt{2E_k m}$$

$$r = \frac{\sqrt{2E_k m}}{qB}$$

Dette gir at massen må firedobles for at radius, og derfor diameter, skal doubles.

1n) D

Magnetfeltet fra den ytre sløyfen peker ut av pappplanet ifølge høyrehåndregelen for magnetfelt fra rette ledere (og for spoler). Dette betyr at den magnetiske fluksen gjennom den indre sløyfen øker ut av pappplanet. Lenz' lov sier at induksjon motvirker sin årsak, så den induerte spenningen vil gi et magnetfelt inn i pappplanet. Den induerte strømmen må derfor gå med klokken. Faradays induksjonslov, $\mathcal{E} = -\dot{\Phi}(t)$, sier at det er endringen i magnetisk fluks som inducerer strømmen, så strømmen blir raskt borte.

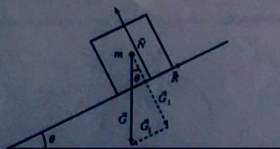
1o) A

Fra Faradays induksjonslov har vi at strømmen induseres når fluksen gjennom ledersløyfen endres. Dette skjer når sløyfen er på vei inn og ut av magnetfeltet. Parten, og derfor fluksendringen, oppgis å være konstant, så den induerte spenningen vil også være konstant. Ettersom magnetfeltets lengde er større enn ledersløyfen, er ledersløyfen en stund helt inne i magnetfeltet, og fluksen endres da ikke. Fluksen øker når ledersløyfen er på vei inn og avtar når den er på vei ut av magnetfeltet, så fortegnene til de induerte strømmene vil være forskjellige.

1p) D

Lenz' lov sier at induksjon motvirker sin årsak. Årsaken er bevegelse mot høyre, så kraften vil virke mot venstre, og derfor ha samme fortegn, under hele bevegelsen. I forrige oppgave fant vi at den induerte strømmen vil være konstant, så kraften gitt ved $\vec{F} = I \times \vec{B}$ vil også være konstant (når den ikke er 0).

1q) C



Klossen beveger seg med konstant fart, og Newtons første lov sier at summen av kreftene på klossen derfor må være 0. Normalt på skråplanet gir dette $N - G_{\perp} = 0 \Rightarrow N = G_{\perp}$. Dynamisk friksjon er definert ved $R = \mu N = \mu G_{\perp} \Rightarrow G_{\parallel} = R/\mu$. Parallelt med skråplanet gir Newtons første lov $G_{\parallel} - R = 0 \Rightarrow G_{\parallel} = R$.

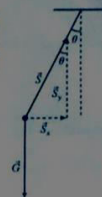
Definisjonen av tangens gir

$$\tan \theta = \frac{G_{\parallel}}{G_{\perp}} = \frac{R}{\mu G_{\perp}} = \mu$$

1r) D

Det er ingen bevegelse i y-retning, og Newtons første lov sier at summen av kreftene i y-retning følgende må være 0: $S_y - G = 0 \Rightarrow S_y = G$. Definisjonen av tangens gir $\tan \theta = S_y/S_x \Rightarrow S_x = S_y \tan \theta = G \tan \theta$. S_x er den eneste kraften som virker i x-retning, som er den eneste retningen hvor summen av kreftene ikke er 0. Fra Newtons andre lov for sirkelbevegelse med sentripetalsakselerasjon $a = 4\pi^2 r/T^2$ får vi

$$\begin{aligned} S_x &= ma \\ mg \tan \theta &= m \frac{4\pi^2 r}{T^2} \\ r &= \frac{g T^2 \tan \theta}{4\pi^2} \end{aligned}$$



1s) D

Elastiske støt er definert ut fra at den kinetiske energien er bevart.

1t) C

Bevegelsesmengden er alltid bevart når ingen ytre krefter virker. Dette betyr at den totale bevegelsesmengden før støtet må være 0 for at bevegelsesmengden skal være 0 etter støtet.

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0 \Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{3,0 \cdot 0,50}{0,25} \text{ m/s} = 6,0 \text{ m/s}$$

1u) D

Klipping betyr at noe av det analoge signalet blir borte under digitalisering, som følge av at det dynamiske området er for lite.

1v) A

1w) D

1x) B

Reaksjonene 2 og 4 er umulige, ettersom de ikke bevarer ladning.

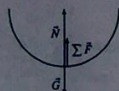
Oppgave 2

2a)

1. Vi ser bort fra luftmotstand og friksjon, så den mekaniske energien er bevart. Før bilen slippes har den kun potensiell energi, hvorav alt har gått over til kinetisk energi når den når bunnen av banen. Dette gir

$$\frac{1}{2} m v^2 = mgh \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,25} \text{ m/s} = 5,0 \text{ m/s}$$

2. Skisse av kreftene:



Newtons andre lov for sirkelbevegelse, med $v = \sqrt{2gh}$ og sentripetalsakselerasjon $a = v^2/r$:

$$\begin{aligned} \sum F &= ma \\ N - G &= m \frac{v^2}{r} \\ N - mg &= m \frac{2gh}{r} \\ N &= mg \left(1 + \frac{2h}{r} \right) = 0,050 \cdot 10 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 1,25}{0,5} \right) \text{ N} = 3,0 \text{ N} \end{aligned}$$

3. Normalkraften må være større enn 0 for at bilen skal ha kontakt med underlaget i toppen av loopen. $N = 0$ er grensetilfellet hvor bilen så vidt klarer å kjøre gjennom hele loopen uten å miste kontakten.

Newtons andre lov, hvor normalkraften og tyngdekraften nå peker i samme retning og høydeforskjellen fra startpunktet er $h - 2r = \frac{1}{2}r$:

$$\begin{aligned} \sum F &= ma \\ N + G &= m \frac{v^2}{r} \\ N &= m \frac{2g \left(\frac{1}{2}r \right)}{r} - mg \\ N &= mg \left(\frac{r}{r} - 1 \right) \\ N &= 0 \end{aligned}$$

Dette betyr at bilen så vidt klarer å beholde kontakten med underlaget og fullføre loopen.

2b)

Bevegelsesmengden er bevart i alle støt uten ytre krefter. Klossens bevegelsesmengde er 0 før støtet, og klossen og kula har samme hastighet etter støtet.

$$m_1 v_1 + m_2 \cdot 0 = (m_1 + m_2) v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{(m_1 + m_2) v_1}{m_1} = \frac{(0,0010 + 0,199) \cdot 1,0}{0,0010} \text{ m/s} = 200 \text{ m/s}$$

2c)

- Kraften på elektronet er gitt ved $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, hvor $q < 0$. Elektronet blir avbøyd mot venstre, og høyrehånderegelen for kryssprodukt gir at magnetfeltet må peke ut av papirplanet.
- Oppgaveksten sier at de to partiklene ble dannet fra et foton. De to partiklene som dannes må derfor være et partikkel-antipartikkel-par, så den nederste partikkelen er et positron, e^+ .

2d)

1. Spenning er definert som $U = W/q \Rightarrow W = qU$, hvor W er arbeidet som gjøres på den ladde partikkelen. Hele dette arbeidet går over til kinetisk energi, hvilket gir:

$$\frac{1}{2} m v^2 = qU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

Bevegelsesmengden til elektronet er derfor gitt ved

$$p = m v = m \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \sqrt{2m_e q U}$$

2. Bølgelengden til en partikkel med bevegelsesmengde p er $\lambda = h/p = h/\sqrt{2m_e e U}$.

3. Setter inn tall:

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 5000}} \text{ m} = \frac{7 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 10^{-31} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^3}} \text{ m}$$

$$= \frac{7 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{16 \cdot 10^{-42}}} \text{ m} = \frac{7 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot 10^{-21}} \text{ m} = \frac{7}{4} \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Dette betyr at elektronene får en bølgelengde som er mye mindre enn 100 nm når de blir akselerert av 5 kV.

Oppgave 3

3a)



$$E = \frac{U}{d} = \frac{2,4}{0,010} \text{ V/m} = 0,24 \text{ kV/m}$$

3b)

Arbeidet som gjøres på elektronet er gitt ved $W = qU$. Den kinetiske energien til elektronet må bli 0 før elektronet når plate B for at det ikke skal treffe plate B. Oppsetttilfellet er hvor den kinetiske energien blir 0 ved plate B:

$$\frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2 - qU = 0 \Rightarrow v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}}} \text{ m/s} = 9,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

3c)

Vi har igjen $E_k - W = E_k - qU = 0 \Rightarrow E_k = qU$ for at elektronet skal snu.

U (V)	0,85	0,92	0,81	0,87	0,91
E _k (eV)	0,14	0,15	0,13	0,14	0,15

Gjennomsnitt:

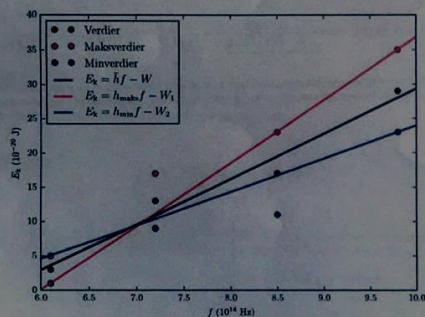
$$E_k = \frac{0,14 + 0,15 + 0,13 + 0,14 + 0,15}{5} \text{ eV} = 0,14 \text{ eV}$$

Usikkerhet:

$$\frac{E_{k,\text{maks}} - E_{k,\text{min}}}{2} = \frac{0,15 - 0,13}{2} \text{ eV} = 0,01 \text{ eV}$$

3d)

Fotonet som forkraker at elektronet løst, har energi $E = hf$. Denne energien går med til å frigjøre elektronet, hvilket krever et arbeid W , og å gi elektronet kinetisk energi E_k . Dette gir $hf = W + E_k \Rightarrow E_k = hf - W$. Dette betyr at Plancks konstant, h , er stigningstallet til grafen når man plottet kinetisk energi som funksjon av frekvens.



Figur 1: Skisse av lineær regresjon.

Lineær regresjon i f.eks. GeoGebra gir $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

For å finne et mål på den absolute usikkerheten Δh , kan vi bruke

$$\Delta h = \frac{h_{\text{maks}} - h_{\text{min}}}{2}$$

h_{maks} kan anslås som stigningstallet fra minimalverdi for første målepunkt til maksimalverdi for siste målepunkt, mens h_{min} kan anslås som stigningstallet fra maksimalverdi for første målepunkt til minimalverdi for siste målepunkt. Dette gir

$$\Delta h = \frac{\frac{35-1}{9,8-6,1} - \frac{25-0}{9,8-6,1}}{2} \cdot 10^{-34} \text{ Js} = \frac{16}{2} \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 2 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Plancks konstant er derfor målt til å være $(7 \pm 2) \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

3e)

Støtet er elastisk, så den kinetiske energien er bevart. Den store hastigheten til elektronet gjør at den relativistiske formelen for kinetisk energi bør benyttes: $E_k = mc^2 (\gamma - 1)$, hvor γ er Lorentzfaktoren $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$.

$$hf_0 + 0 = hf_1 + mc^2 (\gamma - 1)$$

$$hf_1 = hf_0 - mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right)$$

$$f_1 = f_0 - \frac{mc^2}{h} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right)$$

$$= 6,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz} - \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2}{6,626 \cdot 10^{-34}} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{2,52 \cdot 10^6}{3,00 \cdot 10^8} \right)^2}} - 1 \right) \text{ Hz}$$

$$= 5,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Oppgave 4

4a)



Trigonometri:

$$\cos \theta = \frac{v_{0x}}{v_0} \Rightarrow v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

$$\sin \theta = \frac{v_{0y}}{v_0} \Rightarrow v_{0y} = v_0 \sin \theta$$

Vi ser bort fra luftmotstand og lignende, så gravitasjonskraften er den eneste kraften som virker. Den horisontale farten er derfor konstant lik $v_x = v_{0x}$.

På toppen av banen er den vertikale farten 0, mens den horisontale farten fortsatt er $v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta$. Den mekaniske energien er bevart, hvilket gir

$$E_{00} + E_{p0} = E_k + E_p$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh_0 &= \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh \\ mgh &= mgh_0 + \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \\ mgh &= mgh_0 + \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}m(v_0 \cos \theta)^2 \\ h &= h_0 + \frac{1}{2g}(v_1^2 - v_0^2 \cos^2 \theta) \\ &= 2.0 \text{ m} + \frac{1}{2 \cdot 9.81} \cdot 20^2 \cdot (1 - \cos^2 30^\circ) \text{ m} = 7.1 \text{ m}\end{aligned}\quad (1)$$

Vi bruker følgende bevegelsesligninger for å finne ut hvor langt ballen kommer før den lander:

$$\begin{aligned}x(t) &= v_0 t \\ y(t) &= h_0 + v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2\end{aligned}$$

Når ballen treffer bakken, er $y(t) = 0$:

$$\begin{aligned}0 &= h_0 + v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2 \\ 0 &= \frac{1}{2}gt^2 - v_0 t \sin \theta - h_0\end{aligned}$$

Fra abc-formelen for andegradsligninger får vi løsningene

$$\begin{aligned}t_1 &= \frac{v_0 \sin \theta - \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + 2gh_0}}{g} \\ t_2 &= \frac{v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + 2gh_0}}{g}\end{aligned}$$

Den første løsningen er et negativt tall og tilsvarer at ballen er på vei opp før den når bakken til Per. Den andre løsningen tilsvarer at ballen treffer bakken på vei ned, og er den riktige. Med $v_0 \sin \theta = v_0 \sin \theta$ er den totale tilbakelagte strekningen i x -retning lik

$$\begin{aligned}x &= v_0 \cos \theta \cdot t_2 = v_0 \cos \theta \frac{v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + 2gh_0}}{g} \\ &= 20 \cdot \cos 30^\circ \cdot \frac{20 \cdot \sin 30^\circ + \sqrt{20^2 \cdot \sin^2 30^\circ + 2 \cdot 9.81 \cdot 2.0}}{9.81} \text{ m} \\ &= 38.5 \text{ m}\end{aligned}\quad (2)$$

4b)

Vi har fra tabellen bakst i oppgaveheftet at tyngdeakselerasjonen på månen er 1.6 m/s^2 . Ellers er alt lik, og innsettning i formelene (1) og (2) gir

$$h = 33.2 \text{ m} \quad x = 220 \text{ m}$$

4c)

Parameterisering av ballens bane:

$$\begin{aligned}x(t) &= v_0 \cos \theta \cdot t \\ y(t) &= h_0 + v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2\end{aligned}$$

For å parameterisere bakken, set vi at $\tan \theta = y/x \Rightarrow y = x \tan \theta$. Ved å parameterisere x som s får vi

$$\begin{aligned}x(s) &= s \\ y(s) &= s \tan \theta\end{aligned}$$

Når ballen treffer bakken, er x -koordinatene til ballen og bakken like:

$$v_0 \cos \theta \cdot t = s \Rightarrow t = \frac{s}{v_0 \cos \theta}$$

Det samme gjelder y -koordinatene. Setter inn uttrykket for t :

$$\begin{aligned}s \tan \theta &= h_0 + v_0 \sin \theta \cdot \frac{s}{v_0 \cos \theta} - \frac{1}{2}g \left(\frac{s}{v_0 \cos \theta} \right)^2 \\ s \tan \theta &= h_0 + v_0 \sin \theta \cdot \frac{s}{v_0 \cos \theta} - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \\ s \tan \theta &= h_0 + s \tan \theta - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \\ h_0 &= \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \\ s &= \sqrt{\frac{2h_0}{g}} v_0 \cos \theta \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 2.0}{9.81}} \cdot 20 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 11.1 \text{ m}\end{aligned}$$

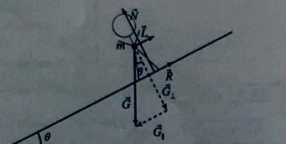
Dette gir at krysningspunktet har koordinater

$$\begin{aligned}x &= s = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} v_0 \cos \theta \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 2.0}{9.81}} \cdot 20 \text{ m} \cdot \cos 30^\circ = 11.1 \text{ m} \\ y &= s \tan \theta = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} v_0 \cos \theta \tan \theta = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} v_0 \sin \theta \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 2.0}{9.81}} \cdot 20 \text{ m} \cdot \sin 30^\circ = 6.4 \text{ m}\end{aligned}$$

Kommandoer i GeoGebra som gir samme resultat:

```
bakke = Line[(0,0), (1,tan(30*))]  
ball = Kurve[20*cos(30*)*t, 2*2*cos(30*)*t-0.5*9.81*t^2, t, 0, 80]  
Skjæring[bakke, ball]
```

4d)



Luftmotstanden virker alltid motsatt av hastigheten, så luftmotstanden peker parallelt med skråplanet. Akselerasjonen normalt på skråplanet er 0, så summen av kreftene normalt på skråplanet må være 0. Dette gir $N - G_\perp = 0 \Rightarrow N = G_\perp$. Skiene skli mot underlaget, så vi har dynamisk friksjon gitt ved $R = \mu N = \mu G_\perp$. Geometrisk har vi $\cos \theta = G_\perp / G \Rightarrow G_\perp = G \cos \theta$ og tilsvarende $G_\parallel = G \sin \theta$.

Newtons andre lov parallelt med skråplanet gir

$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ G_\parallel - R - L &= ma \\ mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - L &= ma \\ g(\sin \theta - \mu \cos \theta) - \frac{L}{m} &= a\end{aligned}$$

Når de to skiløperne har samme friksjonskoeffisient μ og luftmotstand L , betyr dette at skiløperen med størst masse vil få størst akselerasjon.

Oppgave 5

5a)

Kraften på en ladning i bevegelse i et magnetfelt er gitt ved $F = q\vec{v} \times \vec{B}$. Høyrehåndregelen for kryssprodukt gir at kraften på et (negativt ladd) elektron med hastighet mot høyre i et magnetfelt pekende inn i papirplanet peker nedover. Med $\vec{v} \perp \vec{B}$ er størrelsen på kraften

$$F = qvB = 1.60 \cdot 10^{-19} \cdot 2.0 \cdot 0.35 \text{ N} = 1.1 \cdot 10^{-19} \text{ N}$$

5b)

Ettersom staven er en leder og elektronene blir påvirket av en kraft som peker nedover, vil det bli en opphopning av negative ladninger i bunnen av staven. For at ladningen skal være bevart, må det bli like stor opphopning av positive ladninger i toppen av staven. Dette betyr at det vil bli satt opp et elektrisk felt som peker fra toppen til bunnen av staven. Opphopningen av ladninger forsetter å vokse inntil den elektriske kraften på elektronene er like stor som den magnetiske. Når dette inntrer, vil det innstilles en likevekt hvor det elektriske feltet forblir konstant.

5c)

Når likevekten er innstilt, er den elektriske kraften $F_E = qE$ like stor som og motsatt rettet av den magnetiske kraften $F_B = q\vec{v} \times \vec{B}$. Dette gir $qvB = qE \Rightarrow vB = E$.

5d)

1. Lenz' lov: Induksjon motvirker sin årsak. Årsaken er at staven roterer mot klokken, følgelig vil kraften på den induerte strømmen motvirke denne bevegelsen. $F = I\vec{r} \times \vec{B}$ gir at kraften på staven er med klokken når strømmen går radielt innover gjennom staven, dvs. at strømmen gjennom kretsen går mot klokken.

2. Faradays induksjonslov: $\epsilon = -\Phi'(t)$. Den magnetiske fluksen er definert som $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$, hvor A går fra 0 til $\pi^2/4$. Den gjennomsnittlige induerte spenningen er, i absoluttverdi, gitt ved

$$\bar{\epsilon} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Ohms lov: $\bar{\epsilon} = RI$

$$\begin{aligned}RI &= \frac{B \cdot \pi^2/4}{\Delta t} \\ I &= \frac{\pi B^2}{4R\Delta t} \\ &= \frac{\pi \cdot 0.35 \cdot 0.10^2}{4 \cdot 1.25 \cdot 0.020} \text{ A} = 0.11 \text{ A}\end{aligned}$$

5e)

En ladingsbærer i avstand r fra sentrum tilbakelegger en distanse $2\pi r$ i løpet av én periode T . Dette gir $v(r) = 2\pi r/T$.

$$\varepsilon = \int_0^l E \, dr = \int_0^l v(r) B \, dr = \int_0^l \frac{2\pi r}{T} B \, dr = \frac{\pi B}{T} \int_0^l 2r \, dr = \frac{\pi B}{T} l^2 = \frac{\pi^2 B}{T}$$