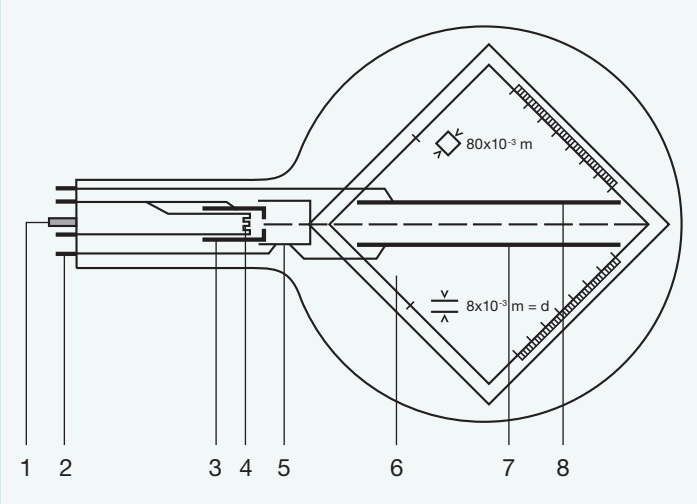
Työssä poikkeutetaan elektroneja magneetti- ja sähkökenttien avulla ja määritetään suhde $\frac{e}{m}$.

Välineet

21068	Purkausputki, Thomsonin putki
21050	Helmholzin käämit
21014	Jännitelähde 0 - 5 kV
15170	Virtalähde 0 - 20 V, 5 A
15171	Virtalähde 0 - 500 V
19032	Yleismittari, digitaalinen
Lisäksi tarvitaan	
	Suojajohtimia (setti 15 kpl 75 cm)

Putken tekniset arvot

Hehkujännite:	$U_F \leq 7{,}5$ V AC/DC
Anodijännite:	2000 V – 5000 V DC
Anodivirta:	0,2 mA jännitteellä 4000 V
Poikkeutusjännite:	350 V_{max}
Levyjen etäisyys:	8 mm
Fluoresoiva varjostin:	90 mm x 60 mm
Lasipullo:	halk. 130 mm
Kokonaispituus:	260 mm



Kuva 1

Kuvassa 1 on putken sisärakenne.

1 Ohjausnasta
2 Kytkentänastat
3 Katodi
4 Hehkulanka
5 Anodi
6 Fluoresoiva varjostin
7 Alempi poikkeutuslevy
8 Ylempi poikkeutuslevy

Levyjen 7 ja 8 väliin synnytetään homogeeninen sähkökenttä, jolla elektronisuihkua poikkeutetaan pystysuunnassa.

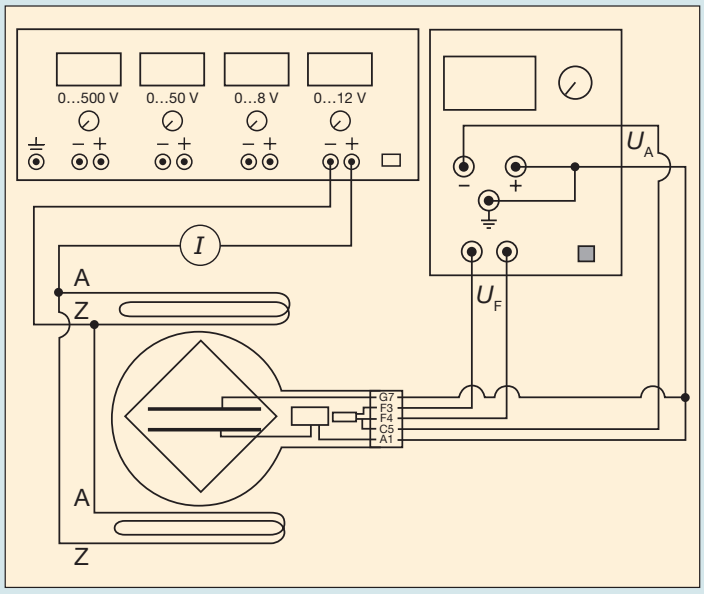
Peruskäsitteet

Tieto elektronista oli perustana atomin rakenteen selvittämiseksi. J.J. Thomson mittasi melkein sata vuotta sitten elektronin varauksen ja massan suhteen ja Millikan määritti elektronin varauksen suuruuden (v. 1910), jolloin voitiin laskea elektronin massa.

Thomsonin putkea käytetään tutkimuksissa, joissa elektroneja poikkeutetaan sähkö- ja magneettikenttien avulla. Putkea voidaan käyttää myös arvioimaan elektronin ominaisvaraus ja määrittämään elektronin nopeus *v*.

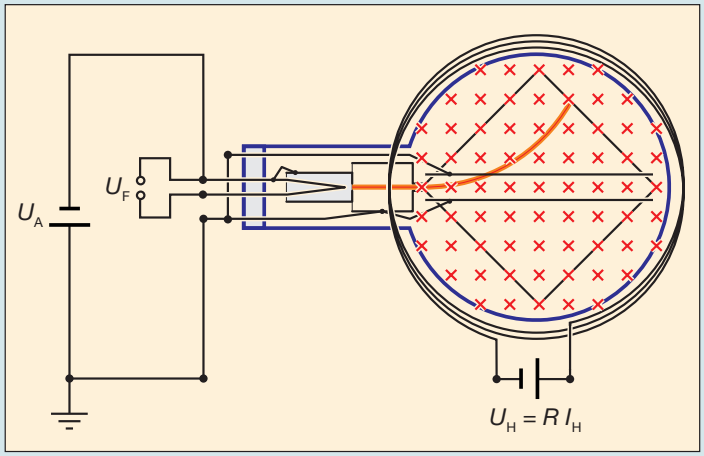
Thomsonin putkessa on elektronitykki, joka tuottaa kapean ”katodisädekimpun” lasiputkelle, jossa on hyvä tyhjiö. Volframihehkulankakatodia kuumennetaan suoraan ja anodilla on sylinterimäinen muoto. Putken sisällä on levykondensaattori, jolla saadaan aikaan sähköinen poikkeutus. Putken sisällä olevien mittojen avulla saadaan määritettyä sähkökenttä $\vec{E}$ ja elektronien radan kaarevuussäde *r*. Elektronien rata näkyy fluoresoivalla pinnalla, jota on kallistettu 10° elektronisäteeseen nähden.

Asettelut



Kuva 2a

Magneettikentän avulla suoritettu poikkeutus tehdään kytkennän (kuva 2 a) avulla. Katso myös kuva (2 b), jossa on kaaviokuva magneettisesta poikkeutuksesta.



Kuva 2b

Kokeen suoritus

Tee kytkentäkaavion kuva 2 mukainen kytkentä. Kelat on kytketty sarjaan tässä kytkennässä. Ominaisvaraukselle $\frac{e}{m}$ voidaan johtaa kaava (1)

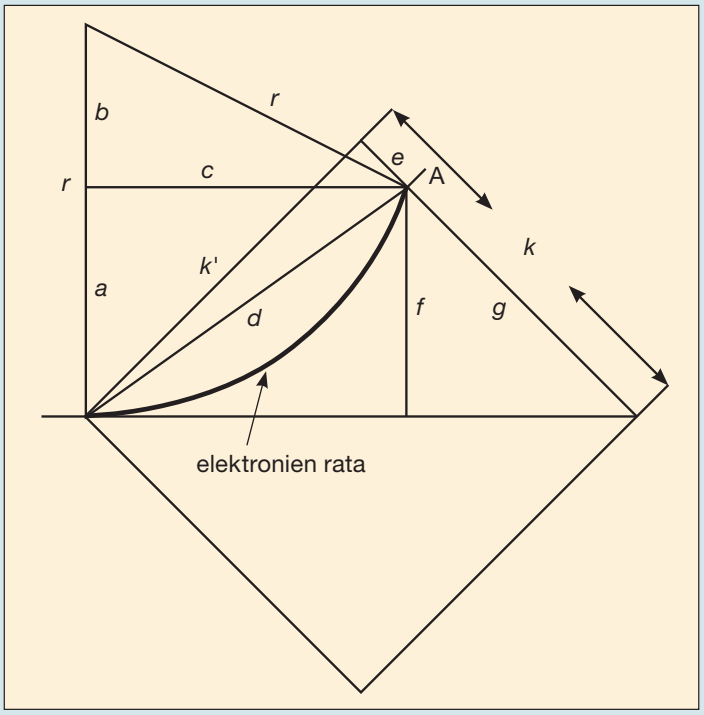
(1) $\frac{e}{m} = \frac{2U_A}{(Br)^2}$ ja magneettivuon tiheydelle B kaava (2)

(2) $B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 n}{R} I = kI$, jossa n = 320 ja R = 68 mm ja

$k = 4.2\,\frac{mT}{A}$ (laskettu vakio).

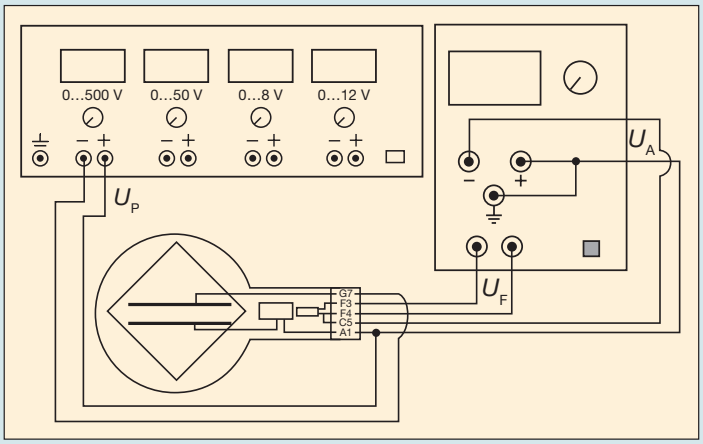
Kaarevuussäteelle *r* voidaan johtaa kuvan 3 avulla kaava (3)

(3) $r = \frac{(80^2\,\text{mm}^2 + e^2)}{\sqrt{2}\,(80\text{ mm} - e)}$ (Määritetään *e* ja lasketaan *r*)



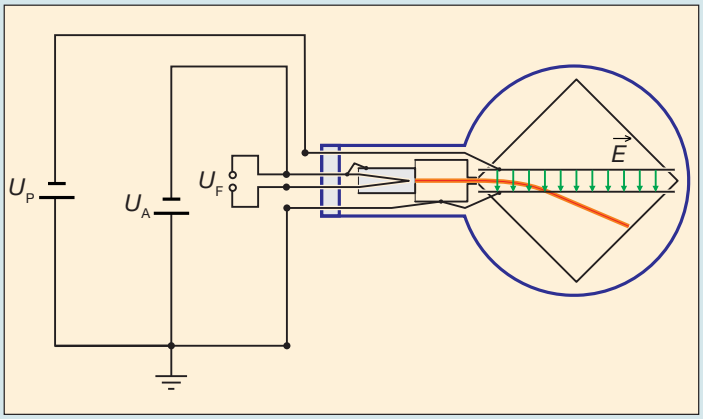
Kuva 3

Määritä U_A, I ja *e*. Laske *r* ja sijoita arvot kaavaan (1) ja laske ominaisvaraus $\frac{e}{m}$. Tulos.

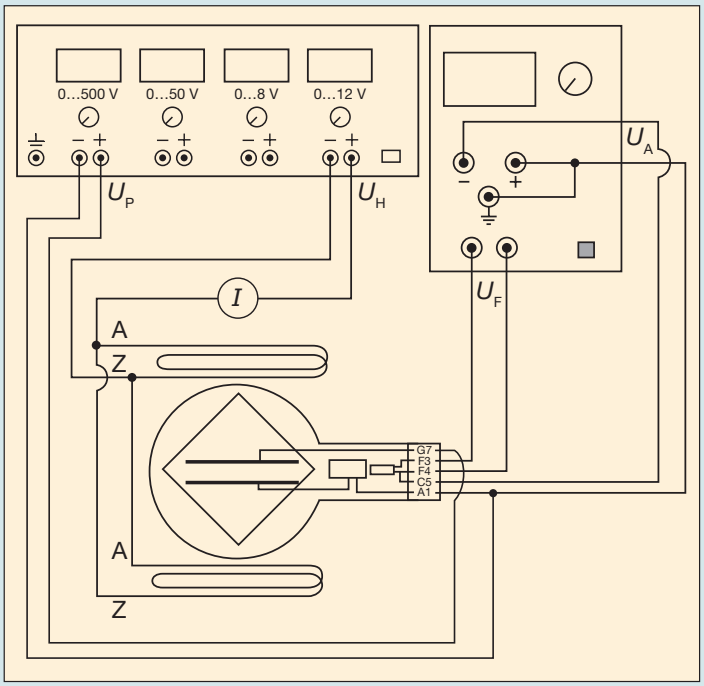


Kuva 4a

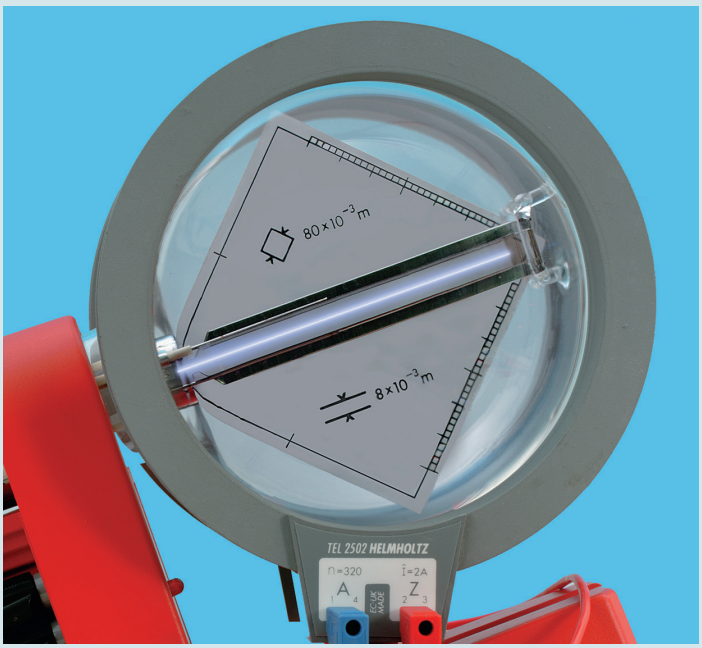
Tee seuraavaksi kuvan 4 a mukainen kytkentä. Kyseessä on sähköinen poikkeutus (kts. myös kuva 4 b).



Kuva 4b



Kuva 4c



Kuva 4d

Suihku kulkee levyjen välissä suoraviivaisesti.

Kuvassa 4c on kyseessä kompensaatiokytkentä.

Kun magneettikenttä $\vec{B}$ kompensoi sähkökentän $\vec{E}$, elektronisuihku kulkee suoraan ja tällöin on voimassa kaava (4)

(4) eE = evB ja josta elektronin nopeudelle *v* saadaan (5)

(5) $v = \frac{E}{B}$, jossa $E = \frac{U_p}{d}$ ja

d on kondensaattorilevyjen etäisyys = 8 mm ja U_p on mittarista luettu levyjen välinen jännite. Tällainen nopeussuodatin on nimeltään Wienin suodatin (katso kuva 4d).
Ominaisvaraus $\frac{e}{m}$ voidaan laskea kaavasta (6)

(6) $$\frac{e}{m} = \frac{1}{2U_A}\left(\frac{E}{B}\right)^2$$

Laske ominaisvaraus ja elektronien nopeus *v*. Tulos.

Tulokset

Kirjallisuuden arvo ominaisvaraukselle on

$$\frac{e}{m} \approx 1{,}75 \cdot 10^{11}\,\frac{As}{kg}.$$

Tehtäviä

1. Kun elektronisuihku poikkeutetaan sähkökentässä, millainen on suihkun rata matemaattiselta muodoltaan? Katso kuva 4 b.
2. Jos poikkeutus suoritetaan magneettikentän avulla. Millaista rataa suihku kulkee tällöin? Katso kuva 2 b.
3. Tutustu kirjallisuuden avulla saksalaisen fyysikon Wilhelm Wienin (1864-1928) saavutuksiin.

Tehtävien vastauksia

1. Suihkun rata on muotoa

   $$y = \frac{1}{2}\left(\frac{e}{m}\right) E \frac{x^2}{v^2}.$$

   x on matka mitattuna elektronitykin katodilta ja y on taipuma vastaavalla kohdalla.
   Suihku kulkee paraabelirataa.
2. Elektroniin vaikuttaa keskeisvoima, joka vie elektronin ympyräradalle. Keskeisvoiman lauseke on Bev, missä
   B on magneettivuon tiheys
   e on elektronin varaus
   v on elektronin nopeus
   m on elektronin massa
3. Hän osoitti 1890-luvun loppupuolella, että katodisäteet ovat negatiivisia alkeisvarauksia ja kanavasäteet massallisia positiivisia varauksia.

Putkien käyttöohjeita

- Älä altista putkia minkäänlaisille mekaanisille jännityksille.
- Älä vedä putkea anodilta tulevasta johtimesta.
- Älä ylitä putkien käyttöparametrien arvoja.
- Käytä turvajohtimia kytkennöissä.
- Ennen kuin muutat kytkentää katkaise virrat.
- Vaihda putkia vain jännitteiden ollessa katkaistuna.
- Varo putken kaulaosaa. Se kuumenee käytön aikana.
- Käytä vain putkille suunniteltua putken pidintä.
- Käytä vain suositeltuja virtalähteitä.
- Varo, ettei putket luiskahda käsistä, kun käsittelet niitä.