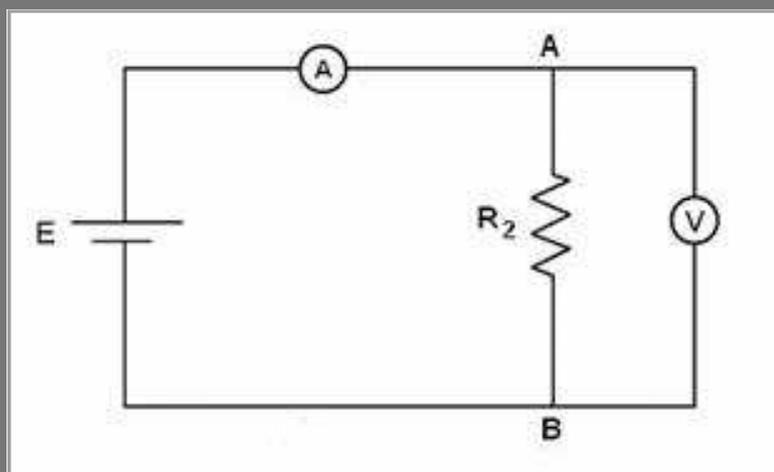
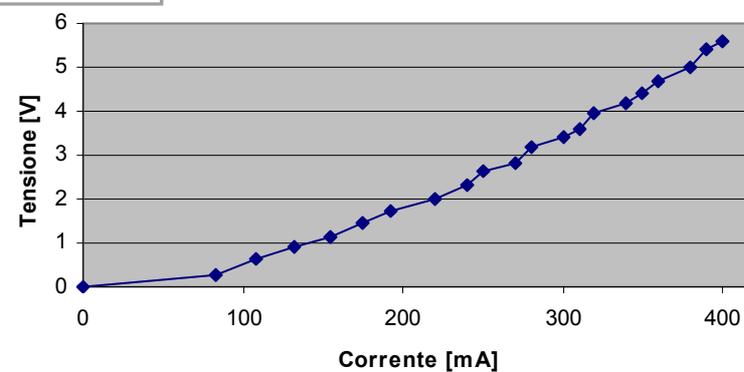


# **CARATTERISTICHE V-I DI UN ELEMENTO OHMICO E DEL FILAMENTO DI UNA LAMPADINA**



Caratteristica V-I di una lampadina





# INDICE

• Copertina	Pag. 1
• Indice	Pag. 2
• Introduzione	
• Oggetto della Prova	Pag. 3
• Cenni teorici	
• Teoria degli errori	Pag. 3
• Metodo dei minimi quadrati	Pag. 3
• Materiale e strumenti utilizzati	Pag. 4
• Procedimento	Pag. 5
• Misure ed elaborazione dei dati	
• Resistore ohmico	Pag. 6
• Lampadina ad incandescenza	Pag. 7
• Conclusioni	Pag. 9



# Introduzione

## Oggetto della Prova

Rilevazione mediante il metodo volt-amperometrico delle caratteristiche tensione-corrente ( $V-I$ ) di un elemento ohmico (*verifica della legge di Ohm*) e del filamento di una lampadina ad incandescenza. La prima parte dell'esperienza comprende anche la determinazione della resistenza  $R$  dell'elemento ohmico mediante un'analisi statistica dei dati sperimentali.

## Cenni Teorici

### Teoria degli Errori

Durante le esperienze di laboratorio si effettuano delle misurazioni: queste sono normalmente affette da errori che ne falsano la veridicità. Oltre agli errori grossolani immediatamente avvertibili dall'utente, si possono distinguere due classi di errore: errori sistematici ed accidentali. I primi influenzano la rilevazione sempre nello stesso modo e non si possono compensare facendo la media di più valori; ad esempio gli errori dipendenti dalle caratteristiche costruttive degli strumenti di misura e quelli dipendenti dall'usura degli stessi. Gli errori sistematici possono essere sempre individuati e corretti apportando modifiche ai risultati o agli strumenti. Quelli accidentali sono dovuti a cause che si possono immaginare in linea di principio, ma non prevedere. In genere sono conseguenza dell'incertezza con cui sono poste determinate condizioni di misura che vengono invece considerate come se fossero attuate esattamente: per esempio piccole oscillazioni di temperatura e pressione ambientali. Gli errori accidentali variano sia in valore che in segno e si individuano ripetendo una misura diverse volte con gli stessi strumenti e condizioni. L'eventuale discordanza dei risultati, supposto nullo ogni errore sistematico, sarà dovuta alla presenza di errori accidentali. La teoria degli errori accidentali viene svolta mediante la matematica probabilistica.

Le misure sono anch'esse classificabili sotto due tipi: quelle dirette, che si ottengono leggendo i valori direttamente dagli strumenti, e quelle indirette, che si ottengono elaborando le dirette attraverso delle formule. Ciò che più ci interessa analizzare è la propagazione degli errori attraverso il calcolo delle rilevazioni indirette.

Non tutte le rilevazioni, sia dirette che indirette, ci danno lo stesso valore, a causa degli errori che rientrano nel processo di misura. Se ne facessimo un gran numero potremmo analizzarle con metodi statistici e trovare il valore attorno a cui queste misure si raggruppano (valore medio) e la "larghezza" intorno a cui oscillano questi valori (scarto quadratico medio); molto spesso non è però conveniente raccogliere un gran numero di misure, per cui si preferisce prenderne in quantità limitata e stimare l'errore tipico e che si commette. Questa stima si ottiene analizzando lo strumento e il metodo impiegati nel processo.

### Metodo dei minimi quadrati

è un metodo usato per ottimizzare la rappresentazione di un insieme di dati sperimentali, tipicamente identificabili con una coppia di coordinate cartesiane.



## Introduzione

Praticamente consiste nel considerare una funzione che sia la somma dei quadrati delle distanze tra ogni punto dell'insieme ed una retta data e fare in modo che questo valore sia minimo: si riduce cioè all'analisi matematica di una funzione e la sua derivata. Questo metodo va distinto dall'interpolazione, metodo in cui si chiede che la funzione calcolata passi esattamente per i punti dati: in questo caso ci si prefigge di avere una funzione risultante passante in un intervallo d'errore relativo al punto.

Per applicare questo metodo è ovvio supporre che si vada a trattare di una funzione di tipo affine, cioè con un andamento grafico rettilineo. Tipicamente un resistore ha una caratteristica lineare, di conseguenza è verificata l'ipotesi di affinità; non è però il caso della lampadina. Si applicherà in questo caso il metodo dei minimi quadrati solo al resistore, supponendo di non avere errori nella misura della corrente.

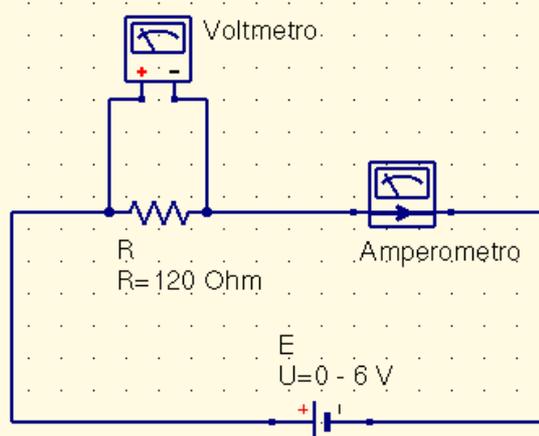
### Materiale e strumenti utilizzati

Per la prova di laboratorio sono stati utilizzati un *generatore di forza elettromotrice* per creare la differenza di potenziale ai capi del componente; vari *morsetti* per i collegamenti ai vari strumenti e all'utilizzatore; un *resistore* di resistenza  $120 \Omega$  e una *lampadina ad incandescenza* come componenti sui quali effettuare l'esperimento; un *voltmetro* con classe di precisione del 4% collegato in parallelo all'utilizzatore e al generatore per misurare la caduta di potenziale e un *amperometro* il quale errore viene considerato nullo, collocato in serie al generatore e al componente resistivo per misurare la corrente del circuito.

## Procedimento

Questa esperienza si basa essenzialmente sulla misurazione della tensione e della corrente che attraversa un resistore ohmico con una resistenza costante, e successivamente sulla misurazione degli stessi parametri su di una resistenza variabile (una lampadina ad incandescenza). Il fine di questo esperimento è il calcolo sperimentale delle resistività di questi utilizzatori.

Lo schema del collegamento effettuato è il seguente:



La legge fondamentale di questo esperimento è la prima legge di Ohm:

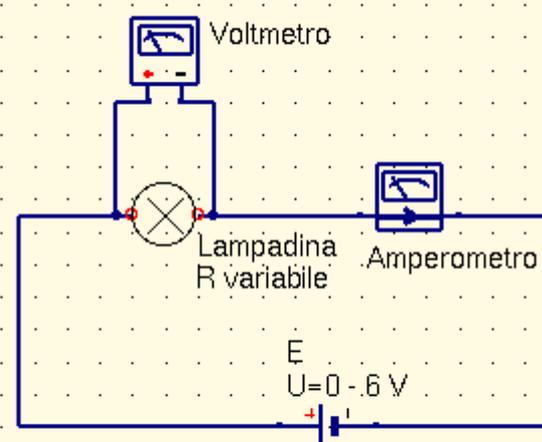
$$R = \frac{V}{i}$$

che mette in relazione la tensione elettrica con la relativa corrente.

Questo esperimento è lo stesso che ha effettuato Ohm per formulare la legge sopracitata.

Per quanto riguarda l'esperimento con la lampadina ad incandescenza, lo schema circuitale è il medesimo con l'unica differenza che al posto dell'elemento ohmico, si ha l'utilizzatore in esame.

Con queste configurazioni si sono prese le misure volt-amperometriche che si trovano nella tabella in pagina seguente.



## Misure ed Elaborazione

### Resistore ohmico

Misurazione	Corrente (Xj) [mA]	Tensione (Yj) [V]
1	0	0
2	2,19	0,28
3	4,32	0,65
4	6,58	0,9
5	8,73	1,18
6	10,96	1,45
7	13,15	1,75
8	15,27	2,05
9	17,42	2,3
10	19,63	2,5
11	23,5	3
12	25,7	3,2
13	28,2	3,5
14	30,5	3,8
15	32,8	4,1
16	35	4,3
17	37,6	4,5
18	39,9	4,9
19	42,2	5,1
20	44,5	5,4
21	46,8	5,7

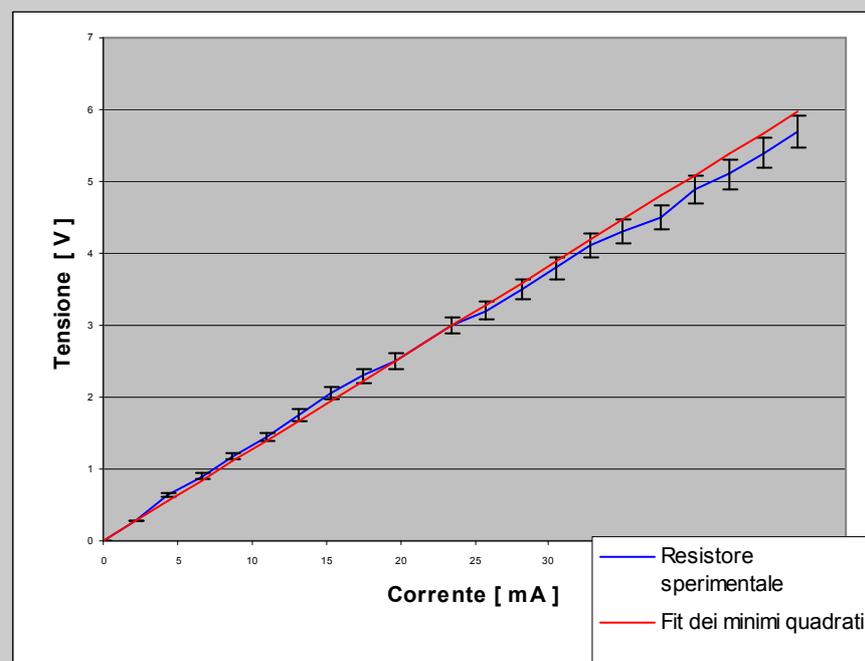
Dai risultati ottenuti si procede con il calcolo della resistenza sperimentale tramite lo strumento dei minimi quadrati, e il calcolo dell'errore sul fit.

$$R = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{I_j V_j}{\sigma_{V_j}^2}}{\sum_{j=1}^N \frac{I_j^2}{\sigma_{V_j}^2}}; \quad = \quad 127,5 \quad \Omega \quad \sigma_R = \left( \frac{\sum_{j=1}^N \frac{I_j^2}{\sigma_{V_j}^2}}{\sum_{j=1}^N \frac{I_j^2}{\sigma_{V_j}^2}} \right)^{-1} = \quad 2,3 \quad \Omega$$

La misura della resistenza sarà di  $127,5 \Omega \pm 2,3 \Omega$

# Misure ed Elaborazione

Nel grafico sottostante vengono riportati i dati della tabella



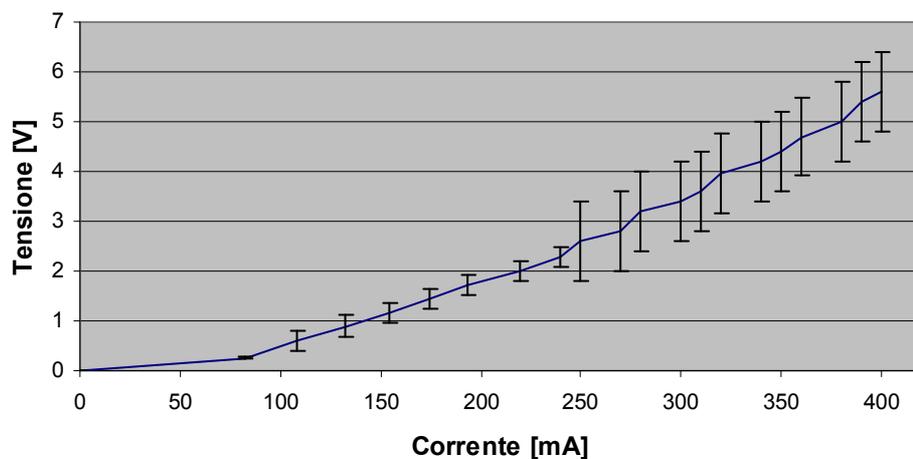
## Lampadina ad incandescenza

Misurazione	Corrente (Xj) [mA]	Tensione (Yj) [V]
1	0	0
2	82,6	0,26
3	107,8	0,62
4	132	0,9
5	154,3	1,15
6	174,4	1,44
7	193	1,72
8	220	2
9	240	2,3
10	250	2,62
11	270	2,8
12	280	3,2
13	300	3,4
14	310	3,6
15	320	3,95
16	340	4,2
17	350	4,4
18	360	4,7
19	380	5
20	390	5,4
21	400	5,6

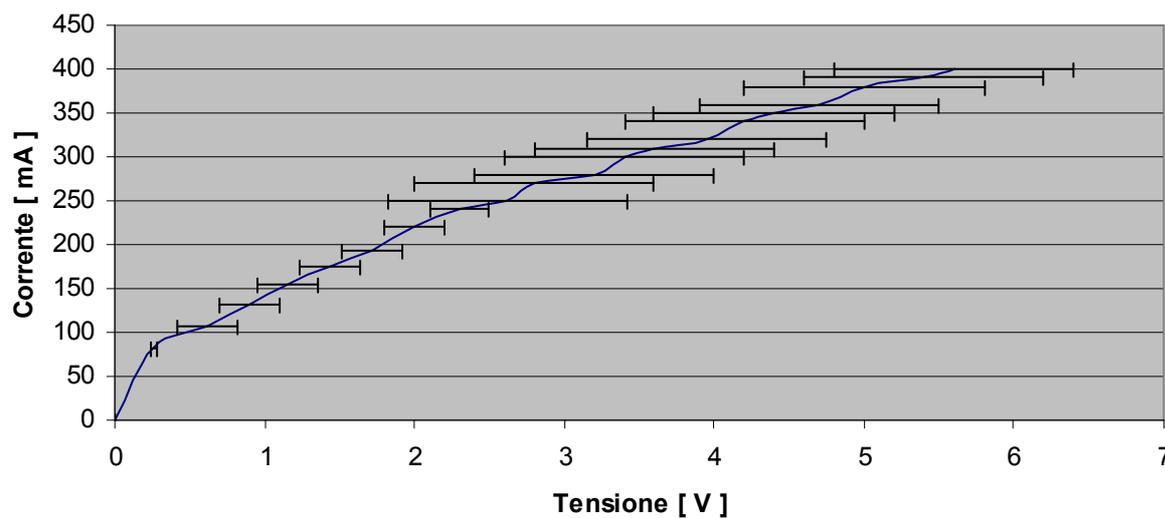
## Misure ed Elaborazione

In questo caso, come spiegato precedentemente, non è possibile sovrapporre ai risultati ottenuti un fit, in quanto l'andamento ohmico della lampadina non segue l'andamento lineare.

Caratteristica V-I di una lampadina



Caratteristica V-I di una lampadina



## Conclusioni

Il valore ottenuto sperimentalmente per la resistenza dell'elemento ohmico, mediante la regressione, è di 127,5 (OHM) +/- 2,3 e quindi, tenendo conto che ci sarà stata una propagazione dell'errore sulla lettura dei valori del voltaggio, in buon accordo con il valore nominale. Prevedibile il fatto che il grafico della caratteristica di questo componente mostri un andamento pressochè rettilineo del valore della resistenza: questa è definita infatti come il rapporto tra tensione e corrente, per l'appunto la pendenza della retta. Le barre verticali mostrano l'errore compiuto sulla misura della tensione, che corrisponde anche alla classe dello strumento, in questo caso il 4%. Il fatto che il valore medio desunto tramite il metodo dei minimi quadrati identifichi una retta che passa attraverso gran parte delle barre di errore ci dà la prova che il fit è riuscito bene. Un'altra prova, più debole, di questa validità del dato finale, è che l'errore percentuale sul valore della resistenza è minore della classe del voltmetro:

$$\varepsilon\% = (2,3 / 127,5 * 100) \sim 1,8 \%$$

Eventuali errori aggiuntivi rispetto a quello strumentale sono imputabili alla presenza di un errore anche nella misurazione dell'intensità di corrente e ad eventuali errori di lettura.

Dai grafici della resistenza del componente lampadina vediamo che l'andamento di questa caratteristica non è per nulla lineare, ha più un andamento esponenziale. Infatti la resistenza della lampadina aumenta con l'aumentare dell'intensità di corrente che la attraversa: l'effetto Joule fa in modo che il filamento di tungsteno si riscaldi (condizione per cui diventa incandescente ed emana radiazione) e la resistenza elettrica è dipendente dalla temperatura. Ciò è valido per tutti i materiali, anche se il resistore del primo esperimento è fatto in modo che l'effetto sia molto più blando. Questo comportamento è dipendente dal materiale ed è valutabile col coefficiente di temperatura lineare  $\alpha$  e l'influenza dell'incremento di temperatura  $\Delta T$

La formula generale che descrive tale fenomeno è:

$$R_w = R(T_0)(1 + \alpha(T - T_0))$$

Se invertiamo i riferimenti sugli assi cartesiani vediamo, com'è prevedibile, un grafico tipico della funzione inversa, cioè il logaritmo; deduciamo perciò che probabilmente in questo componente c'è una dipendenza logaritmica della corrente dalla tensione. Idealmente supponiamo che con l'aumento della tensione la corrente sul filamento aumenti sempre più lentamente; probabilmente invece ci sarà un valore limite a cui questa dipendenza viene meno, un punto critico a cui la lampadina perde le sue caratteristiche e la sua dipendenza  $V - I$  cambia totalmente.