

13. Termoelektrinio ir Peltjė efektų tyrimas

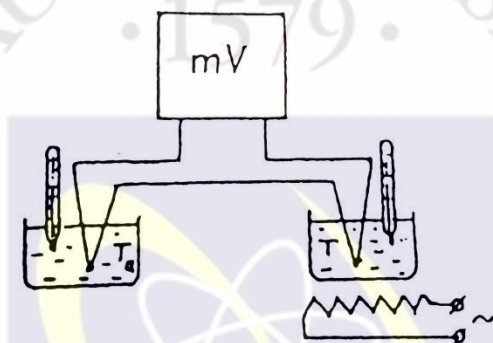
Užduotis.

1. Ištirti termoelektrovaros priklausomybę nuo temperatūros.
2. Ištirti Peltjė šilumos priklausomybę nuo srovės tekėjimo trukmės ir apskaičiuoti Peltjė koeficientą.

Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Kontaktinio potencialų skirtumo fizikinės priežastys.
2. Termoelektrinis efektas.
3. Peltjė efektas.

Tyrimo metodai. Termoporos termoelektrovara matuojama didelės varžos milivoltmetru. Matavimo schema pavaizduota 1 pav. Viena termoporos sandūra laikoma pastovioje temperatūroje T_a , o kita inde, kurio kintanti temperatūra matuojama tiksliu termometru.



1 pav. Termoelektrinio efekto tyrimo schema

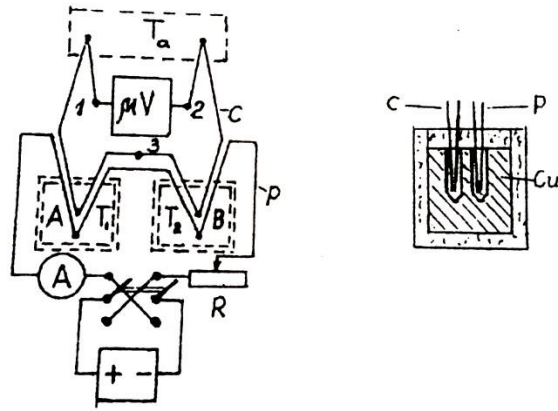
Ištiriame termoelektrovaros U priklausomybę nuo temperatūrų skirtumo $T - T_a$. Priklausomybę $U(T)$ išmatuosime tiksliau, kai temperatūra termoelektrovaros matavimo momentu kis nežymiai. Tai pasiekama atitinkamai reguliuojant kaitinimo srovę.

Jeigu termoelektrovaros priklausomybė nuo temperatūros tiesinė, tai termoelektrinis koeficientas

$$a = \frac{U}{T - T_a}. \quad (1)$$

Kai $U(T)$ netiesinė funkcija, tai termoelektrinis koeficientas priklauso nuo temperatūros, $a = a(T)$. Tokiu atveju bet kokią temperatūrą T atitinka diferencialinis termoelektrinis koeficientas

$$a_d = \frac{dU}{dT}. \quad (2)$$



2 pav. Peltjė efekto tyrimo schema

Peltjė efekto tyrimo metodas pagrįstas kalorimetriniu šilumos, išsiskyrusios ir absorbuotos termoporos sandūrose, matavimu. Tyrimo aparatūra pavaizduota 2 pav.

Peltjė efektą gauname leisdami srovę termoelementu P, kurio sandūros patalpintos į termiškai izoliuotų vienodų varinių ritinėlių A ir B kiaurymes. Jų temperatūros T_1 ir T_2 bei jų skirtumas matuojamas dviem tarpusavy sujungtais termoelementais C, kurių dvi sandūros yra pastovios temperatūros T_a termoizoliuotame inde. Termoelementų P ir C dalys, esančios ritinėliuose, elektriškai izoliuotos stiklu. Matuojamos termoelektrinės įtampos tarp taškų 1, 2 ir 3. Kadangi ritinėlių temperatūrų skirtumai maži, tai pakankamu tikslumu galima laikyti, kad termoelektrinės įtampos proporcingos termoporų sandūrų temperatūrų skirtumui. Įtampa tarp taškų 1 ir 2:

$$U_{12} = a(T_1 - T_2). \quad (3)$$

o tarp taškų 1 ir 3 bei 2 ir 3 –

$$\begin{aligned} U_{13} &= a(T_1 - T_a), \\ U_{23} &= a(T_2 - T_a). \end{aligned} \quad (4)$$

Ištiriame temperatūrų skirtumo $T_1 - T_2$ priklausomybę nuo srovės tekėjimo termopora P trukmės t . Jeigu sandūroje, esančioje ritinėlyje A, išsiskyrė Peltjė šilumos kiekis Q_p , tai toks pat šilumos kiekis bus absorbuotas sandūroje B. Kai šilumos nuotėkio į aplinką galima nepaisyti, atsižvelgę į energijos tvermės dėsnį užrašysime:

$$Q + Q_p = K_1(T_1 - T_a). \quad (5a)$$

$$Q - Q_p = K_2(T_2 - T_a). \quad (5b)$$

čia Q – Džaulio šiluma, K_1 ir K_2 ritinėlių šiluminės talpos. Vieno ritinėlio temperatūra padidės, o kito – sumažės arba mažiau padidės. Iš (5a) ir (5b) lygčių gausime, kad Peltjė šiluma

$$Q_p = \frac{1}{2}(K_1(T_1 - T_a) - K_2(T_2 - T_a)). \quad (6)$$

Vienodų varinių ritinėlių šiluminės talpos vienodos, $K_1 = K_2 = K$, todėl užrašysime

$$Q_p = K(T_1 - T_2). \quad (7)$$

Pažymėję $U_{12} = U_p$ ir įrašę čia $(T_1 - T_2)$ išraišką iš (3) gausime

$$Q_p = \frac{KU_p}{a}. \quad (8)$$

Peltjė dėsnis teigia, kad išsiskyręs arba sugertas sandūroje šilumos kiekis proporcingas pratekėjusiam ja elektros krūviui.

$$Q_p = \Pi I t. \quad (9)$$

čia Π – Peltjė koeficientas, I – srovės stipris. Taigi matome, kad

$$\Pi = \frac{K U_p}{a I t}. \quad (10)$$

Kai šilumos nuotėkio į aplinką galima nepaisyti, įtampa U_p tiesiškai priklauso nuo laiko ($U_p \sim t$). Jeigu per laiką $t_2 - t_1$ termoelektrinė įtampa $U_p = U_{12}$ pakito nuo U_{p1} iki U_{p2} , tai pagal (10)

$$\Pi = \frac{K(U_{p2} - U_{p1})}{a I (t_2 - t_1)}. \quad (11)$$

Elektrono įgyta arba atiduota energija, pereinant sandūros potencialo barjerą,

$$U_b q_e = \frac{Q_p}{N}. \quad (12)$$

čia U_b - kontaktinis potencialų skirtumas, q_e - elektrono krūvis, N – elektronų, perėjusių sandūrą, skaičius.

Kadangi $N = \frac{I t}{q_e}$, tai

$$U_b = \frac{Q_p}{I t}. \quad (13)$$

iš (13) ir (9) lygčių gausime, kad $U_b = \Pi$.

Eksperimentas.

Išmatavę U_p priklausomybę nuo laiko, pavaizduojame ją grafiškai. Didėjant ritinėlio temperatūrai, didėja ir šilumos nuotėkis į aplinką. Kai jo galima nepaisyti, U_p tiesiškai priklauso nuo t . Įrašę į (11) formulę tiesinę šios priklausomybės dalį atitinkančius duomenis, apskaičiuojame Peltjė koeficientą.

Tyrimo eiga.

I dalis

1. Norėdami atlikti pirmąją darbo dalį, įjunkite milivoltmetrą. Iš pradžių jo parodymai bus artimi 0 V, nes neįjungus kaitinimo, abiejų indų temperatūros yra tokios pat ir lygios aplinkos temperatūrai.
2. Įjunkite vieno iš indų kaitinimą, kaitinimo elemento maitinimo šaltinio jungiklį perjungę į padėtį „Į“.
3. Fiksuokite milivoltmetro ir kaitinamajame inde įtvirtinto termometro rodmenis ir juos surašykite į lentelę. Matuokite intervale nuo kambario temperatūros iki 120 °C, kas 10°C.

U, mV	T, °C

4. Atlikę matavimus, išjunkite milivoltmetrą ir kaitinimo elementą, jo maitinimo šaltinio jungiklį perjungę į padėtį „Iš“.
5. Nubrėžkite $U(T)$ priklausomybę ir aproksimuokite ją tiese. Tiesės krypties koeficientas, pagal (1) formulę, skaitine verte lygus ieškomam termoelektriniam koeficientui a .

II dalis

1. Įjunkite milivoltmetrą. Iš pradžių jo parodymai tarp bet kurių dviejų taškų (1, 2, 3) bus artimi 0 V, nes, termoelementu nepaleidus tekėti srovės, tiek termoizoliuoto indo, tiek abiejų varinių ritinėlių temperatūros bus vienodos ir lygios aplinkos temperatūrai.
2. Įjunkite termoelemento maitinimo šaltinį, jo jungiklį perjungę į padėtį „Ij“ bei paleiskite chronometrą. Užsirašykite termoelementu tekančios srovės I vertę, kuri rodoma ampermetro ekrane.
3. Matavimus vykdykite 60 min ir matavimų metu, kas 3 min fiksuokite įtampų tarp taškų 1, 2, 3 vertes ir jas surašykite į lentelę.

t,s	U_{12} , mV	U_{13} , mV	U_{23} , mV

4. Atlikę matavimus, išjunkite milivoltmetrą bei termoelemento maitinimo šaltinį, jo jungiklį perjungę į padėtį „Išj“.
5. Nuo bandymo pradžios išsiskyrusio/absorbuoto Peltjė šilumos kiekio vertes skirtingais laiko momentais raskite įtampos $U_{12}=U_p$ vertes tais pačiais laiko momentais įsistatę į (8) formulę. Termoelektrinio koeficiento a vertė imama iš pirmosios darbo dalies, o varinių ritinėlių šiluminės talpos K – iš laboratorinio darbo duomenų lapo.
6. Nubrėžkite įtampos U_p ir išsiskyrusio/absorbuoto Peltjė šilumos kiekio Q_p priklausomybes nuo srovės tekėjimo laiko $U_p(t)$ ir $Q_p(t)$.
7. Iš turimų duomenų pasirinkę dvi srovės tekėjimo laiko vertes ir dvi jas atitinkančias įtampas U_p , pagal (11) formulę nustatykite Peltjė koeficientą. Pasirinktos įtampos turi būti 6 punkte nubraižytos priklausomybės $U_p(t)$ tiesinėje dalyje.

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.