



## LABORATORIO DIDATTICO DELLA FISICA E DELLA MATEMATICA

---

### CARATTERIZZAZIONE DI UNA TERMORESISTENZA

---

#### SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo studio sperimentale di come varia la resistività elettrica dei materiali in funzione della loro temperatura fornisce le indicazioni necessarie alla costruzione dei modelli teorici che spiegano le proprietà elettriche dei materiali stessi. Oggi al contrario vedremo come i dati sperimentali verifichino le predizioni del modello a bande nei semiconduttori.

La termoresistenza o termistore è un resistore il cui valore di resistenza varia in maniera significativa con la temperatura. Il termine deriva dalla parola inglese *thermistor*, che è una combinazione delle parole *thermal* e *resistor*. Il termistore è costruito con un materiale semiconduttore, la cui resistenza nell'intervallo di temperatura che useremo diminuisce esponenzialmente con l'inverso della temperatura.

#### PREREQUISITI

- Concetti base di fisica del biennio, in particolare la temperatura, la misura e l'errore di misura
- Concetti base di elettromagnetismo, in particolare 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> legge di Ohm
- Concetto di funzione in genere, in particolare le funzioni esponenziale e logaritmica
- Saper riportare i dati in un grafico
- Conoscenza degli elementi base di un circuito (generatore, resistenza, come connettere un amperometro e un voltmetro)

#### STRUMENTI A DISPOSIZIONE

- Due thermos, uno con acqua fredda a temperatura  $T_0$  e l'altro con acqua calda a temperatura  $T_1$ .
- Una termoresistenza collegata tramite due cavi ad un multimetro, per la misura della resistenza.
- Un termometro digitale doppio, i cui sensori sono termocoppie di tipo K
- Un multimetro
- Una bacchetta di legno per mescolare

#### PROCEDURA DI MISURA

- 1) Riempire un primo thermos a metà con acqua calda, fare attenzione a non scottarsi
- 2) Riempire il secondo thermos completamente con acqua fredda e ghiaccio
- 3) Inserire la termocoppia e il termistore nel primo thermos, piegate i fili sul bordo e fissateli all'esterno del thermos con dello scotch in modo che rimangano fermi e immersi nell'acqua.
- 4) Connettere il termistore al multimetro, quindi impostare la funzione di misura della resistenza.

- 5) Mescolate con la bacchetta per almeno 30s. È importante mescolare bene per avere una temperatura uniforme. Alla fine dei 30s di mescolamento suddetti, prendete nello stesso istante una misura di R e T e riportate i valori in tabella.
- 6) Per far sì che la temperatura diminuisca togliete una siringa di acqua calda dal thermos A (che verserete nel contenitore supplementare a disposizione) e immettete una siringa di acqua fredda presa dal thermos B. Mescolate sempre 30s prima di fare le letture di R e T. Dovreste fare le misure a intervalli di circa 5°C, se la temperatura non è variata a sufficienza togliete altra acqua calda e inseritene altrettanta fredda.
- 7) Ad un certo punto sarà necessario sostituire del tutto l'acqua con acqua fredda, e infine aggiungere del ghiaccio. Ricordate di fare le misure sempre dopo aver mescolato.
- 8) Raccogliete almeno una decina di misure di R e T (intervallo di temperatura circa 0-70 °C) riportandole in tabella. Non è necessario eseguire le misure in ordine di temperatura, è solo una convenienza operativa.

### ELABORAZIONE DEI DATI

L'equazione della resistenza in funzione della temperatura che deriva dal modello teorico a bande è

$$R(T) = R_0 e^{\frac{1}{B} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Dove  $R_0 = R(T_0)$  è la resistenza ad una temperatura scelta  $T_0$ ; qualsiasi coppia di valori misurati soddisfa l'equazione e può essere scelta come valore di riferimento. Dividiamo per  $R_0$ , prendiamo il logaritmo naturale di entrambi i membri e risolviamo rispetto alla temperatura, si ha

$$\frac{1}{T} = B \ln \left( \frac{R(T)}{R_0} \right) + \frac{1}{T_0}$$

Riportando in ordinata il valore di  $1/T$  e in ascissa il valore di  $\ln \left( \frac{R(T)}{R_0} \right)$ , si ottiene il grafico di una retta di pendenza B. Dato che B è molto piccola conviene fare il grafico di  $1000/T$  invece di  $1/T$ .

Calcoliamo ora gli errori da riportare sul grafico

$$\Delta \left( \frac{1}{T} \right) = \frac{\Delta T}{T^2}$$

Lo strumento ha una sensibilità di 0,1°C, con una velocità di risposta piuttosto buona. Il costruttore dichiara un errore  $E = \pm(0,1\% \text{ rdg} + 1^\circ\text{C})$  dove la sigla rdg è l'abbreviazione di reading, cioè la lettura. Il termine di un grado in aggiunta tiene conto di un errore di offset che è presente su tutte le misure. Per esempio se leggete 70,3°C il vostro errore è

$$E_{70} = \frac{70,3}{1000} + 1 = 1.073 \cong 1$$

L'errore di offset è quindi preponderante, possiamo considerare un errore costante pari a 1°C, che inserito nella formula dà un errore piccolissimo, circa  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$  dato che dividiamo per il quadrato della misura in Kelvin. Nel grafico tuttavia la scala è amplificata di un fattore mille, di modo che le barre di errore appariranno come fosse un errore di  $10^{-2} \text{ K}^{-1}$ , sempre molto piccolo.

Per quanto riguarda la misura della resistenza,

