

## 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).

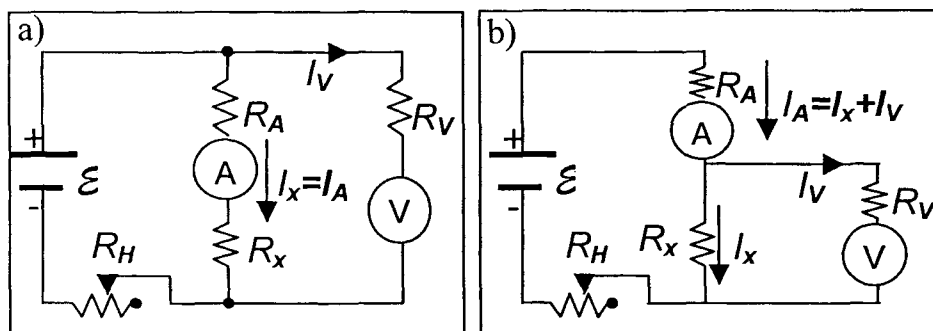


Figura 1

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:

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

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  $\Delta R_x$  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  $R_V \ll 40\text{ M}\Omega$ , 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<sup>(1)</sup>:

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  $R_k$  (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.**

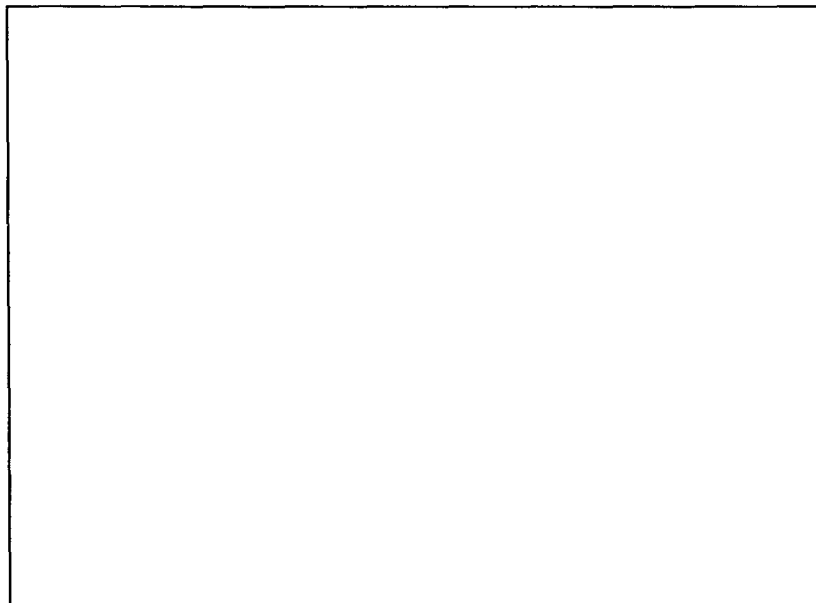
<sup>(1)</sup> Per la trattazione degli errori si rimanda ancora alle dispense "Elementi di teoria degli errori di misura" per il Laboratorio dei Corsi di Fisica (<http://www.fisica.unipd.it/didattica/ingegneria>) (paragrafi 5 e 7).

Data dell'esperienza: \_\_\_\_\_ Cassetta n. \_\_\_\_\_ Gruppo: \_\_\_\_\_  
 Cognome e Nome: \_\_\_\_\_ Matricola: \_\_\_\_\_  
 Cognome e Nome: \_\_\_\_\_ Matricola: \_\_\_\_\_  
 Cognome e Nome: \_\_\_\_\_ Matricola: \_\_\_\_\_  
 Assistente: \_\_\_\_\_

## MISURA DI UNA RESISTENZA COL METODO VOLT-AMPEROMETRICO

1) Valore di  $R_1$  ottenuto con il multimetro digitale:

2) Schema del circuito utilizzato:



3) Tabella delle misure eseguite e dei rispettivi errori

posizione	$I$ [mA]	$I_{fs}$ [mA]	$\Delta I$ [mA]	$V$ [V]	$V_{fs}$ [V]	$\Delta V$ [V]	$R$ [ $\Omega$ ]	$\Delta R$ [ $\Omega$ ]

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  $V = \overline{R_1} I$ .

