

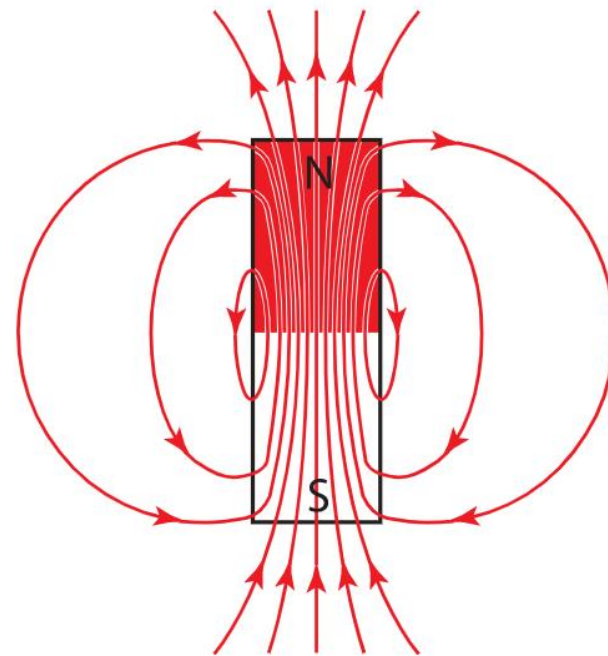
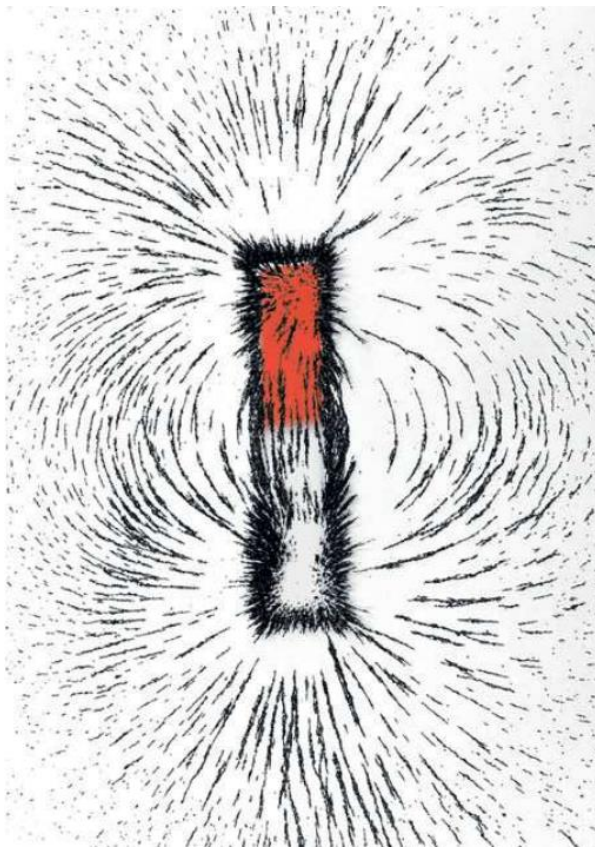
FY6

Magneettikenttä

Magneettikenttä

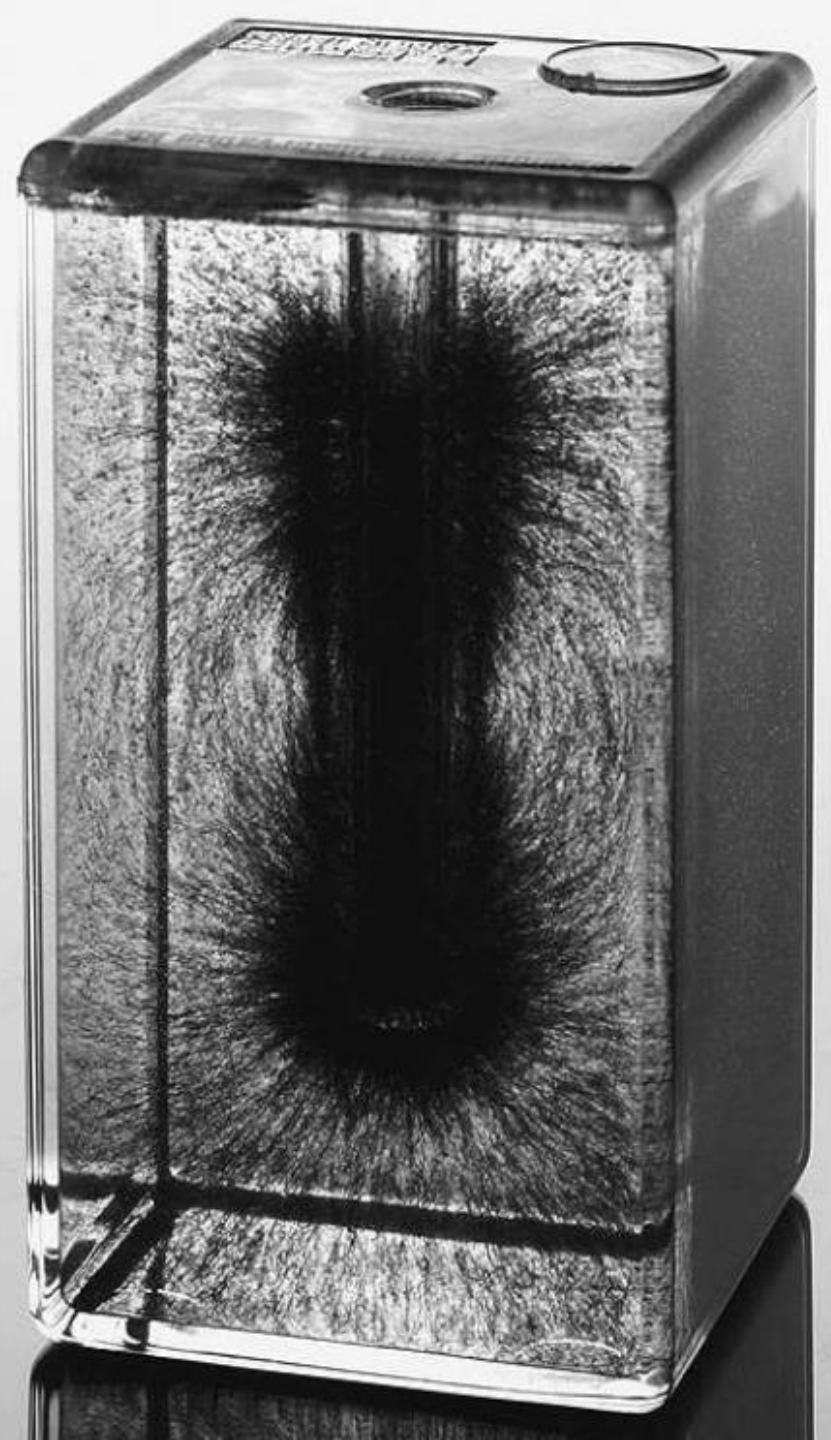
Tutkimus 1 s. 52

Magneettikenttä



Magneettikenttä

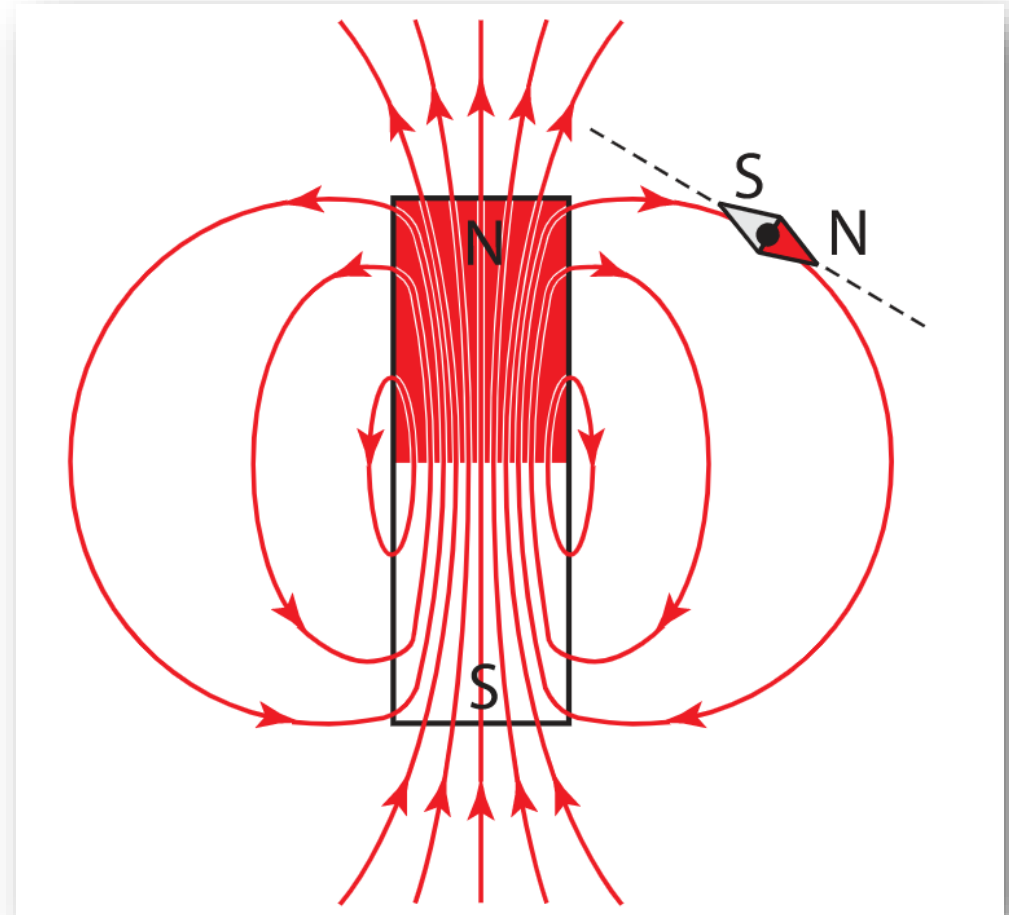
- Magneettikenttä on kolmiulotteinen



Magneettikentän suunta

Magneettikentän kenttäviivat ovat **sulkeutuvia käyriä**. Niiden suunta magneetin ulkopuolella on pohjoiskohtiosta eteläkohtioon.

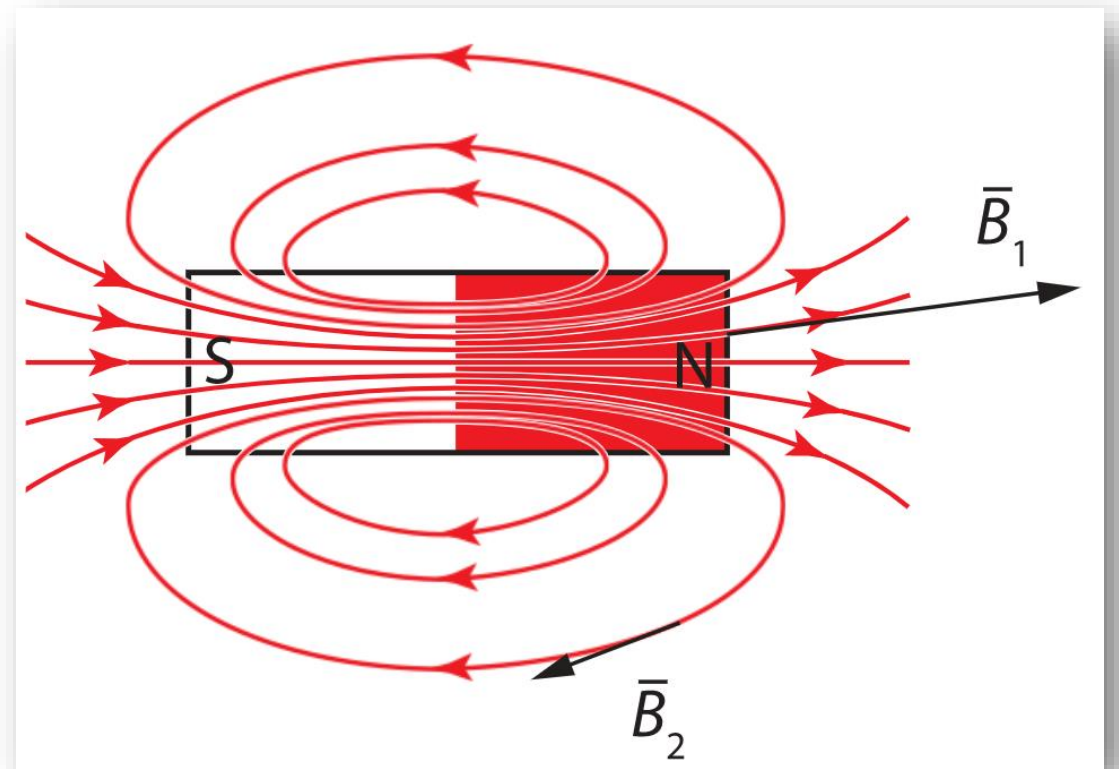
Kompassineulan pohjoiskohtio (N) osoittaa magneettikentän suunnan.



Magneettikentän voimakkuus

Magneettikentän voimakkuutta kuvaa suure **magneettivuon tiheys**.

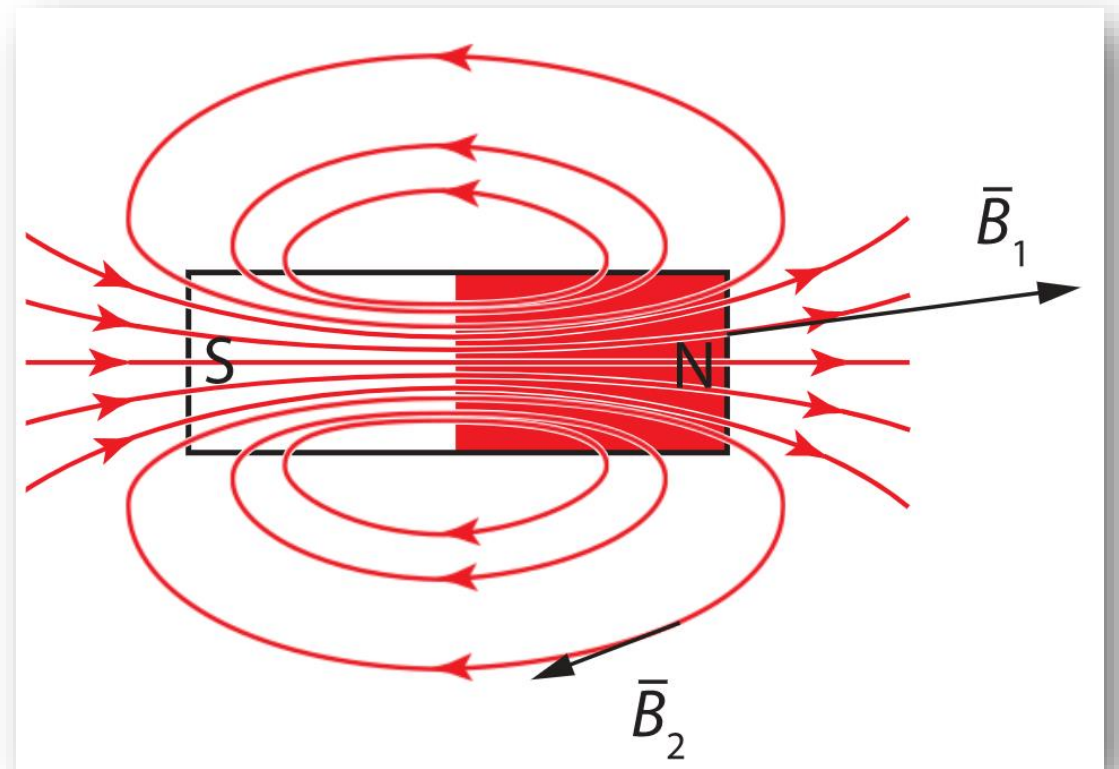
Suureen tunnus on $\vec{B}$ ja yksikkö tesla (T).



Magneettivuon tiheys

Kuvassa magneettivuon tiheyden **suunta on kenttäviivan tangentin suunta**.

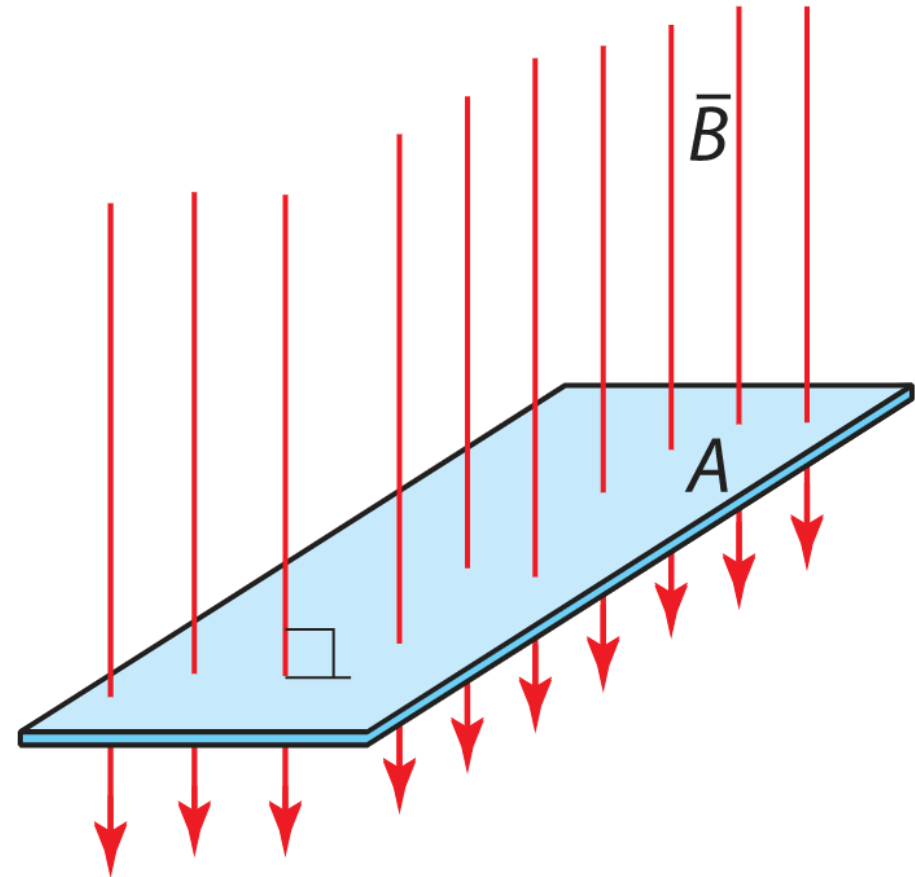
Mitä tiheämmässä kenttäviivat ovat, **sitä voimakkaampi** magneettikenttä on.



Magneettivuo

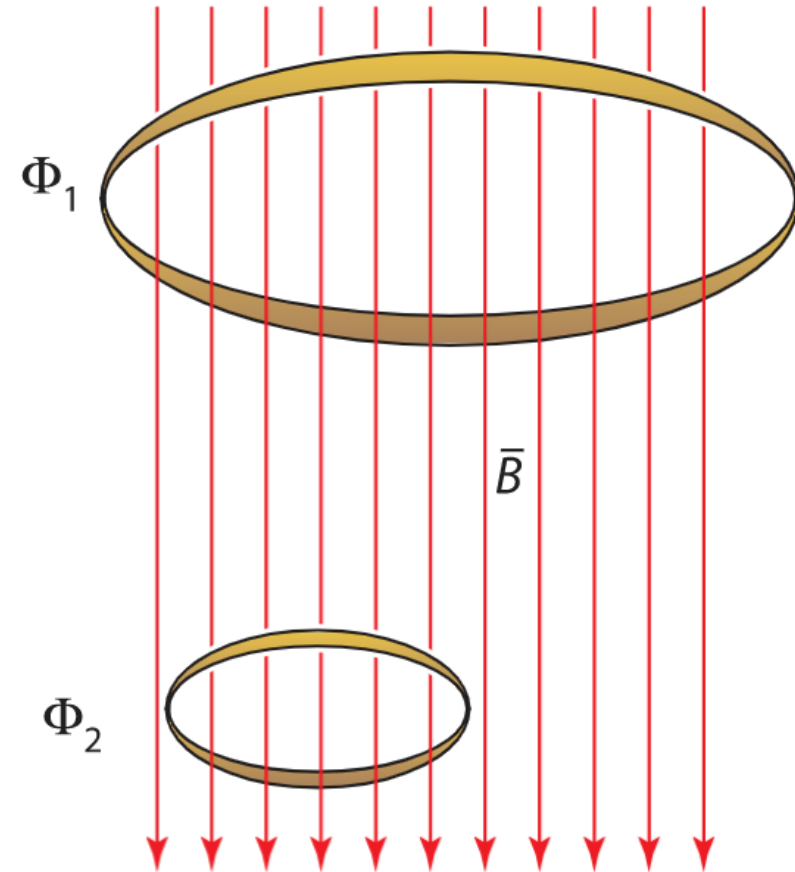
Magneettikenttää vastaan kohtisuoran pinnan läpi kulkevien kenttäviivojen lukumäärää kuvaa suure **magneettivuo**.

Suureen **tunnus on Φ** ja **yksikkö weber (Wb)**



Magneettivuo

Pohdi, kumpi magneettivuo,
 Φ_1 vai Φ_2 , on suurempi?



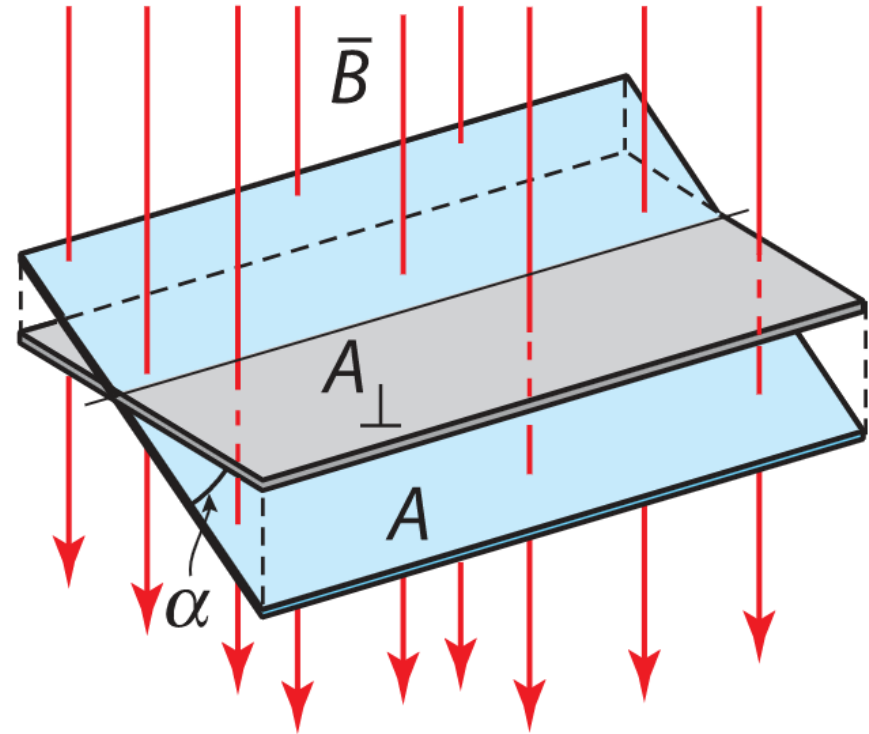
Magneettivuo

Magneettivuo lasketaan kaavalla

$$\Phi = AB$$
, missä

A = kenttää vastaan kohtisuoran pinnan ala

B = magneettivuon tiheyden suuruus

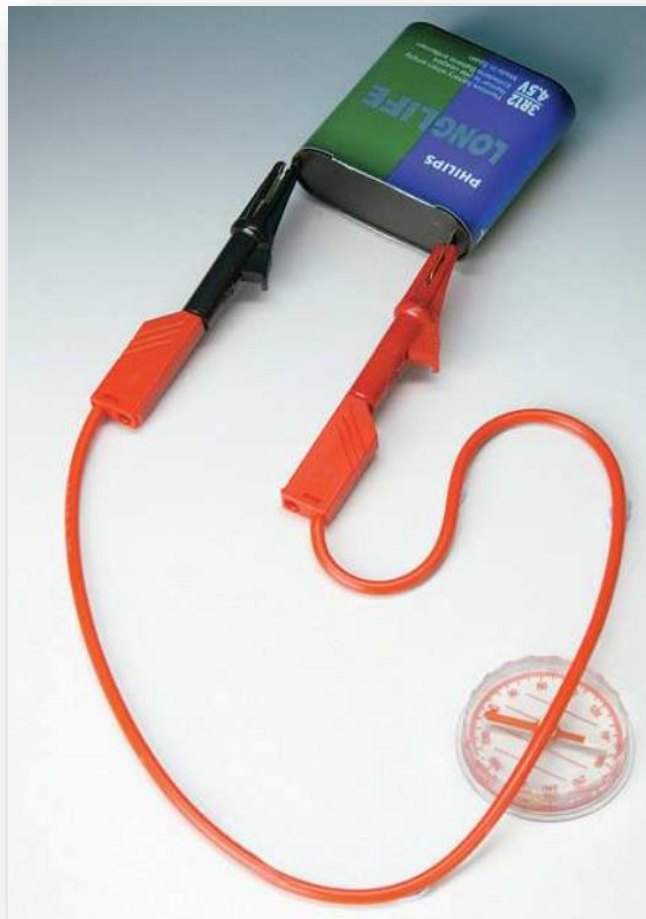


$$\Phi = A_{\perp} B = A \cos \alpha \cdot B$$

Suoran virtajohtimen magneettikenttä

Tutkimus 2 s. 52

Suoran virtajohtimen magneettikenttä

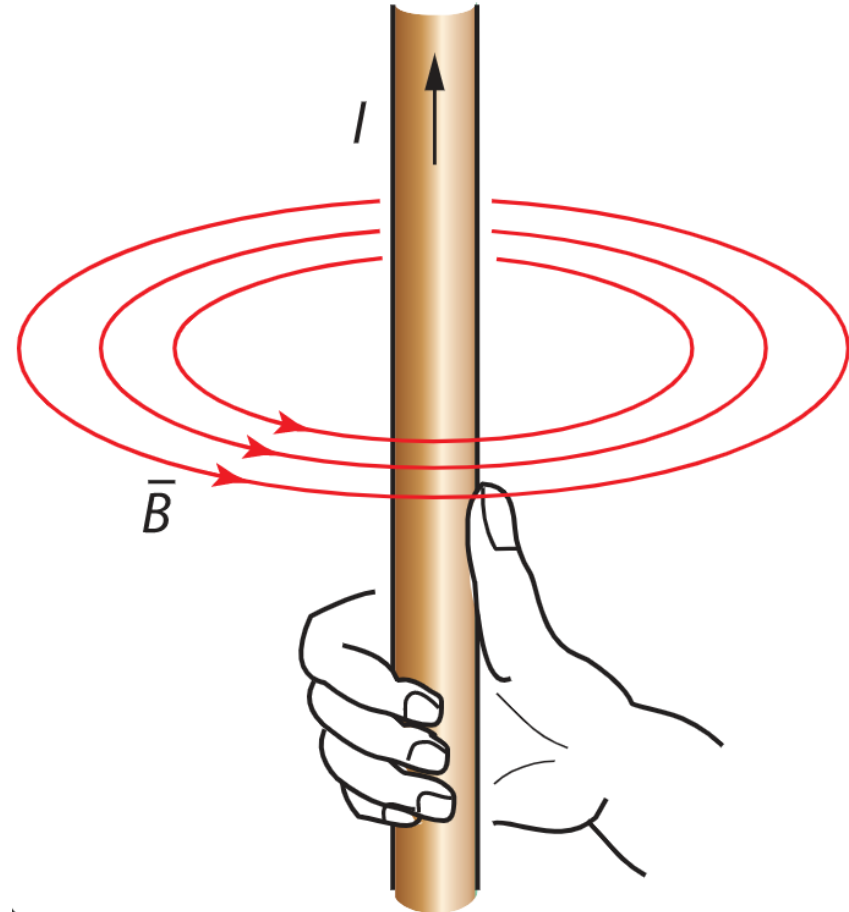


Suoran virtajohtimen magneettikenttä

Sähkövirta synnyttää suoran johtimen ympärille magneettikentän.

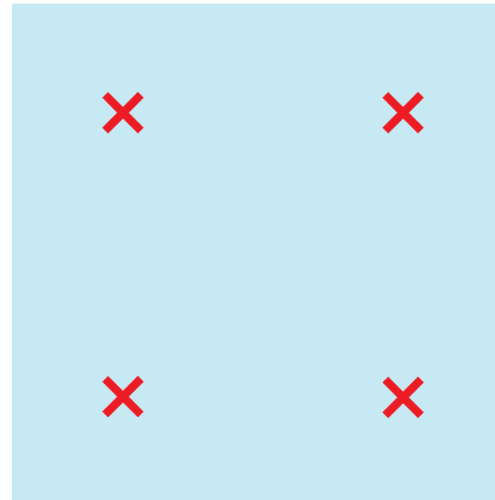
Kenttä heikkenee, kun etäisyys johtimeen kasvaa.

Kentän suunta päätellään oikean käden säännön avulla.

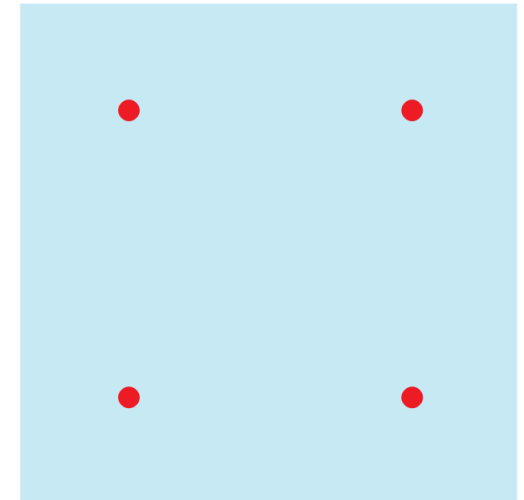


Magneettikentän suunta

Jos magneettikenttä on kohtisuorassa paperin tasoa vastaan, suuntaa kuvataan rasteilla ("nuolen pyrstö") tai pisteillä ("nuolen kärki").



Suunta katsojasta poispäin.

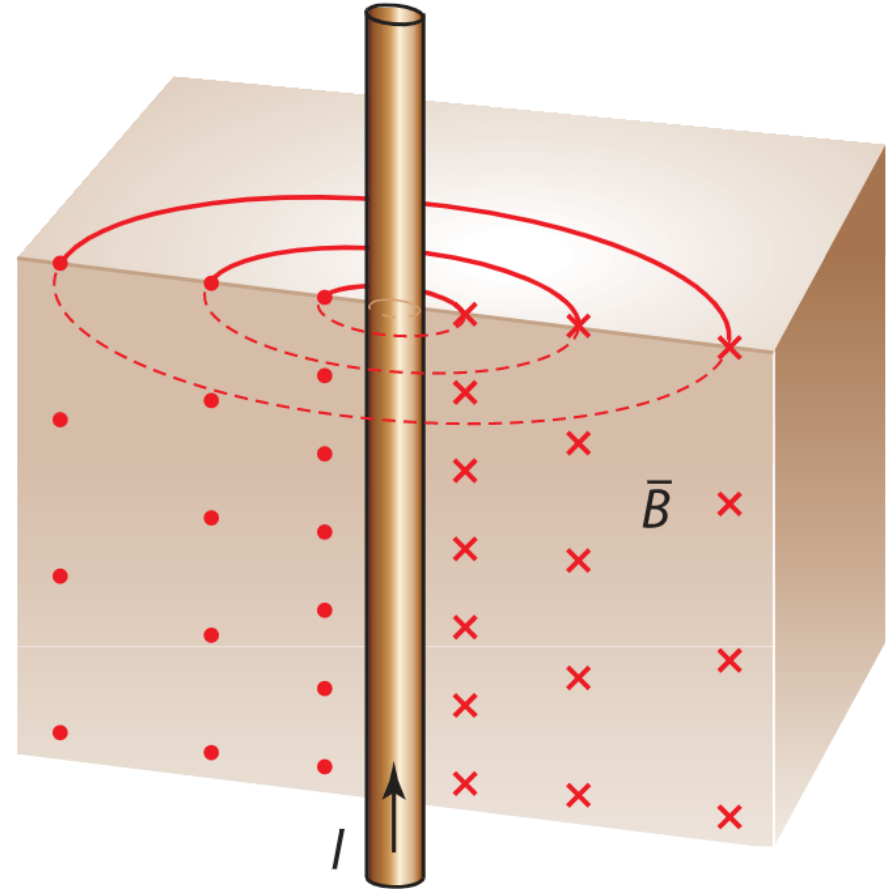


Suunta katsojaan päin.

Suoran virtajohtimen magneettikenttä

Kokeile oikean käden sääntöä.

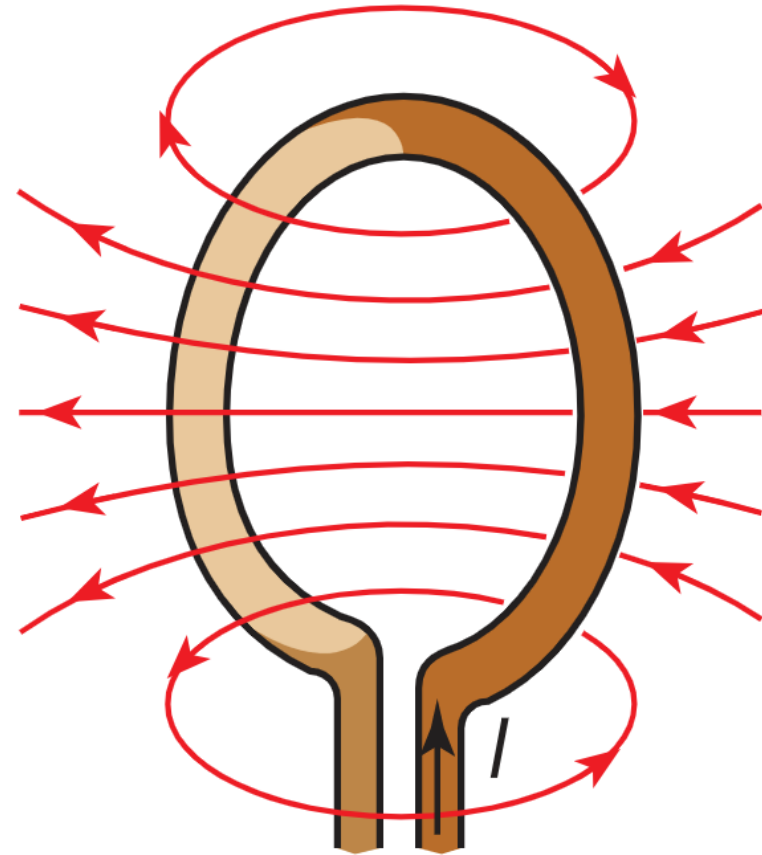
Saatko magneettikentälle saman suunnan kuin kuvassa?



Silmukan magneettikenttä

Sovella suoran virtajohtimen magneettikentän oikean käden sääntöä oheiseen silmukkaan.

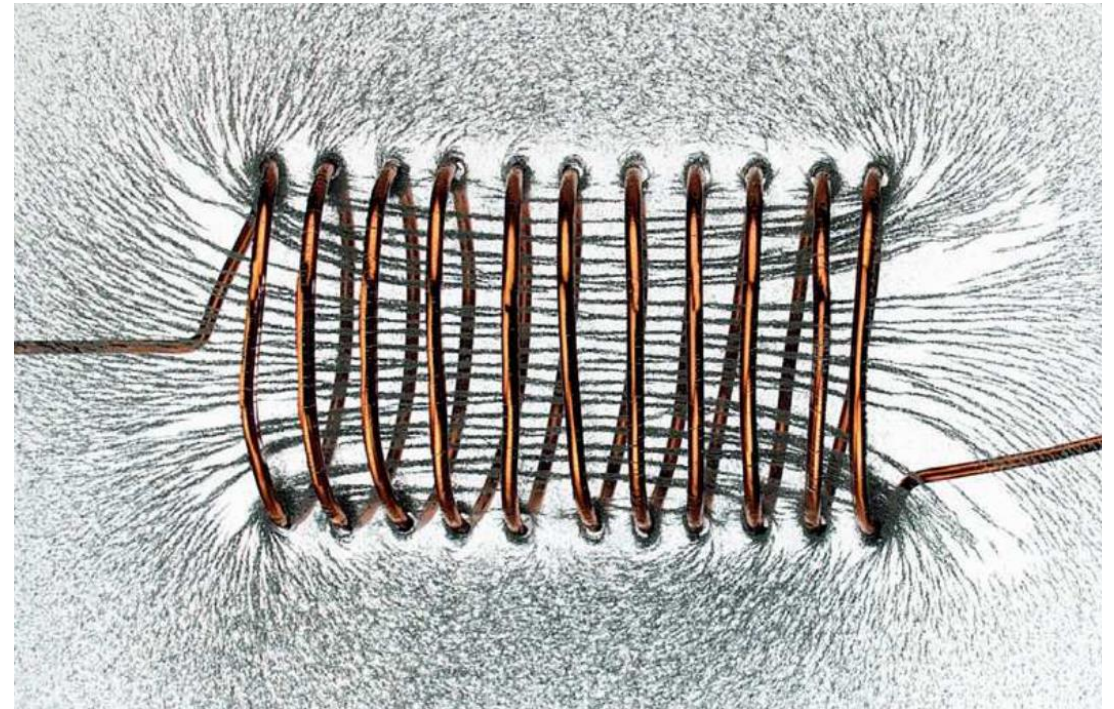
Saatko saman magneettikentän suunnan?



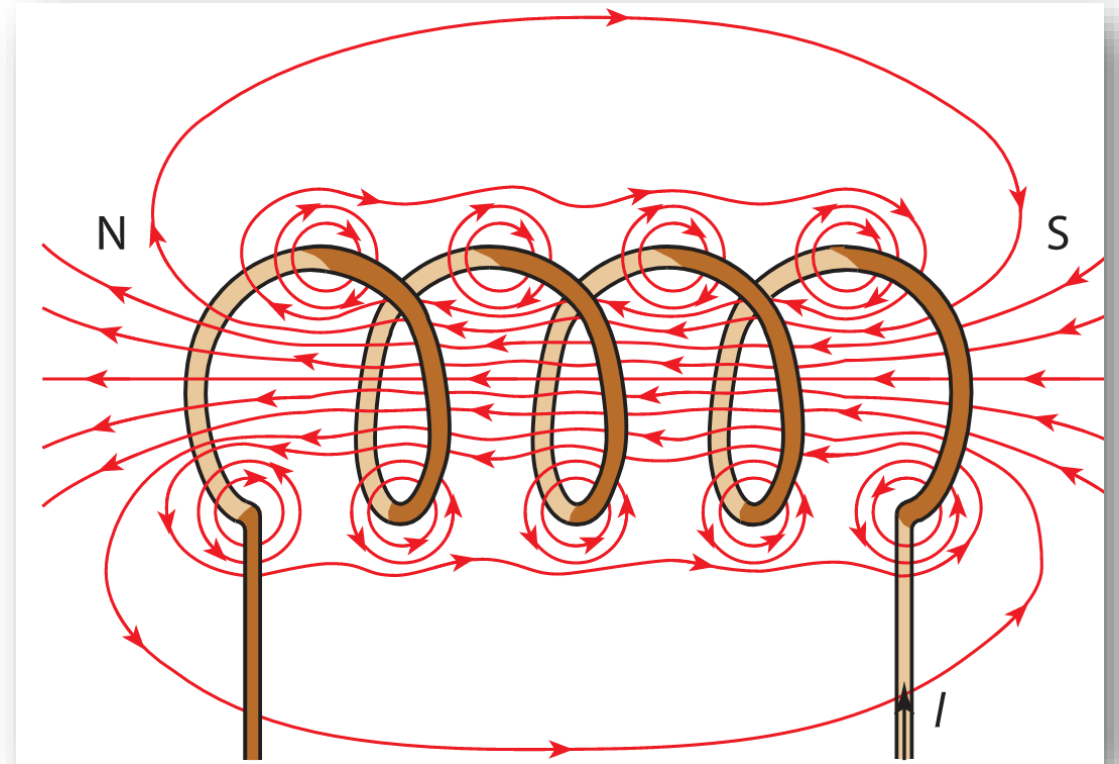
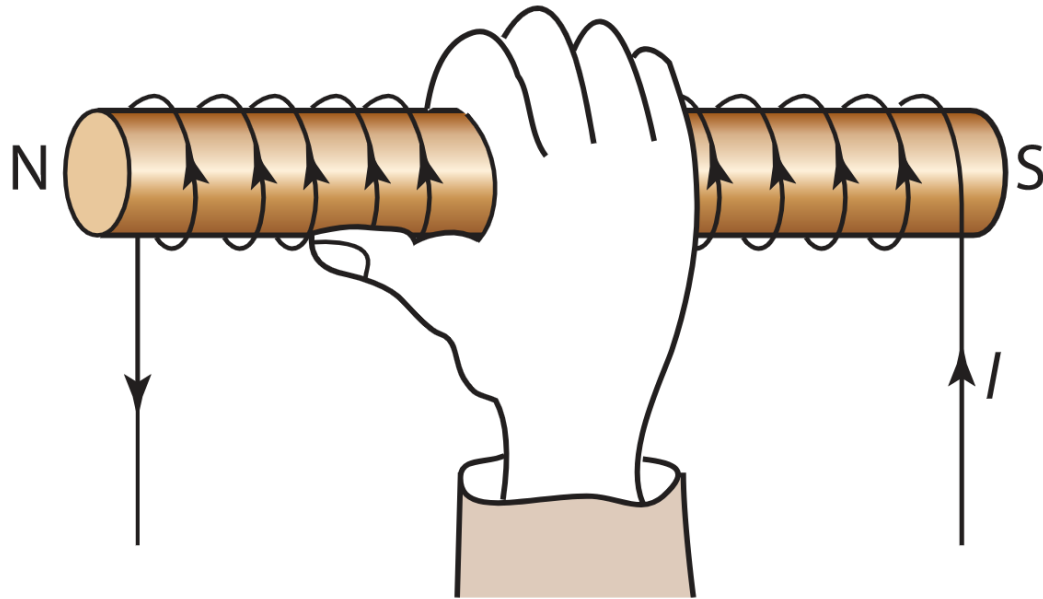
Käämin magneettikenttä

Käämissä on monta silmukkaa peräkkäin. Jokainen silmukka aiheuttaa samansuuntaisen magneettikentän käämin sisälle.

Pitkän käämin sisällä magneettikenttä onkin likimain homogeeninen.



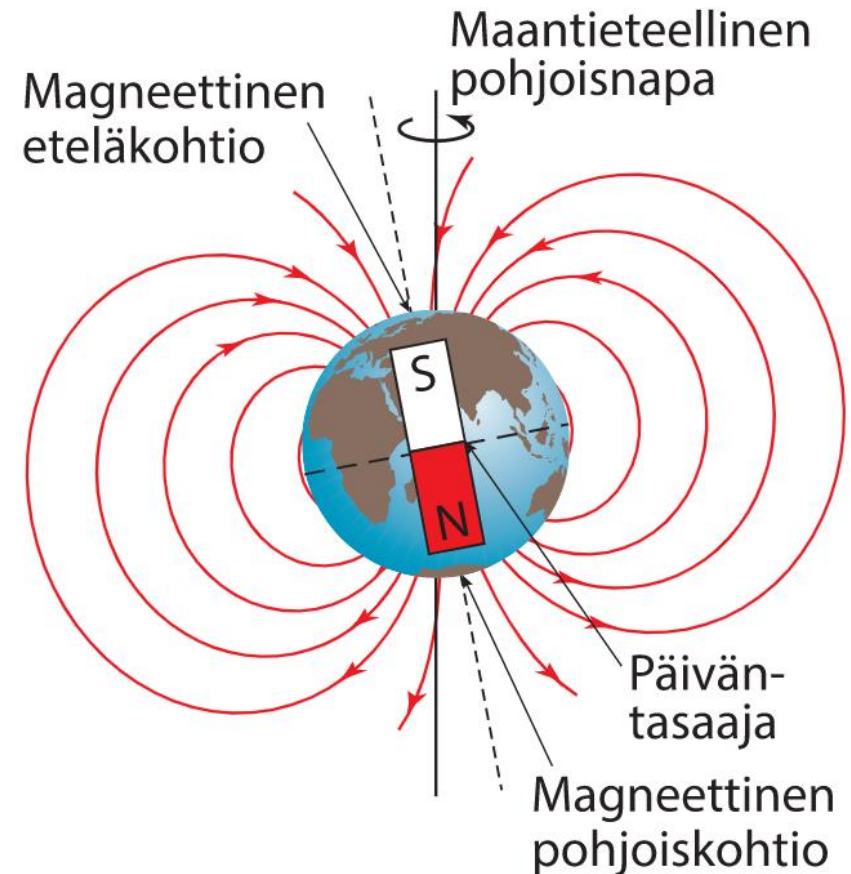
Käämin oikean käden sääntö



Sormet osoittavat sähkövirran suunnan, peukalo osoittaa sähkövirran suunnan.

Maan magneettikenttä

Huomaa, että magneettinen eteläkohtio on lähellä **pohjoisnapaa** – ei kuitenkaan pohjoisnavalla.



Deklinaatio ja inklinaatio

Deklinaatio on magneettineulan poikkeama maantieteellisestä pohjoissuunnasta. Helsingissä se on noin 4° itään.

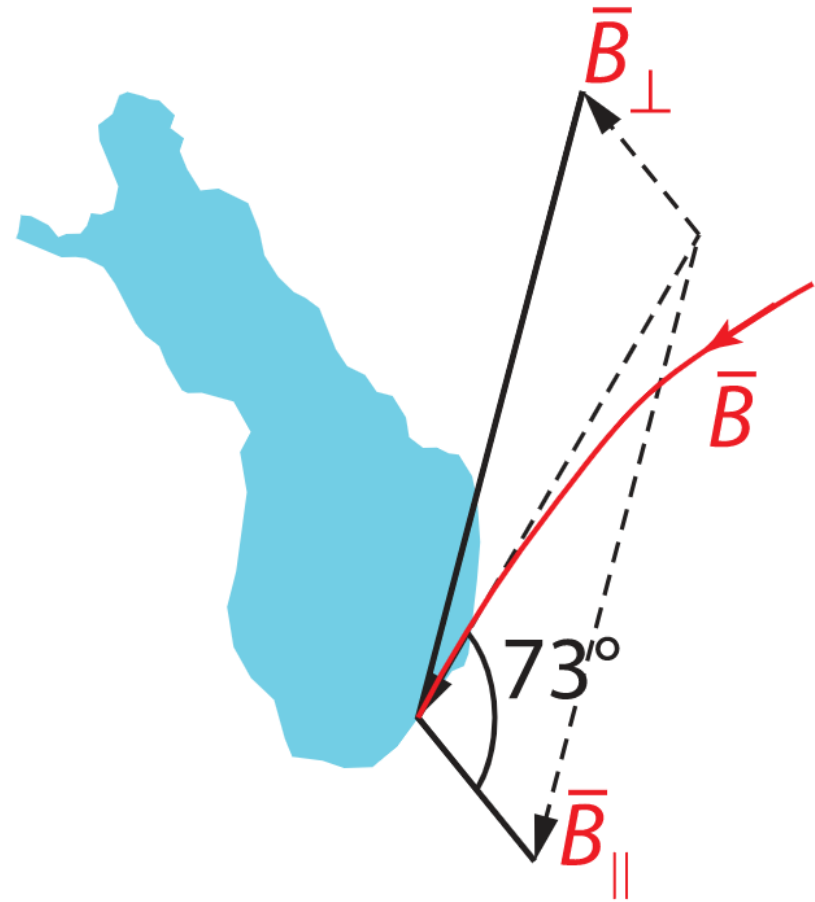
Inkлинаatio on magneettineulan kallistuma vaakatasosta (ks. kuva) Helsingissä se on noin 73° Maan sisään.



Deklinaatio ja inkлинаatio

Inkлинаatio kertoo, kuinka jyrkästi magneettikenttä osoittaa Maan sisään.

Deklinaatio kertoo kompassineulan poikkeaman itä-länsisuunnassa.



Varattujen hiukkasten liike magneettikentässä

Video s. 61

Varattujen hiukkasten liike magneettikentässä

Magneettinen voima

Hiukkaseen vaikuttaa magneettikentässä voima, jos

- hiukkasella on sähkövaraus ja
- hiukkanen liikkuu ja
- hiukkasen liikkeen suunta poikkeaa magneettikentän suunnasta.

Magneettisen voiman suuruus ja suunta homogeenisessa magneettikentässä

Jos varattu hiukkanen liikkuu kohtisuoraan magneettikenttää vastaan, hiukkaseen kohdistuu magneettinen voima $\vec{F}_m$, jonka suuruus on

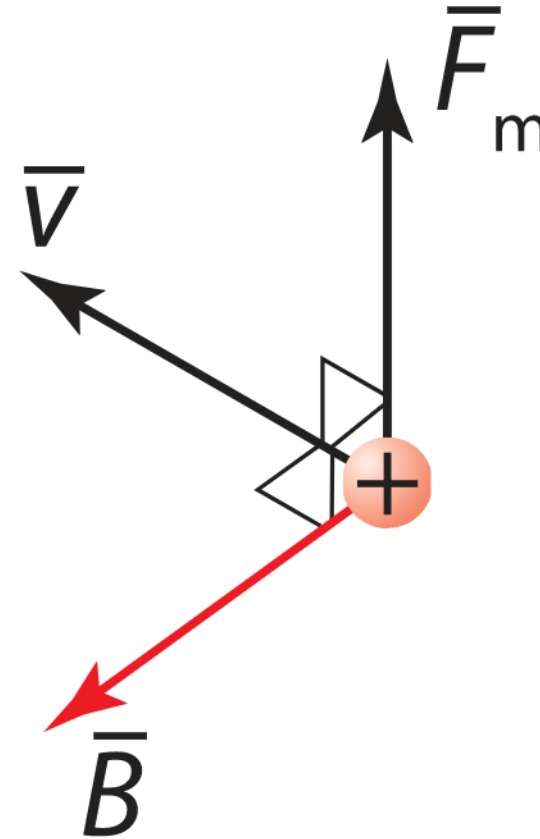
$$F_m = qvB$$

missä

q = hiukkasen varauksen itseisarvo

v = positiivisen hiukkasen nopeuden suuruus

B = magneettivuon tiheyden suuruus



Oikean käden sääntö (FBI-sääntö)

$$\vec{F}_m = q\vec{v}B, \text{ missä}$$

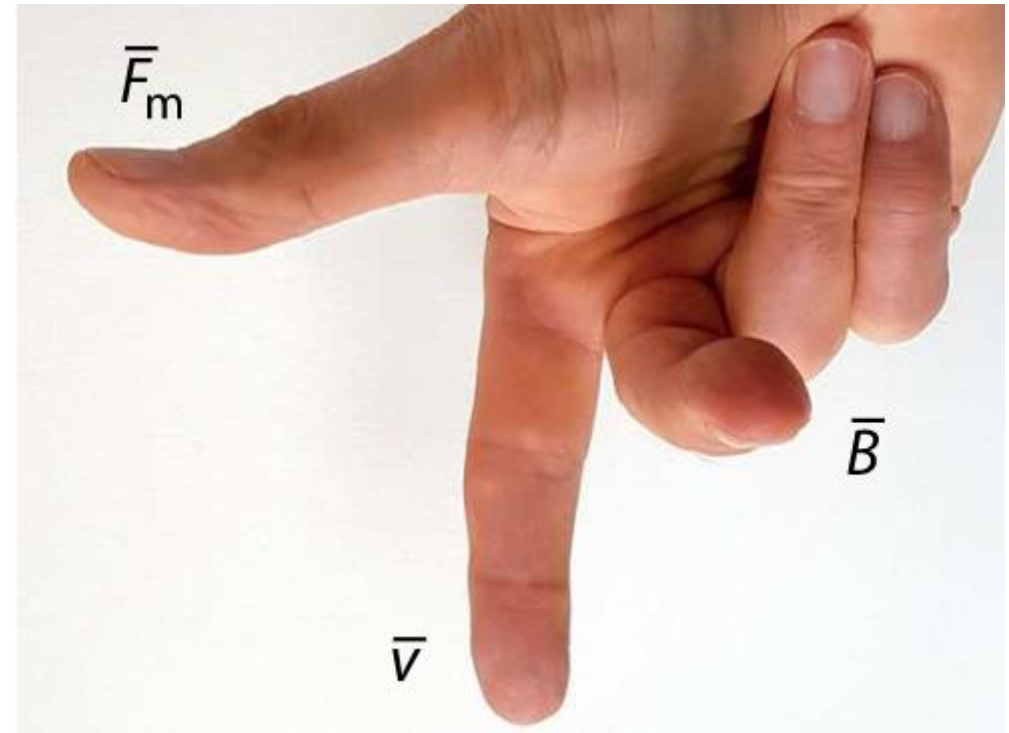
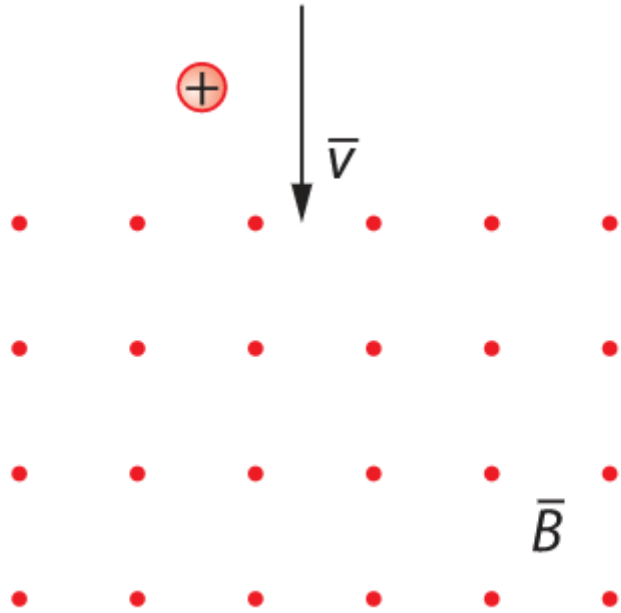
q = hiukkasen varauksen itseisarvo

v = positiivisen hiukkasen nopeuden suuruus

B = magneettivuon tiheyden suuruus



Esimerkki

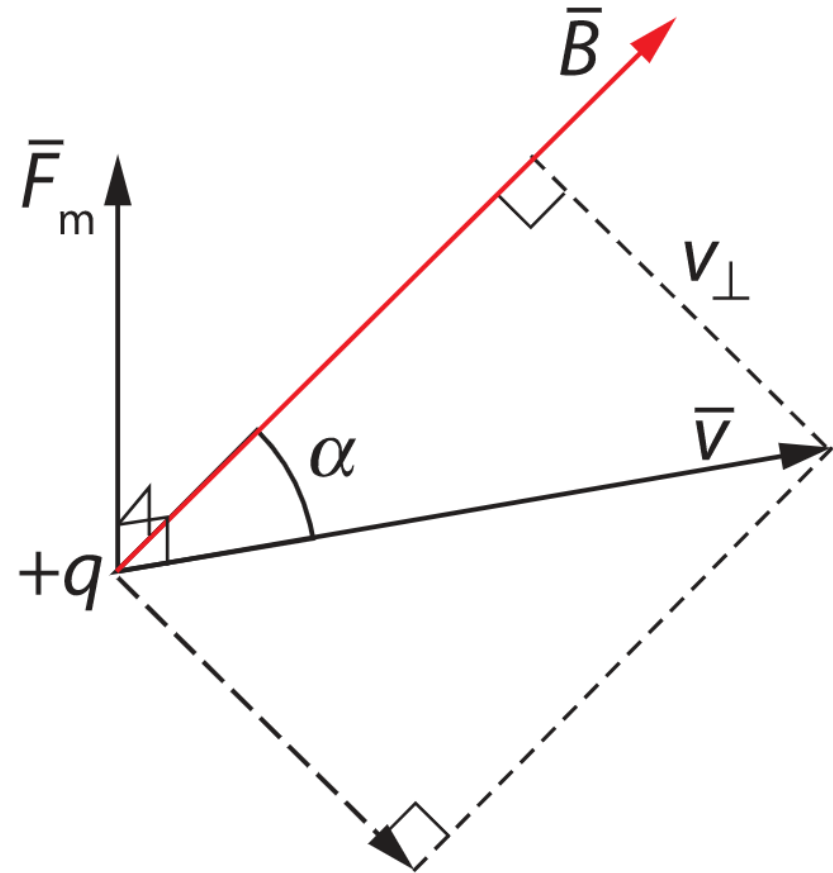


Jos varatun hiukkasen ja magneettivuontiheyden välinen kulma ei ole suora

$$F_m = qvB\sin\alpha$$
, missä

α = magneettivuon tiheyden ja hiukkasen nopeuden välinen kulma

Valitaan siis se nopeuden komponentti, joka on kohtisuorassa magneettivuon tiheyttä vastaan.

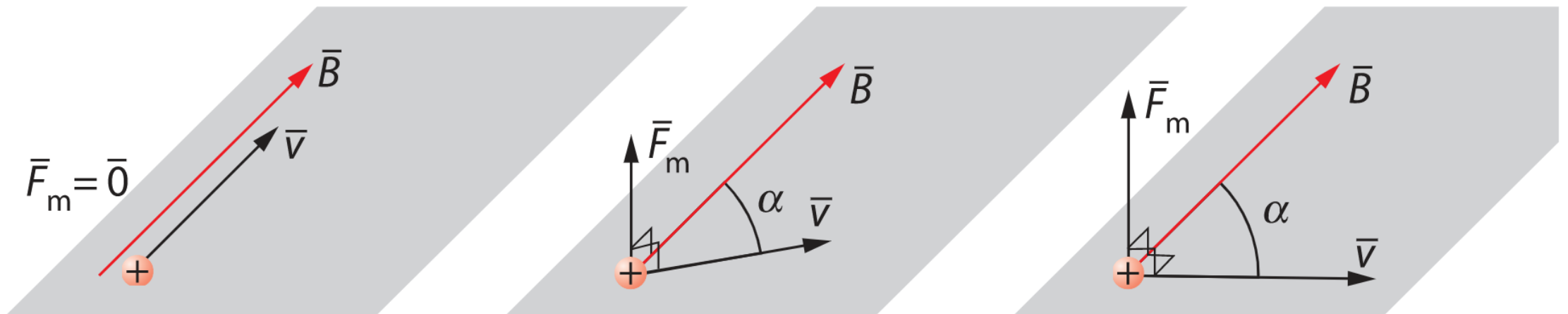


Varatun hiukkasen liike ja magneettisen voiman suuruus

Jos varattu hiukkanen liikkuu magneettikentässä

- kentän suuntaisesti (kulma $\alpha = 0^\circ$ tai $\alpha = 180^\circ$), hiukkaseen ei kohdistu magneettista voimaa eli magneettinen voima on nolla.
- kohtisuoraan magneettikenttää vastaan, magneettinen voima on suurin.

$$F_m = qvB\sin\alpha$$

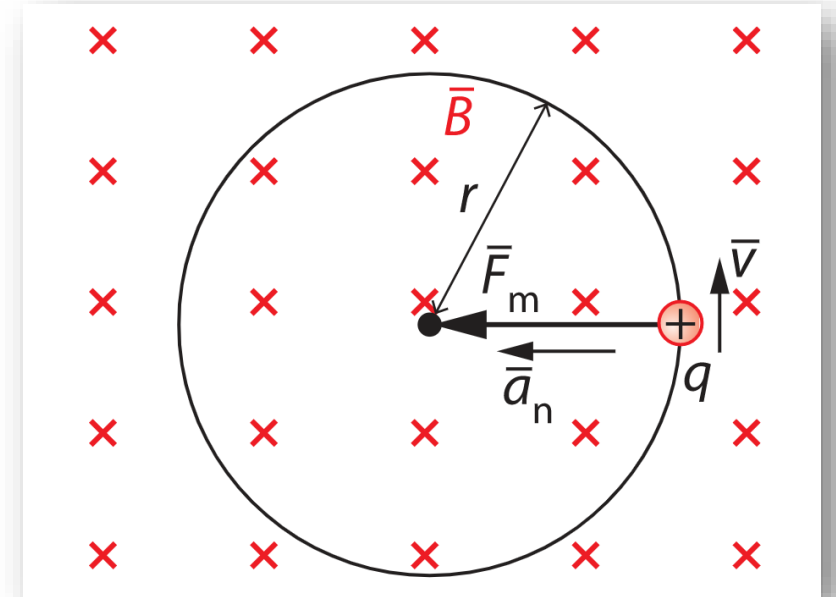


Varatun hiukkasen liike magneettikentässä

Jos varattu hiukkanen liikkuu kohtisuorasti magneettikenttää vastaan, siihen vaikuttaa magneettinen voima, joka aiheuttaa hiukkasen liikkeen suunnan kaartumisen.

Magneettinen voima $\vec{F}_m$ on kohtisuorassa hiukkasen nopeusvektoria $\vec{v}$ (ja magneettivuon tiheyttä $\vec{B}$) vastaan.

→ Hiukkanen joutuu tasaiseen ympyräliikkeeseen.

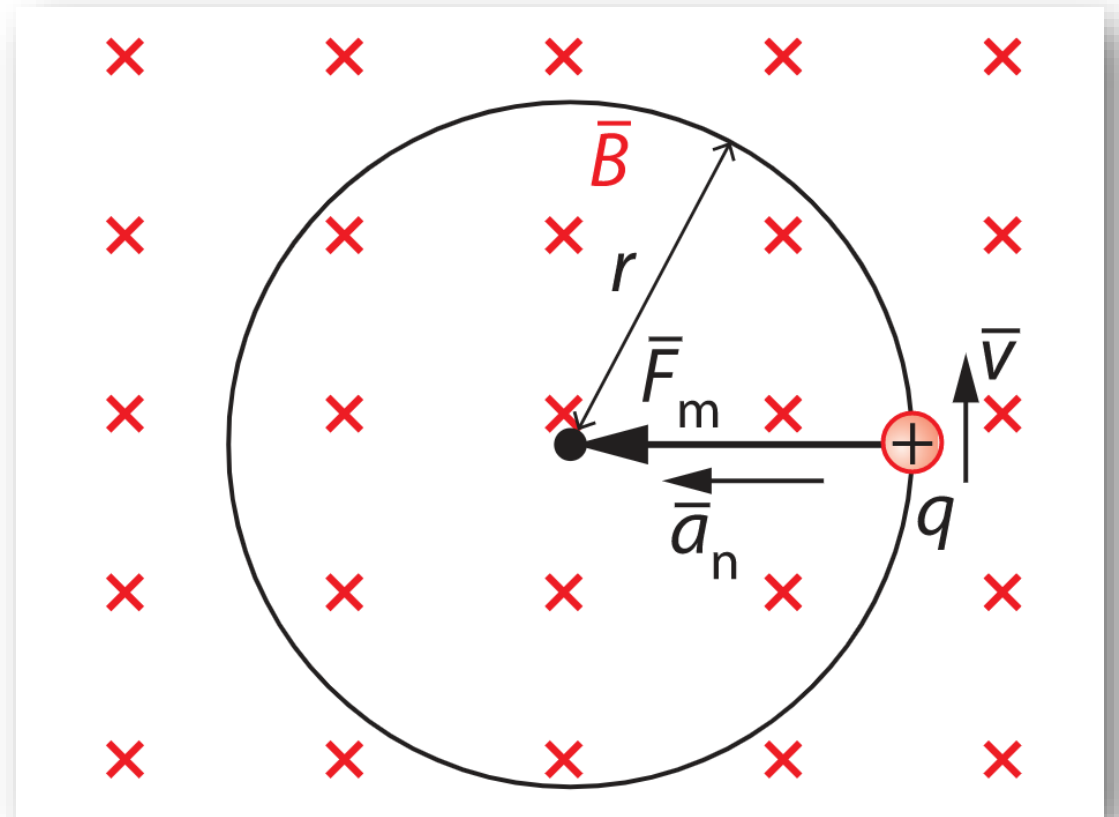


Varatun hiukkasen liike magneettikentässä

Koska hiukkanen liikkuu magneettikentässä vakionopeudella, sillä ei ole etenemisliikkeen kiihtyvyyttä. Ympyräliikkeessä olevalla hiukkasella on kuitenkin normaalikiihtyvyyttä $\bar{a}_n$.

NII: $\bar{F}_m = m\bar{a}_n$

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



Varattu hiukkanen sähkökentässä

Varattuun hiukkaseen vaikuttaa sähkökentässä sähköinen voima, jonka suuruus on $F_s = qE$.

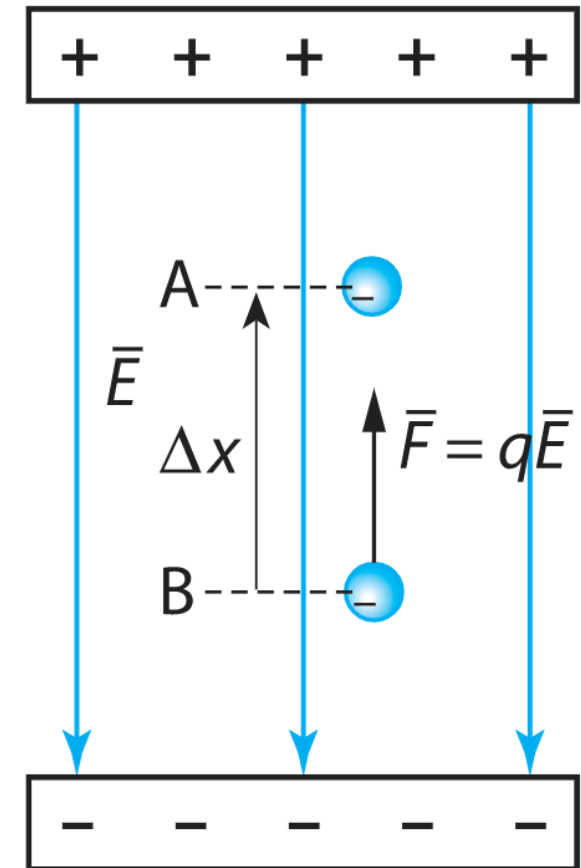
Kun hiukkanen liikkuu matkan Δx sähköinen voima tekee työn $W = F_s \Delta x = qE \Delta x$.

Homogeenisen sähkökentän kiihdytysjännite $U = Ed = E \Delta x$, joten sähköisen voima tekemä työ saadaan muotoon

$$W = qU$$

q = hiukkasen varauksen itseisarvo

U = homogeenisen sähkökentän kiihdytysjännite



Työ-energiaperiaate homogeenisessa sähkökentässä

Työ-energiaperiaate homogeenisessa sähkökentässä

Jos sähkökenttä on homogeeninen ja varattuun hiukkaseen vaikuttaa vain sähköinen voima, pätee $\Delta E_k = W$ eli

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_a^2 = qU,$$

jossa v_a ja v_1 ovat hiukkasen alku- ja loppunopeuksien suuruudet ja q on hiukkasen sähkövarauksen suuruus ja U kiihdytysjännite.

Varattu hiukkanen

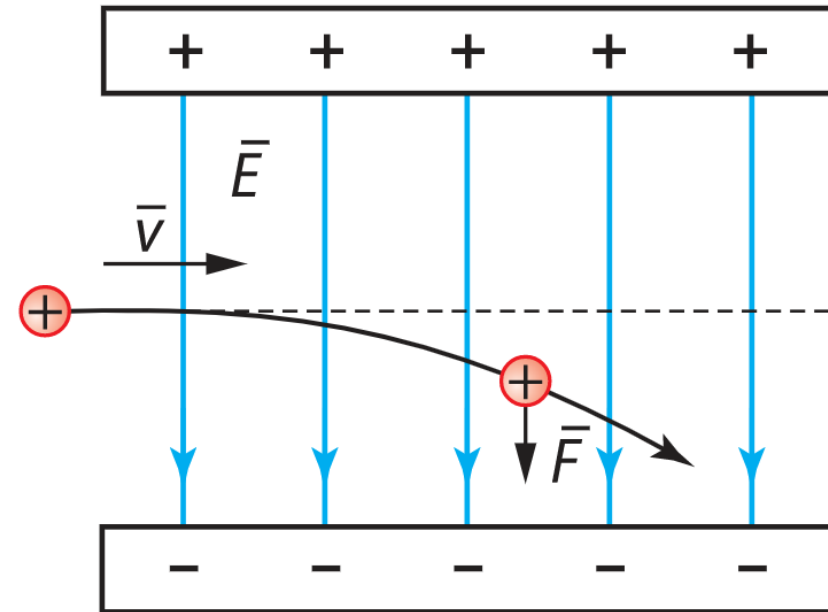
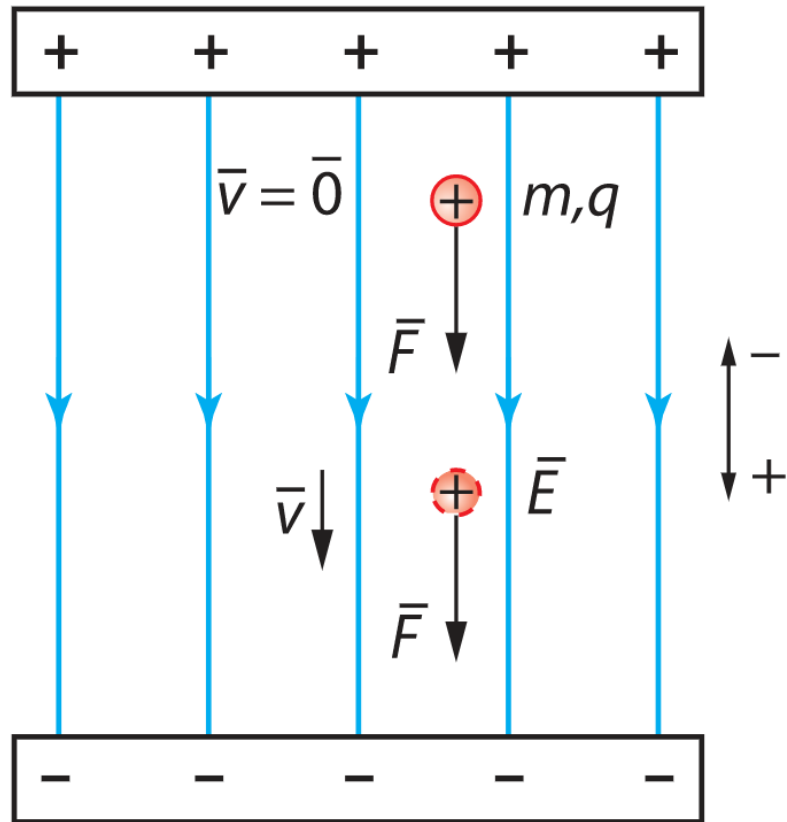
Sähkökentässä

- Varattuun hiukkaseen vaikuttaa aina sähköinen voima

Magneettikentässä

- Varattuun hiukkaseen vaikuttaa magneettinen voima vain, jos hiukkanen liikkuu eikä liike ole magneettikentän suuntainen.

Varatun hiukkasen liike sähkökentässä

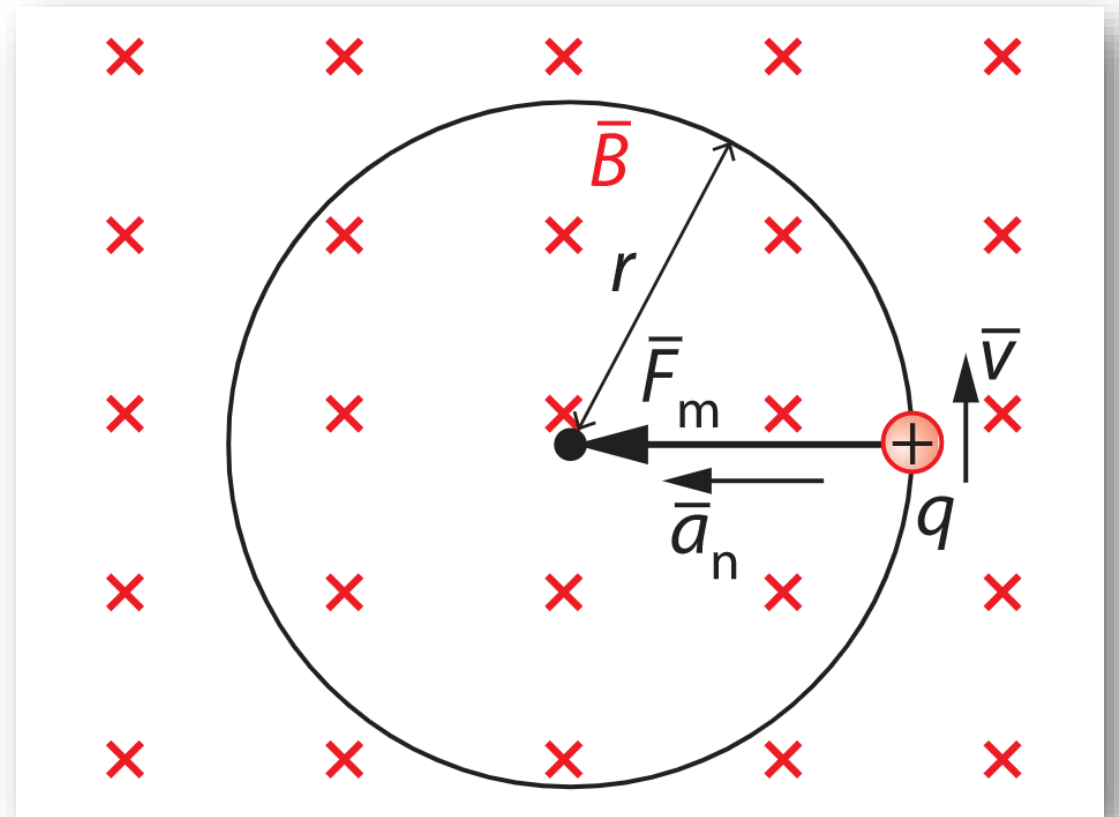


Laskuissa oletetaan, että painovoima ei vaikuta hiukkaseen sähkökentässä, koska sen vaikutus on niin pieni sähköisen voiman vaikutukseen nähden.

Varatun hiukkasen liike magneettikentässä

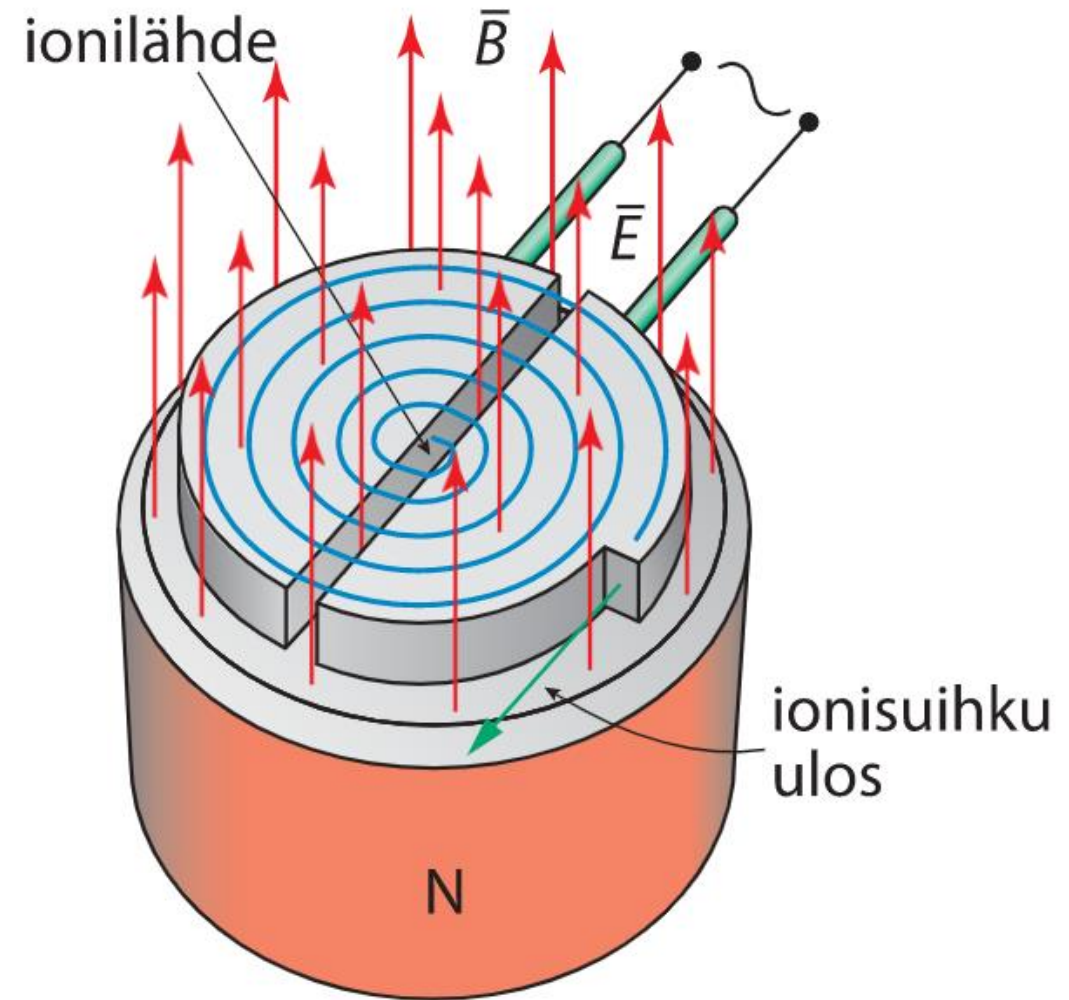
Magneettikentässä hiukkanen liikuu ympyrärataa pitkin.

Koska magneettinen voima on koko ajan kohtisuorassa etenemissuuntaa vastaan, magneettinen voima ei tee työtä ja ratanopeus on vakio.



Syklotroni (hiukkaskiihdytin)

<https://www.youtube.com/watch?v=hu4sK3bOds8>



Huomaa, että piirroksesta on poistettu syklotronin ylempi magneetti.

Syklotroni

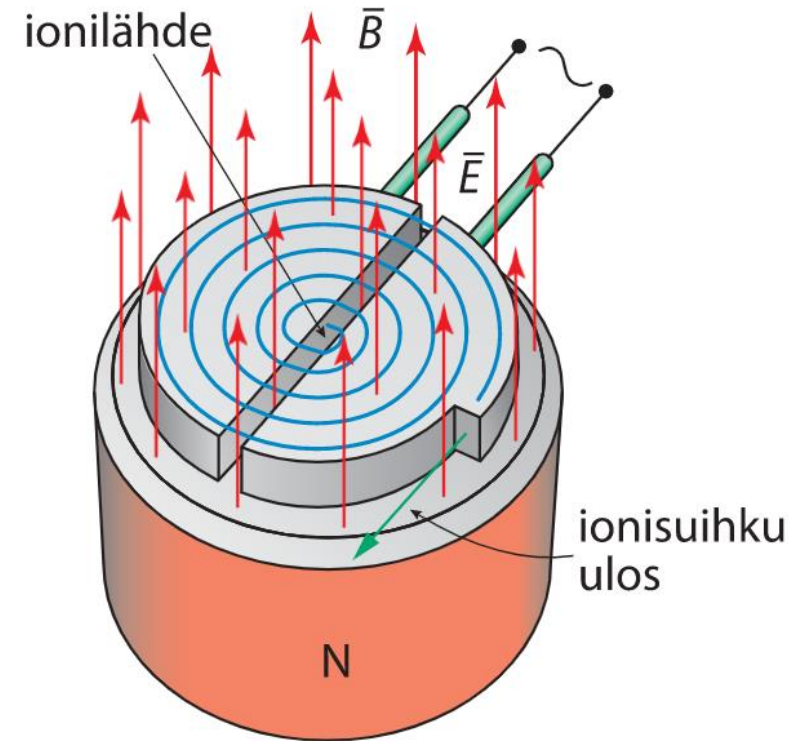
$$\bar{F}_m = m\bar{a}_n,$$

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

$$v = \frac{qBr}{m} \text{ tai}$$

$$r = \frac{mv}{qB}.$$

Tehtävä 7-10

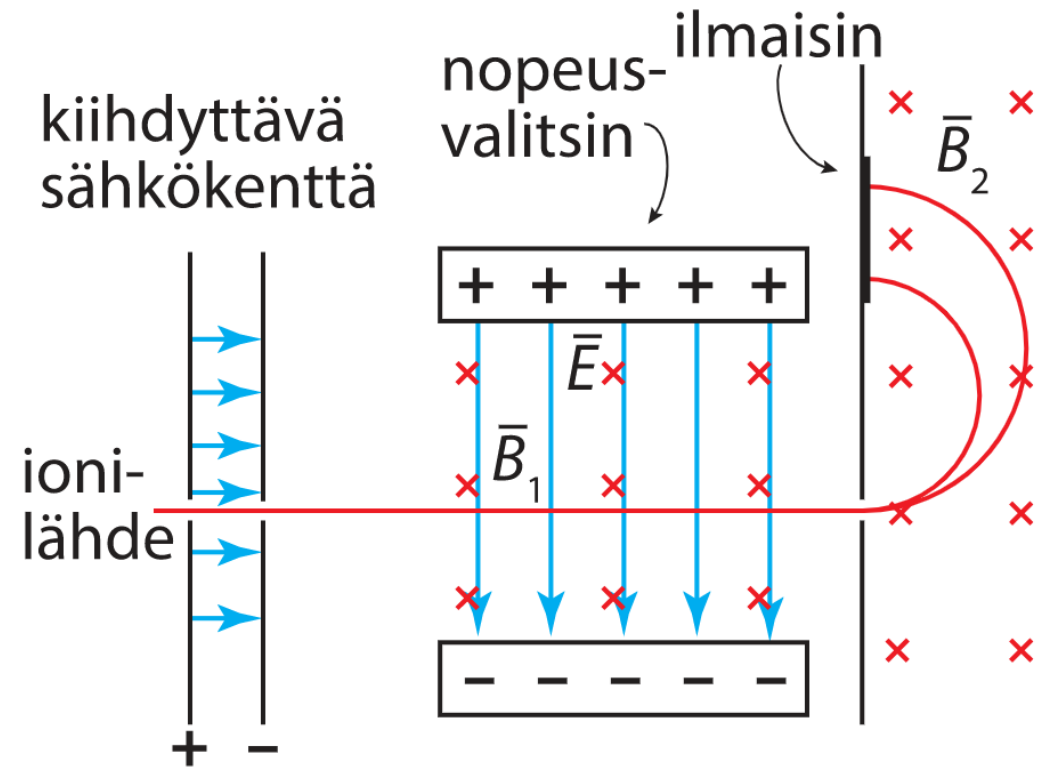


Huomaa, että piirroksesta on poistettu syklotronin ylempi magneetti.

Massaspektrometri

Massaspektrometri on laite, jolla voidaan määrittää muun muassa ionien ominaisvarauksia $\frac{q}{m}$ sekä atomien ja molekyylien massoja.

Koska määritykset tehdään sähkö- ja magneettikenttien avulla, tutkittava näyte on ionisoitava.



Toimintaperiaate oppikirjan sivulla 70!!

Tehtäviä

Tehtävä 7-8

Tehtävä 7-13

