STUDIUL EFECTULUI TERMOELECTRIC

1. Considerații teoretice

Efectul termoelectric, descoperit de Seebeck în 1823, constă în apariția unei tensiuni electrice într-un circuit format din două metale diferite (1,2) ale căror joncțiuni nu au aceeaşi temperatură ($T_1 \neq T_2$) (fig.1). Tensiunea electromotoare din circuit se numeşte *tensiune termoelectrică* şi se anulează în momentul egalării temperaturilor ($T_A = T_B$).

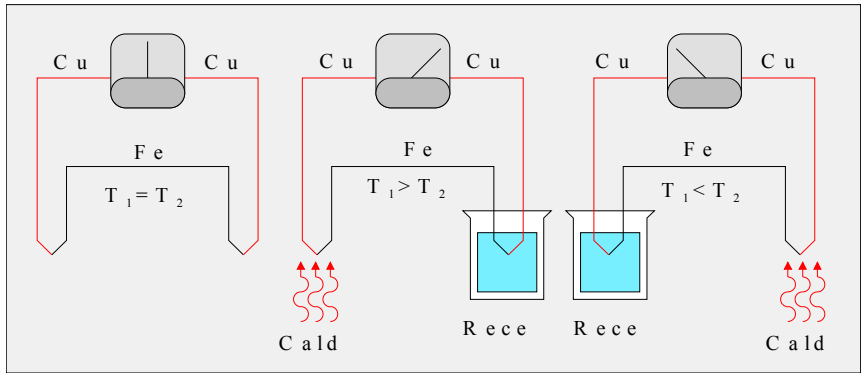

Figura 1. Generarea tensiunii termoelectrice prin aplicarea unei diferențe de temperatură unui dispozitiv cu 2 metale diferite.

Efectul termoelectric se explică prin proprietățile contactului metal–metal. La contactul a două metale, condiția de echilibru a gazului electronic duce la egalarea *potențialelor chimice* (nivelelor Fermi), ce au valorile inițiale μ_1 şi μ_2. ***Potențialul chimic*** este lucrul mecanic efectuat când numărul de electroni din sistem se schimbă cu o unitate. În figura 2 sunt reprezentate gropile de potențial ale celor două metale (la 0°C) aduse în contact, la care a avut loc o deplasare a nivelelor energetice, astfel încât să coincidă pozițiile nivelelor Fermi. Diferența de potențial de contact este proporțională cu diferența lucrurilor de extracție :

$$U_C = (W_2 - W_1)/e \qquad (1)$$

Variația temperaturii duce la o modificare a potențialului chimic, deci şi a potențialului de contact:

$$U_C = (W_2 - W_1)/e + (k_B \cdot T/e) \cdot \ln(n_1/n_2) \qquad (2)$$

unde:

- e-sarcina electronului;
- k_B-constanta lui Boltzmann;
- T-temperatura joncțiunii; n_1, n_2-concentrațiile electronilor liberi în cele două metale.

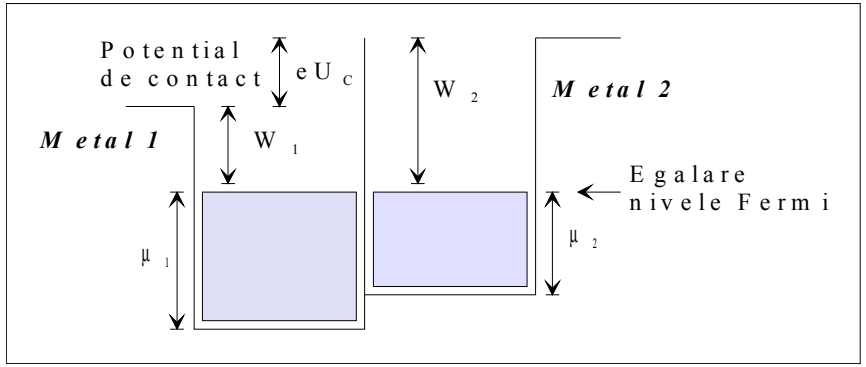

Figura 2. Apariția diferenței de potențial de contact dintr două metale.

Valoarea potențialului de contact depinde de natura metalelor, de puritatea lor şi nu este influențată de forma şi dimensiunea lor.

Efectul Seebeck are trei cauze care se reflectă în coeficientul Seebeck :

$$S = S_v + S_c + S_f$$

S_v - componenta volumică a coeficientului Seebeck, datorată difuziei preponderente a purtătorilor mobili de sarcină electrică de la extremitatea caldă spre cea rece;

S_c - componenta de contact a coeficientului Seebeck, datorată variației potențialului de contact cu temperatura, legat de dependența de temperatură a potențialului chimic (nivelului Fermi F)

$$S_c = -(1/e)\, dF/dT$$

S_f - componenta fononică a coeficientului Seebeck, datorată antrenării electronilor de conducție de către fononii (vibrațiile rețelei cristaline) care se deplasează de la extremitatea caldă spre cea rece (importantă doar la temperaturi joase, criogenice).

Într-un circuit închis cu două joncțiuni (A şi B, figura 1), tensiunea este:

$$E = U_{CA} - U_{CB} \qquad (3)$$

Înlocuim în (3) potențialele care dirijează electronii în sens contrar şi vom obține:

$$E= (T_A–T_B)\cdot(k_B /e)\cdot\ln(n_1 /n_2) \quad (4)$$

în care expresia $S=(k_B /e)\cdot\ln(n_1 /n_2)$ este constantă iar tensiunea:

$$E = S\cdot(T_A – T_B) \quad (5)$$

relație valabilă pentru intervale limitate de temperatură. Cele două metale din circuit ce formează un termocuplu se folosesc la măsurarea temperaturii. Dacă temperatura T_B a joncțiunii de referință B se menține constantă, tensiunea termoelectromotoare va fi influențată numai de temperatura joncțiunii A (T_A).

2. Metoda experimentală

Dispozitivul experimental

Instalația experimentală constă din sudurile A şi B ale celor două metale, sursa de încălzire şi un potențiometru compensator P, sau un milivoltmetru pentru măsurarea tensiunii termoelectromotoare. Sudura B este menținută la temperatură constantă (0°C într-un pahar cu apă şi gheață), iar sudura A este introdusă într-un vas cu apă care va fi încălzită, temperatura măsurându-se cu termometrul.

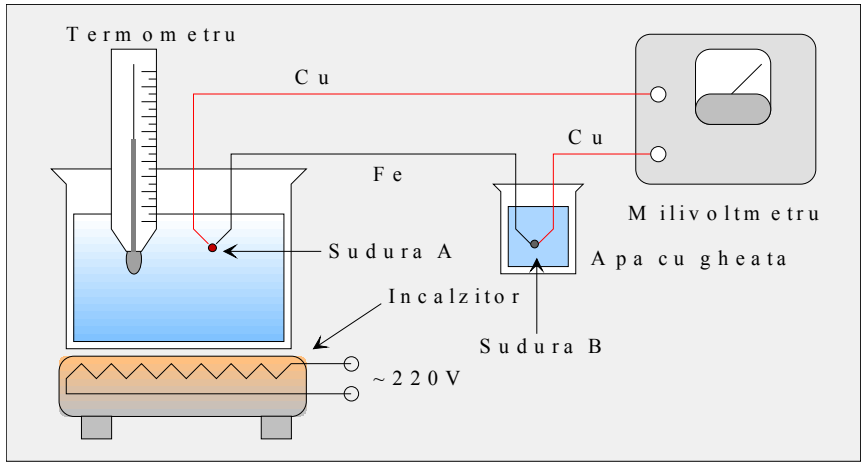

Figura 3. Instalația experimentală ce cuprinde sudura "caldă" A,din vasul cu apă încălzită de un reşou, sudura "rece" B menținută la temperatură constantă (ex. apă cu gheață, 0°C), termometrul şi milivoltmetrul.

Modul de lucru

- Se introduce sudura A în vasul cu apă care va fi încălzit, iar sudura B în vasul Dewar cu apă şi gheață (sau la temperatură constantă).
- Se leagă capetele libere ale termocuplului la bornele instrumentului de măsură.
- Se conectează încălzitorul la sursa de putere.
- Se măsoară tensiunea termoelectromotoare din 10 în 10°C sau din 5 în 5°C, dacă permite sensibilitatea instrumentului.
- Temperatura se citeşte pe termometru.
- Valorile obținute experimental se trec în tabel.

3. Prelucrarea datelor experimentale

Se reprezintă grafic tensiunea termoelectrică E (axa ordonatelor, Oy) în funcție de temperatura T (axa absciselor, Ox). Se trasează dreapta care trece cel mai aproape de punctele experimentale.

Se calculează ***coeficientul Seebeck*** (coeficientul de temperatură al tensiunii termoelectromotoare, sensibilitatea medie a termocuplului) din panta graficului:

$$S=(E_2 –E_1)/(T_2 –T_1) \quad (6)$$

alegând 2 puncte pe dreapta trasată, cât mai depărtate între ele, pentru a minimiza erorile.

Se calculează eroarea relativă de determinare a sensibilității:

$$\Delta S/S =2\cdot\Delta E/(E_2 –E_1)+2\cdot\Delta T/ (T_2 –T_1) \quad (9)$$

eroarea instrumentuluilui de măsură fiind:

$$\Delta E= \gamma\cdot E_n /100 \quad (10)$$

unde γ este clasa lui de precizie (în %), iar E_n valoarea maximă măsurabilă (capul de scală).

Tabel cu datele experimentale

T_A (°C)	
E (mV)	