

LABORATORIO DI FISICA 2

MISURA DI RESISTENZE CON IL METODO VOLT-AMPEROMETRICO

DESCRIZIONE DEL METODO:

Per la misura di una resistenza R_x , utilizzando un voltmetro ed un milliamperometro, si possono costruire due tipi di circuiti (Fig. 1).

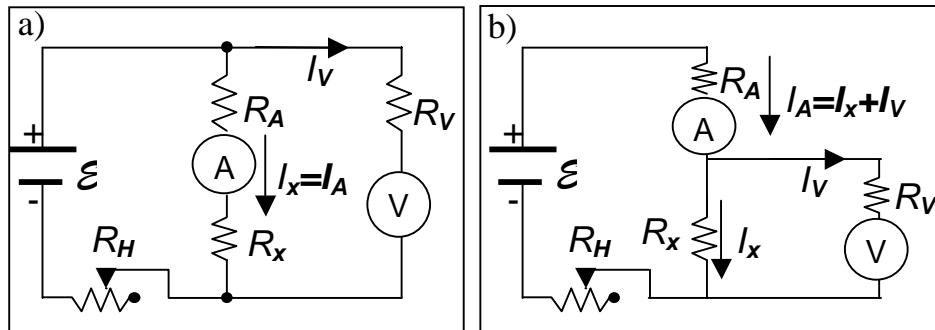


Figura 1

L'inserimento degli strumenti di misura perturba, in entrambi i casi, le condizioni del circuito introducendo un errore di tipo sistematico che analizziamo:

Circuito a) la corrente I_x misurata dal milliamperometro è quella I_A che circola nella resistenza R_x , ma la differenza di potenziale misurata con un multimetro digitale è pari a $V = I_x(R_x + R_A)$. Il valore misurato della resistenza R_M misurata risulta:

$$R_M = \frac{V}{I_A} = \frac{I_A(R_x + R_A)}{I_A} = R_x + R_A \quad (1)$$

L'errore sistematico sulla resistenza R_x è: $\Delta R_x = R_M - R_x = R_A$ (2)

Circuito b) In questo caso il valore misurato dal voltmetro coincide con la differenza di potenziale effettiva ai capi della resistenza R_x ma la corrente misurata dal milliamperometro è $I_A = I_x + I_V$. Il valore di resistenza R'_M misurato risulta:

$$R'_M = \frac{V}{I_x + I_V} = \frac{R_x I_x}{I_x \left(1 + \frac{R_x}{R_V}\right)} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V} \quad (3)$$

Per cui l'errore sistematico sulla resistenza R_x è:

$$\Delta R'_x = |R'_M - R_x| = \frac{R_x^2}{R_V \left(1 + \frac{R_x}{R_V}\right)} \cong \frac{R_x^2}{R_V} \quad (4)$$

in cui l'ultimo passaggio è determinato dal fatto che la resistenza del multimetro digitale ($R_V \approx 40 \text{ M}\Omega$) è molto maggiore di R_x ($R_x/R_V \ll 1$).

Per scegliere il circuito più conveniente in modo da minimizzare l'errore sistematico bisogna confrontare ΔR_x con $\Delta R'_x$, per cui la scelta del circuito verrà fatta a seconda che:

1) se $R_x \geq \sqrt{R_A R_V}$ si sceglie il circuito a); (5)

2) se $R_x \leq \sqrt{R_A R_V}$ si sceglie il circuito b). (6)

Dato che $R_A = 6\Omega$ e $R_V \approx 40\text{ M}\Omega$, le (5) e (6) risultano:

1) se $R_x \geq 15\text{ k}\Omega$ si sceglie il circuito a) (7)

2) se $R_x \leq 15\text{ k}\Omega$ si sceglie il circuito b) (8)

All'errore sistematico introdotto dal circuito utilizzato, si aggiunge l'errore dovuto alla misura della differenza di potenziale e della corrente. Si può dimostrare che, per le caratteristiche degli strumenti a disposizione, una volta scelto il tipo di circuito in base alle (7) e (8), l'errore sistematico risulta trascurabile rispetto all'errore sulla misura della differenza di potenziale e della corrente.

VALUTAZIONE DEGLI ERRORI DI MISURA⁽¹⁾:

1) Errore da attribuire a ciascuna misura della corrente, determinata dalla classe del milliamperometro: $\Delta I = \text{classe}_{\text{milliamp}} \cdot 10^{-2} \cdot I_{f.s.} = 0.75\text{ mA}$. (9)

2) Errore da attribuire a ciascuna misura della d.d.p, determinata dalle caratteristiche del multimetro digitale: $\Delta V = 0.7 \cdot 10^{-2} \cdot V$. (10)

3) Errore da attribuire a ciascun valore misurato della resistenza $R_k = V_k / I_k$: (11)

$$\Delta R_k = \sqrt{\left(\frac{\partial R_k}{\partial V_k}\right)^2 \Delta V_k^2 + \left(\frac{\partial R_k}{\partial I_k}\right)^2 \Delta I_k^2} = R_k \sqrt{\left(\frac{\Delta V_k}{V_k}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_k}{I_k}\right)^2}. \quad (12)$$

4) Per il calcolo del valore medio \bar{R} della resistenza occorre tenere presente che le n misure hanno errori diversi e quindi bisogna assegnare un *peso* ad ogni valore di R_k .

Il valore medio della resistenza (*media pesata*) viene dato da:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{R_k}{\Delta R_k^2}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{\Delta R_k^2}}. \quad (13)$$

Applicando la propagazione degli errori all'Eq.(13), l'errore su \bar{R} risulta:

$$\Delta \bar{R} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{\Delta R_k}\right)^2}}. \quad (14)$$

REALIZZAZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1) **Fare una misura** della resistenza R_1 con il multimetro digitale per determinare la scelta del metodo di misura (circuiti a) o b)) secondo i criteri delle Eq. (7) e (8).
- 2) **Costruire** il circuito scelto per la misura della resistenza R_1 , utilizzando per R_H il reostato R_6 .
- 3) **Registrare** i valori della differenza di potenziale V_k e della corrente I_k misurati per almeno 10 posizioni del reostato R_H . Per ciascuna misura calcolare $R_k = V_k / I_k$ con l'errore ΔR_k (Eq. (12)).
- 4) **Calcolare** il valore medio della resistenza \bar{R}_1 (Eq. (13)) e dell'errore $\Delta \bar{R}_1$ (Eq. (14)).
- 5) **Riportare** su di un grafico i dati ottenuti (differenza di potenziale V in funzione della corrente I) con i rispettivi errori. Tracciare sul grafico la retta che meglio interpola i punti misurati. La pendenza di questa retta è il valore di \bar{R}_1 ottenuto al punto 4).

NOTA BENE:

Si ricordi che le relazioni vanno consegnate all'assistente di laboratorio tassativamente entro il turno di laboratorio successivo.

⁽¹⁾ Per la trattazione degli errori si rimanda ancora alle dispense "Elementi di teoria degli errori di misura" per il Laboratorio dei Corsi di Fisica (<http://www.fisica.unipd.it/didattica/ingegneria>) (paragrafi 5 e 7).

4) Formule utilizzate: $\overline{R_1} =$

$$\Delta \overline{R_1} =$$

Risultati: $\overline{R_1} =$ \pm errore percentuale:

5) Riportare i valori V_k e I_k con i rispettivi errori nel grafico e la retta $V = \overline{R_1} I$.

