

Titolo dell'esercitazione: > Prima legge di Ohm

Scopi: Studiare la relazione tra la differenza di potenziale applicata ai capi di un filo metallico e l'intensità della corrente elettrica che lo attraversa.

Introduzione teorica generale

1. La prima legge di Ohm

La prima legge di Ohm afferma che nei conduttori metallici (ohmici) l'intensità di corrente è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale applicata ai loro capi. Quindi, se la tensione raddoppia, anche la corrente raddoppia; se la tensione triplica, lo stesso accade alla corrente. In questo caso la resistenza "R" rappresenta la costante di proporzionalità.

2. La resistenza elettrica

La resistenza elettrica è una grandezza fisica scalare che misura la tendenza di un conduttore a opporsi al passaggio di una corrente elettrica quando è sottoposto ad una tensione (o differenza di potenziale) e si misura con uno strumento detto ohmetro. Questa opposizione dipende dal materiale con cui è realizzato, dalle sue dimensioni e dalla sua temperatura. Uno degli effetti del passaggio di corrente in un conduttore è il suo riscaldamento (effetto Joule).

La resistenza è data dalla formula:

$$R = \frac{\Delta V}{i}, \text{ dove "R" è la resistenza tra gli estremi del componente,}$$

" ΔV " la tensione a cui è sottoposto il componente, "i" è l'intensità di corrente che attraversa il componente. Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della resistenza elettrica è l'ohm (indicato con la lettera greca maiuscola omega Ω). Un ohm è uguale a $\frac{1V}{1A}$.

L'equazione sopra riportata non esprime la legge di Ohm: questa equazione è semplicemente la definizione di resistenza. La legge di Ohm, invece, si riferisce a una relazione lineare fra corrente e tensione per alcune classi di conduttori, per i quali il rapporto tra tensione e corrente è costante, indipendentemente dalla tensione applicata. Per queste classi di conduttori, allora, la definizione sopra di resistenza diventa anche la prima legge di Ohm. Quando, al variare della tensione applicata, la corrente varia in maniera proporzionale (e quindi il loro rapporto, la resistenza, si mantiene costante) si dice che il componente ha un comportamento ohmico in quanto segue la legge di Ohm.

3. La seconda legge di Ohm

La seconda legge di Ohm afferma che la resistenza di un filo conduttore è direttamente proporzionale alla sua lunghezza e inversamente proporzionale alla sua area trasversale.

In formula: $R = \rho \frac{l}{A}$ dove "l" rappresenta la lunghezza del filo ed "A" è l'area trasversale e "ρ" è la resistività, che dipende dal materiale con cui è fatto il filo. Essa si misura in ohm per metro ed è la misura della capacità del materiale di opporsi al fluire in esso della corrente elettrica (indipendentemente dalle sue dimensioni e dalla sua forma).

La formula espressa sopra vale soltanto per la temperatura alla quale è valida la resistenza specifica indicata. Se nulla è indicato questa è valida per una temperatura di 20°C. Sostanzialmente la resistenza elettrica è dipendente dalla temperatura e ciò è valido per tutti i materiali. L'entità della variazione della resistenza dipende dal tipo di materiale ed è valutabile conoscendo il coefficiente di temperatura lineare α e l'incremento di temperatura ΔT . Per esprimere questa variazione si deve considerare la dilatazione subita dal conduttore con l'equazione:

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = R_{20} [1 + \alpha \cdot (T_1 - T_0)]$$

4. Resistori

Tutti i componenti elettrici che seguono la prima legge di Ohm sono detti resistori.

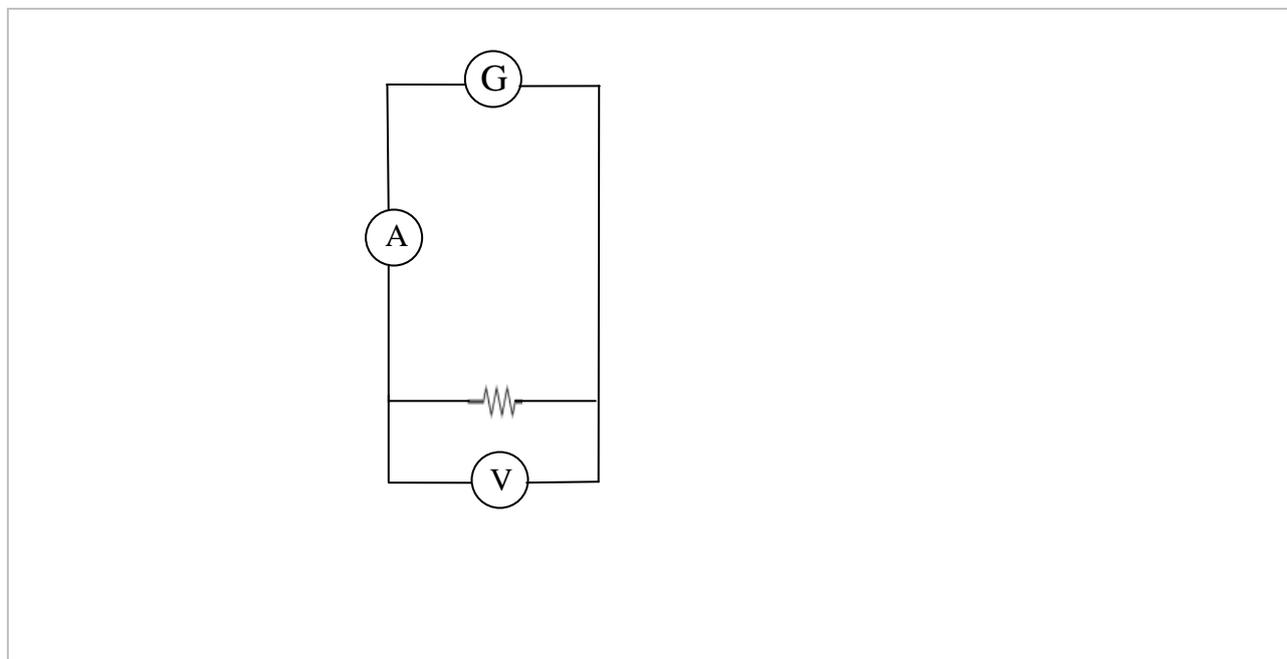
I principali parametri che caratterizzano un resistore sono:

- 1) il valore nominale, detto comunemente valore ohmico ed espresso in ohm;
- 2) la tolleranza, ovvero la massima deviazione percentuale del valore effettivo rispetto al valore nominale;
- 3) il coefficiente di temperatura, che indica la variazione della resistenza rispetto al valore misurato a temperatura ambiente dovuto alla variazione della temperatura.
- 4) la potenza che è capace di dissipare (effetto Joule) senza danneggiarsi, dalla temperatura massima di esercizio.

Nei circuiti i resistori vengono indicati con il simbolo “ $\text{---}\omega\text{---}$ ”.

La **costantana** è una lega binaria composta di rame (60%) e di nichel (40%). I componenti in costantana sono un esempio di resistori. Questa lega ha, a temperatura ambiente, una resistività di circa $4,9 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. Il suo nome è collegato alla proprietà di mantenere pressoché invariata la propria resistività al variare della temperatura (che normalmente aumenta per effetto Joule al passare della corrente). Il coefficiente di temperatura è infatti pari a $0,0000031 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Schema descrittivo dell'esperimento:



Descrizione dell'apparato:

> Generatore a corrente continua; voltmetro; amperometro; 5 cavetti; una tavoletta di legno ed un filo di costantana lungo 1 m e di diametro 2×10^{-4} m.

Sensibilità/precisione degli strumenti di misura:

> Voltmetro: $P = 6 \text{ V}$; Classe strumentale = 1,5

Amperometro: $P = 0,6 \text{ A}$; Classe strumentale = 1,5

Esecuzione dell'esperimento:

1. Collegare i componenti del circuito come nello schema;
2. Eseguire una serie di misure della differenza di potenziale e dell'intensità di corrente, variando la differenza di potenziale in uscita dal generatore in maniera costante a partire da 2,0 V fino a 4,0 V (per un totale di cinque prove), prestando attenzione al fatto che la temperatura del filo non deve aumentare in modo consistente. Di conseguenza è consigliabile fare raffreddare per qualche secondo il filo metallico quando si passa da una prova all'altra.

Table:

n°	ΔV (V)	i (A)	$E_{\Delta V}$ (V)	E_{i} (A)	R (Ω)	E_{R} (Ω)
1	2,0	0,13	0,1	0,01	15,4	1,9
2	2,5	0,16	0,1	0,01	15,6	1,6
3	3,0	0,20	0,1	0,01	15,0	1,2
4	3,5	0,23	0,1	0,01	15,2	1,1
5	4,0	0,26	0,1	0,01	15,4	1,0
			$R_m(\Omega)$	$E_{R_m}(\Omega)$		
			15,3	0,3		

➤ Legenda:

n° = numero prova

ΔV = differenza di potenziale

i = intensità di corrente

$E_{\Delta V}$ = errore assoluto differenza di potenziale

E_{i} = errore assoluto intensità di corrente

R = resistenza

E_{R} = errore assoluto resistenza

R_m = valore medio resistenza

E_{R_m} = errore assoluto resistenza media

Descrizione dei calcoli e grafici:

$$E_{a\Delta V} = \frac{Cl \times P}{100} = \frac{1,5 \times 6V}{100} = 0,09 V$$

$$Er\Delta V_1 = \frac{E_{a\Delta V}}{\Delta V_1} = \frac{0,1 V}{2,0 V} = 0,050$$

$$Er\Delta V_2 = \frac{E_{a\Delta V}}{\Delta V_2} = \frac{0,1 V}{2,5 V} = 0,040$$

$$Er\Delta V_3 = \frac{E_{a\Delta V}}{\Delta V_3} = \frac{0,1 V}{3,0 V} = 0,033$$

$$Er\Delta V_4 = \frac{E_{a\Delta V}}{\Delta V_4} = \frac{0,1 V}{3,5 V} = 0,028$$

$$Er\Delta V_5 = \frac{E_{a\Delta V}}{\Delta V_5} = \frac{0,1 V}{4,0 V} = 0,025$$

$$E_{ai} = \frac{Cl \times P}{100} = \frac{1,5 \times 0,6 A}{100} = 0,009 A$$

$$Eri_1 = \frac{E_{ai}}{i_1} = \frac{0,01 A}{0,13 A} = 0,077$$

$$Eri_2 = \frac{E_{ai}}{i_2} = \frac{0,01 A}{0,16 A} = 0,062$$

$$Eri_3 = \frac{E_{ai}}{i_3} = \frac{0,01 A}{0,20 A} = 0,050$$

$$Eri_4 = \frac{E_{ai}}{i_4} = \frac{0,01 A}{0,23 A} = 0,043$$

$$Eri_5 = \frac{E_{ai}}{i_5} = \frac{0,01 A}{0,26 A} = 0,038$$

$$R = \frac{\Delta V}{i}$$

$$R_1 = \frac{\Delta V_1}{i_1} = \frac{2,0}{0,13} = 15,4 \Omega$$

$$R_2 = \frac{\Delta V_2}{i_2} = \frac{2,5}{0,16} = 15,6 \Omega$$

$$R_3 = \frac{\Delta V_3}{i_3} = \frac{3,0}{0,20} = 15,0 \Omega$$

$$R_4 = \frac{\Delta V_4}{i_4} = \frac{3,5}{0,23} = 15,2 \Omega$$

$$R_5 = \frac{\Delta V_5}{i_5} = \frac{4,0}{0,26} = 15,4 \Omega$$

$$E_{aR} = R (Er\Delta V + Eri)$$

$$E_{aR_1} = R_1 (Er\Delta V_1 + Eri_1) = 15,4 \Omega (0,050 + 0,077) = 1,9 \Omega$$

$$E_{aR_2} = R_2 (Er\Delta V_2 + Eri_2) = 15,6 \Omega (0,040 + 0,062) = 1,6 \Omega$$

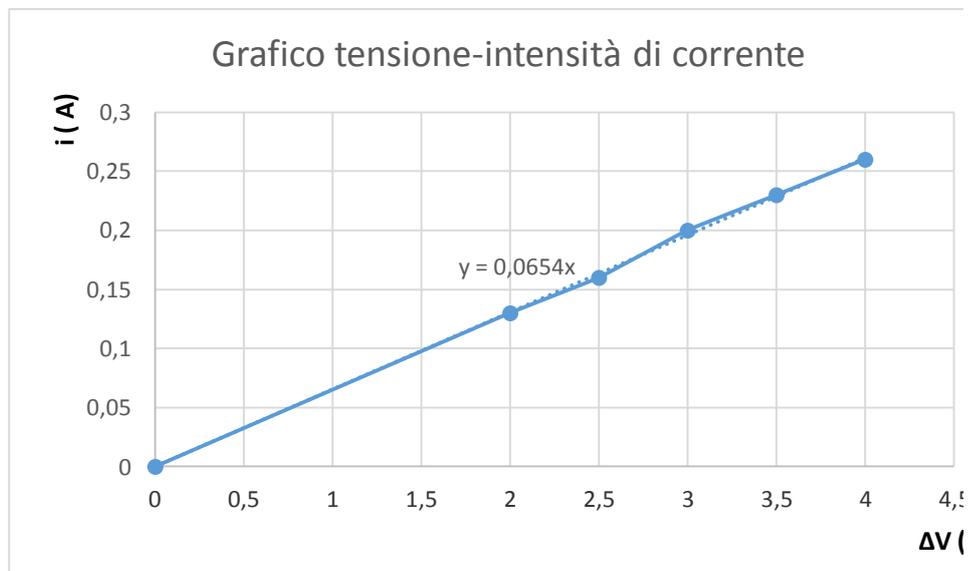
$$E_{aR_3} = R_3 (Er\Delta V_3 + Eri_3) = 15,0 \Omega (0,033 + 0,050) = 1,2 \Omega$$

$$E_{aR_4} = R_4 (Er\Delta V_4 + Eri_4) = 15,2 \Omega (0,028 + 0,043) = 1,1 \Omega$$

$$E_{aR_5} = R_5 (Er\Delta V_5 + Eri_5) = 15,4 \Omega (0,025 + 0,038) = 1,0 \Omega$$

$$R_m = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5} = \frac{15,4 + 15,6 + 15,0 + 15,2 + 15,4}{5} \Omega = 15,3 \Omega$$

$$E_{aR_m} = \frac{R_m - R_m}{2} = \frac{15,6 - 15,0}{2} \Omega = 0,3 \Omega$$



$$K = 0,0654 \Omega^{-1} \left(\frac{A}{V} \right)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{15,4 \Omega} = 0,0654 \Omega^{-1}$$

Descrizione dei risultati e conclusioni:

Dall'esame della tabella dei risultati ottenuti, si nota come all'aumentare della differenza di potenziale aumenti pure l'intensità di corrente. Più precisamente, quando la differenza di potenziale raddoppia, raddoppia pure l'intensità di corrente; quando la differenza di potenziale triplica, triplica pure l'intensità di corrente. Data tale relazione si può quindi affermare che le due grandezze, nel caso specifico, sono direttamente proporzionali. Essendo due grandezze direttamente proporzionali, il loro rapporto, ovvero la resistenza, dovrebbe essere costante. I valori della resistenza, calcolati per ciascuna prova, non sono però tutti uguali fra loro. Le differenze tra i valori della resistenza rientrano però nell'errore assoluto della grandezza stessa e quindi essa si può considerare costante. Oltre alle incertezze relative alla misure della differenza di potenziale e dell'intensità di corrente, a causare questa differenza potrebbe essere stato il fatto che, durante le misure, il filo di costantana si sia riscaldato e ciò abbia contribuito a far dilatare il filo stesso (anche se minimamente) e, quindi, ad influire sul valore della resistenza.

Un'altra prova che le due grandezze siano direttamente proporzionali è data dal grafico, perché, riportando i valori di i e di ΔV in un sistema di assi cartesiani, si ottiene una retta passante per l'origine degli assi. E' inoltre possibile calcolare il valore della resistenza dato dal grafico poiché la pendenza della retta è il reciproco di R . Dato che la pendenza della retta è data dalla differenza fra le ordinate diviso la differenza fra ascisse di due punti della retta [Es.: $\frac{y_5 - y_1}{x_5 - x_1}$] e la resistenza è data dall'inverso della pendenza, essa quindi è uguale a:

$$R = \frac{x_5 - x_1}{y_5 - y_1} = \frac{4,0 - 2,0}{0,26 - 0,13} = \frac{2,0}{0,13} = 15,4 \Omega.$$

Tale valore coincide (tenendo conto dell'errore assoluto) col valore medio della resistenza ottenuto sperimentalmente, cioè $(15,3 \pm 0,3) \Omega$.

Prendendo in considerazione la seconda legge di Ohm è inoltre possibile ricavare il valore della resistività del filo di costantana e poi confrontarlo con quello teorico.

Per la seconda legge di Ohm, $R = \rho \frac{l}{A} \rightarrow \rho = R \frac{A}{l}$. Essendo a conoscenza del valore della lunghezza del filo (1 m) e del suo diametro (2×10^{-4} m), basta sostituire tali valori nella formula per trovare la resistività, che è uguale a:

$$\rho = R \frac{A}{l} = 15,3 \Omega \cdot \frac{(1 \cdot 10^{-4} \text{ m})^2 \pi}{1 \text{ m}} = 4,8 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}.$$

Si può affermare che questo valore, tenendo conto delle incertezze nelle misure, corrisponda a quello riportato sul libro di testo, cioè $4,9 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$.

In base alla considerazioni fatte, il filo di costantana lungo 1 m e di diametro pari a $2 \cdot 10^{-4}$ m è un conduttore ohmico ed il valore della sua resistenza è $(15,3 \pm 0,3) \Omega$.