

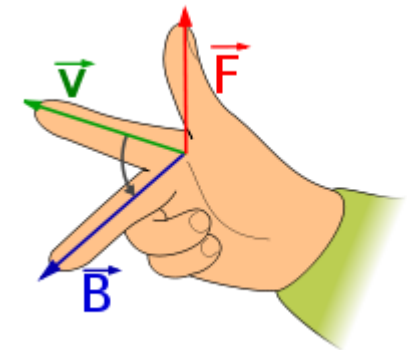
Liikkuva varattu hiukkanen magneettikentässä

- Nopeudella $\vec{v}$ liikkuvaan hiukkaseen, jonka varaus on q , vaikuttaa magneettinen voima

$$F_m = qvB$$

- Magneettivuon tiheyden $\vec{B}$ ja hiukkasen nopeuden $\vec{v}$ täytyy olla kohtisuorassa
- Jos nopeusvektori ei ole kohtisuorassa magneettikenttää vastaan, niin laskuissa on käytettävä nopeusvektorin magneettikentälle kohtisuoraa komponenttia
 - tai vastaavasti magneettikentän kohtisuoraa komponenttia nopeusvektorille

Muista oikean käden sääntö!



positiiviselle varaukselle q
negatiiviselle varaukselle
vastakkainen suunta (tai
vasemman käden sääntö)

Varatun hiukkasen rata

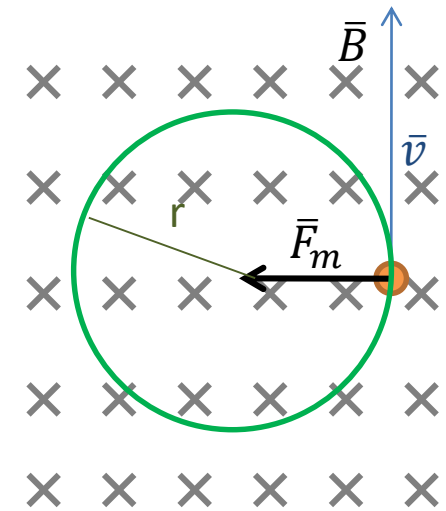
- Tarkastellaan positiivisesti varautuneen hiukkasen liikettä tyhjiössä, kun hiukkasen tulee kohtisuorasti vakionopeudella homogeeniseen magneettikenttään. (Muiden voimien, kuten painovoiman, vaikutus on mitätön.)
- Magneettisen (nopeuteen nähden kohtisuoran) voiman vuoksi hiukkasen joutuu ympyräradalle, jolloin liikeyhtälö on Newtonin II lain mukaisesti

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_n \Rightarrow qvB = m\frac{v^2}{r} \Leftrightarrow qB = m\frac{v}{r}$$

- Ympyräradan säteelle saadaan lauseke $r = \frac{mv}{qB}$.
- Hiukkasen kulmanopeus:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{v}{mv/qB} = \frac{1}{m/qB} = \frac{qB}{m}$$

- Ei riipu hiukkasen nopeudesta v (eikä radan säteestä r).



t. 7-10

- a) Lasketaan ensin deutronien nopeus liike-energian $E_k = 9,6 \text{ MeV}$ (eV = elektronivoltti) avulla. Deutronin (protoni + neutroni) massa on taulukkokirjan mukaan $m = 2,013\,5532 \text{ u}$. Tässä u on ns. *atomimassayksikkö*.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} \approx 3,033 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

TI-Nspire:

$$\sqrt{\frac{2 \cdot 9.6 \cdot 10^6 \cdot \text{eV}}{2.0135532 \cdot \text{amu}}} \quad 30331906.4738 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tällä nopeudella kierrosaika uloimmalla ympyräradalla (säde $r = 0,45 \text{ m}$) on

$$T = \frac{s}{v} = \frac{2\pi r}{v} \approx 9,3216 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot 0.45 \cdot \text{m}}{30331906.473812 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}} \quad 9.32164745619\text{E-}8 \cdot \text{s}$$

Pyörimisnopeus ja samalla kiihdytysjännitteen taajuus on

$$f = \frac{1}{T} \approx 10\,727\,700 \text{ Hz} \approx 11 \text{ MHz}$$

$$\frac{1}{9.3216474561927\text{E-}8 \cdot \text{s}} \quad 10727717.4416 \cdot \text{Hz}$$

b) Deuteroni joutuu ympyräradalle, koska magneettikenttä on kohtisuorassa hiukkasen nopeusvektoriin $\vec{v}$ nähden. Tällöin magneettisen voiman suuruus on $F_m = qvB$.

Tässä $q = e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C (alkeisvaraus) ja B on kysytty magneettivuon tiheys.

Newtonin II lain mukaisesti liikeyhtälö on $\sum \vec{F} = m\vec{a}_n$, missä normaalikiihtyvyyden suuruus on $a_n = \frac{v^2}{r}$.

Ainoa tilanteessa oleellisesti vaikuttava voima on magneettinen voima F_m , joten liikeyhtälö voidaan kirjoittaa skalaarimuotoon

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

Magneettivuon tiheys on siis

$$B = \frac{mv}{qr} \approx 1,4 \text{ T}.$$

$\frac{2.0135532 \cdot \text{amu} \cdot 30331906.473812 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{q \cdot 0.45 \cdot \text{m}}$	$1.40665957491 \cdot \text{T}$
--	--------------------------------