

## 10. Holo efekto tyrimas

### Užduotis:

1. Iširti Holo įtampos priklausomybę nuo magnetinio lauko krypties bandinio plokštumos atžvilgiu ir srovės stiprio, rasti Holo konstantą.
2. Apskaičiuoti krūvininkų judrį ir koncentraciją.

### Pagrindiniai teoriniai klausimai.:

1. Krūvininkų judėjimas elektriniame ir magnetiniame laukuose.
2. Holo efektas ir jo pritaikymai.
3. Krūvininkų sklaidos mechanizmai puslaidininkiuose.

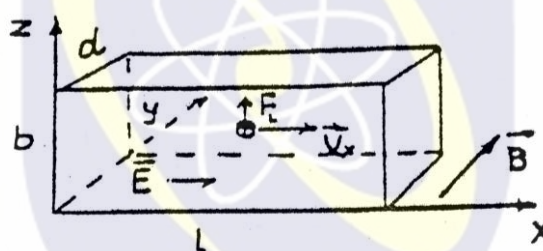
### Holo efektas:

Krūvininkas, judantis greičiu  $v_x$  X ašies kryptimi, veikiamas magnetinio lauko Lorencio jėgos  $q_e v_x B$ , nukrypsta Z ašies kryptimi (1 pav.). To dėka krūvininkai kaupiasi prie sienelės, statmenos Z koordinatei, sukurdami lauką  $E_H$ , stabdantį šį vyksmą. Esant dinaminei pusiausvyrai,

$$E_H = v_x B; \quad (1)$$

čia  $v_x$  - vidutinis (efektinis) greitis, atitinkantis šią pusiausvyrą. Jis proporcingas dreifiniam greičiui  $v_x = A v_d$ . Koeficientas A priklauso nuo krūvininkų sklaidos mechanizmo. Srovės tankis

$$j = nq_e v_d; \quad (2)$$



1 pav. Holo efekto aiškinimo schema

čia  $n$  – krūvininkų koncentracija. Kadangi  $j = \frac{I}{bd}$ , o  $E_H = \frac{U_H}{b}$ , tai

$$U_H = \frac{A}{nq_e} \cdot \frac{IB}{d}, \quad (3)$$

arba

$$U_H = R_n \frac{IB}{d}. \quad (4)$$

Čia koeficientas

$$R_n = \frac{A}{nq_e} \quad (5)$$

vadinams Holo konstanta. Pagal Holo įtampą galima rasti dreifinį judrį  $u_d = \frac{v_d}{E}$ .

Kadangi  $E = \frac{U}{l}$ , tai panaudoję (1) ir (2) išraiškas gausime

$$u_d = \frac{U_H l}{AUbB}. \quad (6)$$

Koeficientas  $A$  dažniausiai pasitaikančiais atvejais nebūna mažesnis už 1,5 ir didesnis už 2. Judris, apskaičiuotas pagal (6) formulę, kai  $A=1$ , vadinamas Holo judriu:

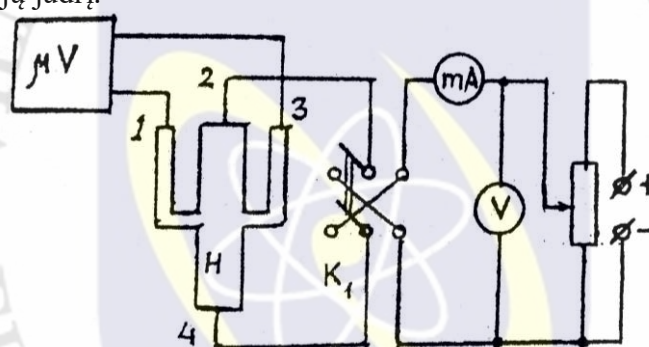
$$u_H = \frac{U_H l}{UbB}. \quad (7)$$

Krūvininkų koncentraciją  $n$  galima rasti pakankamu tikslumu, žinant Holo konstantos reikšmę, kai  $A=1$ :  $n = \frac{1}{q_e R_H}$ .

### Tyrimo metodas.

Matavimų aparatūros schema pavaizduota 2 pav. Srovės, tekančios bandiniu  $H$ , grandinę sudaro keičiamos įtampos šaltinis  $E$ , voltmetras  $V$ , miliampermetras ir komutatorius  $K$ . Magnetinis laukas statmenas brėžinio plokštumai. Holo įtampa  $U_H$  susidaro tarp elektrodų 1 ir 3. Ji matuojama didelės varžos mikrovoltmetru  $\mu V$ .

Ištiriame Holo įtampos priklausomybę nuo kampo tarp magnetinio lauko ir bandinio plokštumos. Po to, pasukę bandinį statmenai magnetiniam laukui, ištiriame Holo įtampos priklausomybę nuo srovės stiprio. Apskaičiuojame laisvųjų krūvininkų koncentraciją ir jų judrį.



2 pav. Holo įtampos matavimo schema

Zondų 1 ir 3 potencialai gali būti skirtingi ir  $B=0$  atveju. To įtakos galima išvengti matuojant įtampas  $U_{H1}$  ir  $U_{H2}$ , atitinkančias priešingas bandiniu tekančios srovės kryptis. Tokiu atveju Holo įtampa  $U_H = \frac{1}{2}(U_{H1} + U_{H2})$ .

### Darbo eiga.

1. Sujunkite grandinę taip kaip pavaizduota 2 paveiksle.
2. **Pakvieskite dėstytoją, kad šis patikrintu, ar teisingai sujungta grandinė.**
3. Ištirkite Holo įtampos priklausomybę nuo magnetinio lauko krypties bandinio plokštumos atžvilgiu. Pasukite bandinį taip, kad šis būtų lygiagretus magnetiniam laukui –metalinio cilindro viršuje esanti skalės rodyklė turėtų rodyti 0 laipsnių.
4. Užsirašykite esamą pasukimo kampo  $\alpha$  vertę. Komutatoriaus jungiklį įjunkite į vieną iš jo „Įjungta“ padėčių ir užsirašykite, mikrovoltmetro rodomą vertę  $U_{H1}$ . Komutatoriaus jungiklį perjunkite į priešingą „Įjungta“ poziciją ir užsirašykite, mikrovoltmetro rodomą vertę  $U_{H2}$ .
5. Pasukite bandinį 5–10 laipsnių. Užsirašykite esamą pasukimo kampo  $\alpha$  vertę. Komutatoriaus jungiklį įjunkite į vieną iš jo „Įjungta“ padėčių ir užsirašykite,

mikrovoltmetro rodomą vertę  $U_{H1}$ . Komutatoriaus jungiklį perjunkite į priešingą „Ijungta“ poziciją ir užsirašykite, mikrovoltmetro rodomą vertę  $U_{H2}$ .

6. Kartokite 5 žingsnį kol bandinį pasuksite iki  $180^\circ$ . Matavimų duomenis rašykite į žemiau pateiktą lentelę.

$\alpha$	$U_{H1}$	$U_{H2}$	$U_H$

Kiekvieno kampo atveju apskaičiuokite Holo įtampos  $U_H = \frac{1}{2}(U_{H1} + U_{H2})$  vertę ir nustatykite ties kuriuo bandinio pasukimo kampu jos vertė yra didžiausia.

7. Holo įtampos priklausomybę nuo magnetinio lauko krypties bandinio plokštumos atžvilgiu pavaizduokite grafiškai.
8. Išstirkite Holo įtampos priklausomybę nuo srovės stiprio. Pasukite bandinį taip, kad šis būtų statmenas magnetiniam laukui. T.y. bandinį pasukite tokiu kampu tie kuriuo Holo įtampa buvo didžiausia.
9. Užsirašykite miliampermetro rodomą srovės stiprio vertę. Komutatoriaus jungiklį įjunkite į vieną iš jo „Ijungta“ padėčių ir užsirašykite, mikrovoltmetro rodomą vertę  $U_{H1}$ . Komutatoriaus jungiklį perjunkite į priešingą „Ijungta“ poziciją ir užsirašykite, mikrovoltmetro rodomą vertę  $U_{H2}$ .
10. Šliaužikliniu reostatu keiskite srovės stiprį ir kartodami 9 žingsnį atlikite 5–7 Holo įtampos matavimus esant skirtingoms srovės stiprio vertėms. Matavimų ir Holo įtampos skaičiavimų duomenis rašykite į lentelę.

$I$	$U_{H1}$	$U_{H2}$	$U_H$

11. Holo įtampos priklausomybę nuo srovės stiprio pavaizduokite grafiškai:

- a) Nubrėžtas grafikas turėtų būti tiesė. Nustatykite tiesės krypties koeficientą  $k$ .
- b) Žinodami krypties koeficientą – raskite Holo konstantą  $R_H$ . Kadangi  $k = \frac{AB}{nq_e d}$ , o  $R_H = \frac{A}{nq_e}$ , tai  $R_H = k \cdot \frac{d}{B}$ .  $d$  ir  $B$  vertes rasite nurodytas darbo vietoje.
- c) Žinodami Holo konstantą  $R_H$  apskaičiuokite krūvininkų koncentraciją:  $n = \frac{1}{q_e R_H}$ , kur  $q_e$  – elektrono krūvis.
- d) Apskaičiuokite krūvininkų judrį:  $\mu_H = \frac{U_H l}{U b B}$ .

Suformuluokite darbo išvadas.

**Baigę darbą neužmirškite išjungti prietaisų!**

#### Literatūra.

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000.
2. A. Matvejevas, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Mokslas*, 1991.
3. V. Rinkevičius, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2001.