

EFFECTUL SEEBECK

1.Scopul lucrării

În lucrarea de față se urmărește apariția tensiunii termoelectromotoare între sudurile caldă și rece ale unui termocuplu și se determină coeficientului Seebeck.

2. Teoria lucrării

În conductoarele străbătute de curent electric în prezența unui gradient de temperatură, apar *efecte termoelectrice*, ca rezultat al interdependenței între curentul electric și curentul caloric. Se cunosc trei efecte termoelectrice: *efectul Seebeck*, *efectul Thomson* și *efectul Peltier*.

Efectul Thomson constă în degajarea sau absorbția de căldură într-un conductor în care există un gradient de temperatură și este străbătut de un curent electric. Căldura degajată sau absorbită în unitatea de timp este proporțională cu intensitatea curentului I și cu gradientul de temperatură ∇T .

Efectul Peltier arată că sudura a două conductoare diferite A și B, de natură diferită, se încălzește sau se răcește în funcție de sensul curentului electric și de natura conductoarelor.

Căldura degajată sau absorbită în unitatea de timp este proporțională cu intensitatea curentului.

La suprafața de contact a două metale A și B se constată experimental apariția unei diferențe de potențial "de contact", a cărei mărime este dată de relația:

$$U_{AB} = U_B - U_A + \frac{k_B T}{e} \cdot \ln \frac{n_{0A}}{n_{0B}} \quad (1)$$

unde U_A și U_B reprezintă potențialele de extracție a electronului din metalele respective;

n_{0A} și n_{0B} reprezintă numărul electronilor liberi din unitatea de volum a metalului respectiv;

k_B este constanta lui Boltzmann; T este temperatura absolută iar e sarcina electronului.

Diferența de potențial de contact poate duce la producerea unei energii electrice și menținerea ei în timp dacă se consumă o energie de schimb (calorică). Astfel, într-un circuit închis format din două metale diferite sudate la capete (fig.1) se constată experimental un curent electric când cele două suduri au temperaturi diferite. Fenomenul se numește *efect termoelectric (Seebeck)*, iar cele două metale sudate, *termocuplu*.

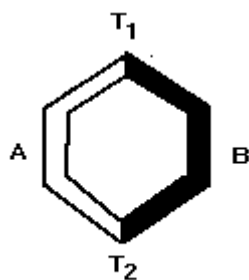


Fig.1

Termocuplu.

Tensiunea electromotoare (suma algebrică a salturilor de potențial în contactele circuitului) într-un anumit domeniu de temperaturi, este proporțională cu diferența între temperaturile celor două suduri și depinde de natura conductoarelor :

$$E = \alpha_T \cdot (T_1 - T_2) \quad (2)$$

α_T se numește coeficientul Seebeck și se măsoară în SI în: [V/K]

Fizica statistică cuantică arată că electronii de valență dintr-un solid (în particular metal) pot fi asimilați unor particule ce se află într-o groapă de potențial, energia lor putând avea doar valori discrete foarte apropiate, nivelul de energie maximă la 0 K fiind *nivelul Fermi* W_F (fig.2).

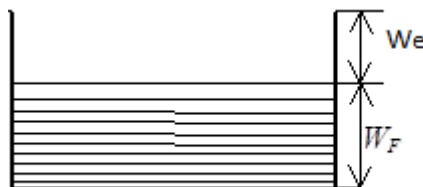


Fig. 2 Groapa de potențial.

Pentru ca electronii să fie scoși din metal în vid, acestora trebuie să li se comunice o *energie de extracție* W_e , cea mai mică valoare a acesteia corespunzând electronilor ce au energia în apropierea nivelului Fermi. Energia de extracție depinde de natura metalului, slab de temperatură și foarte puternic de starea suprafeței metalului.

Dacă două metale A și B, care au valori diferite ale energiilor de extracție sunt puse în contact atunci au loc procese tranzitorii, care constau într-un schimb reciproc de purtători, până la obținerea stării de echilibru.

Dacă $W_{eA} > W_{eB}$, numărul de electroni care trec din B în A va fi mai mare decât numărul de electroni care trec din A în B; metalul B va sărăci în electroni, încercându-se pozitiv (și nivelul său Fermi va coborî) iar metalul A se va îmbogăți în electroni, încercându-se negativ (și nivelul său Fermi va urca). La egalizarea nivelelor Fermi, schimbul de electroni încetează, diferența de potențial care apare opunându-se trecerii în continuare a electronilor.

Dacă cele două metale au concentrații diferite de electroni, diferențele de potențial de contact ce apar la sudurile celor două metale, aflate la temperaturile T_1 și T_2 , cu $T_1 < T_2$, vor determina în conformitate cu (1) tensiunea electromotoare :

$$E = \frac{k_B(T_2 - T_1)}{e} \cdot \ln \frac{n_{0A}}{n_{0B}} \quad (3)$$

cu coeficientul Seebek:

$$\alpha_T = \frac{k_B}{e} \cdot \ln \frac{n_{0A}}{n_{0B}} \quad (4)$$

3. Dispozitivul experimental

Se realizează montajul din fig.3 ce constă dintr-un termocuplu Ni — Cu; un galvanometru cu spot luminos ce evidențiază curentul în circuit, pe ecranul căruia este notată constanta de curent C, doi rezistori: unul cu rezistență constantă $R_0 = 2000 \Omega$ și celălalt cu rezistență variabilă R_i în zece trepte între limitele $R_1 = 100 \Omega$ și $R_{10} = 1000 \Omega$; un reșou pentru încălzirea apei dintr-un pahar la temperatura $T_2 = 373 K$.

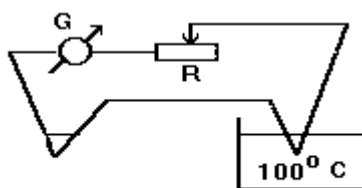


Fig.3. Schema instalației experimentale

Cele două suduri se mențin la temperaturi diferite (una la temperatura camerei iar cealaltă într-un pahar cu apa la temperatura de fierbere).

Aceeași tensiune termoelectrică ($T_1 - T_2 = \text{const.}$) produce curenți diferiți în funcție de rezistența etalonată R care se introduce în circuit.

Astfel :

$$E = C \cdot f_0 \cdot R_0 \quad (5)$$

unde f_0 reprezintă deviația galvanometrului (diviziuni); C este constanta de curent a galvanometrului (A/div.).

Pentru o altă rezistență :

$$E = C \cdot f_i \cdot (R_0 + R_i) \quad (6)$$

Eliminând R_0 între relațiile (5) și (6) rezultă :

$$E = C \frac{f_o f_i}{f_o - f_i} R_i \quad (7)$$

formulă cu care se află tensiunea termocuplului pentru diferența de temperatură dată. Din (2) și (5) rezultă coeficientul Seebeck pentru termocuplul dat :

$$\alpha_{Ti} = \frac{E}{T_1 - T_2} = \frac{C f_o f_i R_i}{(T_1 - T_2)(f_o - f_i)} \quad (8)$$

4. Modul de lucru

- Se va determina coeficientul Seebeck al cuplului Cu-Ni realizând montajul din fig.3
- Se introduce în circuit rezistența etalon $R_0 = 2000 \, \Omega$ și se trece galvanometrul pe sensibilitatea maximă 1/1.
- Procedând conform considerațiilor anterioare se citesc indicațiile galvanometrului f_i pentru rezistențele etalon $R_0, R_0 + R_1, \dots, R_0 + R_i$ și se întocmește tabelul 1.

Nr. Crt.	R_i [Ω]	f_i [div]	1/ f_i [1/div]	α_{Ti} [μ V/K]	$\bar{\alpha}_T$ [μ V/K]	$\bar{\sigma}_{\alpha_T}$ [μ V/K]	α_T [μ V/K]
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

- Se calculează coeficientul Seebeck cu relația (8).
- Se determină intervalul pentru valoarea adevărată α_T folosind formulele corespunzătoare din calculul erorilor:

$$\alpha_T = \bar{\alpha}_T \pm \bar{\sigma}_{\alpha_T} \quad (9)$$

unde valoarea medie este:

$$\bar{\alpha}_T = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_{Ti}}{n} \quad (10)$$

iar

$$\bar{\sigma}_{\alpha_T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_{Ti} - \bar{\alpha}_T)^2}{n(n-1)}} \quad (11)$$

cu n reprezentând număr de măsurători efectuate.

5. Prelucrarea datelor experimentale

Se reprezintă grafic $1/\varphi_i = f(R_i)$, se calculează panta fizică medie și valoarea lui α_T cu ajutorul relațiilor:

$$\frac{1}{\varphi_i} = \frac{1}{\varphi_0} + \frac{C}{(T_1 - T_2)\alpha_T} R_i \quad (7)$$

$$\Delta\left(\frac{1}{\varphi_i}\right) / \Delta R = \frac{C}{(T_1 - T_2)\alpha_T} \quad (8)$$

Se compară această valoare cu valoarea găsită din tabelul cu rezultate.

Se reprezintă grafic folosind un program de fitare și se compară rezultatele obținute prin cele două metode.

6. Întrebări

1. Să se explice efectul Seebeck.
2. În ce constă efectul Thomson?
3. Ce este un termocuplu?
4. Scrieți expresia tensiunii electromotoare pentru efectul Seebeck și specificați semnificația mărimile fizice ce apar.
5. Ce reprezintă nivelul Fermi?
6. Cum se determina coeficientul Seebeck pentru termocuplul dat?
7. Ce este un galvanometru?
8. Deduceți unitatea de măsură în SI pentru coeficientul Seebeck.
9. Ce reprezintă $\bar{\sigma}\alpha_T$?

7. Bibliografie:

1. I. Damian, D. Popov, Teme experimentale, Editura Politehnica (2003).
2. Luminos I., Fizică – teme experimentale - Editura Politehnica, Timișoara, 2009.
3. C. Marcu, I. Mihalca, D. Mihailovici, I. Damian, R. Baea, M. Cristea, Lucrări de laborator Fizică (1981).