

Studiul efectului Seebeck

1 Considerații teoretice

Electronii metalelor sunt plasați pe nivelele energetice din cadrul benzilor energetice permise: banda de valență, BV , respectiv banda de conducție, BC . O reprezentare ipotetică a modului de distribuire a electronilor pe aceste nivele energetice este ilustrată în *Figura 1*.

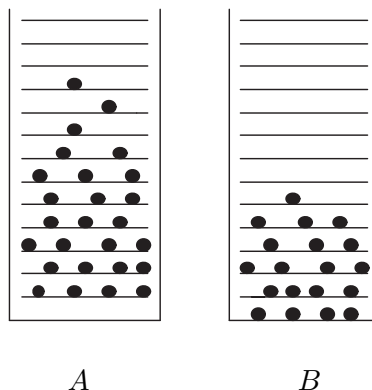


Figura 1.

Metalul A are mai mulți electroni pe nivelele energetice superioare în comparație cu metalul B , adică putem spune că are o concentrație mai mare a electronilor. Comparând nivelele energetice ale celor două metale observăm că metalul B are nivele energetice neocupate dispuse sub cele ocupate ale metalului A . Fiind nivele de energie mai mică electronii de pe nivelele metalului A , în virtutea *Principiului energiei minime*, vor ocupa aceste nivele libere dacă cele două metale sunt aduse în contact. Practic atomii metalului A devin *ioni pozitivi*, iar cei ai metalului B devin *ioni negativi*. Se pune că metalul A are caracter *electropozitiv* mai pronunțat, iar metalul B are caracter *electronegativ* mai pronunțat. Așadar, în regiunea de contact a celor două metale apare un câmp electric a cărui intensitate este orientată de la metalul A spre metalul B și crește odată cu trecerea electronilor de la A spre B până când atinge valoarea ce nu mai permite electronilor să treacă de la A la B (*electronii sunt antrenati în sens contrar câmpului electric*). De fapt se stabilește un *echilibru dinamic*: numărul electronilor ce trec într-un sens ($A \rightarrow B$) este egal cu numărul electronilor ce trec în sens invers ($B \rightarrow A$).

Diferența de potențial corespunzătoare câmpului electric al acestei stări de echilibru dinamic se numește *diferență de potențial de contact* și este dată de relația

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

unde k_B reprezintă constanta Boltzmann, T temperatura absolută la care se găsesc cele două metale, e sarcina electronului, iar n_{0A} și n_{0B} reprezintă concentrațiile electronilor liberi în cele două metale la temperatura $0^\circ C$. În *Figura 2* prezentăm "configurația" electronilor din cele două conductoare metalice când sunt puse în contact.

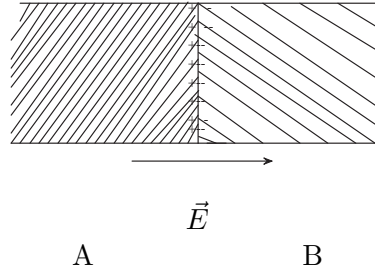


Figura 2

Acum că am lămurit ce este cu diferența de potențial de contact vom considera două fire conductoare metalice sudate la capete, suduri plasate la aceeași temperatură, cu care vom forma un circuit închis ca în *Figura 3*.

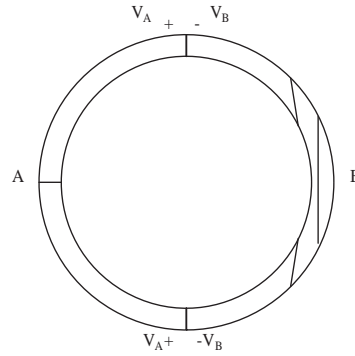


Figura 3

Însumând diferențele de potențial de contact se obține că tensiunea electromotoare, t.e.m \mathcal{E} , este nulă

$$\mathcal{E} = V_A - V_B + V_B - V_A = 0. \quad (2)$$

Medicul german *Thomas Johann Seebeck* a observat în anul 1826 că dacă cele două suduri sunt puse la temperaturi diferite atunci într-un asemenea circuit apare o t.e.m diferită de zero.

Fenomenul descris mai sus se numește *efect termoelectric* sau *efect Seebeck*, iar t.e.m corespunzătoare *tensiune termoelectromotoare*. Efectul Seebeck se datorește faptului că diferența de potențial de contact variază cu diferența de temperatură, astfel că dacă cele două suduri au temperaturile $T_{cald} = T_c$, respectiv $T_{rece} = T_r$, diferențele de potențial de contact nu mai sunt egale, $\mathcal{E}_c \neq \mathcal{E}_r$, iar t.e.m din circuit, \mathcal{E} , nu mai este nulă și este dată de expresia

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c - \mathcal{E}_r = \sigma(T_c - T_r) \quad (3)$$

care reprezintă chiar tensiunea termoelectromotoare și unde cu σ am notat *coeficientul Seebeck*.

Dispozitivul construit pe baza a ceea ce am prezentat mai sus se numește *termocuplu* și este utilizat la măsurarea temperaturii în condițiile în care o sudură, "sudura rece", se menține la o temperatură constantă, de obicei în apă cu gheață, iar cealaltă, "sudura caldă", se introduce în cuprinsul sistemului a cărui temperatură dorim să o măsurăm.

2 Prezentarea instalației experimentale

Instalația experimentală este compusă dintr-un termocuplu, un pahar cu apa ce este încălzită pe plită electrică, un galvanometru și o cutie cu rezistențe etalonate. Toate componentele enumerate mai sus formează instalația experimentală conform schemei prezentate în *Figura 4*.

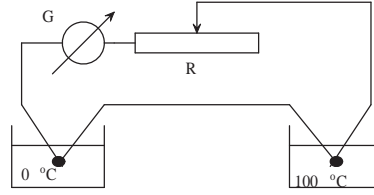


Figura 4

Dacă cele două suduri sunt menținute la temperaturi diferite la bornele termocuplului apare o tensiune termoelectromotoare, \mathcal{E} , proporțională cu diferența celor două temperaturi, $T_c - T_r$, iar prin circuitul ce conține cutia cu rezistențe etalon și galvanometru se va stabili un curent dictat de valoarea rezistenței etalon din circuit. Deviația φ a galvanometrului va fi proporțională cu acest curent. Între tensiunea termoelectromotoare \mathcal{E} și deviația φ a galvanometrului este o dependență dată de relația

$$\mathcal{E} = C_i R \varphi \quad (4)$$

unde cu C_i am notat constanta de curent a galvanometrului, iar cu R rezistența circuitului.

Se introduce în circuit rezistența etalon R_0 . Relația (4) devine

$$\mathcal{E} = C_i R_0 \varphi_0 \quad (5)$$

Se introduce o rezistență electrică suplimentară R_i , iar relația (4) devine

$$\mathcal{E} = C_i (R_0 + R_i) \varphi_i \quad (6)$$

Eliminând R_0 între relațiile (5) și (6) obținem relația

$$\mathcal{E} = C_i \frac{\varphi_0 \varphi_i}{\varphi_0 - \varphi_i} R_i \quad (7)$$

relație ce exprimă tensiunea termoelectromotoare de la bornele termocuplului pentru diferența de temperatură a celor două suduri pentru fiecare valoare a rezistenței suplimentare R_i . Coeficientul Seebeck pentru termocuplul studiat este dat de relația

$$\sigma = \frac{\mathcal{E}}{T_c - T_r} = \frac{C_i \varphi_0}{T_c - T_r} \frac{\varphi_i R_i}{\varphi_0 - \varphi_i} \quad (8)$$

3 Modul de lucru

1. Scopul lucrării îl constituie determinarea coeficientului Seebeck al unui termocuplu de $Cu - constantan$ utilizând instalația prezentată în *Figura 4*.
 2. Se identifică părțile componente ale instalației.
 3. Se introduce în circuit rezistența etalon R_0 de $2000\ \Omega$ și se trece galvanometrul pe sensibilitatea maximă 1/1.
 4. Se alimentează plita electrică ce va încălzi apa din vasul V_h până la fierbere.
 5. După ce apa din vasul V_h ajunge la fierbere se citește deviația φ_0 a galvanometrului.
 6. Se introduc în circuit rezistențele etalon $R_i = 100\ [\Omega]$ utilizând cutia de rezistențe etalon R și se citesc deviațiile φ_i ale galvanometrului.
- Rezultatele se trec în Tabelul 1 de mai jos, în coloana trei.

Tabel 1

$$C_i = 50nA/div, T_c - T_r = 79K, R_0 = 2000\Omega, \varphi_0 = \quad [div]$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr. crt.	R_i [Ω]	φ_i [div]	$1000/\varphi_i$	σ_i [$\mu V/K$]	$<\sigma>$ [$\mu V/K$]	$\Delta\sigma_i$ [$\mu V/K$]	σ_σ [$\mu V/K$]	$<\sigma> \pm \sigma_\sigma$ [$\mu V/K$]
1	100							
2	200							
3	300							
4	400							
5	500							
6	600							
7	700							
8	800							
9	900							
10	1000							

7. Se decuplează de la rețea plita electrică

4 Prezentarea rezultatelor

Se vor prelucra datele experimentale utilizând atât metoda statistică, cât și metoda grafică.

1. Se completează coloanele libere (4 \rightarrow 9) ale Tabelului 1 utilizând relația [8].
2. Se reprezintă grafic datele din coloana a patra în funcție de datele din coloana a doua. Punctele de pe grafic se înscriu pe o dreaptă. Se determină panta drepte, fie din considerente de geometrie analitică, fie utilizând un program de fitare. Din panta drepte se determină coeficientul Seebeck.
3. Se compară rezultatele obținute prin cele două metode și se discută comparativ.