



## 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 misura, l'errore di misura e la temperatura
- 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, saper linearizzare un grafico
- Conoscenza degli elementi base di un circuito (generatore, resistenza, come connettere un amperometro e un voltmetro)

#### STRUMENTI A DISPOSIZIONE

- Un termos con acqua fredda, corredato di resistenza elettrica da 10 Ohm, agitatore/bacchetta per mescolare e termocoppia tipo K
- Un alimentatore per fornire corrente alla resistenza da 10 Ohm
- Un termometro digitale doppio, per la lettura della temperatura della termocoppia di tipo K
- Un multimetro per la misura della resistenza elettrica della termoresistenza
- Un orologio (fornito dal vostro cellulare)
- Tre termoresistenze che chiameremo  $R_1, R_{10}, R_{100}$  che a 25°C hanno resistenza 1kOhm (nero e rosso), 10KOhm (cilindrica), 100KOhm (nero e giallo)

#### PROCEDURA DI MISURA

- 1) Raggruppare insieme le 3 termoresistenze insieme alla termocoppia in modo che tutti i componenti si trovino vicini. Potete tenerli insieme con dei pezzetti di filo elettrico
- 2) Sistemare i fili della resistenza, della termocoppia e delle termoresistenze nel taglio sul bordo del termos e fissarli con lo scotch di carta sull'esterno del termos. Potete piegare i fili sul bordo in modo che scendano bene, non si rovinano.

- 3) Riempire il thermos con circa 400 ml di acqua fredda (un po' meno di metà, circa)
- 4) Connettere un termistore al multimetro e impostare la funzione di misura della resistenza (simbolo  $\Omega$ ).
- 5) Connettere la resistenza all'alimentatore e la termocoppia al lettore termocoppie; il lettore gestisce due termocoppie, impostate la lettura di quella che state usando
- 6) Fare una prima misura delle R di tutte le termoresistenze e della temperatura, che sarà la T iniziale
- 7) Verificare che il pulsante di abilitazione (a sinistra sopra ON/OFF) sia disabilitato, portare la tensione e la corrente al massimo, abilitare l'uscita e far partire il cronometro; lasciate scaldare per 5 minuti, quindi disabilitare l'uscita
- 8) Mescolare utilizzando la bacchetta per circa 30s; inizialmente mescolando la temperatura cambierà poi dovrebbe stabilizzarsi, ad un valore **circa** 5-7 °C maggiore della misura precedente; se l'aumento di temperatura è maggiore diminuire il tempo di riscaldamento per le misure successive, vice versa se l'incremento di temperatura è risultato troppo piccolo.
- 9) Leggere le misure di T e delle 3 termoresistenze riportando i valori in tabella
- 10) Ripetere il procedimento raccogliendo 15 misure

### 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, ad esempio potete usare la prima misura. 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, che **verifica la legge logaritmica e il modello a bande di energia**. 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*

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

Considerando un errore  $\Delta T = \pm 1^\circ\text{C}$  lo inseriamo nella formula precedente e otteniamo 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,

$$\Delta \left[ \ln \left( \frac{R}{R_0} \right) \right] = \Delta [\ln(R) - \ln(R_0)] = 2 \frac{\Delta R}{R} = 2e_R$$

verificate quale modello di multimetro avete, cercate il data sheet corrispondente e ricavate l'errore relativo per le misure di resistenza.

