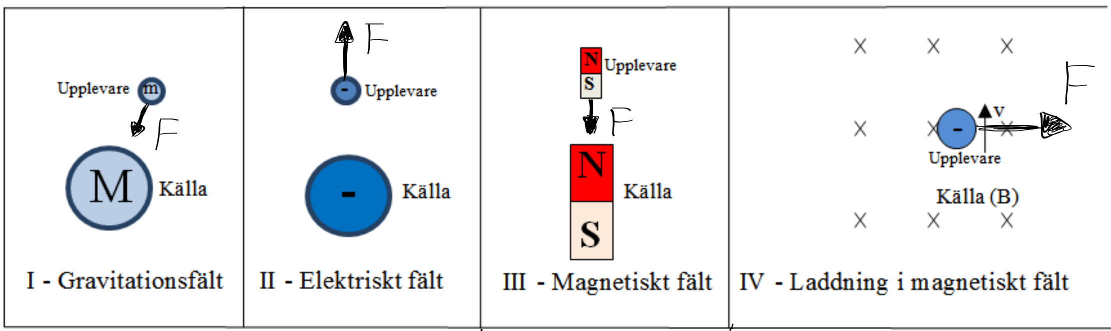
1. Nedanstående bilder visar olika typer av fält och en ”upplevare” av fältet. Rita in kraften som ”upplevaren” har p.g.a. fältet, i figurerna I -IV nedan. *Endast svar krävs!* (2p)



g-fält är alltid attraherande	Lika laddning repellerar	Olika poler mot varandra attraherar	Höger/Vänster-handstank med fingrarna inåt ger F åt höger

2. En rymdfarare befinner sig på en viss höjd över Jordytan där $g = 9{,}2 m/s^2$.
Om den upplevda kraften är $F = 1380\ N$, hur stor är massan på rymdfararen (och rymddräkten)? (1p)

Vid påverkan av g-fält gäller:

$F = m \cdot g$ där g är fältstyrkan vid den aktuella platsen.

$$\Rightarrow m = \frac{F}{g} = \begin{bmatrix} F = 1380\,N \\ g = 9{,}2\,m/s^2 \end{bmatrix} = \frac{1380}{9{,}2} = 150\,kg$$

3. Avgör om påståendena nedan är sanna eller falska. *Motivera ditt svar!* (3p)

a) Massor i ett gravitationsfält kommer alltid följa cirkelbanor.

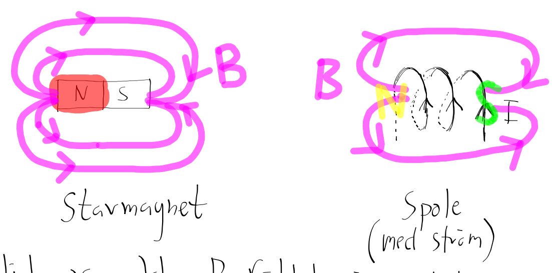
b) Kraften på en laddning i ett elektriskt fält verkar alltid attraherande.

c) Magnetfältet *inuti* en elektrisk spole går från syd- till nordpol.

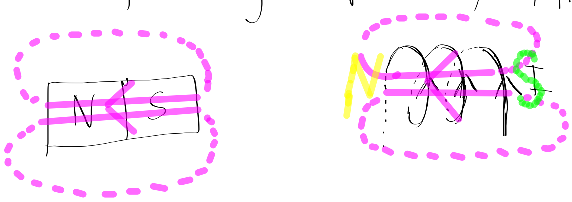
a) Falskt. Det finns betydligt fler exempel på där rörelse i gravitationsfält blir andra banor än rent cirkulära. T.ex vid tappande av ett föremål, eller spark av boll i fotbollsmatch. Cirkelrörelserna kan inträffa vid t.ex rätt hastighet runt en planet, men för det mesta inträffar även då snarare elliptiska banor.

b) Falskt. Kraften kan vara attraherande (om källans och upplevarens tecken har olika laddning), men kan också vara repellerande

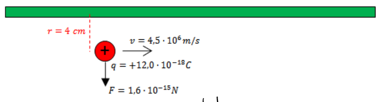
c) Sant. En elektrisk spole (= spole som passeras av ström) kommer att fungera som en s.k. elektromagnet så länge det går ström. Precis som i fallet med en stavmagnet omges en sådan av ett B-fält där fältlinjerna är slutna banor, från Nord till Syd utanför magneten:



En följd av att B-fältet är slutna slingor är att de inuti både magneten och spolen går från Syd till Nord.



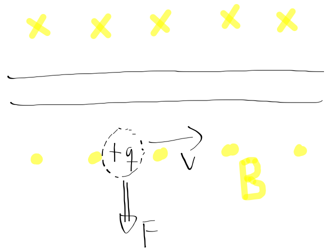
4. Nedanstående bild visar en strömledare och en partikel. Partikeln påverkas av en kraft p.g.a. strömledaren. Bestäm strömmen genom ledaren, I, till storlek och riktning. (3p)

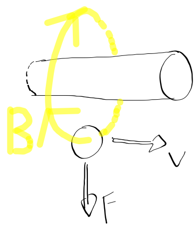


Anledningen till att laddningen påverkas av en kraft är att strömmen i ledaren gör att ledaren omges av ett magnetfält.
Styrkan på B-fältet där ledaren är ges via $F = q \cdot v \cdot B \Rightarrow B = \frac{F}{q \cdot v}$

$$B = \frac{F}{q \cdot v} = \left[\begin{matrix} F = 1{,}6 \cdot 10^{-15} N \\ q = 12 \cdot 10^{-18} C \\ v = 4{,}5 \cdot 10^6\ m/s \end{matrix}\right] = 29{,}6\ \mu T$$

Riktningen ges av högerhandstänk:





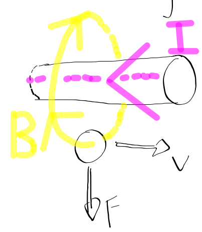
För ledare med ström gäller att det omgivande magnetfältet ges av:

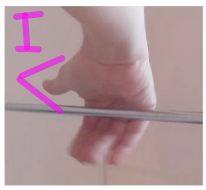
$$B = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$$

Eftersom B och r vid ledaren är känt kan I bestämmas: $I = \frac{B \cdot r}{2 \cdot 10^{-7}}$

$$= \left[\begin{matrix} B = 29{,}6\ \mu T \\ r = 0{,}04\ m \end{matrix}\right] \simeq 5{,}9\ A$$

Högerhandstänket ger strömriktningen till:



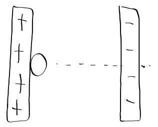


dvs strömmen är $I = 5{,}9\ A$ åt vänster i figuren.

5. En proton accelereras av ett homogent elektriskt fält mellan två laddade plattor. Protonen startar från den positiva plattan och har vid den negativa plattan hastigheten $v = 8{,}4\cdot 10^5 m/s$. Beräkna spänningen mellan plattorna om protonen från början...

a) ...är i vila. (1p)

b) ...har hastigheten $v_0 = 2.4\cdot 10^4 m/s$ (2p)



Oavsett om protonen är i vila eller inte kommer fältet innebära ett energitillskott av storleken $W_E = q\cdot U$

a) Att protonen är i vila innan innebär att den fått all energi från fältet,
Alltså gäller att: Protonens energi vid $\boxed{-}$ = Tillskottet från fältet

$$W_k = W_E$$

$$\frac{mv^2}{2} = q\cdot U$$

Detta gör att U kan bestämmas:

$$U = \frac{mv^2}{2\cdot q} = \left[\begin{array}{l} m = m_{proton} = 1{,}67\cdot 10^{-27}\ kg \\ v = 8{,}4\cdot 10^5\ m/s \\ q = q_{proton} = 1{,}6\cdot 10^{-19}\ C \end{array}\right]$$

$$\approx 3677\ V \approx 3{,}7\ kV$$

b) Samma princip, men nu har protonen redan en viss energi från början. Den totala energin vid den negativa plattan ger då:

$$\underbrace{W_{k_0}}_{\text{Det den hade från början}} + \underbrace{W_E}_{\text{Tillskottet från fältet}} = \underbrace{W_k}_{\text{All energi är i form av rörelse vid } \boxed{-}}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + q\cdot U = \frac{mv^2}{2}$$

U ges nu av: $U = \frac{mv^2 - mv_0^2}{2q} =$

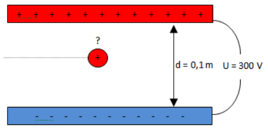
$$= \left[\begin{array}{l} m = 1{,}67\cdot 10^{-27}\ kg \\ v_0 = 2{,}4\cdot 10^4\ m/s \\ q = 1{,}6\cdot 10^{-19}\ C \\ v = 8{,}4\cdot 10^5\ m/s \end{array}\right] \approx$$

$$\approx 3674 \approx 3{,}7\ kV$$

Notera att det blir lägre U i b) eftersom fältet måste tillföra mindre energi.
Pga att hastigheten från början dock var löjligt liten blir skillnaden nästintill försumbar.

6. Protonen i uppgift 5 får sedan fortsätta igenom ett hål i den negativa plattan och kommer sedan till två nya plattor riktade vinkelrätt mot hastigheten (se nedanstående figur) . Mellan dessa plattor är avståndet 0,1 m och spänningen 300 V.
Till protonens stora förvåning fortsätter den dock rakt fram helt opåverkad av plattorna.

Ge en förklaring till hur det kan komma sig att protonen inte verkar påverkas av plattorna. (I förklaringen får även beräkningar ingå) (2p)

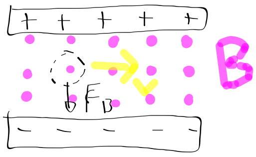


En proton i ett E-fält kommer alltid påverkas av en kraft, enligt $F_E = q \cdot E$.
I detta fallet riktad rakt uppåt
Denna kraft kan inte stängas av, men däremot kan dess verkan begränsas genom att lägga till en annan kraft, riktad nedåt.

Denna kan lämpligtvis fås genom att strategiskt infört B-fält.

Detta B-fält måste uppfylla två saker:

* Kraften ska bli nedåt på en positiv partikel åt höger ⇒ Riktningen blir ut ur bilden enl. högerhandsregeln



* Storleken ska innebära att kraften uppåt (F_E) blir lika som den nedåt (F_B) ⇒

$F_B = F_E$

$q \cdot v \cdot B = q \cdot E$

$B = \frac{E}{v}$ där E fås via det homogena fältet:

$E = \frac{U}{d} = \frac{300\ V}{0,1\ m} = 3000\ V/m$

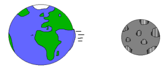
och v via uppg. 5:

$v = 8,4 \cdot 10^5\ m/s$

Styrkan bör alltså vara: $B = \frac{3000}{8,4 \cdot 10^5} = 3,6\ mT$

7A **Tidvatten och månen**

Tidvatten är ett fenomen som innebär att vattennivån på vissa delar av Jorden höjs.
Detta brukar förklaras med att det vattnet befinner sig i Månens gravitationsfält.
Det gäller ju dock hela Jorden, så för att förstå tidvatteneffekten studerar man *skillnaden i gravitationsfältets styrka på vattnet närmast Månen och vattnet som ligger längst bort*. Gör lämpliga beräkningar och beräkna vattnets tidvattenpåverkan från Månen.
Jämför med motsvarande från Solen och med gravitationsfältstyrkan från Jorden. (4p)



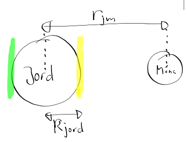
Via formelbladet:

Jorden	Månen
Medelradie = 6371 km	*Medelradie = 1737 km*
Massa = 5,97 · 10^24 kg	*Massa = 7,35 · 10^22 kg*
Medelavstånd till solen = 1,50 · 10^11 m	*Medelavstånd till Jorden = 3,84 · 10^8 m*

Solen

Medelradie = 696 000 km
Massa = 1,99 · 10^30 kg

Jord / Måne:



För både främre och bortre delen av Jorden gäller:
M = månens massa $= 7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg

Däremot gäller olika avstånd:

Främre: $r_f = r_{jm} - R_{jorden} = \left[\begin{array}{l}\text{Enl. tabellerna} \\ r_{jm} = 3{,}84 \cdot 10^{8}\,m \\ R_{jorden} = 6{,}371 \cdot 10^{6}\,m\end{array}\right]$

$= 377{,}629 \cdot 10^{6}\,m$

Det ger $g_{främre} = G \cdot \frac{M}{r^2} = \left[\begin{array}{l} G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \\ M = 7{,}35 \cdot 10^{22}\,kg \\ r = r_f \end{array}\right]$

$= 34{,}378.. \cdot 10^{-6}\,m/s^2$

På samma sätt fås:

Bakre: $r_b = r_{jm} + R_{Jorden} = 390{,}371 \cdot 10^{6}\,m$

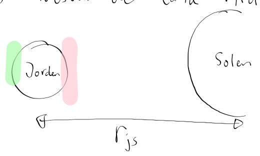
Det ger $g_b = G \cdot \frac{M}{r^2} = \left[r = r_b \right] =$

$= 32{,}170.. \cdot 10^{-6}\,m/s^2$

Skillnad mellan främre och bakre $\Rightarrow$
$g_f - g_b = 2{,}21 \cdot 10^{-6}\,m/s^2$

Det är alltså en mkt liten skillnad, men tillräcklig för att orsaka tidvattenfenomenet.

Görs motsvarande tänk med solen fås:



M = Solens massa $= 1{,}99 \cdot 10^{30}\,kg$
$r_{js} = 1{,}5 \cdot 10^{11}\,m$

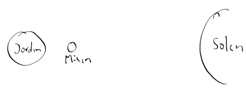
$g_f = G \cdot \frac{M}{r_f^2} = 5{,}8997... \cdot 10^{-3}\,m/s^2$

$g_b = G \cdot \frac{M}{r_b^2} = 5{,}8987... \cdot 10^{-3}\,m/s^2$

Skillnaden blir: $g_f - g_b = 1{,}0022 \cdot 10^{-6}\,m/s^2$

$\Rightarrow$ Solens tidvattenpåverkan på Jorden är mindre än hälften av Månens.

Störst tidvatteneffekt fås då dessa kombineras dvs då Solen och Månen står i samma linje:



Detta fenomen kallas Springflod

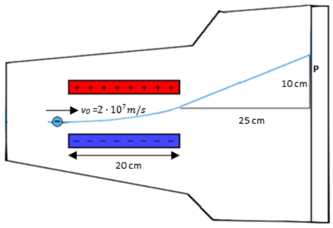
OBS! Eg. ska man inte bara jämföra främre och bakre utan alla punkter, dvs integrera fältet över hela Jorden. Då fås större precision, men det blir matematiskt krångligare.

7B **"Tjock-TV"**

I den äldre varianten av TV-apparater accelereras elektroner för att sedan *riktas om* via elektriska fält. Därefter träffar elektronen en skärm och en bildruta tänds en kort stund. I denna uppgift gäller det att i en förenklad variant av detta bestämma hur spänningen mellan de riktande plattorna ska väljas för att träffa en specifik plats på skärmen.

Använd nedanstående värden för att bestämma elektriska fältets styrka E så att elektronen träffar punkten P.

(4p)

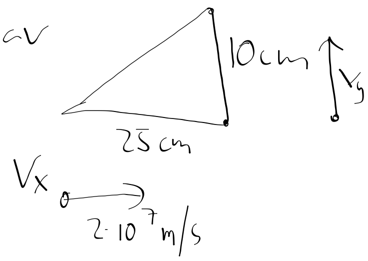


I x-led är hastigheten konstant, dvs $v_x = v_0 = 2 \cdot 10^7 m/s$

Detta ger oss tiden i fältet enligt: $s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{0{,}2}{2 \cdot 10^7} = 1 \cdot 10^{-8} s$

Under denna tid påverkas elektronen av en kraft uppåt, $F_E = q \cdot E$, och totalt har den kraften "flyttat upp" elektronen sträckan s då den lämnar fältet. Detta pga en hastighet uppåt.

Den ges av



$v_y = \frac{10}{25} \cdot v_x = \frac{10}{25} \cdot 2 \cdot 10^7 = 8 \cdot 10^6 m/s$

I y-led gäller: konstant acceleration från 0 till $8 \cdot 10^6 m/s$ på $t = 1 \cdot 10^{-8} s$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^{-8}} = 8 \cdot 10^{14} m/s^2$$

Newton II: $F_{res} = m \cdot a = \left[\begin{array}{l} m = \text{elektronmassan} = 9{,}11 \cdot 10^{-31} kg \\ a = 8 \cdot 10^{14} m/s^2 \end{array} \right] = 7{,}3 \cdot 10^{-16} N$

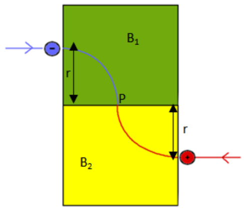
Den resulterande kraften är densamma som F_E eftersom tyngdkraften kan försummas.

$F_{res} = F_E \Rightarrow 7{,}3 \cdot 10^{-16} = q \cdot E \Rightarrow \left[q = 1{,}6 \cdot 10^{-19} C \right]$

$$E = \frac{7{,}3 \cdot 10^{-16} N}{1{,}6 \cdot 10^{-19} C} = 4550 N/C = 4550 V/m$$

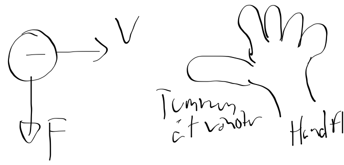
7C **"LHC-light"**

En fysiker har konstruerat en maskin för att krocka elektroner och protoner i en spektakulär snurr. Principen bygger på magnetfält med olika riktning och visas i skissen till höger. Anta att **elektronerna** kommer in med ***dubbelt så hög fart*** som protonerna men med samma avstånd *r*. Hur ska då magnetfälten B_1 och B_2 väljas (till storlek och riktning) för att uppnå en krock i punkten P mellan fälten? (4p)



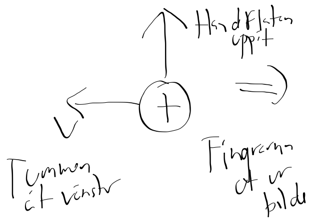
För en laddad partikel i ett magnetfält gäller:

$F = q\cdot v\cdot B$ vinkelrät mot hastigheten enl. högerhandsregeln.



$\Rightarrow$ B_1 ska vara riktat inåt

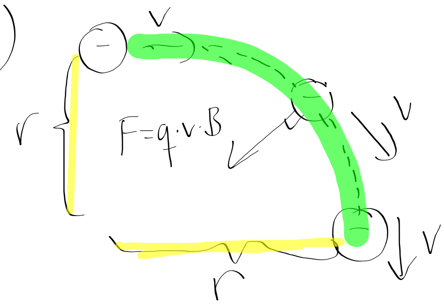
× × × ×



$\Rightarrow$ B_2 ut ur bilden

o o o
o o o

b)



v är lika stor hela tiden! F ändrar endast riktningen.

$$F = F_C = \frac{mv^2}{r}$$

$$q\cdot v\cdot B = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv^2}{q\cdot v\cdot B} = \frac{mv}{q\cdot B}$$

Hastighetens storlek är konstant!

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \left[s = \text{Fjärdedels cirkel} = \frac{2\pi r}{4} = \frac{1}{2}\pi\cdot r \right]$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\pi\cdot r}{v} = \left[r = \frac{m\cdot v}{q\cdot B} \right]$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\pi\cdot\frac{mv}{q\cdot B}}{v} = \left[\text{v kan strykas!} \right] =$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\pi\, m}{q\cdot B} = \left[\begin{array}{l} \text{Elektron:} \\ m = 9{,}11\cdot10^{-31}\,\text{kg} \\ q = 1{,}6\cdot10^{-19}\,\text{C} \\ B = 3\cdot10^{-3}\,\text{T} \end{array} \right]$$

$$= \frac{\frac{1}{2}\pi\cdot 9{,}11\cdot10^{-31}}{1{,}6\cdot10^{-19}\cdot 3\cdot10^{-3}} = 3\cdot10^{-9}\,\text{s}$$

$$= 3\,\text{ns}$$