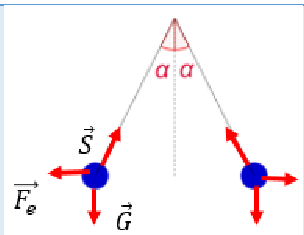
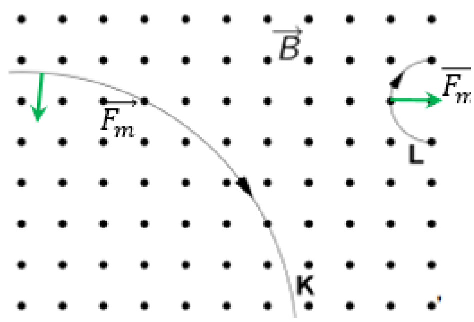
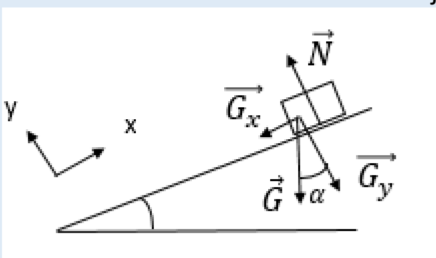
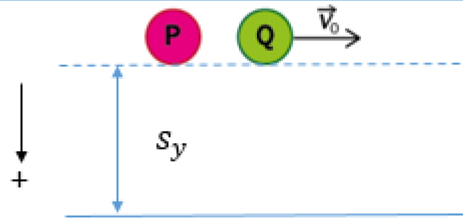
Løsningsforslag Fysikk 2 – Høst 2014

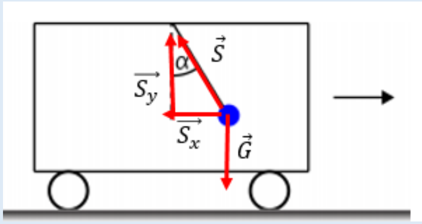
Oppgave	Svar	Forklaring
a)	D	Det elektriske feltet går radielt ut fra en positivt ladet partikkel.  Til høyre for elektronet lager elektronet en feltstyrke som går mot venstre, mens protonene lager en feltstyrke mot høyre. Feltstyrken blir altså null til høyre for elektronet en plass. En kan tenke seg at det samme ville skjedd til venstre for protonene, men her vil feltstyrken fra elektronet aldri være sterk nok til å nulle ut feltstyrken fra protonene.
b)	D	Vi regner ut dette med å sette $r_2 = \frac{1}{2} r_1$ $G_1 = \frac{\gamma m M}{r_1^2}$ $G_2 = \frac{\gamma m M}{r_2^2} = \frac{\gamma m M}{\left(\frac{1}{2} r_1\right)^2} = \frac{\gamma m M}{\frac{1}{4} r_1^2} = 4G_1$
c)	B	 Den elektriske kraften $F_e = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$ vil være like stor på begge partikkelene, uavhengig av ladning. Det er tyngdekraften som dytter kulene inn mot midten. Siden den elektriske kraften er like stor, må tyngdekraften være like stor også. Det betyr at massen er lik.
d)	B	Den totale energien er gitt ved: $$E_{tot} = E_k + E_p = \frac{1}{2} m v^2 - \gamma \frac{mM}{r}$$ Det er kun gravitasjonen som virker på satellittene. Vi har: $\Sigma F = ma$ Hvor $a = \frac{v^2}{r}$ for sirkelbevegelser $G = m \frac{v^2}{r}$ Der $G = \gamma \frac{mM}{r^2}$ $\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ $v^2 = \gamma \frac{M}{r}$ $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \gamma \frac{M}{r} = \frac{\gamma m M}{2r}$ $E_{tot} = E_k + E_p = \frac{\gamma m M}{2r} - \frac{\gamma m M}{r} = \frac{\gamma m M}{2r} - \frac{2\gamma m M}{2r} = -\frac{\gamma m M}{2r}$
e)	D	Ved å bruke høyrehåndsregelen på den rette lederen finner vi ut at magnetfeltet går i samme retning som I_2. Da virker det ingen netto kraft på den sirkelformede lederen.

f)	D	$F_m = ma$ $qvB = m\frac{v^2}{r}$ $r = m\frac{v^2}{qvB} = \frac{mv}{qB}$ som betyr at både massen, farten og ladningen har betydning for radiusen. Vi ser derfor på om vi kan si noe om ladningene. Kraften går innover mot sentrum i begge tilfeller. Vi finner med høyrehåndsregelen at da må begge ladningene være positiv. De har altså lik fortegn på ladningene. 
g)	A	Faradays induksjonslov sier: $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ Det er altså fluksendringen som skaper den induserte spenningen. $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ vil være positiv og konstant, helt til sløyfa begynner å stikke ut på høyre side. Da vil $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ plutselig bli negativ og konstant.
h)	D	Konstant fart betyr at summen av krefter er lik null.
i)	A	Hvis vi ser bort i fra snoren vil situasjonen se ut slik som under for begge klossene:  $\Sigma F_x = ma_x$ $G_x = ma_x$ $mg \sin\alpha = ma_x$ $a_x = g\sin\alpha$ Dette betyr at begge klossene har lik akselerasjon, og det er dermed ikke noe ekstra kraft på den bakerste klossen fra snora.
j)	B	Kraften på kula må være like stor fordi de henger med den samme vinkelen på begge sider og $\Sigma F_x = 0$. Den gjennomsnittlige y-komponenten til snordragene er 100N. Dermed må snordraget være større enn 100N totalt fordi snordraget også består av en x-komponent.
k)	A	$v_y = v_{0y} + at = v_{0y} - gt$ Dette er ei rett linje med negativt stigningstall.

<table>
<tr><td>l)</td><td>C</td><td>$s_y = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}gt^2$ for begge kulene.

Siden de har samme uttrykk for s_y vil de treffe bakken samtidig.</td><td>
</td></tr>
<tr><td>m)</td><td>B</td><td>$\Sigma F_y = 0$
$S_y = G$
$S\cos\alpha = mg$
$S = \frac{mg}{\cos\alpha}$

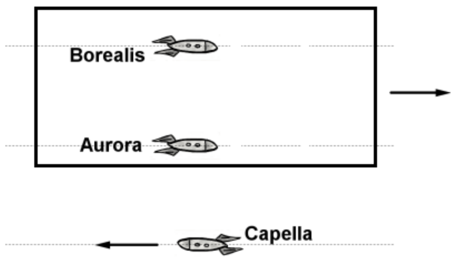
$\Sigma F_x = ma$

$S_x = ma$
$a = \frac{S_x}{m} = \frac{S\sin\alpha}{m} = \frac{\frac{mg}{\cos\alpha}\cdot\sin\alpha}{m} = g\tan\alpha$</td><td>
</td></tr>
<tr><td>n)</td><td>C</td><td colspan="2">$a = \frac{v^2}{r}$ for sirkelbevegelser, hvor $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{t}$. Dette gir:
$a = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{t}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{t^2 r} = \frac{4\pi^2 r}{t^2}$

$\frac{a_P}{a_Q} = \frac{\frac{4\pi^2 r_P}{t^2}}{\frac{4\pi^2 r_Q}{t^2}} = \frac{r_P}{r_Q} = \frac{2r_Q}{r_Q} = 2$

$a_P = 2a_Q = \underline{2a}$</td></tr>
<tr><td>o)</td><td>C</td><td colspan="2">$\Sigma F = ma$ Hvor $a = \frac{v^2}{r}$ for sirkelbevegelser

$$\Sigma F_A = m_A\frac{v_A^2}{r_A} = m\frac{v^2}{r}$$
$$\Sigma F_B = m_B\frac{v_B^2}{r_B} = 2m\frac{(2v)^2}{r} = 8\cdot m\frac{v^2}{r}$$
$$\Sigma F_C = m_C\frac{v_C^2}{r_C} = m\frac{v^2}{2r} = \underline{\frac{1}{2}\cdot m\frac{v^2}{r}}$$
$$\Sigma F_D = m_D\frac{v_D^2}{r_D} = 2m\frac{(2v)^2}{2r} = 4\cdot m\frac{v^2}{r}$$</td></tr>
<tr><td>p)</td><td>D</td><td colspan="2">Siden det kun er gravitasjonen som virker vil begge kulene ha samme hastighet, men motsatt rettet når de treffer hverandre i det laveste punktet. Vi velger positiv retning mot høyre. Vi velger også å late som de beveger seg i en samlet kloss etter støtet. Bevaring av bevegelsesmengde gir:
$$p_1 = p_2$$
$$v_1(m_K - m_L) = v_2(m_k + m_L)$$
$$v_2 = \frac{v_1(m_K - m_L)}{(m_k + m_L)}$$</td></tr>
</table>

		Fordi at $m_K > m_L$ blir v_2 positiv, som betyr at den samla bevegelsen går mot høyre. Dette betyr at L MÅ snu og bevege seg mot høyre. Det er kun alternativ D som passer med dette.
q)	C	Bevaring av bevegelsesmengde gir: $p_0 = p_1$ hvor $p_0 = 0$ $$0 = m_1 v_1 - m_2 v_2$$ $$m_2 = \frac{m_1 v_1}{v_2} = \frac{m3v}{2v} = \frac{3}{2}m$$
r)	A	 Relativt til hverandre befinner Borealis og Aurora seg i samme system som har hastigheten mot høyre. Det betyr: $t_A = t_B = t_0$. Videre er $t_c = \frac{t_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$, nevneren er mindre enn 1 som gir: $t_C > t_0$.
s)	A	Vi har $E_k = E_f - W$, hvor W er løsrivningsarbeidet. $E_k = E_f - W$ Vi setter $E_k = 0$ og dette gir: $W = E_f = hf$ Høy frekvens gir altså høyt løsrivningsarbeid.
t)	C	Vi må sjekke kvantetallene for de tre reaksjonene. Vi finner verdier for dette bak i eksamensteksten. 1. Venstre side: $L_e = 0$ Høyre side: $L_e = 1 + 1 + 0 = 2$ Elektrontallet er ikke bevart, og det kan dermed ikke skje. 2. Venstre side: $B = 1 \; og \; L_e = 0$ Høyre side: $B = 1 \; og \; L_e = 1 - 1 = 0$ Reaksjonen kan skje. 3. Venstre side: $B = 0 + 1 = 1 \; og \; L_\mu = -1 + 0 = -1$ Høyre side: $B = 1 + 0 = 1 \; og \; L_\mu = 0 + -1 = -1$ Reaksjonen kan skje.
u)	A	Elektronet er et lepton. Leptoner er ikke bygd opp av kvarker. Dette kan lett sjekkes i «Data for noen elementærpartikler» i eksamensteksten.
v)	D	Den største energien fotonet kan få, får det når ALL energien som blir gitt til elektronet blir omgjort til et foton. $$E_e = E_{fmaks}$$ $$Uq = hf$$ $$f = \frac{Ue}{h}$$ $$\frac{c}{\lambda} = \frac{Ue}{h}$$ $$\frac{c}{\lambda} = \frac{Ue}{h}$$

		$$\lambda = \frac{hc}{Ue}$$
w)	A	Vi tenker oss to situasjoner. En med $r = r_1$ og en med $r = r_2 = \frac{1}{2}r_1$ $$E_{p1} = k_e \frac{q_p q_Q}{r_1}$$ $$E_{p2} = k_e \frac{q_p q_Q}{r_2} = k_e \frac{2q_p q_Q}{r_1}$$ Siden $E_{p2} \leq E_{p1}$ må produktet $q_p q_Q$ være negativt. Dette betyr at de har ulik ladning.
x)	B	Signalet blir klippet dersom det dynamiske området er for lite.

Oppgave 2

2a) Comptonstøt er en kollisjon mellom et foton og et fritt elektron. Fotonet overfører bevegelsesmengde til elektronet. Elektronet øker farta, fotonet mister energi.

2b1) Det vil alltid finnes et referansesystem slik at elektronet/positronet har like stor fart, men motsatt rettet. I dette referansesystemet vil den samlede bevegelsesmengden være 0. Vi kan ikke få null bevegelsesmengde med bare et foton. Vi må derfor ha minst to fotoner for å fortsatt ha null bevegelsesmengde.

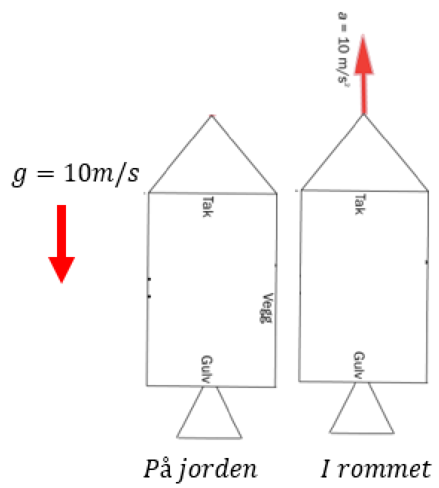
2b2) Energien som endrer form er: $E = 2E_0 = 2m_e c^2$

Når denne energien går over til to fotoner får vi:

$$2E_f = 2m_e c^2$$
$$2hf = 2m_e c^2$$
$$f = \frac{2m_e c^2}{2h} = \frac{m_e c^2}{h} = \frac{9 \cdot 10^{-31} kg \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}\right)^2}{6{,}63 \cdot 10^{-34} Js} = 1{,}2 \cdot 10^{20}\ Hz$$

<u>Dette er større enn $10^{20}\ Hz$.</u>

2c)



Ekvivalentsprinsippet sier at det ikke er mulig ved mekanikkforsøk å avgjøre om et referansesystem er i ro i et gravitasjonsfelt, eller om det beveger seg med konstant akselerasjon i et rom uten gravitasjonsfelt.

Et tankeeksperiment kan være et romskip som akselererer med 10 m/s^2 og et romskip som står på jorden. For en som befinner seg inne i romskipet vil det være umulig å skille disse to situasjonene fra hverandre.

2d1)

Faradays induksjonslov sier:

$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} = -B'(t) \cdot A$. Det vil altså bli indusert en spenning i sløyfa. Der det blir indusert spenning vil det også bli dannet en strøm ifølge Ohms lov.

2d2)

Ohms lov, kombinert med Faradays induksjonslov gir:

$$U = R \cdot I$$
$$-\frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} = R \cdot I$$
$$I(t) = -\frac{B'(t) \cdot A}{R}$$

Hvis vi velger arealvektoren i samme retning som magnetfeltet får vi positiv retning med klokka. Siden $I(t) < 0$ betyr dette at vi har en strøm mot klokka.

2d3)

$I(t) = -\frac{B'(t) \cdot A}{R} = -\frac{(kt)' \cdot A}{R} = -\frac{k \cdot A}{R}$

Strømmen er konstant. Hvis konstanten k er positiv så beveger strømmen seg mot klokken.

Oppgave 3

3a) Når loddet henger i ro har vi:

$$\Sigma F = 0$$
$$F = G$$
$$kx = mg$$
$$k = \frac{mg}{x}$$

Vi bruker dette til å finne en gjennomsnittsverdi for k.

Loddets masse [kg]	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20
Forlengelsen av fjæra [m]	0,013	0,037	0,072	0,101	0,149
Estimert fjærkonstant [N/m]	15,09	13,25	13,62	14,56	13,16

$$\bar{k} = \frac{15{,}09 + 13{,}25 + 13{,}62 + 14{,}56 + 13{,}16}{5} = 13{,}94 N/m$$

Vi finner det største måleavviket: $15{,}09 N/m - 13{,}94 N/m = 1{,}15 N/m$

Usikkerheten angis med et siffer derfor:

$$\underline{k = \bar{k} + \Delta k = 14 N/m \pm 1 N}$$

3b1)

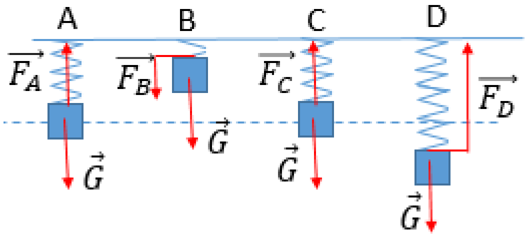
Punkt A: Klossen har maksimal positiv fartsretning. Da er klossen i likevektspunktet og på vei opp.

Punkt B: Klossen har beveget seg opp en stund, og har nå null hastighet. Da befinner klossen seg i toppunktet.

Punkt C: Klossen har maksimal negativ fartsretning. Da er klossen i likevektspunktet og på vei ned.

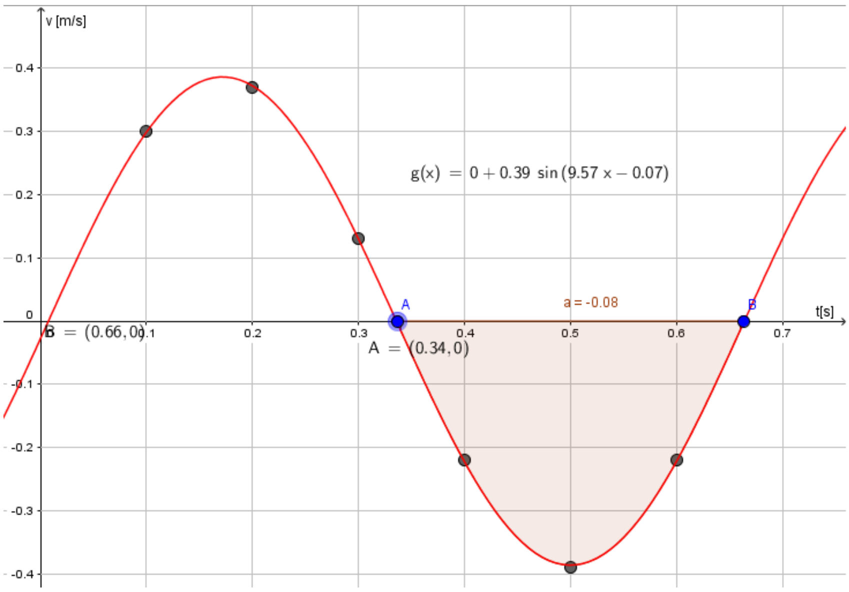
Punkt D: Klossen har beveget seg ned en stund, og har nå null hastighet. Da befinner klossen seg i bunnpunktet.

3b2)



Her har vi sammenhengene:
$F_A = G$ og $F_C = G$
$F_D > G$ og at F_B er samme retning som G.

3b3) Fartsgrafen har form som en sinuskurve. Vi legger inn punktene fra oppgaven og bruker regresjonsanalyse for å finne en sinusfunksjon som passer med tallene.



Vi bruker verktøyet skjæring mellom to objekt for å finne nullpunktene til grafen som er (0,34. 0) og (0,66. 0)

Fordi at

$$v(t) = s'(t)$$

Kan vi finne strekningen som den beveger seg med integralet

$$s(t) = \int_{0,34}^{0,66} v(t)$$

Fra integralet får vi $a = -0{,}08$. Dette betyr at loddet har beveget seg 8 cm mellom B og D (A og B på figuren).

3c) Fra forrige oppgave fikk vi at $v(t) = 0{,}39\, sin(9{,}57\, t - 0{,}07)$.

Når vi sammenligner $v(t) = 0{,}39\, sin(9{,}57\, t - 0{,}07)$ med $v(t) = A\, sin(\sqrt{\frac{k}{m}} t)$

Ser vi at $\sqrt{\frac{k}{m}} t = 9{,}57t$. Dette gir:

$$\frac{k}{m} = 9{,}57^2$$
$$k = 9{,}57^2 \cdot m = 9{,}57^2 \cdot 0{,}05kg$$
$$k = 4{,}58$$

Fjærkonstanten $k = 4{,}6\ N/m$ med disse beregningene. Dette stemmer godt med det oppgitt i oppgaven.

Kommentar: Vi regnet i oppgaven over uten benevninger. Hvis du passer på å bruke SI enheter vil du få et svar som kommer ut med korrekt SI-enhet. Dette er allikevel ikke å anbefale.

Oppgave 4

4a) Det er kun gravitasjonen som virker på satellittene. Vi har:

$\Sigma F = ma$ Hvor $a = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} =$ for sirkelbevegelser

$G = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$ Der $G = \gamma\frac{mM}{r^2}$

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

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{\gamma T^2} = \frac{4\pi^2(1882700 \cdot 10^3 m)^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2 \cdot (16{,}69 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60s)^2} = \underline{1{,}90 \cdot 10^{27} kg}$$

<u>Massen til Jupiter er $1{,}90 \cdot 10^{27} kg$. Dette stemmer med faktaopplysningene bak i eksamensteksten.</u>

4b1) Vi fant i 4a) at: $\gamma\frac{mM}{r^2} = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$. Vi bruker dette vidre og får:

$$\gamma\frac{M}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{\gamma M} \Rightarrow T_A^2 = \left(\frac{4\pi^2 r_A^3}{\gamma M}\right) \Rightarrow T_B^2 = \left(\frac{4\pi^2 r_B^3}{\gamma M}\right)$$

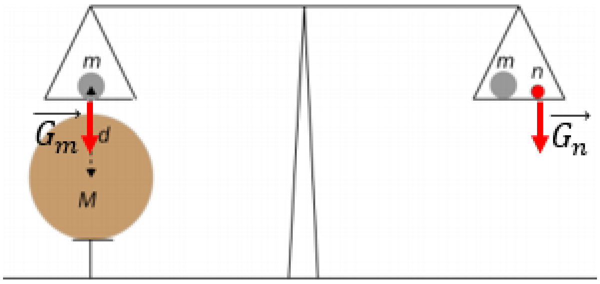
$$\frac{T_A^2}{T_B^2} = \frac{\left(\frac{4\pi^2 r_A^3}{\gamma M}\right)}{\left(\frac{4\pi^2 r_B^3}{\gamma M}\right)}$$
$$\underline{\left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2 = \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^3}$$

2b2) Vi skal nå vise at $\left(\frac{T_{Io}}{T_{Europa}}\right)^2 = \left(\frac{r_{Io}}{r_{Europa}}\right)^3$

$$\left(\frac{T_{Io}}{T_{Europa}}\right)^2 = \left(\frac{1{,}769døgn}{3{,}551døgn}\right)^2 = 0{,}24817$$
$$\left(\frac{r_{Io}}{r_{Europa}}\right)^3 = \left(\frac{421800km}{671100km}\right)^3 = 0{,}24829$$

Dette stemmer altså godt med hverandre.

4c) Dette betyr at kreftene merket G_m og G_n er like stor.



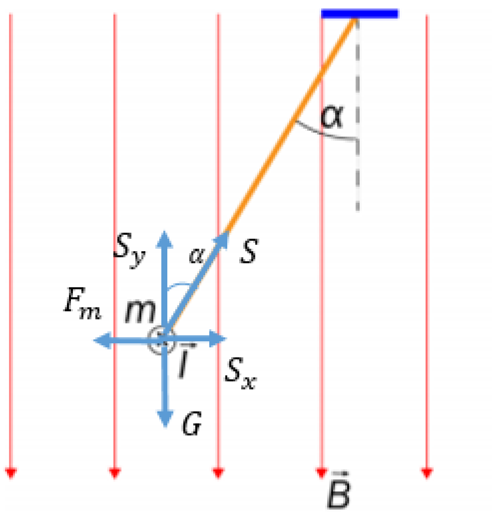
$$G_m = G_n$$
$$\gamma \frac{mM}{r^2} = m_n g$$
$$\gamma = \frac{m_n g r^2}{mM}$$
$$\gamma = \frac{m_n g d^2}{mM} = \frac{0{,}589 \cdot 10^{-6} kg \cdot 9{,}807\, m/s^2 \cdot (0{,}5686\, m)^2}{5009{,}450 \cdot 10^{-3} kg \cdot 5775{,}7 kg} = 6{,}4546 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$$
$$\underline{\gamma = 6{,}45 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2}$$

Med dette eksperimentet får vi $\gamma = 6{,}45 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$*. Dette er nært dagens verdi på* $6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$.

Oppgave 5

5a) *Høyrehåndsregel3: La de strake fingrene peke i retningen til* $q\vec{v}$ *slik at de peker i magnetfeltretning når du bøyer dem. Tommelen peker da i kraftretning.*

Hvis vi bruker regelen over vil vi få at det er en kraft som virker til venstre på lederen. Dette drar lederen til venstre.



5b) $\Sigma F = 0$

$F_m = S_x$ og $S_y = mg \Rightarrow S\cos\alpha = mg \Rightarrow S = \frac{mg}{\cos\alpha}$

$IlB = S\sin\alpha$

$$IlB = \frac{mg}{\cos\alpha}\sin\alpha = mg\tan\alpha$$

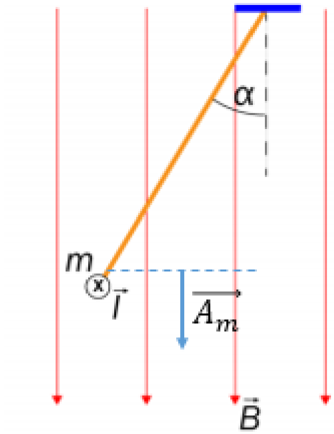
$$\underline{m = \frac{IlB}{g\tan\alpha}}$$

Som var det vi skulle vise.

5c)

Faradays induksjonslov sier:

$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{B\cdot\Delta A}{\Delta t} = -B\cdot A'_m$. Det vil bli indusert en spenning i sløyfa så lenge magnetfeltet gjennom sløyfa endrer seg. Da blir det også indusert en strøm. I dette tilfellet vil arealet som magnetfeltet går gjennom være gitt som den horisontale delen til arealet gitt ved: $A_m = A\sin\alpha$



5d1)

Ohms lov, kombinert med Faradays induksjonslov gir:

$$U = R\cdot I$$

$$I(t) = \frac{\mathrm{U}}{\mathrm{R}} = -\frac{B\cdot A_m{}'}{R}$$

Hvis vi velger arealvektoren i samme retning som magnetfeltet får vi at positiv strømretning slik som strømmen går i figur 2, altså inn i papirplanet i ledning m.

Siden $A_m{}' < 0$ blir $I(t)$ positiv. Det betyr at strømmen går som på tegningen.

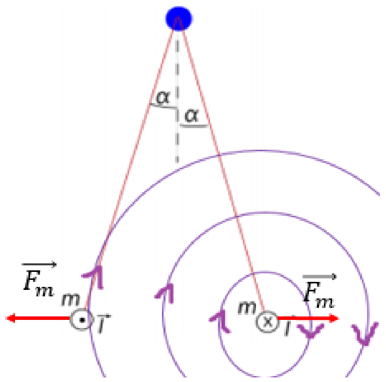
5d2)

Ved hjelp av høyrehåndsregelen: «Vi lar de fire fingrene på høyre hånd peke i en fritt valgt positiv omløpsretning rundt flaten. Da peker samtidig tommelen i positiv retning for arealvektoren», finner vi ut at positiv strømretning blir motsatt vei av det vi hadde tidligere, når arealvektoren peker samme vei som magnetfeltet.

$I(t) = \frac{\mathrm{U}}{\mathrm{R}} = -\frac{B\cdot A_m{}'}{R}$, siden $A_m{}'$ nå vil øke blir $I(t) < 0$. Dette betyr negativ strømretning.

Fordi positiv retning nå har skiftet, betyr dette at strømmen går i samme retning som i stad. Altså inn i papirplanet ved m.

5e1)

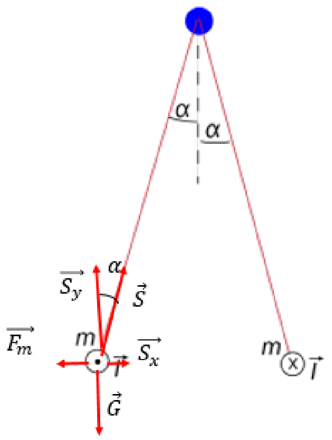


Høyrehåndsregel 1 sier at hvis vi legger tommelen i strømretning, vil magnetfeltet gå den veien fingrene peker. Se figur.

Hvis vi (HHR3) «legger fingrene på høyrehånd i strømretningen på en slik måte at fingrene peker med magnetfeltet når du bøyer dem, vil tommelen peke i kraftretningen.

Hvis vi følger reglene over vil vi finne at det virker en magnetisk kraft på begge lederen fra hverandre.

5e2)



$$\Sigma F_x = 0$$
$$F_m = S_x$$
$$IlB = S \sin\alpha$$
$$IlB = \frac{\lambda l g}{\cos\alpha} \cdot \sin\alpha = \lambda l g \tan\alpha$$
$$Ilk\frac{I}{r} = \lambda l g \tan\alpha$$

$$\Sigma F_y = 0$$
$$S_y = G$$
$$S\cos\alpha = mg$$
$$S = \frac{mg}{\cos\alpha} = \frac{\lambda l g}{\cos\alpha}$$ hvor λ er massen per lengde.
$$B = k\frac{I}{r}$$

$$Ik\frac{I}{r} = \lambda g \tan\alpha$$

$$I^2 = \frac{\lambda g r \cdot \tan\alpha}{k}$$
$$I = \sqrt{\frac{\lambda g r \cdot \tan\alpha}{k}} = \sqrt{\frac{0{,}0145 kg/m \cdot 9{,}81 m/s^2 \cdot 0{,}030 m \cdot \tan 6{,}6°}{2 \cdot 10^{-7} Tm/A}} = 50A$$

<u>Strømmen som går gjennom lederen er 50A.</u>