

ONS. 22 april 09

Magnetisme

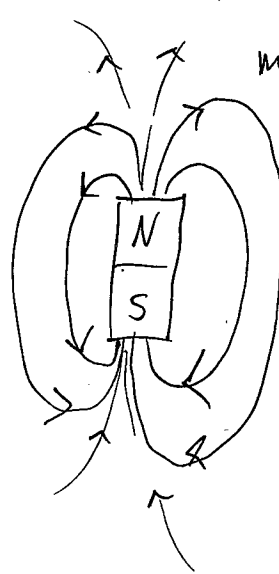
Magnetiske krefter er fjernkrefter som virker mellom ladninger i bevegelse.

Nyttig å beskrive de magnetiske kreftene ved hjelp av magnetiske felt.

Ladninger i bevegelse gir opphav til magnetiske felt.

Ladde partikler som beveger seg påvirkes av et magnetisk felt.

Stavmagnet



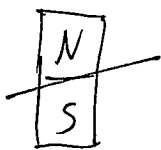
magnetisk feltlinjer/linjer

Nord pol

sørpol

Hvis en magnet deles opp får vi nye magneter

"magnetisk dipol"



(monopoler)

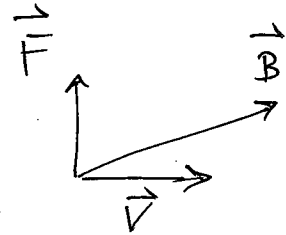
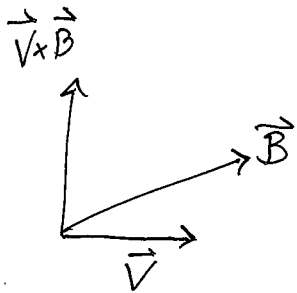
Det finnes ikke magnetisk ladning.

Jorden har et magnetisk felt. Aksen for magnetfeltet avviker litt fra den geografiske Nord-Syd pol. Nordpolen (geografisk) er en magnetisk sydpol.

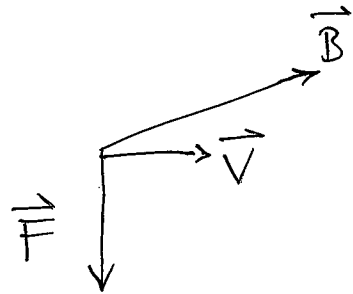
La \vec{B} være et magnetfelt.

Det virker en kraft \vec{F} på en ladd partikkel med ladning q og fart \vec{v} :

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$



$q > 0$



$q < 0$

Enheden til et magnetfelt er $N/C \cdot m/s$

$$= N \cdot s / C \cdot m = N/A \cdot m$$

Denne enheden kalles Tesla (T)

[en annen enhet er Gauss. $1G = 10^{-4}T$]

$$\text{Totalkraften } \vec{F}_{el} + \vec{F}_{mag} = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

kalles Lorentz kraften.

Merke at magnetiske krefter ikke utfører arbeid på en partikkel i bevegelse!

(Kraften og bevegelsesretningen er vinkelrette.)

Magnetfelt endrer retning men ikke størrelsen på farten til en ladd partikkel.

(homogent magnet felt)

Notasjon: Magnetfelt inn i planet

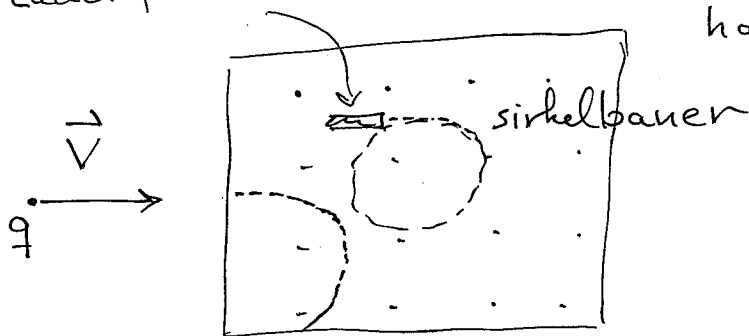
x x x
x x x
x x x

Magnetfelt ut av planet

. . .
. . .
. . .

Ladet partikkel skytes ut

homogent magnetfelt \vec{B}



Ladning
 $q > 0$

masse m

fart \vec{v} vinkelrett på magnetfeltet \vec{B} .

$$F_{\text{mag}} = q v \cdot B$$

akselerasjonen $a = \frac{F_{\text{mag}}}{m} = \frac{q \cdot v \cdot B}{m}$

$$= \frac{v^2}{R} \quad \text{sentripetalakselerasjonen.}$$

$$\frac{q \cdot v \cdot B}{m} = \frac{v^2}{R}$$

(deles med $v \neq 0$)

$$\frac{q \cdot B}{m} = \frac{v}{R}$$

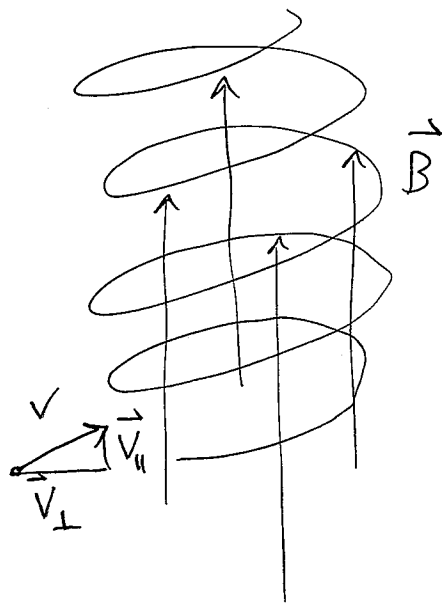
(fortsett at $q > 0$)

Så $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$

Perioden for rotasjonen : $T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi \cdot m}{q \cdot B}$

(tiden det tar å rotere en gang)

Vinkel frekvens = $\frac{v}{R} = \frac{q \cdot B}{m}$



homogent
magnetisk felt.

v_{\perp} vinkelrett på \vec{B}
 v_{\parallel} parallell til \vec{B} .

$q < 0$

$$\begin{aligned} \vec{F} &= q \vec{v} \times \vec{B} \\ &= q (\vec{v}_{\perp} + \vec{v}_{\parallel}) \times \vec{B} &= q \vec{v}_{\perp} \times \vec{B} + \vec{v}_{\parallel} \times \vec{B} \end{aligned}$$

$F = |\vec{F}| = |q| |\vec{v}_{\perp}| \cdot |\vec{B}|$. vinkelrett på \vec{B} .

Rotasjonen vinkelrett på \vec{B} og bevegelse (\vec{v}_{\parallel})
langs \vec{B} .

Radiusen til rotasjonsbevegelsen

er $R = \left| \frac{m \cdot v_{\perp}}{q \cdot B} \right|$.

Eksempel

Elektron sent inn i atmosfæren.

Fart $V = 10^6 \text{ m/s}$

$$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Anta $B = 5 \cdot 10^4 \text{ T}$

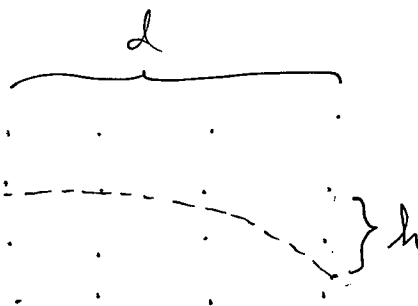
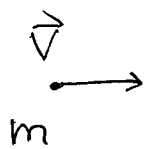
Anta V og B er vinkelrette

(V er fartskomponenten vinkelrett på B)

Hva er radien til spiralbanen

$$R = \frac{V \cdot m}{q \cdot B} \quad \begin{array}{l} \text{setter inn} \\ = \frac{9.1}{8} \cdot 10^{-2} \text{ m} \end{array}$$

ca 1 cm



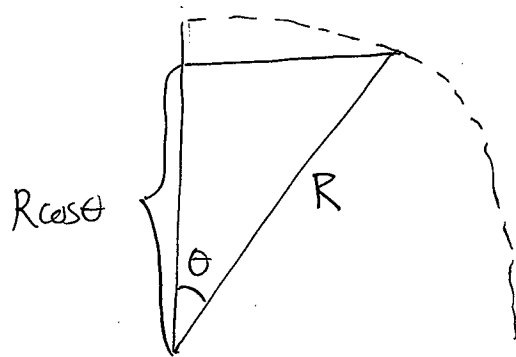
homogent magnetfelt \vec{B}

\vec{v} vinkelrett på \vec{B}

$q > 0$

Hvæ er ladningen q uttrykt ved hjelp av m, v, B, d, h .

Brøker d og h til å finne radiusen til sirkel banen.



$$h = R - R \cdot \cos \theta$$

$$d = R \cdot \sin \theta$$

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$(R \cdot \cos \theta)^2 = (R - h)^2$$

$$(R \cdot \sin \theta)^2 = d^2$$

$$: R^2 \cos^2 \theta = R^2 - 2Rh + h^2$$

$$: R \sin^2 \theta = d^2$$

$$R^2 = R^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) = R^2 - 2Rh + h^2 + d^2$$

trekker R^2 fra begge side:

$$0 = h^2 + d^2 - 2Rh$$

$$(2h)R = h^2 + d^2$$

$$R = \frac{h^2 + d^2}{2h}$$

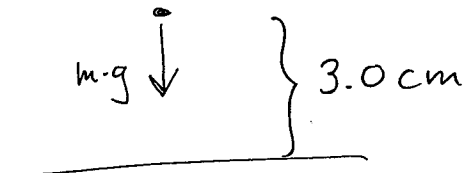
$$R = \frac{v \cdot m}{q \cdot B}$$

$$\text{Så } q = \frac{v \cdot m}{R \cdot B} = \frac{v \cdot m}{B} \cdot \frac{2h}{h^2 + d^2}$$

Oppg 2

28 mai 2003

a)



La T være tiden det tar for partikkelen å falle ned til platen.

$$\frac{1}{2}gT^2 = \frac{d}{2} = 3.0 \text{ cm}$$

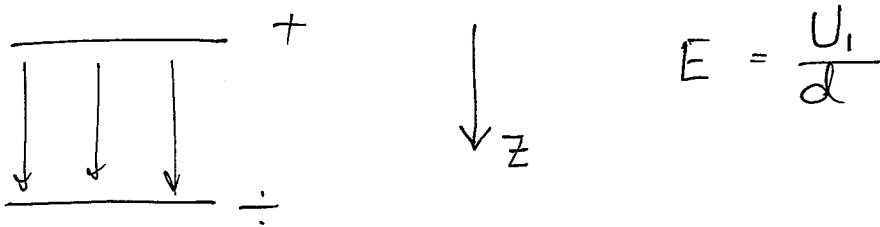
$$T = \sqrt{\frac{d}{g}} = \underline{0.078 \text{ s}}$$

↓
(+retning)

↓ g konstant akselerasjon

$$V = gt + V_0 \quad \text{fart}$$

$$S = \frac{1}{2}gt^2 + V_0t + S_0 \quad \text{posisjon}$$



Partikkelen blir liggende i ro

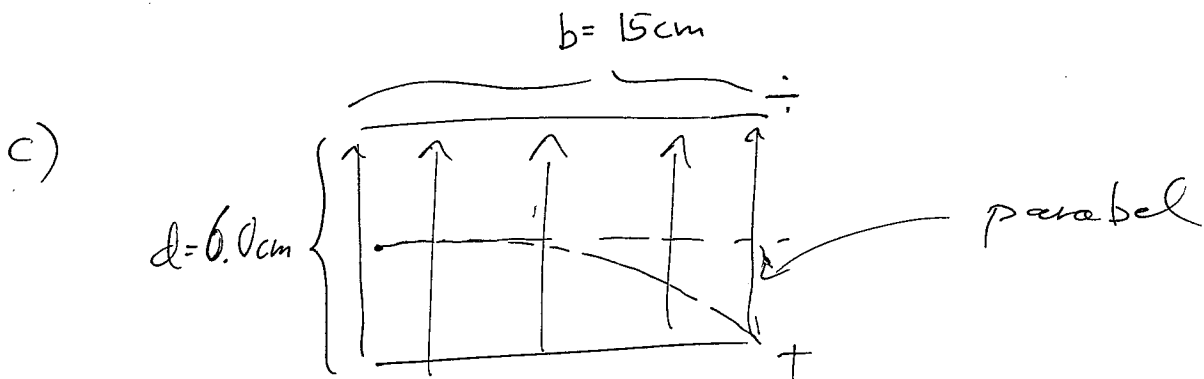
når $\vec{F}_{el} + \vec{F}_{grav} = 0$

$$q \cdot E + m \cdot g = 0$$

$$q = \frac{-mg}{E} = \frac{-m \cdot g \cdot d}{U_1}$$

$$= \frac{7.2 \cdot 10^{-9} \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2}{1.2 \text{ Nm/C} / 0.060 \text{ m}} = -3.5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$= \underline{\underline{-3.5 \text{ nC}}}$$



elektronet forlater feltet nederst i høyre hjørne.

$$U = -45 \text{ V}$$

Akselerasjonen til elektronet mellom platene er

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}, \quad \text{og}$$

retningen er (vertikalt) nedover.

$$a = 1.3 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$$

c) (forts.)

og d) Tiden elektronet er i feltet er $t = \frac{b}{v_0}$.
Den vertikale forflyttingen i det konstante elektriske feltet er $\frac{1}{2} a \cdot t^2$. Dette skal være lik $d/2$. så $a \cdot t^2 = d$

$$a = \frac{q \cdot U}{m \cdot d} \quad \text{gir}$$

$$\frac{q \cdot U}{m \cdot d} \cdot \left(\frac{b}{v_0}\right)^2 = d$$

$$\text{så} \quad v_0 = \sqrt{\frac{q \cdot U}{m \cdot d}} \cdot \frac{b}{d} \\ = \underline{\underline{7,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}}}$$

d) e) $\vec{F}_{\text{mag}} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

$\vec{v} \rightarrow$ kraften må ha retning \uparrow (slik at totalkraften blir $\vec{0}$). Høyrehandsregelen kombinert med $q < 0$ gir at magnetfeltet B må peke ut av planet og være vinkelrett på planet. (eventuelt ha komponenter i retning \vec{v}) i tillegg

$$|F_{\text{mag}}| = |F_{\text{el}}|$$

$$|q|v \cdot B = |q| \cdot E \quad \text{så} \quad B = \frac{E}{v} = \frac{U/d}{v} = \frac{U}{v \cdot d}$$

Absolutt verdien til magnetfeltet

$$B = \frac{45 \text{ V}}{7 \cdot 10^6 \text{ m/s} \cdot 0,060 \text{ m}} = \underline{\underline{1,1 \cdot 10^{-4} \text{ T}}}$$