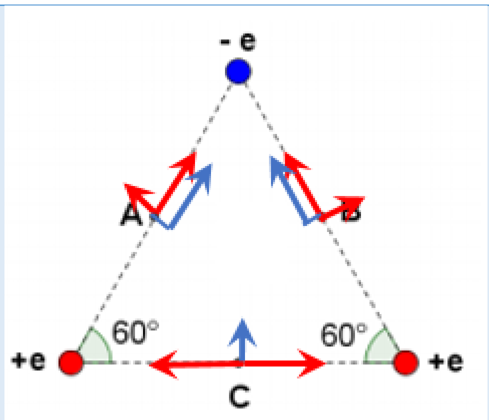
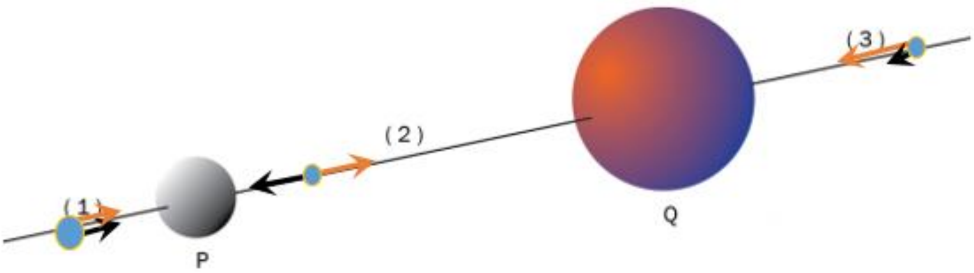
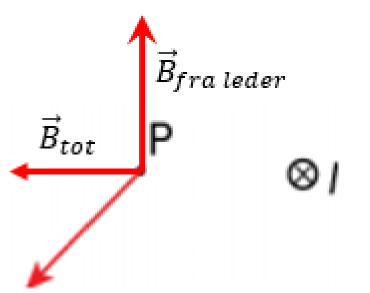
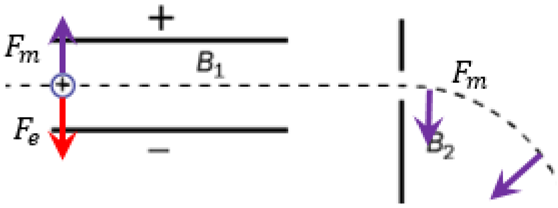
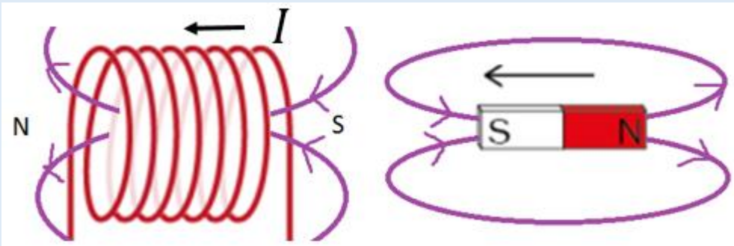
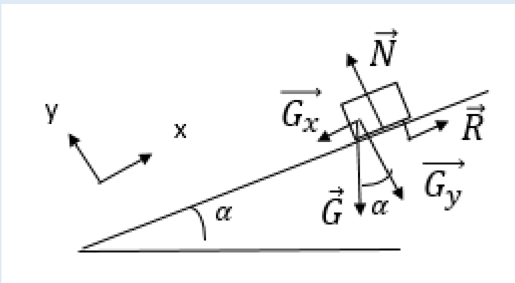
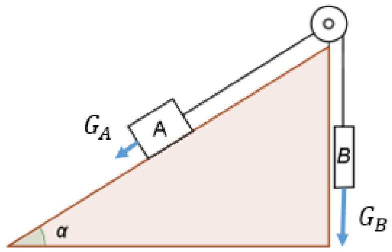
Løsningsforslag Fysikk 2 – Vår 2015

Oppgave	Svar	Forklaring
a)	C	 Det elektriske feltet går radielt ut fra en positivt ladet partikkel og radielt innover mot en negativt ladd partikkel. I punkt C vil den elektriske feltstyrken nulle ut hverandre i x-retning. Det er altså minst elektrisk feltstyrke i punkt C.
b)	A	Gravitasjonsfeltstyrken på jorden: $g = \frac{G}{m}$ Den universelle gravitasjonsloven er gitt ved $G = \gamma \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow \gamma = \frac{Gr^2}{Mm}$ Dette gir: $\frac{g}{\gamma} = \frac{\frac{G}{m}}{\frac{Gr^2}{Mm}} = \frac{M}{r^2}$
c)	A	Det er kun gravitasjonen som virker på månen. Denne kraften virker mot jorden.
d)	B	I område 1 og 2 finnes det et punkt hvor gravitasjonskreftene er like store. 
e)	D	Når vi 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 denne regelen ser vi at det stemmer med alternativ D.
f)	C	 Magnetfeltet fra lederen vil gå rett oppover. Da blir det totale magnetfeltet i retningen slik som på figuren.
g)	C	Faradays induksjonslov gir: $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \ \Delta\phi = -\varepsilon \cdot \Delta t$ Hvis vi nå kun ser på benevningene har vi: $Wb = \mathrm{V} \cdot s$

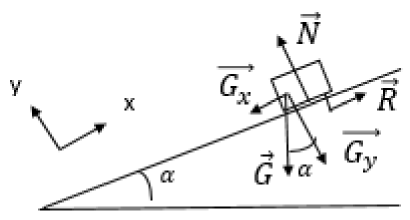
h)	B	 Vi ser hvilken retning den magnetiske kraften virker. Med høyrehåndsregelen: «Når vi legger fingrene på høyrehånd i strømretningen på en slik måte at fingrene peker med magnetfeltet når du bøyer dem, vil tommelen peke i kraftretningen.» Følger vi denne regelen finner vi at B_1 er inn i papirplanet og B_2 er ut av papirplanet.
i)	C	Lenz lov sier at spolen vil prøve å motvirke endringene i magnetfeltet som det blir utsatt for. Strømmen på bilde viser hvordan strømmen går når magneten er på vei inn i spolen. Strømretningen vil snu når magneten er på vei ut.  Altså: Strømmen vil, i det magneten føres inn, gå fra P via linjestykket PQ til punktet Q, og motsatt etterpå.
j)	B	Vi definerer arealvektoren til å peke samme vei som magnetfeltet. Da blir positiv strømretning med klokka. Faradays induksjonslov gir: $$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{0{,}4Wb}{0{,}02s} = -20\text{V}$$ Siden spenningen er negativ går strømmen i negativ strømretning. Altså mot klokken.
k)	A	Hvis vi ser bort i fra snoren vil situasjonen se ut slik som under for begge klossene:  $\Sigma F_x = ma_x$ $G_x - R = ma_x$ $mg\sin\alpha - \mu mg = ma_x$ $a_x = g\sin\alpha - \mu g = g\,(\sin\alpha - \mu)$

		Vi ser at massen ikke har betydning på akselerasjonen klossen vil få. Det betyr at begge klossene har lik akselerasjon, og det er dermed ikke noe ekstra kraft på den bakerste klossen fra snora.
l)	C	 Det er de to kreftene G_A og G_B som «kjemper» mot hverandre. Vi ser at G_A er komponenten av tyngden til A langs skråplanet.
m)	C	Det er kun farten i y-retning som påvirker tiden det tar for steinen å lande. Siden $v_{0y} = 0$ i begge tilfellene vil begge kastene ta den samme tiden t. I x-retning har vi: $s = vt$ som gir at alternativ C er riktig når $v = 3v_0$.
n)	D	Sentripetalakselerasjonen er gitt ved: $a = \frac{v^2}{r}$ hvor $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T}$ $a = \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r}{a}}$ For $a = g$ og $g \approx 9m/s^2$ og $\pi \approx 3$ får vi: $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r}{g}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3^2 \cdot 4m}{9m/s^2}} = \underline{4s}$
o)	D	For energien: $E_0 = \frac{1}{2}kx_0^2$ For $x_1 = 2x_0$ $E_1 = \frac{1}{2}k(2x_0)^2 = 4 \cdot \frac{1}{2}kx_0^2 = 4E_0$ $\underline{E_1 = 4E_0}$ For farten: $4E_0 = \frac{1}{2}mv_1^2$ $4 \cdot \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2$ $\underline{v_1 = 2v_0}$
p)	D	For jenta, som hiver ballen vil det se ut som den går rett opp og ned, som i graf B. For en observatør vil det se ut som ballen blir kastet oppover, men nå med en horisontal fartskompontent. Dette tilsvarer et vanlig skrått kast og banen blir da slik som i A.
q)	C	Dersom den kinetiske energien til de to protonene er tilstrekkelig stor kan denne energien gå over til å skape p og $\overline{p}$ i tillegg til de opprinnelige partiklene. Dette krever at $E_{ktot} \geq 2m_p c^2$
r)	A	Likningen for fotoelektrisk effekt sier: $E_f = E_k + W$ $E_k = E_f - W$ $E_k = hf - W$ Dette har formen $y = ax + b$ hvor h (Plancks konstant) er stigningstallet.
s)	A	I klassisk fysikk er det amplituden som avgjør bølgens energi. I klassisk fysikk spiller ikke bølgenes frekvens noe rolle for energien til bølgen.
t)	A	Rødforskyvning er en forskyvning til lengre bølgelengder fordi at lyskilden beveger seg fra oss. Vi kan derfor utelukke denne.

		Annihilering produserer fotoner. Kan dermed utelukkes. Vi står igjen med fotoelektrisk effekt og pardanning.
u)	D	Når du slipper kula vil den ha en fart oppover. Den når sitt høyeste punkt når denne farten er blitt redusert til null. Dvs. $E_k = 0$.
v)	B	Vi antar at det kun er kraften K og den elektriske kraften som virker. Vi antar også at endringa i kinetisk energi er lik i figur 1 og figur 2. $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$ $W_K - W_{Fe} = \Delta E_k$ $W_K = \Delta E_k + W_{F_e}$ Det elektriske arbeidet W_{F_e} er kun avhengig av startposisjon og sluttposisjon. Dermed er ΔE_k og W_{F_e} likt i begge tilfellene. Da må W_K også være lik.
w)	A	Arbeidet som blir gjort for å spenne opp buen vil gå over til kinetisk energi hos pilen. Dette arbeidet tilsvarer arealet under grafen. $W_{spenne\ buen} = E_k$ $\frac{1}{2}F_{max} \cdot s = \frac{1}{2}mv^2$ $v = \sqrt{\frac{F_{max} \cdot s}{m}} = \sqrt{\frac{40N \cdot 0{,}6m}{0{,}06kg}} = \underline{20m/s}$
x)	B	Det digitaliserte signalet er klippet.

Oppgave 2

2a)



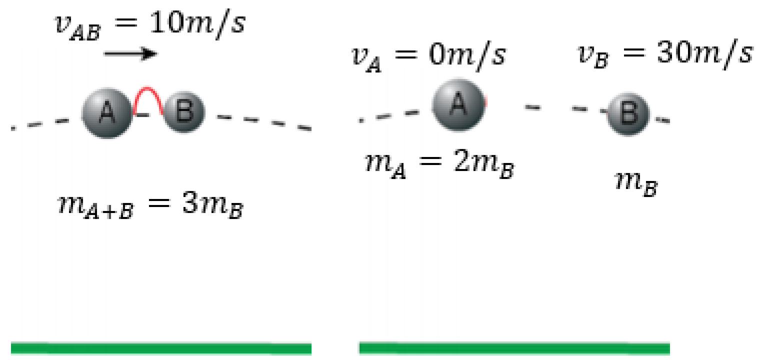
$$\Sigma F_x = ma = 0$$
$$-G_x + R = 0$$
$$-mg\sin\alpha + \mu N = 0$$
$$\mu N = mg\sin\alpha$$
$$\mu mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$$
$$\mu = \frac{mg\sin\alpha}{mg\cos\alpha} = \tan\alpha$$

$$\underline{\underline{\mu = \tan\alpha}}$$

$$\Sigma F_y = 0$$
$$N - G_y = 0$$
$$N = G_y = mg\cos\alpha$$

<u>Uttrykket $\mu = \tan\alpha$ er et uttrykk for friksjonstallet μ.</u>

2b1)



Bevegelsesmengden er bevart i x-retning.

$$p_{før} = p_{etter}$$

$$m_{AB}v_{AB} = m_A v_A + m_B v_B$$

$$3m_B v_{AB} = m_A \cdot 0 + m_B v_B$$

$$v_B = 3v_{AB} = 3 \cdot 10m/s \ = \underline{30m/s}$$

<u>Farten til B er 30m/s horisontalt i x-retning umiddelbart etter at fjæra blir utløst.</u>

2b2)

I toppunktet er $v_{0y} = 0$ for begge kulene. De lander derfor samtidig.

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$s_y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2s_y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80m}{10m/s^2}} = \sqrt{16s^2} = \underline{4s}$$

<u>Det tar 4 sekund før ballene treffer bakken.</u>

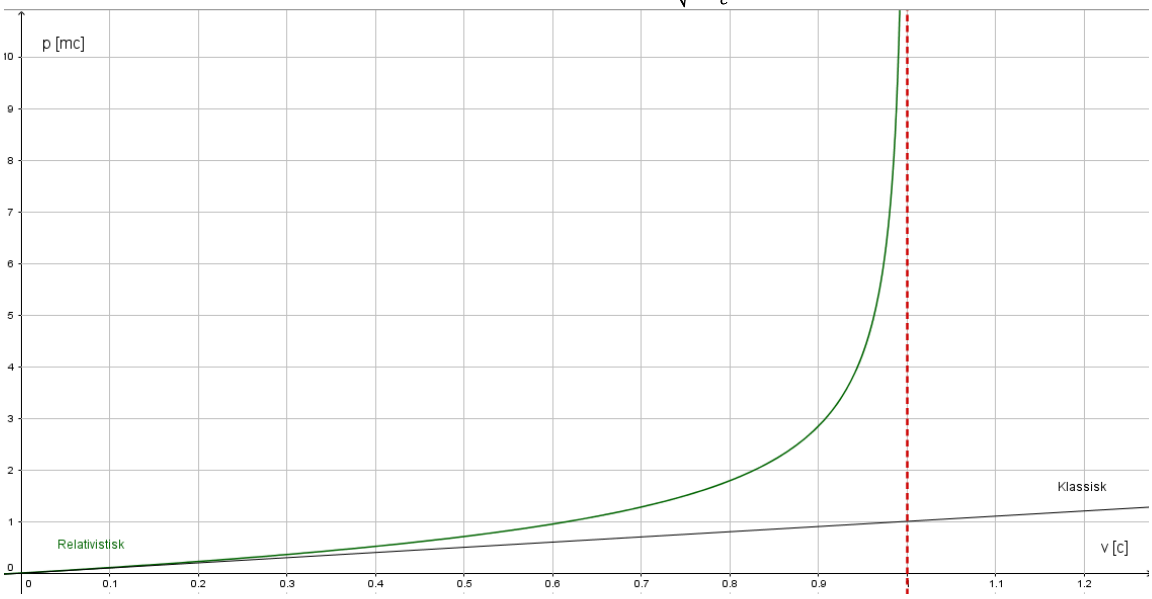
2c)

Heisenbergs usikkerhetsrelasjon sier at vi ikke kan vite den nøyaktig posisjonen og farten/bevegelsesmengden samtidig til en partikkel. Vi vil alltid ha noe usikkerhet og denne usikkerheten er gitt ved $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$.

2d)

I klassisk fysikk er bevegelsesmengden gitt ved: $p = mv$, og det er ingen grenser for farten vi kan ha.

I relativistisk fysikk er bevegelsesmengden gitt ved: $p = \frac{mv}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$.Vi skisserer dette i et koordinatsystem:



For hastigheter som er lave (i forhold til lyshastigheten) ser vi at de to grafene følger hverandre. Når hastigheten nærmer seg lyshastigheten vil den relativistiske bevegelsesmengden nærme seg uendelig, mens bevegelsesmengden i klassisk fysikk blir ikke påvirket av dette.

2e)

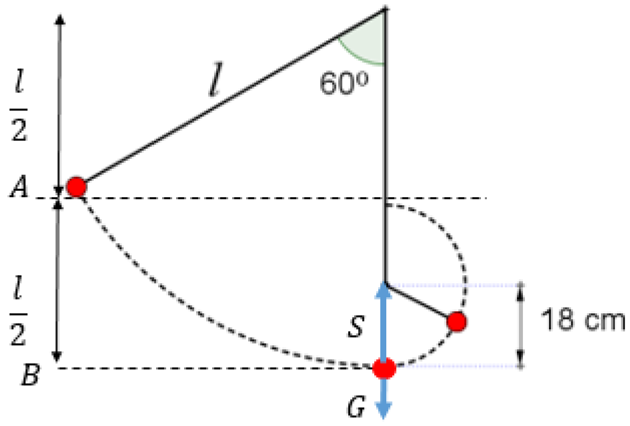
Faradays induksjonslov sier: $\varepsilon = -n\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -n\frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t}$

Hvor ε er den induserte spenningen og ΔB er endringen i magnetfeltet gjennom spolen.

Vi ser at den induserte spenningen er avhengig av hvor fort magnetfeltet endrer seg, og siden magneten svinger vil både farten og posisjonen endre seg slik at magnetfeltet også vil endre seg i ulik hastighet. Fortegnet til den induserte spenningen er avhengig av om magnetfeltet øker eller minker.

Oppgave 3

3a)



Kulen vil oppnå størst hastighet nederst i banen. Høydeforskjellen mellom startposisjon det nederste punktet er $\frac{l}{2}$.

$$mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2gh_A} = \sqrt{gl} = \sqrt{9{,}81 m/s^2 \cdot 0{,}8m}$$

$$\underline{v_B = 2{,}8 m/s}$$

Farten nederst i banen er 2,8m/s.

3b)

Dette er en sirkelbevegelse med radiusen $r = l$.

$\Sigma F = ma$ Hvor $a = \frac{v^2}{r}$ for sirkelbevegelser

$S - G = m\frac{v^2}{r}$

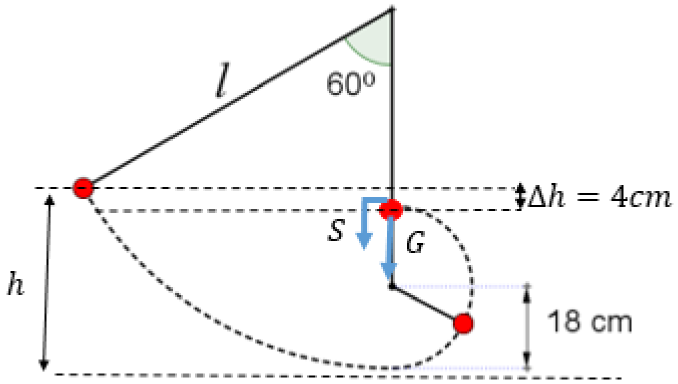
$S - mg = m\frac{v_B^2}{r}$ Og $v_B = \sqrt{gl}$

$$S = mg + m\frac{\sqrt{gl}^2}{l} = mg + m\frac{gl}{l} = 2mg = 2 \cdot 0{,}2kg \cdot 9{,}81 m/s^2 = 3{,}92N$$

$\underline{S = 3{,}92N}$

Snordraget er 3,92N nederst i sirkelbanen.

3c)



For at kulen skal følge banen er vi avhengig av at vi hele tiden har et snordrag. Snordraget kan være liten, men ikke negativt. Maksimal fart øverst i den lille sirkelbanen er gitt ved: $v = \sqrt{2g\Delta h}$

Kombinert med Newtons 2. lov for sirkelbevegelser får vi:

$$S + G = m\frac{v^2}{r} = m\frac{2g\Delta h}{r}$$

$$S = m\frac{2g\Delta h}{r} - mg = mg\left(\frac{2\Delta h}{r} - 1\right) = mg\left(\frac{2 \cdot 4cm}{18cm} - 1\right) = -\frac{10}{18}mg$$

<u>Snordraget er negativt. Det betyr at kulen ikke vil klare å komme til toppen.</u>

3d)

Vi fikk i 3c) at:

$$S = mg\left(\frac{2\Delta h}{r} - 1\right) \qquad \text{hvor } \Delta h = h - 2r$$

$$S = mg\left(\frac{2(h-2r)}{r} - 1\right) = mg\left(\frac{2h - 4r}{r} - 1\right) = mg\left(\frac{2h}{r} - 4 - 1\right) = mg\left(\frac{2h}{r} - 5\right)$$

$$\underline{S = mg\left(\frac{2h}{r} - 5\right)}$$

3e)

Dersom kulen akkurat skal klare bevegelsen med stramt tau er snordraget $S = 0$.

$$0 = mg\left(\frac{2h}{r} - 5\right)$$

$$0 = \frac{2h}{r} - 5$$

$$r = \frac{2h}{5} = \frac{2 \cdot 40cm}{5} = \underline{16cm}$$

<u>Dette betyr at pinnen må plasseres 16cm fra bunnen, eller 64 cm fra opphengningspunktet for at kulen skal fullføre den vertikale sirkelen med stram snor.</u>

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 $G = \gamma\frac{mM}{r^2}$

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

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{\gamma T^2} = \frac{4\pi^2 a^3}{\gamma T^2} = \frac{4\pi^2(1{,}378 \cdot 10^{14} m)^3}{6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2 \cdot (4{,}585 \cdot 10^8 s)^2} = \underline{7{,}37 \cdot 10^{36} kg}$$

Massen til det svarte hullet er $7{,}37 \cdot 10^{36} kg$. Dette stemmer med opplysningene.

4b)

$$g = \frac{G}{m} = \frac{\gamma\frac{mM}{r^2}}{m} = \frac{\gamma M}{r^2} = \gamma\frac{M}{d^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2 \ \cdot 7{,}37 \cdot 10^{36} kg}{(1{,}83 \cdot 10^{13} m)^2} = \underline{1{,}47 N/kg}$$

I punkt P er gravitasjonsfeltstyrken 1,47N/kg.

4c)

Siden det kun er gravitasjonen som virker kan vi anta at energien er bevart.

$$E_P = E_A$$

$$-\gamma\frac{Mm}{\mathrm{r_P}} + \frac{1}{2}mv_P^2 = -\gamma\frac{Mm}{\mathrm{r_A}} + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$-\gamma\frac{Mm}{\mathrm{d}} + \frac{1}{2}mv_P^2 = -\gamma\frac{Mm}{2\mathrm{a} - \mathrm{d}} + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$v_P^2 = 2\gamma\frac{M}{\mathrm{d}} - 2\gamma\frac{M}{2\mathrm{a} - \mathrm{d}} + v_A^2 = 2\gamma M\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{2a - d}\right) + v_A^2$$

$$v_P = \sqrt{2\gamma M\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{2a - d}\right) + v_A^2}$$

$$v_P = \sqrt{2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2 \cdot 7{,}37 \cdot 10^{36} kg\left(\frac{1}{1{,}83 \cdot 10^{13} m} - \frac{1}{2 \cdot 1{,}378 \cdot 10^{14} m - 1{,}83 \cdot 10^{13} m}\right) + (3750000 m/s)^2}$$

$$\underline{v_P = 8000\ km/s}$$

S2 vil bevege seg med en hastighet på 8000km/s når den er i punktet P.

4d)

I følge Einsteins relativitetsteori vil lys som beveger seg nedover i et gravitasjonsfelt få økt energi. Følgelig vil lys som beveger seg ut av et gravitasjonsfelt få mindre energi (frekvensen vil bli lavere siden $E_f = hf$). Siden lyset beveger seg med lyshastigheten overalt blir en konsekvens at et sekund tar lengre tid på jorden enn i romskipet. Fordi at signalet som blir sendt vil bli tatt imot på jorden i et større tidsintervall enn det ble sendt ut med vil den observerte frekvensen være lavere enn f_0. Når sonden kommer nær nok det sorte hulle vil signalet forsvinne.

Oppgave 5

5a) Arbeidet som blir gjort av den elektriske kraften er lik endringen i kinetisk energi.

$$W = \Delta E_k$$

$$Ue = \frac{1}{2}m_p v_1^2 - \frac{1}{2}m_p v_0^2 = \frac{1}{2}m_p(v_1^2 - v_0^2)$$

$$v_1^2 - v_0^2 = \frac{2Ue}{m_p}$$

$$v_1^2 = \frac{2Ue}{m_p} + v_0^2 = \frac{2Ue}{m_p}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2Ue}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000V \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}C}{1{,}6726 \cdot 10^{-27}kg}} = 437400m/s$$

$$\underline{v_1 = 4{,}4 \cdot 10^5 m/s}$$

<u>Hastigheten til protonet er $4{,}4 \cdot 10^5 m/s$ etter at det har blitt akselerert fra ro.</u>

5b) Vi gjør samme utregning på ny, bare at nå er startfarten ikke lengre null. Fra a) fant vi:

$$v_2^2 - v_1^2 = \frac{2Ue}{m_p}$$

$$v_2^2 - \frac{2Ue}{m_p} = \frac{2Ue}{m_p}$$

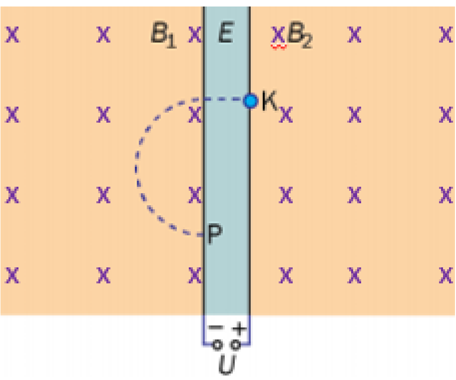
$$v_2 = \sqrt{\frac{4Ue}{m_p}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{2Ue}{m_p}} = \sqrt{2}v_1 = \sqrt{2} \cdot 437400m/s = \underline{6{,}2 \cdot 10^5 m/s}$$

<u>Protonets fart blir nå $6{,}2 \cdot 10^5 m/s$.</u>

5c)

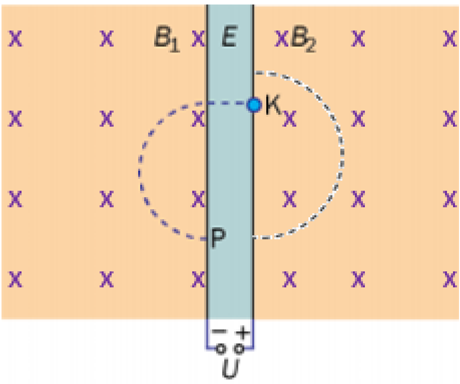
La de strake fingrene peke i retningen til $q\vec{v}$ slik at de peker i magnetfeltretning når du bøyer dem. Tommelen peker da i kraftretning.

Hvis vi bruker regelen over vil vi få et magnetfelt som virker inn i papirplanet slik som i figuren under.



5d)

Hvis vi følger regelen i c) vil vi finne at partikkelen følger en bane tilbake mot E slik som figuren under. Partikkelen sin radius vil øke fordi farten vil øker når den går gjennom det elektriske feltet.



5e)

Arbeidet som blir gjort når partikkelen passerer det elektriske feltet en gang er W. Når den har passert det elektriske feltet n ganger vil det bli gjort et arbeid $n \cdot W$. Med tilsvarende utregning som i a) får vi:

$$nW = \Delta E_k$$

$$nUq = \frac{1}{2}mv_n^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(v_n^2 - v_0^2)$$

$$v_n^2 - v_0^2 = n\frac{2Uq}{m}$$

$$v_n^2 = n\frac{2Uq}{m} + v_0^2$$

Fordi at partikkelen starter fra ro får vi:

$$\underline{v_n = \sqrt{n\frac{2Uq}{m}}}$$

5f)

Det er kun den magnetiske kraften $F_m = qvB$ som virker på partikkelen når den er i magnetfeltet.

$\Sigma F = ma$ hvor $a = \frac{v^2}{r}$ for sirkelbevegelser.

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

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

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

<u>Dette viser at radien øker lineært med farten. Fordi at farten øker for hver gang partikkelen går gjennom det elektriske feltet E må radien også øke.</u>

5g) Tiden det tar er gitt ved:

$t = \frac{s}{v}$ Hvor $s = \frac{2\pi r}{2} = \pi r$

$t = \frac{\pi r}{v}$ Hvor $r = \frac{mv}{qB}$

$t = \frac{\pi \frac{mv}{qB}}{v} = \frac{\pi m}{qB}$

$$\underline{t = \frac{\pi m}{qB}}$$

Som vi ser er tiden det tar å gå gjennom magnetfeltet kun avhengig av konstante størrelser. Tiden vil altså være den samme.