

## Dependența de temperatură a rezistivității electrice a metalelor

### Considerații teoretice

Modelul electronilor liberi, presupune că electronii de valență ai metalelor sunt colectivizați și se comportă ca un gaz perfect. În absența unor câmpuri electrice sau magnetice electronii liberi se mișcă haotic, cu aceeași probabilitate după orice direcție din spațiu. Sub acțiunea unui câmp electric constant  $\vec{E}$  după o direcție dată, apare o componentă de mișcare a tuturor electronilor dirijată după această direcție, suprapusă peste mișcarea haotică termică. În mișcarea lor, electronii se ciocnesc cu impuritățile, defectele de rețea sau fononii. Conform modelului clasic (Drude) conductibilitatea electrică are valoarea :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{ne^2\tau}{m^*} = ne\mu \quad (1)$$

unde  $n$  este concentrația electronilor,  $m^*$  masa efectivă a electronilor,  $\tau$  timpul de relaxare (timpul dintre două interacții consecutive),  $e$  sarcina electronilor, iar  $\mu$  mobilitatea lor. Se știe

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{\ell}{RS} \quad (2)$$

unde  $\rho$  reprezintă rezistivitatea conductorului,  $\ell$  și  $S$  dimensiunile geometrice ale acestuia respectiv lungimea și secțiunea iar  $R$  este rezistența electrică. În cazul metalelor, concentrația electronilor rămâne practic constantă cu creșterea temperaturii, creșterea rezistivității este determinată de scăderea mobilității purtătorilor, ca rezultat al creșterii împrăștiilor electronilor de către vibrațiile rețelei cristaline (cvasiparticule numite fononi). Rezistivitatea unui metal conținând atomi de impurități are forma :

$$\rho = \rho_t + \rho_i \quad (3)$$

unde  $\rho_t$  este contribuția mișcării termice iar  $\rho_i$  este rezistivitatea cauzată de împrăștierea undelor asociate electronilor pe atomi de impurități, care perturbă periodicitatea rețelei. La zero absolut rezistența extrapolată, numită rezistență reziduală, este egală cu  $\rho_i$  pentru metalele și aliajele ce nu trec în stare de supraconductibilitate. Aceasta este independentă de temperatură și are valori de  $10^5 - 10^6$  ori mai mare ca  $\rho$  la temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , depinzând de puritatea metalului.

Contribuția rețelei sau a fononilor la rezistivitate depinde de temperatură. În metale simple  $\rho_t$  este proporțional cu temperatura în afară de regiunea temperaturilor foarte joase. Proporționalitatea cu  $T$  la temperaturi mai mari rezultă din faptul că probabilitatea împrăștiilor electronului este proporțională cu numărul de fononi.

În domeniul temperaturilor înalte, variația rezistivității este caracterizată de legea:

$$\Delta\rho = \alpha\rho_0\Delta T \quad (4)$$

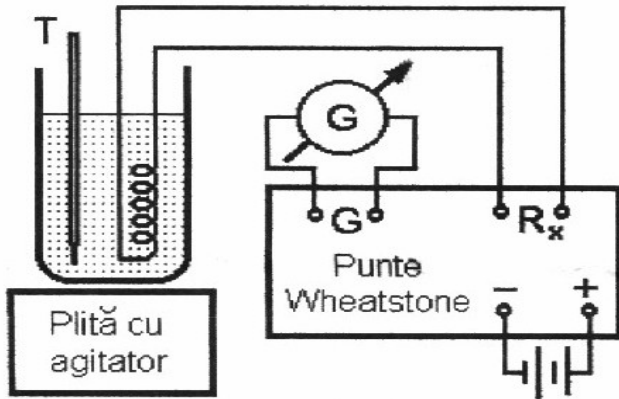
sau

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot t) = \rho_0 + \rho_0 \cdot \alpha \cdot t \quad (5)$$

Se definește coeficientul termic mediu al rezistivității

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\Delta\rho}{\Delta T} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\rho - \rho_0}{T - T_0} \quad (6)$$

unde  $T_0 = 273,15 \text{ K}$ ,  $\rho_0$  = rezistivitatea la  $T_0$



Schema de principiu a instalației este dată în fig. 1. Rezistența se măsoară cu puntea Wheatstone. Pentru măsurarea temperaturii în domeniul  $20 \div 60^\circ \text{C}$  se folosește un termometru. Dimensiunile geometrice ale firului din care este confecționat rezistorul sunt  $\ell = 10 \text{ m}$ ,  $\Phi = 0,5 \text{ mm}$ .

**Figura1**

### Modul de lucru

1. stabilește modul de folosire al punții Wheatstone .
2. Se conectează plita cu agitatorul magnetic și se urmărește creșterea temperaturii și concomitent creșterea rezistenței. Datele se trec în tabel.
3. Ținând cont de dimensiunile geometrice ale sârmei de cupru, cu ajutorul relației 2 se calculează rezistivitatea.
4. Cu relația (2) se calculează conductibilitatea pentru temperaturile la care s-au făcut citirile.

5. calculează mobilitatea  $\mu = \frac{\sigma}{n \cdot e}$ . Pentru cupru  $n = 8,5 \cdot 10^{28} \text{ atomi/m}^3$ .

1. Se reprezintă grafic  $\rho = \rho(t)$  și  $\mu = \mu(t)$ .
2. Din graficul  $\rho = \rho(t)$ , prin metoda celor mai mici pătrate sau prin extrapolare se calculează coeficientul rezistivității cuprului  $\alpha$  și rezistivitatea  $\rho_0$  la  $0^\circ \text{C}$  (vezi relația 5).
3. Din grafice, prin extrapolare se determină mobilitatea  $\mu_0$  la  $0^\circ \text{C}$ .
4. Se calculează timpul de relaxare.

Se dau:

$$\tau = \frac{\mu \cdot m}{e}$$

$$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

### Tabel cu date experimentale

Nr. crt.	t	R	$\rho$	$\sigma$	$\mu$	$\tau$	$\alpha$
	$^\circ \text{C}$	$\Omega$	$\Omega \cdot \text{m}$	$(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$	$\frac{\text{m}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}$	s	$\text{K}^{-1}$