

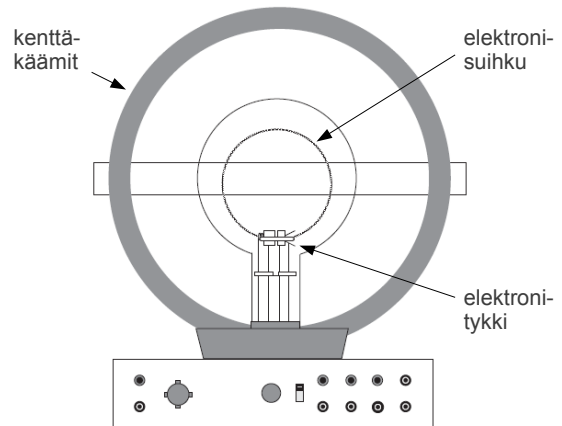
# Elektronin ominaisvaraus



## Laitteisto

Kokeessa tutkitaan elektronisuihkun rataa magneettikentässä. Koelaitteistossa on heliumtäytteinen putki, jonka sisällä on elektronitykki. Sen katodin ja anodin välille on kytketty säädettävä 100-300 V tasajännite. Katodia kuumennetaan sähkövirralla, jolloin sen metallista irtoaa elektroneja.

Sähkökenttä kiihdyttää niitä kohti anodia. Osa kiihdytetyistä elektroneista jatkaa matkaansa läpi anodissa olevasta reiästä, ja syntyy elektronisuihku. Suihkun elektroneja törmää putken täytekaasun atomeihin, jotka virittyvät. Viritystilojen purkautuminen näkyy vihreänä loisteena, joka ilmaisee elektronisuihkun radan. Putki on sijoitettu kenttäkäämien väliin. Niillä saadaan aikaan putken sisälle lähes homogeeninen magneettikenttä. Se kohdistaa elektroneihin voiman  $\vec{F}_B = -e\vec{v} \times \vec{B}$ , joka on kohtisuorassa sekä elektronien liikettä että magneettikenttää vastaan. Kyseessä on suuruudeltaan vakiona pysyvä normaalivoima, joka saa elektronien radan kaartumaan ympyräksi, mutta ei muuta niiden ratanopeutta. Ympyräradalla kiertävälle elektronille on voimassa liikeyhtälö



$F_B = ma_n$ , jossa  $a_n$  on rataliikkeen normaalikiikhtyvyys. Tästä saadaan  $evB = m \frac{v^2}{r}$  ja edelleen ominaisvaraukselle  $\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$ .

## Kokeet ja johtopäätökset

Tutustu laitteistoon. Tarkista että johtimet on kytketty oikein:

- Katodin lämmitys 6,3 V vaihtosähkölähtöön teholahteessa A.
- Elektronitykin elektrodit 0–300 V lähtöön teholahteessa A
- Jännitemittari lähtöön Voltmeter
- Kenttäkäämit 0–20 V lähtöön teholahteessa B

Aseta kiihdytysjännitteen ja kenttäkäämien virran säädöt nolnaan. Kytke virtalähde A päälle. Odota kunnes katodi alkaa hehkua, kasvata sitten kiihdytysjännitettä kunnes näet putken sisällä vihreän juovan. Tuo sauvamagneetti lähelle juovaa, älä kuitenkaan kosketa magneetilla putken lasia.

Jos oletetaan että emme tiedä vielä mitään elektroneista, mutta ymmärrämme miten varattu kappale liikkuu sähkökentässä ja magneettikentässä, niin mitä havaintosi kertovat?

Lisää kenttäkäämeissä kulkevaa virtaa (tarvittaessa säädä myös kiihdytysjännitettä) kunnes vihreä juova ensin taipuu ja lopulta muodostaa yhden selkeän ympyrän. Mitä tämä havainto kertoo?

Nimetään katodilta irtoavat negatiivisesti varatut hiukkaset elektroneiksi. Koelaitteiston avulla pystytään määrittämään niiden ominaisvaraus eli varauksen ja massan suhde  $e/m$ .

Pidä kiihdytysjännite vakiona ja kasvata kenttäkäämien virtaa. Mitä radan säteelle tapahtuu ja miksi?

Pidä kenttäkäämien virta vakiona ja kasvata kiihdytysjännitettä. Mitä radan säteelle nyt tapahtuu ja miksi?

Tehdään mittaussarja varioiden kiihdytysjännitettä ja magneettikentän voimakkuutta eli magneettivuon tiheyttä. Voidaan esimerkiksi käyttää kahta kenttäkäämien virran arvoa väliltä 1–2 A, ja säätää kummallakin kiihdytysjännite kolmeen eri arvoon siten, että elektronisuihkun radan säde muuttuu noin välillä 3–5 cm.

$I$ (A)	$U$ (V)	$r$ (m)	$B$ (T)	$B^2 r^2$ (T <sup>2</sup> m <sup>2</sup> )	$2U$ (V)

### Kotitehtäväksi

Laske kenttäkäämin virtoja vastaavat magneettivuon tiheydet lausekkeesta  $B = \frac{N\mu_0 I}{(5/4)^{3/2} R}$ , jossa

$$\begin{aligned}
 N &= 130 && \text{(kenttäkäämien kierrosluku)} \\
 \mu_0 &= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} && \text{(tyhjiön permeabiliteetti)} \\
 R &= 0,15 \text{ m} && \text{(kenttäkäämien säde)}
 \end{aligned}$$

Johda elektronin ominaisvaraukselle lauseke  $\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$ , ja siitä edelleen yhtälö  $2U = \frac{e}{m} B^2 r^2$ , jossa  $U$  on kiihdytysjännite. Tulkitaan se suoran yhtälöksi.

Sijoita pisteet  $(B^2 r^2, 2U)$ -koordinaatistoon ja sovita niihin suora. Määritä sen kulmakerroin  $e/m$ . Vertaa tulostasi kirjallisuusarvoon. Mitkä tekijät aiheuttavat tulokseen epätarkkuutta?