

Relazione di laboratorio di Fisica II corso M-Z

Laboratorio di Fisica II del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli Studi di Catania.
Scala Stefania.

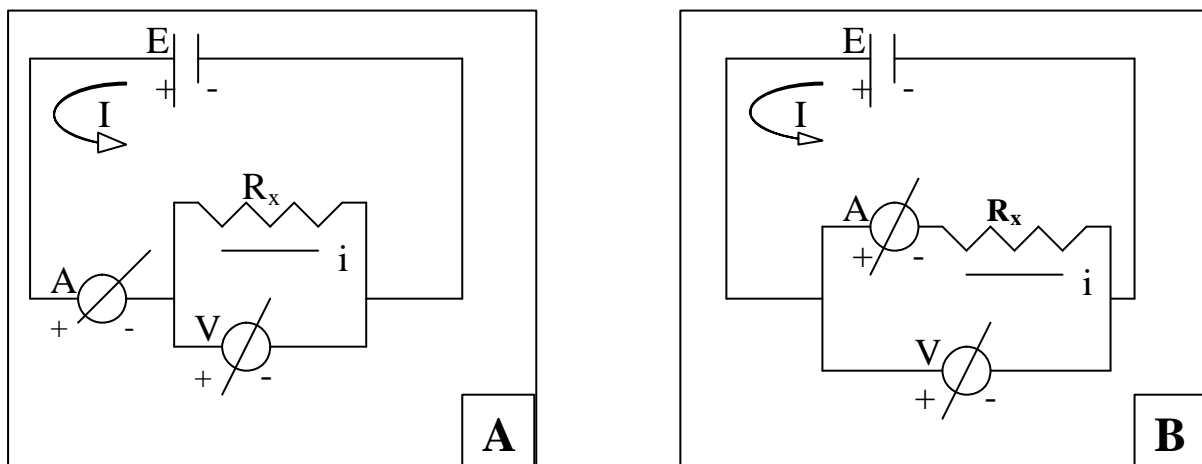
ARGOMENTO: MISURA DELLA RESISTENZA ELETTRICA CON IL METODO VOLT-AMPEROMETRICO.

INTRODUZIONE:

La misura di una resistenza di un conduttore ohmico può essere effettuata, con il metodo *volt-amperometrico* consistente nel misurare la corrente (i) che la attraversa e la d.d.p. (V) che si instaura ai suoi capi al passaggio di tale corrente: $R = \frac{V}{i}$.

ANALISI FISICA DELL'ESPERIMENTO:

La misura può essere effettuata realizzando uno dei seguenti circuiti:



Dallo schema "A", applicando le leggi di Kirchoff, risulta:

$$R_x = \frac{V}{I} \frac{R_v}{R_v - \frac{V}{I}} = \frac{\frac{V}{I}}{1 - \frac{V}{I} \frac{1}{R_v}} \quad (1)$$

Analogamente dallo schema "B" si ha:

$$R_x = \frac{V}{I} - R_A \quad (2)$$

Dove ho indicato con V i valori della tensione indicati dal voltmetro, con I i valori della corrente segnati dall'amperometro, mentre con R_v il valore della resistenza interna del voltmetro e con R_A il valore della resistenza interna dell'amperometro. Possiamo ricavare che se $R_v \gg R_x$ considerando il circuito "A" la relazione (1) si riduce a: $R_x \cong \frac{V}{i}$ (3) in accordo con la definizione di resistenza.

Dal circuito "B", se $R_A \ll R_x$ si deduce che la relazione (2) diventa: $R_x \cong \frac{V}{i}$ (3).

APPARATO SPERIMENTALE:

- **E= Generatore di f.e.m. continua regolabile fino a 30 Volt.**
- **V= Voltmetro con diverse portate.**
- **A= Amperometro con diverse portate.**
- **R_x = Resistenza incognita.**
- **Multimetro digitale.**

ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

Come prima operazione ho acceso il generatore, senza collegarlo al circuito e ho fissato mediante l'apposito potenziometro un valore della f.e.m. pari a 10 Volt e, per sicurezza, ho collegato il multimetro digitale per verificare se il valore della f.e.m. segnata dal generatore era la stessa di quella segnata dal multimetro, in modo da regolarmi di conseguenza. Ho spento il generatore e realizzato il circuito "A". Ho scelto come fondo scala per il voltmetro 15 Volt e ho posto l'amperometro sulla portata 0,005A.

Ho acceso il generatore, nel circuito quindi circolava corrente, ed ho rilevato i seguenti valori: 21 tacche segnava l'amperometro e 96,5 il voltmetro. Dato che il fondoscala dell'amperometro è 0,005A e dato che le tacche totali dello strumento sono 100 la corrente effettivamente circolante è data da: $\frac{0,005}{100} \cdot 21 = 1,05mA$.

Analogamente per il voltmetro che ha invece 150 tacche totali si ha che la tensione realmente misurata è: $\frac{15}{150} \cdot 96,5 = 9,65Volt$.

Ho misurato con il multimetro digitale le resistenze interne del voltmetro ($R_V=75,4k\Omega$) e dell'amperometro ($R_A=129\Omega$). Dopo di ciò ho calcolato la resistenza incognita R_x sia mediante l'equazione (3), sia mediante l'equazione (1) e sia mediante multimetro digitale. Nella tabella sottostante sono riportati i valori ottenuti:

Procedimento usato	Valore ottenuto
Equazione (1)	10466,200
Equazione (3)	9190,480
Multimetro digitale	$R_x = 9,9 \pm 0,1k\Omega$

Ho realizzato il circuito "B" e ripetuto l'intera procedura rilevando i seguenti valori: $I=0,925mA$ ed una $V=9,8V$.

Dopo di ciò ho calcolato la resistenza incognita R_x sia mediante l'equazione (3) sia mediante l'equazione (2) e ricordando il valore misurato mediante il multimetro digitale ho realizzato la tabella sottostante:

Procedimento usato	Valore Ottenuto
Equazione (2)	10465,590
Equazione (3)	10594,590
Multimetro digitale	$R_x=9,9\pm 0,1k\Omega$

Variando la f.e.m. fornita dal generatore variavano sia la corrente (I), sia la tensione (V) ma la resistenza incognita R_x è sempre la stessa. Perciò ho eseguito una serie di misure della coppia (V,I) al variare della tensione fornita dal generatore (E) per realizzare un best-fit lineare in entrambe le configurazioni.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori misurati della coppia (V,I) nella configurazione "A" del circuito:

E(Volt)	V(Volt) $\pm 0,05V$	I(mA) $\pm 0,025mA$
4	3,95	0,400
5	4,80	0,500
6	5,75	0,625
7	6,70	0,750
8	7,70	0,850
9	8,60	0,950
10	9,65	1,050
11	10,65	1,150
12	11,80	1,275
13	12,80	1,375
14	13,75	1,500

Nella tabella sottostante sono riportati i valori misurati della coppia (V,I) nella configurazione "B" del circuito:

E(Volt)	V(Volt) $\pm 0,05V$	I(mA) $\pm 0,025mA$
4	3,95	0,350
5	4,85	0,450
6	5,85	0,550
7	6,80	0,650
8	7,80	0,750
9	8,80	0,850
10	9,80	0,925
11	10,90	1,025
12	11,90	1,100
13	13,00	1,200
14	13,90	1,300

ANALISI DATI: COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE:

Riportando la serie di dati sperimentali in un sistema di assi cartesiani (x,y), si riesce ad intuire visivamente se le grandezze (V,I) presentano un legame funzionale. Infatti ad occhio sembra che i dati rappresentati tendono a raggrupparsi attorno ad una retta. Un modo oggettivo capace di fornirci il grado di correlazione è il coefficiente di correlazione lineare Bravais-Pearson:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)(y_i - y_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2}}$$

dove x_m, y_m sono i valori medi delle serie di dati delle grandezze fisiche I e V . Questo parametro r può assumere dei valori reali compresi nell'intervallo $[-1,1]$ e fornisce una stima della tendenza dei punti, riportati nel grafico, a disporsi lungo una retta. In particolare se $|r|=1$ si ha **massima correlazione lineare**.

Il parametro di Bravais Pearson sarà soggetto a fluttuazioni statistiche poiché lo studio della correlazione è eseguito solo su un campione e non su tutta la popolazione.

Eseguita una serie di misure e calcolato il valore r_m (cioè il valore di r nel caso in cui le grandezze non siano correlate, per cui eseguito un numero finito N di misure, è molto improbabile che il coefficiente misurato r_m assuma tale valore) diremo che esiste una correlazione significativa tra le grandezze in esame se la probabilità si mantiene inferiore al 5% e, parleremo di **correlazione altamente significativa** se la probabilità sarà inferiore all' 1% . *

Calcolando il coefficiente di correlazione lineare per la configurazione A ho ottenuto un $r = 0,099$ e, poiché il numero di misure è pari a 11, posso affermare che tra la tensione V e la corrente I vi è una **correlazione altamente significativa**. Per la configurazione B ho ottenuto un r pari a 0,958. Posso quindi affermare che anche in questo caso la correlazione tra le grandezze V ed I è altamente significativa.

*: Consultare la tabella 6,2 del testo Foti – Gianino: Elementi di analisi dei dati sperimentali.

CALCOLO DEGLI ERRORI SULLE MISURE RILEVATE

BEST-FIT LINEARE (NON PESATO)

Il best-fit è il miglior accordo tra una formula teorica e i dati sperimentali. Il tipo di relazione funzionale che abbiamo in questo caso è: $y = ax$ dove $Y = V$ (misurata), $X = i$ (misurata) e $a = R_x$ (esistenza incognita da determinare).

Applicando il metodo dei minimi quadrati si ha:

$$R_x = a = \frac{\langle XY \rangle}{\langle X^2 \rangle} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

Nella configurazione A ho trovato una $R_A = 9,2102$ e, per la configurazione B ho trovato un $R_B = 10,666$.

L'errore associato al parametro trovato è dato da:

$$s_a = \sqrt{\frac{s_y^2}{n \langle x^2 \rangle}} \quad \text{con} \quad s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - ax_i)^2}{n-1}.$$

Ho calcolato attraverso best-fit quantitativo la resistenza incognita da determinare mediante il circuito "A" ed ho ottenuto il seguente valore: $R_A = 9,2 \pm 0,3 k\Omega$. Ho poi applicato la relazione (1) che teneva conto della resistenza interna del voltmetro ottenendo il seguente risultato: $R'_A = 9,3 \pm 0,5 k\Omega$. Inoltre ho calcolato, sempre mediante best-fit quantitativo, la stessa resistenza incognita per il circuito "B" ed ho ottenuto il seguente valore: $R_B = 10,7 \pm 0,3 k\Omega$. Attraverso la relazione (2) che tiene conto della resistenza interna dell'amperometro, ho effettuato lo stesso calcolo ed ho ottenuto: $R'_B = 10,6 \pm 0,5 k\Omega$.

ANALISI CRITICA DEI RISULTATI:

I risultati della configurazione A confrontati con quelli della configurazione B non sono compatibili, sia nel primo caso, sia nel caso in cui si è tenuto conto delle resistenze interne degli strumenti.

Posso affermare però che il risultato ottenuto con la configurazione B sia più attendibile rispetto a quello che ho ottenuto con la configurazione A perché il valore trovato è compatibile con quello rilevato col multimetro digitale.

E' possibile che abbia trascurato qualche fenomeno e che qualche ipotesi teorica non sia stata rispettata durante la fase sperimentale. Ad esempio la resistenza incognita misurata era più grande di circa un fattore 100 rispetto alla resistenza interna

dell'amperometro, mentre la resistenza interna del voltmetro era più grande di circa un fattore 10 rispetto alla resistenza incognita da noi misurata.

Quindi le ipotesi che $R_V \gg R_X \gg R_A$ nei due circuiti non sono state rispettate a pieno.

Inoltre parte della corrente si è potuta dissipare per effetto joule lungo i fili utilizzati per la realizzazione del circuito, i puntali dei fili e i contatti degli strumenti potevano essere parzialmente ossidati e c'è anche da dire che i fili hanno anch'essi una loro resistenza che ha disturbato le misure effettuate.

BIBLIOGRAFIA

A.Foti-C.Gianino: Elementi di analisi dei dati sperimentali, ed. Liguori, Napoli 1999.

J.R.Taylor: Introduzione all'analisi degli errori, ed. Zanichelli, Bologna 1986.

R.Ricamo: Guida alle sperimentazioni di Fisica II, ed. Ambrosiana, Milano 1968.

Bernardini G., Fisica Generale, Parte II (ed. Veschi, Roma) 1974.

D.E.Roller-R.Blum: Fisica volume secondo , Zanichelli.

Cortini-Sciuti: Misure ed Apparecchi di Fisica (elettricità) Ed. Vieschi, Roma.

Appunti delle lezioni del prof. M. Lattuada.

Raccolta delle esperienze di Laboratorio di Fisica II a cura del prof. Costa.