

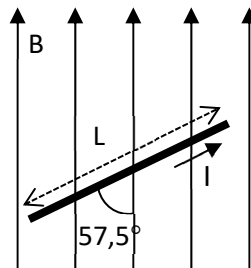


TENTAMEN I FYSIK

Kurs:	HF0025 Fysik för basår II						
Moment:	TENA 8 fup						
Program:	Tekniskt basår/Bastermin TBASA						
Rättande lärare:	Stefan Eriksson, Staffan Linnæus						
Examinator:	Staffan Linnæus						
Datum:	2020-12-17						
Tid:	8.00-12.00						
Jourhavande lärare:	Stefan Eriksson, tel 08-790 4809						
Hjälpmedel:	Miniräknare Godkänd formelsamling ISBN978-91-27-72279-8 eller ISBN978-91-27-42245-2, passare, gradskiva och linjal						
Omfattning och betygsgränser:	0-10p	11p	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26
	F	Fx	E	D	C	B	A
Övrig information:	<p>Till samtliga uppgifter krävs fullständiga lösningar. Lösningarna skall vara tydliga och lätta att följa. Skriv helst med blyertspenna. Införda beteckningar skall definieras. Uppställda samband skall motiveras. Till uppgifter innehållande kraftsituationer (eller andra vektorsituationer) skall vektorfigurer ritas med linjal. Uppgifter med elektriska kretsar skall redovisas med kopplingsscheman som definierar använda storheter.</p> <p>Lycka till!</p>						

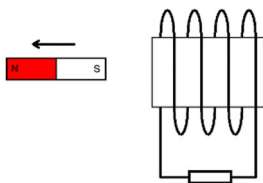
1. En plattkondensator har kvadratiska plattor med sidorna 150 mm. Mellanrummet på 3,0 mm är utfyllt med ett dielektrikum med $\epsilon_r = 3,5$. Till vilken spänning ska kondensatorn kopplas för att laddningen ska bli 110 nC? (2p)

2. En kopparstav med längden 8,10 cm är placerad i ett homogent magnetfält, se figuren nedan. I kopparstaven går strömmen 11,8 A. Den magnetiska flödestätheten är 8,23 mT. Bestäm kraften på kopparstaven. (2p)

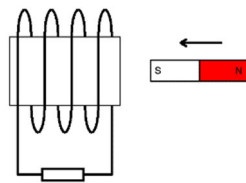


3. Figurerna nedan föreställer en liten spole kopplad till en resistor. En stavmagnet rör sig i pilens riktning. Vilken är strömriktningen i kretsen när magneten förflyttas enligt figuren? I varje deluppgift a-c ska strömriktningen genom resistorn tydligt framgå. Endast svar krävs. (1p)

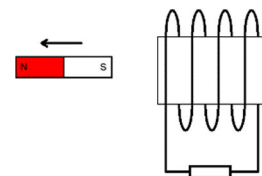
a)



b)

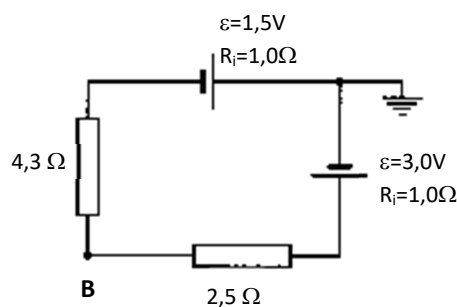


c)

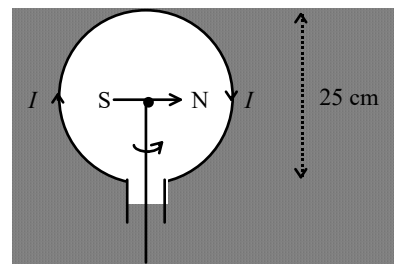


4. En satellit rör sig över ekvatorn i en cirkelformad bana runt jorden på höjden 235 km över jordytan. Hur stor är satellitens fart i banan? (2p)

5. Bestäm potentialen i punkten B i kopplingen nedan. (2p)



6. Figuren nedan visar, sedd från sidan, en spole med 3 varv. Spolens diameter är 25 cm. En liten kompassnål som kan vrida sig kring en vertikal axel är placerad i spolens centrum. När ingen ström går genom spolen pekar kompassnålen följaktligen mot norr. När strömmen $I = 0,74 \text{ A}$ går genom spolen vrider sig kompassnålen 34° .



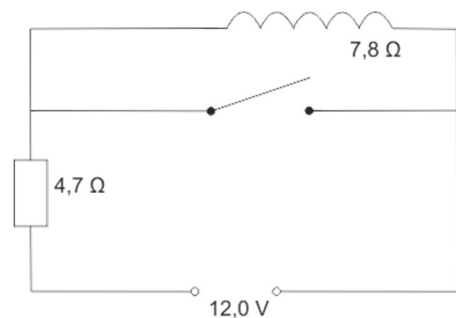
- Bestäm horisontalkomponenten av det jordmagnetiska fältets flödestäthet. (2p)
- Bestäm flödestätheten hos det jordmagnetiska fältet då inklinationen är 69° ? (1p)

7. Protoner med hastigheten $3,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ accelereras av ett elektriskt homogent fält med fältstyrkan $1,5 \text{ kV/m}$. Hastigheten är i fältets riktning.

- Hur stor hastighet får protonen sedan den genomlöpt en sträcka av $5,0 \text{ cm}$ i det homogena fältet parallellt med fältlinjerna? (2p)
- Hur lång tid tar det för protonen att röra sig dessa $5,0 \text{ cm}$? (1p)

8. En person kastar en boll ner i en hink. I kastögonblicket är avståndet till hinken är $8,8 \text{ m}$. Bollen är då i jämnhöjd med hinken. Bollen faller ner i hinken efter $2,4 \text{ s}$. Med vilken fart och under vilken elevationsvinkel kastade personen bollen? (2p)

9. En spole med resistansen $7,80 \Omega$ och en resistor på $4,7 \Omega$ har en längre tid varit anslutna till en spänningskälla med polspänningen $12,0 \text{ V}$ enligt figuren. Om strömbrytaren sluts kommer strömmen i spolen att variera med tiden enligt sambandet $i(t) = i_0 \cdot e^{-12,5t}$, där t är tiden i s.

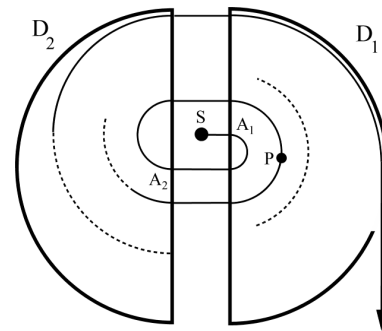


- Bestäm i_0 . (1p)
- Bestäm spolens induktans. (1p)

10. En cyklotron består av två halvcylindrar D_1 och D_2 .

Inuti dessa finns ett homogent magnetiskt fält \vec{B} , som är riktat vinkelrät mot papprets plan.

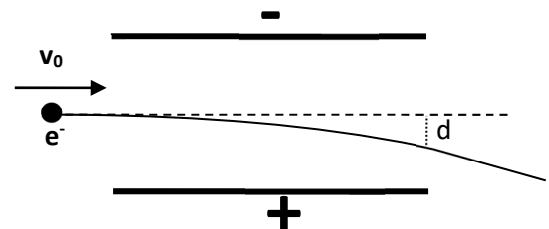
En källa S sänder ut en positivt laddad partikel med laddningen q och massan m . Vid punkten A_1 kommer partikeln in i D_1 med en fart v_1 . Partikeln rör sig sedan ett halvt varv med radien R_1 . Partikeln accelereras därefter i mellanrummet mellan D_1 och D_2 av ett elektriskt fält som är parallellt med partikelns rörelseriktning. Vid punkten A_2 kommer partikeln in i D_2 med en fart v_2 och fullbordar sedan ett halvt varv med radien R_2 . Det elektriska fältet byter riktning efter varje gång som partikeln passerat mellanrummet mellan D_1 och D_2 .



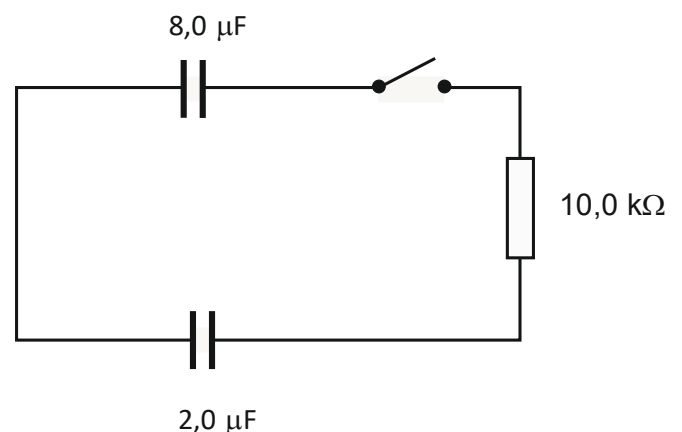
a) Rita en bild av D_1 och markera i punkten P både riktningen på partikelns hastighet och riktningen på den kraft med vilken partikeln påverkas av det magnetiska fältet. Rita också in riktningen på det magnetiska fältet \vec{B} . (1p)

b) Ernest O. Lawrence konstruerade den första cyklotronen 1929. Den accelererade protoner till energier på $1,3 \cdot 10^{-14}$ J. Den maximala bandiametern var 11 cm. Beräkna storleken på det magnetiska fältet \vec{B} i denna cyklotron. (2p)

11. Elektroner med hastigheten v_0 kommer in längs mittlinjen mellan två plattor, se figuren. På grund av det elektriska fältet mellan plattorna böjer elektronerna av från den ursprungliga rörelseriktningen och när de lämnar området mellan plattorna har de avlänkats sträckan d . Hur stort blir avlänkningen om elektronerna istället kommer in i fältet med hastigheten $2v_0$? Fältet mellan plattorna får anses homogent. (2p)



12. En krets består av två kondensatorer och en resistor enligt figuren intill. Över kondensatorn på $8,0 \mu\text{F}$ som är laddade ligger från början en spänning på 0,10 kV. Den andra kondensatorn är då oladdad. Strömbrytaren sluts. Hur mycket energi har kretsen förlorat då strömmen i kretsen minskat till noll? (2p)



Lösningsförslag

1. Givet: kvadratisk form med sidan 150 mm ger ytan $A=0,0225 \text{ m}^2$.

Avståndet mellan plattorna $d=3,0 \text{ mm}$. $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $\epsilon_r = 3,5$, $Q = 1,10 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

Kapacitansen för en plattkondensator $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$ där $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$

$$\text{Kapacitansen är: } C = \frac{3,5 \cdot 8,8542 \cdot 10^{-12} \cdot 0,0225}{0,0030} = 2,3242 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

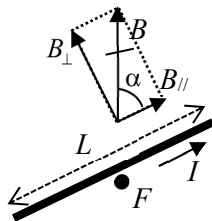
$$\text{Spänningen över kondensatorn: } Q = CU \Leftrightarrow U = \frac{Q}{C}$$

$$\text{Spänningen är: } U = \frac{0,110 \cdot 10^{-6}}{2,3242 \cdot 10^{-10}} = 473,276 \text{ V}$$

Svar: Spänning ska vara 0,47 kV.

2. Givet: $\alpha = 57,5^\circ$, $L = 8,10 \text{ cm}$, $I = 11,8 \text{ A}$ och $B = 8,23 \text{ mT}$

Den magnetiska fältvektorn B delas upp i två komponenter, en parallell med ledaren och en vinkelrät mot ledaren.



Den vinkelräta komponenten $B_\perp = B \sin \alpha$

Den magnetiska kraften på ledaren:

$$F = B_\perp IL \Rightarrow F = 8,23 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 57,5^\circ \cdot 11,8 \cdot 0,0810 = 0,0066343 \text{ N}$$

Enligt högerhandsregeln är kraften riktad mot läsaren vinkelrätt mot papperets plan.

Svar: kraften är 6,63 mN och riktad mot läsaren, vinkelrätt mot papperets plan.

3. Svar: a) åt höger genom motståndet
b) åt vänster genom motståndet
c) åt vänster genom motståndet

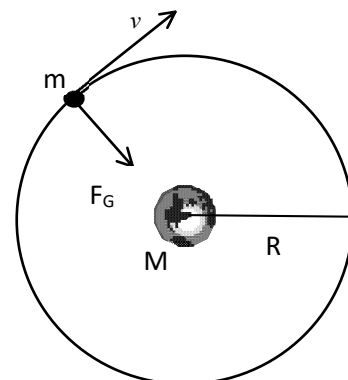
4. Givet: $h = 235 \text{ km}$, $G = 6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, jordens ekvatorradie $r = 6378,14 \text{ km}$

$$M = 5,977 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Satellitens rörelse i banan runt jorden är cirkulär med radien R och den enda kraften som verkar på satelliten är gravitationskraften F_G vilket betyder att kraftresultanten $F_R = F_G$.

Kraftresultanten F_R på satelliten är enligt kraftekvationen:

$$\left. \begin{aligned} F_R &= ma \\ F_G &= \frac{GMm}{R^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow ma = \frac{GMm}{R^2} \Rightarrow a = \frac{GM}{R^2} \text{ där } a = \frac{v^2}{R}$$



Satellitens banfart blir: $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{6,6726 \cdot 10^{-11} \cdot 5,977 \cdot 10^{24}}{(235 + 6378,14) \cdot 10^3}} = 7765,78 \text{ m/s}$

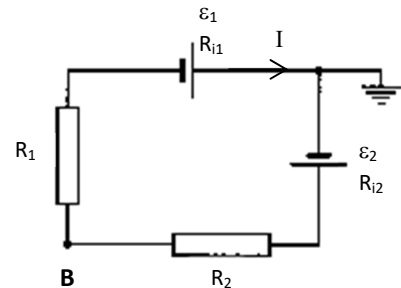
Svar: banfarten är 7,77 km/s.

5. Givet: $\varepsilon_1 = 1,5 \text{ V}$, $R_{i1} = 1,0 \Omega$, $\varepsilon_2 = 3,0 \text{ V}$, $R_{i2} = 1,0 \Omega$, $R_1 = 4,3 \Omega$ och $R_2 = 2,5 \Omega$
potentialvandring medurs med början vid jorden:

$$\varepsilon_2 - R_{i2}I - R_2I - R_1I + \varepsilon_1 - R_{i1}I = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_{i2} + R_2 + R_1 + R_{i1}}$$

Insättning ger: $I = \frac{1,5 + 3,0}{1,0 + 2,5 + 4,3 + 1,0} = 0,51136 \text{ A}$



Potentialen i B blir:

$$\varepsilon_2 - R_{i2}I - R_2I = V_B \Rightarrow V_B = 3 - 1,0 \cdot 0,51136 - 2,5 \cdot 0,51136 = +1,2102 \text{ V}$$

Svar: potentialen i B är +1,2 V

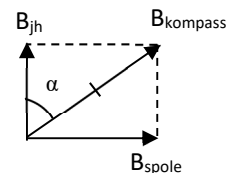
6. Givet: $N = 3$ varv, $2r = 25 \text{ cm}$, $I = 0,74 \text{ A}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$, $\alpha = 34^\circ$

Den magnetiska flödestätheten i centrum av en platt spole med N varv är $B_{spole} = \frac{\mu_0 NI}{2r}$, där $2r$ är spolens diameter. Vi får:

$$B_{spole} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 0,74}{0,25} \text{ T} = 1,11589 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

Kompassnålen påverkas både av detta fält och av det vinkelrätt riktade jordmagnetiska horisontalfältet B_{jh} , se figur.

Då gäller enligt figuren: $\tan \alpha = \frac{B_{spole}}{B_{jh}}$



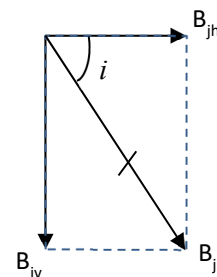
Vilket ger: $B_{jh} = \frac{B_{spole}}{\tan \alpha} = \frac{1,11589 \cdot 10^{-5}}{\tan 34^\circ} \text{ T} = 1,65438 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Svar: Det horisontella jordmagnetiska flödestätheten är 17 μT .

b) Jordmagnetiska fältets totalintensitet B_j kan uppdelas i två mot varandra vinkelräta komponenter B_{jh} och B_{jv} . Inklinationen i är vinkeln mellan B_{jh} och B_j . $i = 69^\circ$

Då gäller:

$$\cos 69^\circ = \frac{1,65438 \cdot 10^{-5}}{B_j} \Leftrightarrow B_j = \frac{1,65438 \cdot 10^{-5}}{\cos 69^\circ} = 4,6164 \cdot 10^{-5}$$



Svar: Den jordmagnetiska flödestätheten är 46 μT .

7. Givet: $v_0 = 3,0 \cdot 10^5$ m/s och $E = 1,5$ kV/m

a) Protonen är en positiv laddning. En positiv laddning ökar sin rörelseenergi då den rör sig i fältriktningen med energin:

$$\Delta E = E_{k1} - E_{k0} \text{ där } E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Ökningen av rörelseenergin motsvarar en lika stor minskning

av elektrisk lägesenergi, $E_p = Fs$: $Fs = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$

Den accelererande kraften är av elektrisk natur och då gäller $F = Eq$ där q är protonens laddning.

Den elektriska energi som tillförs vid accelerationen är:

$$Eq s = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Elektronens hastighet v efter förflyttningen:

$$\frac{2Eq s}{m} + v_0^2 = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2Eq s}{m} + v_0^2}$$

$$\text{Hastigheten blir: } v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1500 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} \cdot 0,05}{1,6726 \cdot 10^{-27}} + (3,0 \cdot 10^5)^2} = 3,2306 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

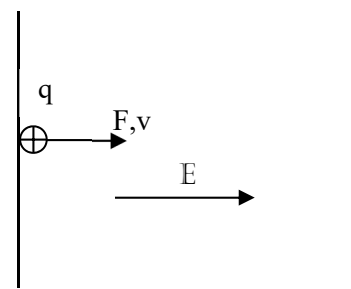
Svar: Hastigheten är 0,32 Mm/s.

b)

$v = v_0 + at$ där $a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m}$ vilket ger tiden:

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{m(v - v_0)}{Eq} \Rightarrow t = \frac{1,6726 \cdot 10^{-27} (3,2306 \cdot 10^5 - 3,0 \cdot 10^5)}{1500 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}} = 1,604979 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

Svar: Det tar protonen 0,16 μ s att röra sig 5,0 cm.



8. Givet: $x = 8,8$ m och $y=0$ då $t=2,4$ s

I x-led sker rörelsen med konstant hastighet:

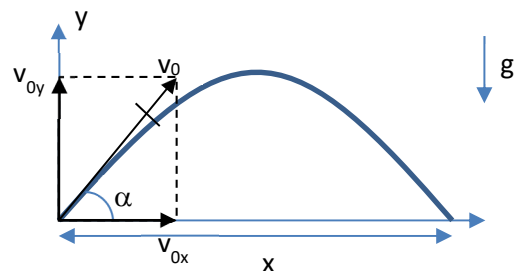
$$v_x = \frac{x}{t} \text{ där } v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$\text{Med värden fås: } v_x = \frac{8,8}{2,4} = 3,6667 \text{ m/s}$$

$$\text{Vilket ger: } v_0 \cos \alpha = 3,6667$$

I y-led sker rörelsen med konstant accelerationen, $a = -g = -9,82 \text{ m/s}^2$.

Höjden över marken varierar enligt $y = v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$ där $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$. Med $y = 0$ då $t=2,4$ s fås:



$$0 = v_0 \sin \alpha \cdot 2,4 - \frac{9,82 \cdot 2,4^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{11,784}{\sin \alpha}$$

Insättning i ekvationen $v_0 \cos \alpha = 3,6667$ ger:

$$\left. \begin{array}{l} v_0 = \frac{3,6667}{\cos \alpha} \\ v_0 = \frac{11,784}{\sin \alpha} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{3,6667}{\cos \alpha} = \frac{11,784}{\sin \alpha} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{11,784}{3,6667} \Rightarrow \alpha = 72,716^\circ$$

Vilket ger hastigheten: $v_0 = \frac{11,784}{\sin 72,716^\circ} = 12,341 \text{ m/s}$

Svar: Utgångshastigheten är 12 m/s med riktningen 73° mot marken.

9. Givet: $R_s = 7,80 \Omega$, $U = 12,0 \text{ V}$, $R = 4,7 \Omega$ och

$$i(t) = i_0 \cdot e^{-12,5t} \text{ A}$$

a) Då $t = 0$ är strömmen genom spolen densamma som innan strömbrytaren sluts:

$$i_0 = \frac{U}{R_i + R} \Rightarrow i_0 = \frac{12,0}{12,5} = 0,96 \text{ A}$$

b) Induktansen L ges av $e = L \left| \frac{di}{dt} \right|$, där

$$\frac{di}{dt} = 0,96 \cdot (-12,5) \cdot e^{-12,5t} = -12,0 e^{-12,5t} \text{ A/s.}$$

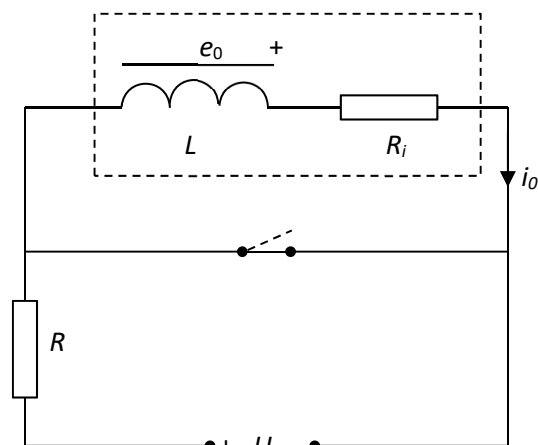
Betrakta ögonblicket $t = 0$. Potentialvandring i övre slingan ger

$$e_0 - R_i \cdot i_0 = 0 \Rightarrow e_0 = R_i \cdot i_0 = 7,8 \cdot 0,96 = 7,488 \text{ V.}$$

Då $t = 0$ är $i = i_0$ och $\frac{di}{dt} = -12,0 \cdot e^0 = -12,0 \text{ A/s}$

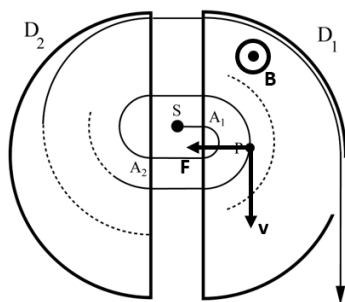
$$\text{induktansen blir: } L = \frac{e_0}{\left| \frac{di}{dt} \right|} \Rightarrow L = \frac{7,488}{12,0} = 0,624 \text{ H}$$

Svar: Spolens induktans är 0,62 H.



10.

a) Enligt högerhandsregeln pekar flödestätheten B , kraften F och hastigheten v enligt figuren:



b) Givet: $E_{\max} = 1,3 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ och $2r = 11 \text{ cm}$

Kraften som verkar på protonen i områdena D_1 och D_2 är den magnetiska kraft, $F_m = Bqv$. Den resulterande kraften blir därför:

$$F = ma = Bqv \text{ där } a = \frac{v^2}{r} \Rightarrow \frac{mv^2}{r} = Bqv \Rightarrow B = \frac{mv}{qr}.$$

Protonerna accelereras upp till den maximala energin $E_{\max} = 1,3 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ vilket ger hastigheten:

$$E_{\max} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_{\max}}{m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,3 \cdot 10^{-14}}{1,6726 \cdot 10^{-27}}} = 3,94267 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\text{Vilket ger: } B = \frac{1,6726 \cdot 10^{-27} \cdot 3,94267 \cdot 10^6}{1,60218 \cdot 10^{-19} \cdot 0,055} = 0,748356 \text{ T}$$

Svar: Flödestätheten är 0,75 T.

11. Givet: avlänkningsen är d då hastigheten är v_0 .

I x-led en likformig rörelse, då gäller $t_d = \frac{s}{v_0}$ där t_d är

tiden då elektronerna avlänkades d mm. Om hastigheten v_0 fördubblas, dvs $v = 2v_0$, blir den nya tiden t_1 :

$$t_1 = \frac{s}{v} = \frac{s}{2v_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{s}{v_0} = \frac{1}{2} \cdot t_d,$$

dvs tiden har halverats. Accelerationen a är oförändrad då hastigheten fördubblas:

$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m}$ vilket visar att om elektriska fältstyrkan E är oförändrad och laddningen q och massan m är konstanter så förblir även a oförändrad.

I y-led en likformigt accelererad rörelse, då gäller $y = v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$, där $v_{0y} = 0$ och $t = t_d \Rightarrow$

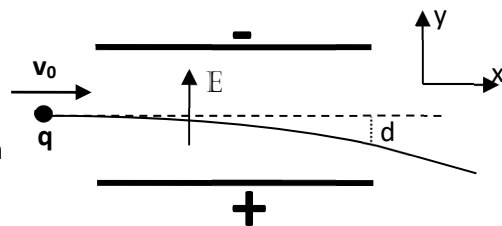
$$\text{avlänkningsen } d = \frac{at_d^2}{2}.$$

Med den nya hastigheten $v = 2v_0$ får vi istället avlänkningsen d_1 . $y = v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$ där $v_{0y} = 0$ och

$t = t_1 \Rightarrow$ avlänkningsen

$$d_1 = \frac{at_1^2}{2} = \left[\begin{array}{l} \text{insättning} \\ \text{av } t_1 = \frac{t}{2} \end{array} \right] = \frac{a \left(\frac{t_d}{2} \right)^2}{2} = \frac{at_d^2}{4 \cdot 2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{at_d^2}{2} = \left[\text{ersätter } \frac{at_d^2}{2} = d \right] = \frac{1}{4} \cdot d$$

Svar: Om hastigheten fördubblas minskar avlänkningsen med 75% eller är $\frac{1}{4}$ av vad den var från början.



12. Givet: $C_1 = 8,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 2,0 \mu\text{F}$, $R = 10,0 \text{ k}\Omega$ och $U = 0,10 \text{ kV}$

Energin i en laddad kondensator ges av:

$$E = \frac{QU}{2} \text{ där } Q = CU \text{ vilket ger } E = \frac{CU^2}{2}$$

Från början är energin:

$$E_1 = \frac{8,0 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

Laddningen på den övre kondensatorn är:

$$Q = 8,0 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 0,00080 \text{ C}$$

Strömbrytaren sluts. I den följande processen är laddningen bevarad, dvs laddningen fördelas på de två kondensatorerna. När strömmen i kretsen har blivit noll ligger samma spänning över de två kondensatorerna.

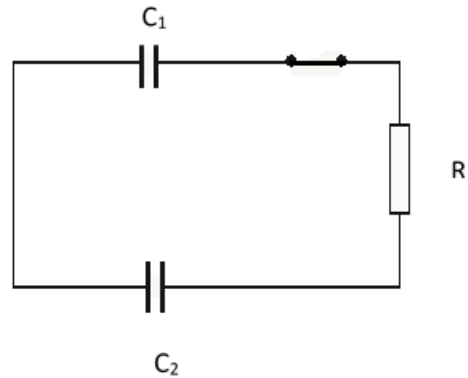
$$Q = C_1 U + C_2 U = U(C_1 + C_2) \Leftrightarrow U = \frac{Q}{C_1 + C_2}$$

Spänningen över kondensatorerna blir:
$$U = \frac{8,0 \cdot 10^{-4}}{(2+8) \cdot 10^{-6}} = 80 \text{ V}$$

Energin i kretsen blir då:
$$E_2 = \frac{QU}{2} = \frac{8,0 \cdot 10^{-4} \cdot 80}{2} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

Energiskillnad:
$$E_1 - E_2 = (4,0 - 3,2) \cdot 10^{-2} = 8,0 \text{ mJ}$$

Svar: Energin i kretsen minskar med 8,0 mJ.



Rättningsmall

Omvandlingsfel t.ex. km/h till m/s; ton till kg	-1p
Avrundningsfel, t.ex. $1,37 \approx 1,3$, $1,41 \approx 1,40$	-1 p/uppgift
Räknefel	-1 p
Fysikaliska fel	-2 p minst
Enhetsfel, t.ex. $F = 3,0 \text{ J}$	-1 p
För få värdesiffror i delberäkning	-1 p/uppgift
Omvandlingsfel i svaret vid frivilligt enhetsbyte	inget avdrag om rätt svar finns tidigare
Felaktigt antal värdesiffror i svaret (+/- 1 OK)	-1 p/tentamen första gången
Odefinierade beteckningar (ej självklara)	-1 p
Ofullständiga lösningar/lösningar svåra att följa	-1 p minst
1. Räknar utan ϵ_0	-2p
2. Riktningen på kraften saknas/fel	-1p
Använder fel vinkel	-1p
Räknar utan vinkel	-2p
3. –	
4. Motivering eller kraftfigur saknas	-1p
Sätter radien till 235 km	-2p
Felaktigt kraftsamband	-2p
5. Teckenfel i potentialvandringen	-2p
Fel jordpunkt	-2p
6. a) Använder formeln för lång spole	-2p
Vektorfigur saknas	-1p
b) -	
7. Använder fel protonmassa	-1p
Kraftfigur saknas	ok
8. -	
9. a) –	
b) svarar med ett negativt värde på L.	-1p
10. a) Fel riktning på F, v eller B	-1p
b) Använder fel protonmassa	-1p
11. Antar ett värde på hastigheten v_0 eller d	-2p
12. Använder $E=QU$	-2p
Antar att spänningen över båda kondensatorerna är 100 V	-2p
Använder $\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	-2p