

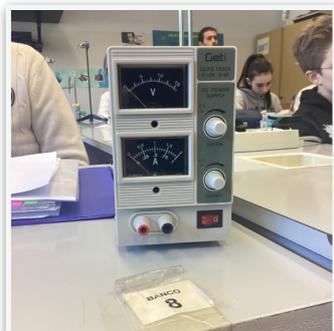
Verifica sperimentale delle due leggi di Ohm, delle resistenze in serie e in parallelo e la costruzione della caratteristica tensione-corrente di un conduttore non ohmico

Scopo

Verificare sperimentalmente in laboratorio la prima e la seconda legge di Ohm, le resistenze in serie e in parallelo e costruire la caratteristica tensione-corrente di un conduttore non ohmico come la lampadina.

Materiale utilizzato

- 2 tester, uno in modalità voltmetro e uno in modalità amperometro
- 2 Ponticelli
- 2 Basette a 11 boccole
- Resistenza da 51 Ω
- Resistenza da 100 Ω
- Resistenza di costantana
- Generatore
- Trasformatore
- Raddrizzatore
- Lampadina a incandescenza
- Cavi a doppia uscita



Premesse teoriche**Le leggi di Ohm**

La Prima Legge di Ohm afferma che, in un conduttore, la differenza di potenziale ai suoi estremi è direttamente proporzionale alla corrente che lo attraversa.

In simboli:

$$\Delta V \propto i$$

Ponendo in rapporto i due, si ottiene la resistenza:

$$\Delta V \cdot R = i$$

Ciò significa che, a parità di differenza di potenziale, più la resistenza è alta, più l'intensità di corrente è bassa.

Per quanto riguarda le unità di misura:

$$V \cdot A = \Omega$$

Ponendo su un grafico l'intensità di corrente in ascissa e la differenza di potenziale in ordinata, si ottiene una semiretta uscente dall'origine, la cui pendenza ha lo stesso valore della resistenza.

La Prima Legge di Ohm è valida per pochi conduttori, ad esempio non è applicabile a soluzioni, gas e semiconduttori, ma lo è ai metalli, che prendono il nome di conduttori ohmici.

Prendendo in considerazione due cilindri conduttori di lunghezza differente, si osserva che quello più lungo sente più resistenza dell'altro, in quanto ha più atomi. Si deduce, quindi, che la resistenza è proporzionale alla lunghezza.

Prendendo in considerazione, invece, due sfere di diametro diverso, si osserva che quello più piccolo sente più resistenza dell'altro in quanto ha un raggio minore. Si deduce, quindi, che la resistenza è inversamente proporzionale alla superficie. Si sviluppa, dunque, la Seconda Legge di Ohm:

$$R = \rho \cdot l / S \quad [\Omega = (\Omega \times m) \text{ m} / \text{m}^2]$$

In questa legge, è inserita anche la resistività ρ , ossia l'attitudine di un materiale, da cui appunto dipende, a opporre resistenza al passaggio di cariche elettriche.

Esiste un'altra grandezza, corrispondente all'inverso della resistenza: la conduttanza. La sua unità di misura è il Siemens [S].

La Seconda Legge di Ohm è quindi:

$$G = \delta \cdot S / l$$

In cui δ rappresenta la conduttività, misurata in Siemens al metro [S/m]

Il trasformatore

Il trasformatore è una macchina elettrica statica, alimentata a corrente alternata, che ha come scopo la trasformazione di differenza di potenziale e intensità di corrente elettrica. Ossia, con Volt su Ampere, si ottiene Ohm.

Il generatore

In elettrotecnica il generatore ideale di corrente è un ipotetico dispositivo in grado di mantenere una intensità di corrente costante (o comunque un prefissato andamento in funzione del tempo) fra i suoi poli, indipendentemente dal carico resistivo al quale è connesso. La differenza di potenziale ai capi di un generatore di corrente può, in linea di principio, essere grande a piacere e variare in modo impulsivo.

Nei circuiti elettrici, comunque, si introducono generatori reali come un generatore ideale in parallelo con una resistenza (resistenza interna).

Il tester

Il tester è uno strumento digitale che può funzionare sia in modalità di amperometro che in modalità di voltmetro. In questo caso, ne sono stati utilizzati due: uno come amperometro e l'altro come voltmetro.

Resistenze in serie o in parallelo

Il metodo per calcolare la resistenza equivalente di più resistenze in serie e in parallelo in un circuito elettrico è un procedimento iterativo; prevede di sostituire gruppi di resistenze in uno stesso tipo di collegamento con una sola resistenza equivalente, fino a ottenere un circuito con un solo resistore. Lo sviluppo della teoria segue la falsariga di quella dei condensatori.

Quando abbiamo a che fare con i circuiti resistivi (ossia composti soltanto da resistenze), e in particolare con i circuiti ohmici (ossia composti soltanto da resistenze che rispettano la legge di Ohm), dobbiamo calcolare la resistenza equivalente dell'intero circuito, ossia quell'unica resistenza in grado di sostituire tutte le altre facendo in modo che la corrente totale che circola nel circuito non cambi.

Ai fini del calcolo della resistenza equivalente bisogna tenere a mente che in un circuito le resistenze possono essere collegate in due modi diversi:

- Resistenze in serie
- Resistenze in parallelo

Per le resistenze in serie la resistenza equivalente è data dalla somma di tutte le resistenze collegate:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



L'intensità di corrente è la stessa per ciascuna delle resistenze ed equivale a quella che fluisce nel circuito, mentre la differenza di potenziale totale è data dalla somma delle differenze di potenziale ai capi dei singoli resistori:

$$i_1 = i_2 = \dots = i_n = i$$
$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots + \Delta V_n$$

Per le resistenze in parallelo il reciproco della resistenza equivalente è uguale alla somma dei reciproci delle singole resistenze coinvolte nel collegamento

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$$



In questo caso l'intensità di corrente totale è data dalla somma delle singole correnti, mentre la differenza di potenziale è la stessa ai capi di ciascun resistore ed equivale alla differenza di potenziale totale:

$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n$$

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \dots = \Delta V_n$$

Come riconoscere le due tipologie di collegamenti in un circuito, e dunque come scegliere la formula corretta? Per non fare confusione basta ricordare che:

Due resistenze sono in serie quando sono collegate in sequenza sullo stesso filo, per cui la corrente che passa sulla prima resistenza non può fare altro che proseguire il proprio cammino e attraversare anche la seconda.

Due resistenze sono in parallelo quando non sono collegate allo stesso filo, bensì sono disposte su fili che si raccordano al circuito in specifici nodi.

Conduttori ohmici e non ohmici

I conduttori che obbediscono alla legge di Ohm e hanno una resistenza costante quando la tensione viene variata su di essi o la corrente che li attraversa viene aumentata sono chiamati conduttori ohmici. Una lampadina a incandescenza è un esempio comune di conduttore non ohmico.

La lampadina a incandescenza

La lampada a incandescenza è una sorgente luminosa artificiale il cui funzionamento si basa sul fenomeno dell'incandescenza, l'irraggiamento di fotoni generato dal surriscaldamento di un elemento metallico. Le lampadine a incandescenza sono molto semplici dal punto di vista costruttivo ma molto poco efficienti dal punto di vista energetico, in quanto convertono meno del 5% dell'energia che usano in luce visibile (le lampadine standard in media convertono il 2,2%). L'energia rimanente viene convertita in calore. A partire dal 2009 le lampadine a incandescenza sono state avviate verso una graduale sostituzione, fino alla totale messa al bando, in favore delle più moderne lampadine LED o fluorescenti.

Nella lampada a incandescenza, la luce viene prodotta da un filamento di tungsteno che raggiunge la temperatura di circa 2700 K per effetto della corrente elettrica che lo attraversa.

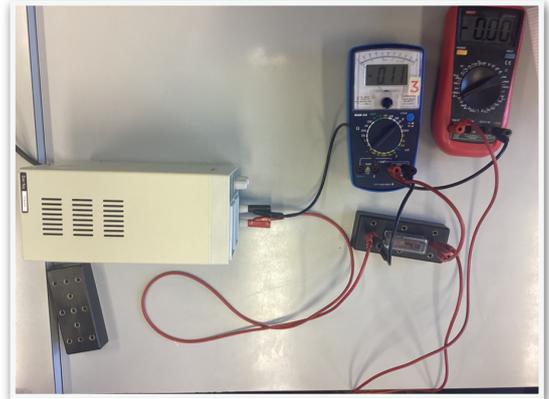
Si sfrutta l'effetto Joule per ottenere un forte riscaldamento del filamento, fino a portarlo a temperature tali che lo spettro di corpo nero corrispondente contenga componenti visibili sufficienti per illuminare in maniera diffusa; questo riscaldamento causa un aumento della resistenza elettrica e quindi una diminuzione della corrente che scorre. Si giunge quindi ad una temperatura d'equilibrio in cui l'energia dissipata per effetto Joule non incrementa la temperatura del filamento, ma si disperde per irraggiamento, ovvero in luce (visibile o meno). Nelle lampadine moderne il bulbo di vetro non è vuoto, ma contiene un gas nobile a bassa pressione, di solito argon, a volte kripton. Questi gas consentono una resa superiore del 10% circa a parità di potenza, riducono i rischi di implosione, prolungano la vita del filamento e riducono l'annerimento del bulbo dovuto al deposito del tungsteno che sublima. Al momento dell'accensione della lampada, poiché il filamento è freddo e la sua resistenza è bassa, si determina un picco di assorbimento della durata di pochi decimi di secondo e del valore di 10-12 volte la corrente a regime. Dal punto di vista elettrico la lampadina si comporta come un conduttore non ohmico, il cui valore dipende dalla corrente che vi transita.

Procedimento e dati con loro elaborazione

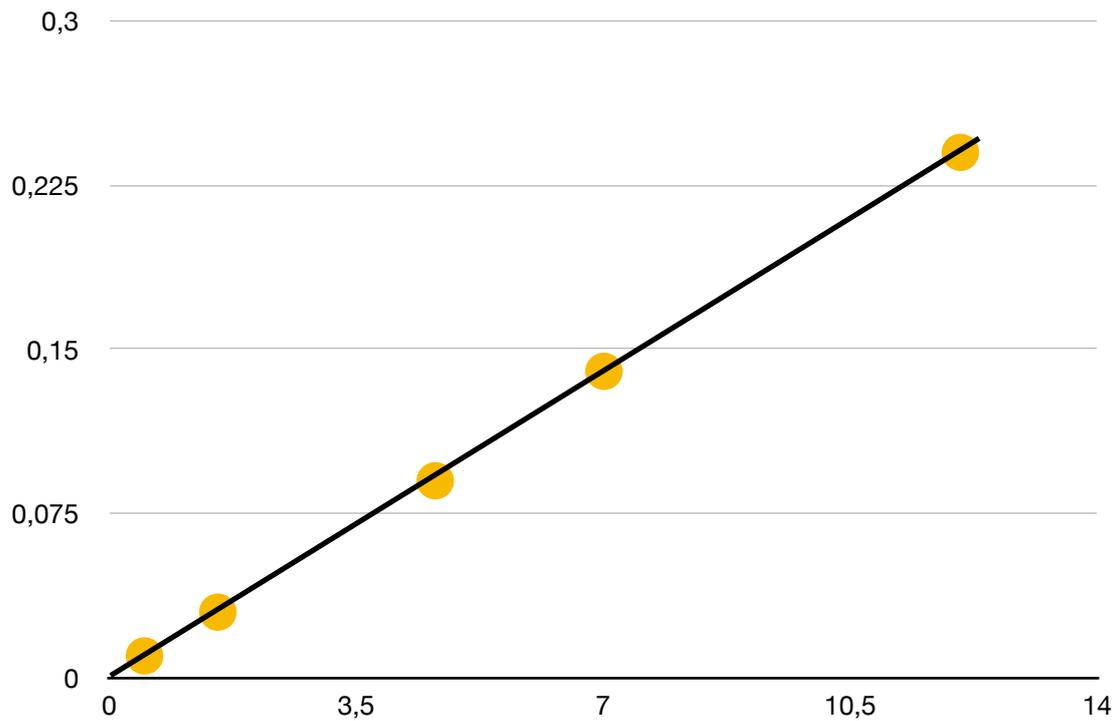
Prima di effettuare le varie misurazioni abbiamo costruito un circuito collegato agli strumenti di misurazione. Abbiamo collegato il trasformatore alla presa della corrente, per portare la corrente ad un voltaggio utile alla verifica; abbiamo collegato il trasforma tre a un raddrizzatore, per trasformare la corrente alternata (AC) in corrente continua (DC).

Abbiamo collegato prima il generatore alla corrente con il trasformatore, poi con i cavi all'amperometro nell'uscita COM e alla basetta con resistenza 51 Ω . L'amperometro tramite la sua uscita Ampere MAX è quindi stato collegato alla basetta. Il voltmetro è stato collegato alla basetta, sfruttando la doppia uscita presente nei cavi utilizzati.

Modificando dall'apposito regolatore del generatore la differenza di potenziale, abbiamo trovato diversi valori di intensità. Ci siamo quindi annotati entrambi i valori per verificare la 1^a legge di Ohm:



Misurazione #	ΔV [V]	i [A]	$R = \Delta V/i$ [Ω]
1	0,50	0,01	50
2	1,54	0,03	51,3
3	4,62	0,09	51,3
4	7,01	0,14	50,7
5	12,06	0,24	50,25



$$R_{\text{MEDsp}} = 50,7 \, \Omega$$

$$\text{Scarto percentuale} = (51 - 50,7) \cdot 100 / 50,7 = 0,6 \, \%$$

Abbiamo mantenuto ancora una volta lo stesso circuito e abbiamo utilizzato la resistenza di costantana (una lega di metalli), per verificare la 2^a legge di Ohm.

Misurazione #	ΔV [V]	i [A]	$R = \Delta V/i$ [Ω]
1	0,78	0,09	8,7
2	0,36	0,04	9
3	0,43	0,05	8,6
4	0,19	0,02	9,5
5	0,53	0,06	8,8

$$\rho_{\text{th}} = 4,90 \cdot 10^{-7} \, \Omega \cdot \text{m}$$

$$l = 1,00 \, \text{m}$$

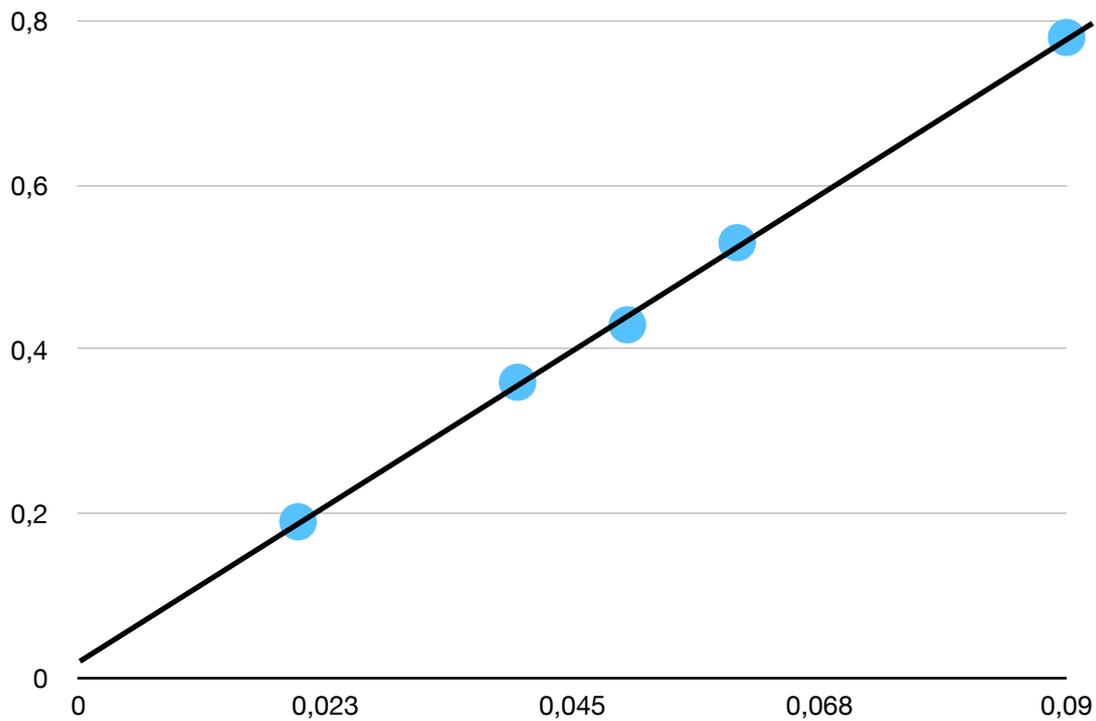
$$\varnothing = 3,00 \cdot 10^{-4} \, \text{m}$$

$$s = \varnothing^2 \cdot \pi/4 = 7,1 \cdot 10^{-8}$$

$$R_{\text{th}} = \rho \cdot l / s = 6,9 \, \Omega$$

$$R_{\text{MEDsp}} = 8,9 \, \Omega$$

$$\text{Scarto percentuale} = (8,9 - 6,9) \cdot 100 / 6,9 = 29 \, \%$$



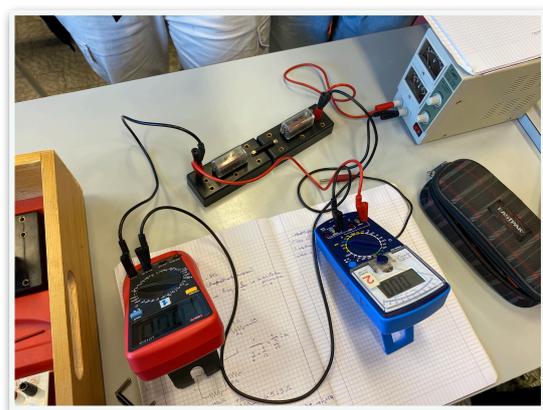
A questo punto abbiamo verificato le resistenze in serie e in parallelo: per le resistenze in serie abbiamo collegato con un ponticello due basette aventi una la resistenza di 51Ω e l'altra di 100Ω per il lungo. Abbiamo quindi collegato le basette al circuito e annotato i dati forniti dai misuratori.

$$R_{th} = R_1 + R_2 = 100 + 51 = 151\ \Omega$$

Misurazione #	ΔV [V]	i [A]	$R = \Delta V/i$ [Ω]
1	8,51	0,06	141,8
2	7,38	0,04	184,5
3	10,09	0,07	144,1
4	16,23	0,11	147,5
5	13,06	0,09	145,1

$$R_{MEDsp} = 152,6\ \Omega$$

$$\text{Scarto percentuale} = (152,6 - 151) \cdot 100 / 151 = 1\ \%$$



In seguito abbiamo posto le resistenze in serie collegando le due basette con due ponticelli per mantenerle più stabili e abbiamo mantenuto le resistenze precedenti di 51 Ω e 100 Ω . Abbiamo collegato il tutto al circuito annotandoci i dati ottenuti.

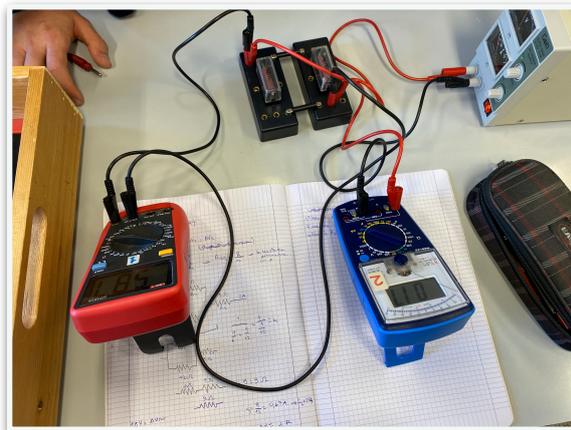
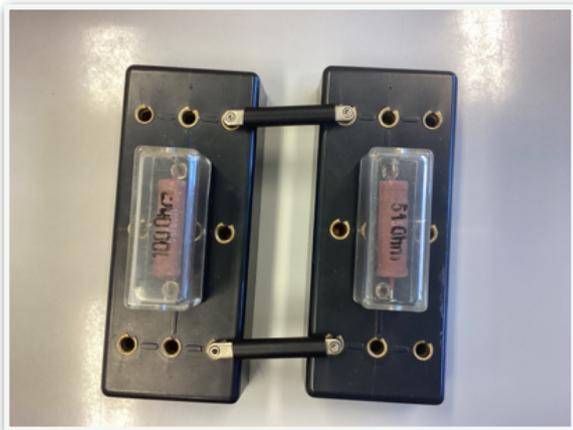
$$1/R_{th} = 1/R_1 + 1/R_2 = 0,0296 \Omega^{-1}$$

$$R_{th} = 33,8 \Omega$$

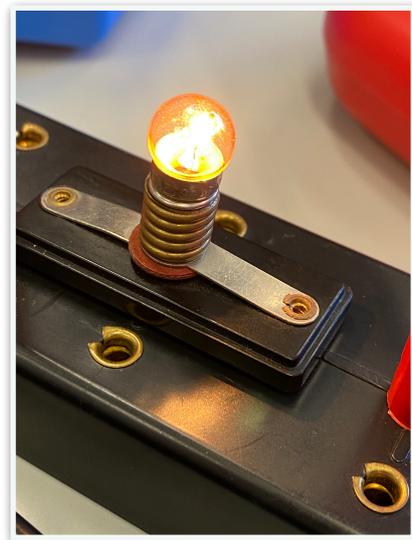
Misurazione #	ΔV [V]	i [A]	$R = \Delta V/i$ [Ω]
1	16,20	0,47	34,4
2	10,98	0,31	35,4
3	14,62	0,45	32,5
4	10,49	0,29	36,2
5	5,49	0,15	36,6

$$R_{MEDsp} = 35,0 \Omega$$

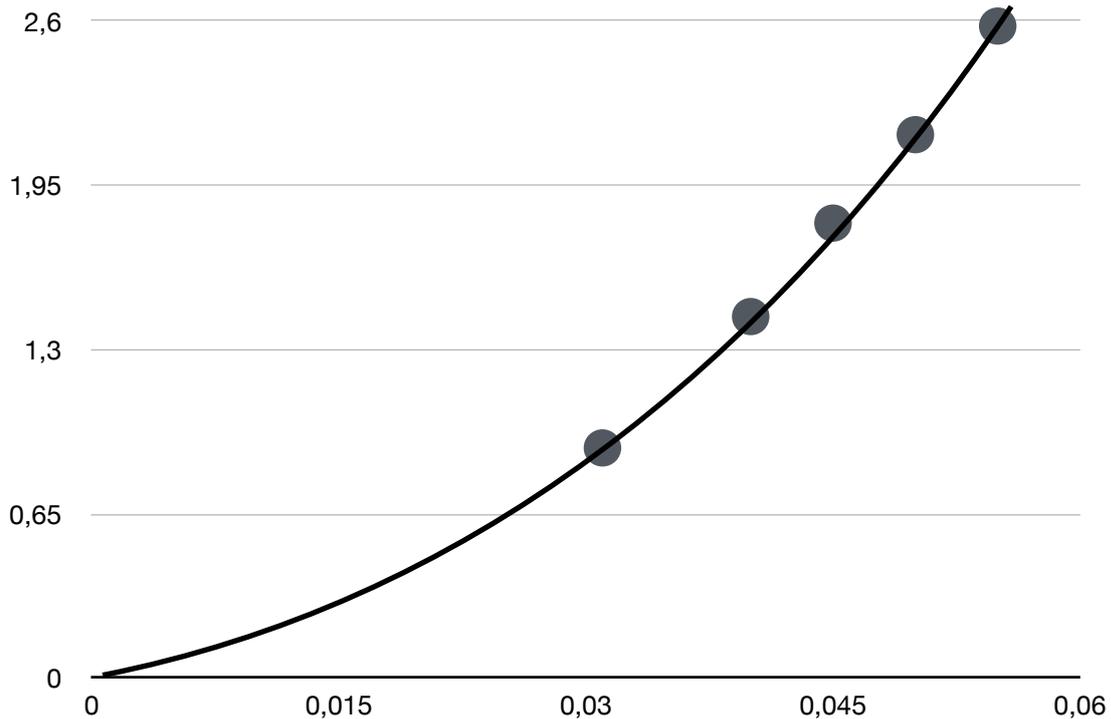
$$\text{Scarto percentuale} = (35 - 33,8) \cdot 100 / 33,8 = 3,6 \%$$



Abbiamo collegato la lampadina al circuito tramite la basetta, sapendo che essa è un conduttore non ohmico e quindi che l'intensità e la differenza di potenziale non saranno direttamente proporzionali.



Misurazione #	ΔV [V]	i [A]	$R = \Delta V/i$ [Ω]
1	0,91	0,031	29,4
2	1,43	0,040	35,8
3	1,8	0,045	40
4	2,15	0,05	43
5	2,58	0,055	46,9



Conclusioni

Con i dati in giallo abbiamo verificato la prima legge di Ohm con uno scarto percentuale quasi inesistente, vista la precisione degli strumenti e la nostra abilità nell'effettuare le misurazioni.

Con i dati in azzurro abbiamo dimostrato la seconda legge di Ohm, questa volta con uno scarto percentuale decisamente più consistente: per questo tipo di misurazione gli strumenti di misura non si sono rivelati accuratissimi.

Con i dati in rosso e in verde abbiamo verificato il calcolo della resistenza totale di più resistenze messe prima in serie e poi in parallelo, ottenendo nuovamente uno scarto percentuale assolutamente ininfluente.

Con i dati in nero abbiamo verificato e soprattutto dimostrato che la lampadina è un conduttore non ohmico, poiché non segue la prima legge di Ohm, individuando inoltre il particolare grafico della resistenza di questo tipo di conduttori.

Un ringraziamento a tutti per la collaborazione.

Pace e lunga vita 🙌