

STUDIUL EFECTULUI TERMOELECTRIC

1. Scopul lucrării

Lucrarea își propune observarea experimentală a efectului termoelectric, reprezentarea dependenței liniare a tensiunii electromotoare în funcție de diferența de temperatură a celor două contacte și determinarea din panta graficului a coeficientului termocuplului (coeficientul Seebeck).

2. Considerații teoretice

Efectul termoelectric (Seebeck) reprezintă apariția unei diferențe de potențial într-un sistem format din două metale diferite, puse în contact, atunci când contactele au temperaturi diferite (vezi Fig.1). Dacă circuitul format din cei doi conductori este închis, atunci se poate observa apariția unui curent, numit curent termoelectric, care există atâta timp cât $T_1 \neq T_2$ (vezi Fig. 2).

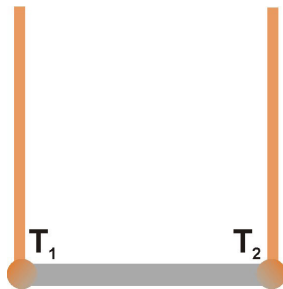


Figura 1

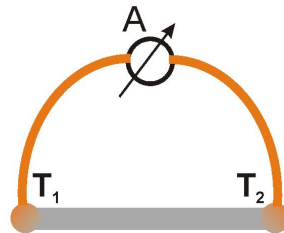


Figura 2

Efectul termoelectric se explică prin fenomenele fizice care apar la contactul metal-metal. Astfel, punând în contact două metale diferite, între ele apare o diferență de potențial de contact, care se datorează tendinței de egalare a potențialelor chimice μ_1 și μ_2 ale celor două metale. Din

figura 3, care reprezintă gropile de potențial a celor două metale puse în contact la temperatura de 0 K, se vede că la această temperatură diferența de potențial de contact depinde de lucrul mecanic de extracție al electronilor:

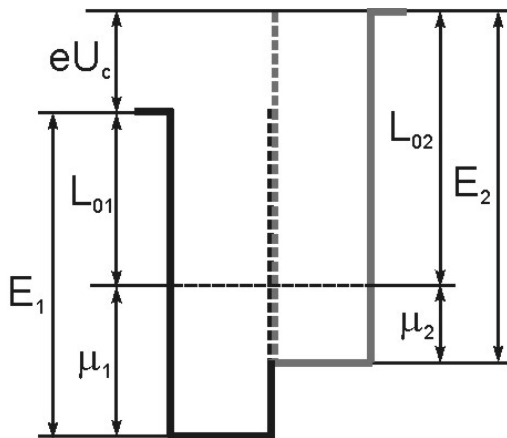


Figura 3

$$U_c = \frac{L_{02} - L_{01}}{e} \quad (1)$$

Având în vedere variația cu temperatura a potențialului chimic, rezultă că la o temperatură T diferența de potențial de contact devine:

$$U_c = \frac{L_{02} - L_{01}}{e} + \frac{kT}{e} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2}, \quad (2)$$

unde: E_1, E_2 sunt adâncimile gropilor de potențial ale celor două metale, L_{01}, L_{02} reprezintă lucrul de extracție pentru cele două metale, μ_1, μ_2 sunt potențialele lor chimice, k este constanta lui Boltzmann, e

este sarcina electronului, T este temperatura contactului, iar n_1 și n_2 sunt concentrațiile electronilor liberi în cele două metale.

Valoarea tensiunii de contact depinde de natura metalelor aflate în contact și are în general valori cuprinse între câțiva milivolți și câțiva volți. Aceasta nu depinde de forma și de dimensiunile metalelor aflate în contact, dar depinde de puritatea acestora. Într-un circuit închis în care avem două contacte a două metale diferite (vezi Fig. 4), la fiecare contact apare o astfel de diferență de potențial, iar valoarea tensiunii electromotoare din circuit este:

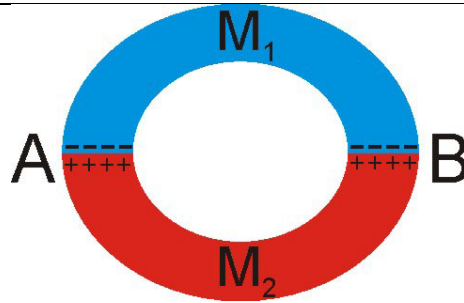


Figura 4

$$E = U_c^{(A)} - U_c^{(B)}, \quad (3)$$

Din combinarea ecuațiilor (2) și (3) rezultă tensiunea electromotoare care apare în întreg circuitul ca fiind dată de:

$$E = \frac{k}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} (T_A - T_B). \quad (4)$$

Pentru două metale date, expresia:

$$\frac{k}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} = \alpha, \quad (5)$$

este o constantă și deci ecuația (4) se poate scrie simplu ca:

$$E = \alpha(T_A - T_B). \quad (6)$$

Relația (6) este valabilă numai pentru intervale limitate de temperatură.

3. Aplicații

Efectul termoelectric este folosit pe scară largă pentru măsurarea temperaturilor extreme (termocuplurile), acolo unde termometrele clasice nu pot să fie utilizate. În plus, pot fi integrate în mașini automate și pot măsura o gamă largă de temperaturi. Ca electrozi se utilizează în special metale și aliaje care satisfac unele condiții impuse acestora și dezvoltă în același timp tensiuni termoelectromotoare relativ mari. Câteva exemple de electrozi pentru termocupluri ar fi: i) constantanul care este un aliaj ce conține 40% Ni și 60% Cu. El se întrebunțează în combinație cu fierul pur pentru termocuplul de tip Fe-Constantan (poate măsura temperaturi în domeniul de la -200°C până la $+900^\circ\text{C}$), iar cu cupru pur, termocuplul Cu-Constantan pentru temperaturi de la -200°C până la 600°C ; ii) cromelul este un aliaj cu compoziția 89% Ni, 9.8% Cr, 1.0% Fe și 0.2% Mn. Cromelul se utilizează în combinație cu alumelul (94%Ni, 0.5% Fe, 2% Al, 2.5% Mn și 1% Si) ca un termocuplu tehnic pentru domeniul de temperatură de la 0°C până la 1200°C ; iii) copelul (45% Ni, 55%

Cu) și cromelul realizează un termocuplu care servește la măsurarea temperaturii între 0 și 900 °C; iv) nichelul este unul dintre cele mai vechi metale utilizate la formarea termocuplului, mai ales în combinație cu nichelcromul (84.6% Ni, 12.4% Cr, 3% Fe) sau cu grafitul (cărbunele). O altă utilizare își găsește în cazul pilelor electrice. În cazul semiconductorilor efectul termoelectric permite determinarea semnelor purtătorilor de sarcină.

4. Metodica experimentală

4.1 Montajul experimental

Instalația experimentală (vezi Fig. 5), constă din două suduri: prima (A) care pe toată durata experimentului este menținută într-un vas cu apă, și cea de-a doua (B) care este menținută într-un vas Dewar într-un amestec de apă cu gheață ($T_B = 0^{\circ}\text{C}$). Temperatura apei T_A se măsoară cu un termometru al cărui rezervor cu mercur se gasește în apă lângă sudura (A). Apa se încălzește cu ajutorul unui reșou. În timpul încălzirii apei, diferența dintre temperaturile celor două suduri crește, astfel că în circuit apare o tensiune termoelectromotoare variabilă care se citește direct cu ajutorul unui multimetru digital.

4.2 Modul de lucru

Se etalonează termocuplul, adică se determină tensiunea electromotoare în funcție de diferența de temperatură a celor două suduri, $T_A - T_B$. Pentru aceasta se efectuează următoarele operații:

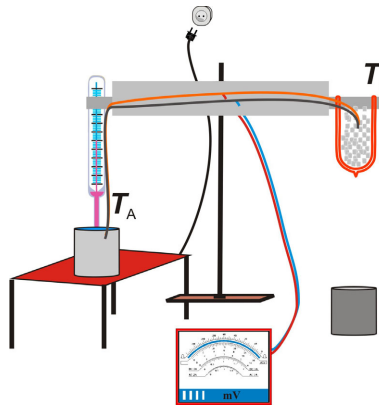


Figura 5

1. Se pune gheață în vasul Dewar și se introduce în vas sudura (B).
2. Sudura (A) se introduce în vasul cu apă rece de pe reșou.
3. Se citește temperatura inițială a apei și tensiunea electromotoare în mV.
4. Se conectează reșoul la rețea și se notează în tabelul 1 temperaturile apei, din 5 în 5 grade Celsius până la temperatura

de fierbere (care la altitudini deasupra nivelului mării este mai mică decât 100 °C) precum și tensiunile electromotoare corespunzătoare acestor temperaturi.

4.3. Prelucrarea datelor experimentale

1. Cu datele din tabel se trasează pe hârtie milimetrică graficul corespunzător dependenței $E = f(T_A)$.
2. Se trasează o dreaptă cu un liniar transparent astfel încât să aproximeze cât mai bine datele experimentale, și se aleg două puncte de pe dreaptă (nu din tabel) cât mai îndepărtate, dar în domeniul de definiție al datelor experimentale.

3. Se determină coeficientul Seebeck, care corespunde pantei graficului calculată cu ajutorul a două puncte alese anterior:

$$\alpha = \frac{E_2 - E_1}{T_{A_2} - T_{A_1}} \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} \quad (7)$$

Tabelul 1

$T_A [^\circ\text{C}]$	
$E [\text{mV}]$	