

## Esperienza n. 1: STRUMENTI DI MISURA, CARATTERISTICA I-V DI UNA LAMPADINA ED INTERRUTTORI

### Parte I - Strumenti di misura

#### Obiettivo

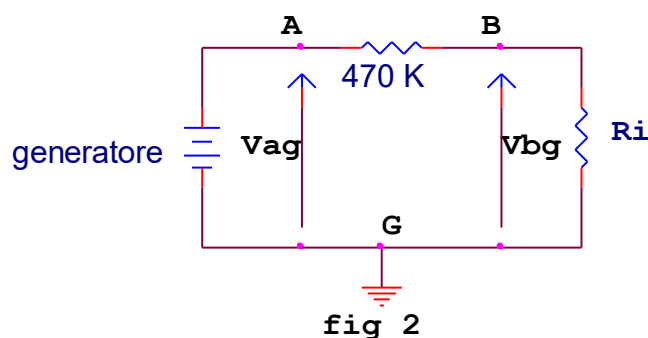
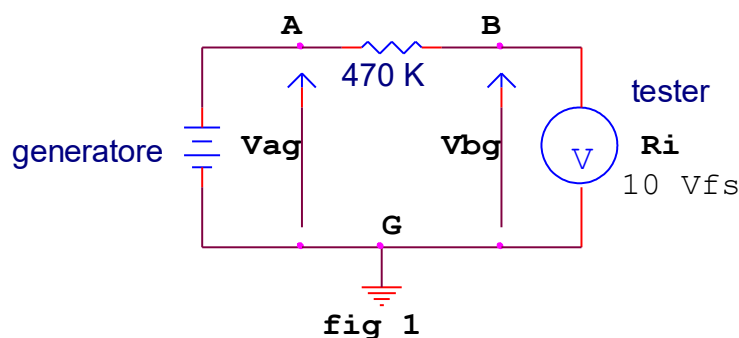
Ricavare la resistenza interna di un tester digitale e di un tester analogico utilizzando un solo tester alla volta.

#### Materiale

alimentatore di tensione continua;  
resistenza di  $470\text{ K}\Omega \pm 5\%$ ;  
un tester digitale;  
un tester analogico;  
basetta di plexiglas;  
cavi;

#### Procedura

1. Accendere il generatore di tensione.
2. Cortocircuitare il generatore ed impostare la corrente massima erogabile dal generatore di tensione per questa esperienza ad  $I = 0,1\text{ A}$ .
3. Spegner il generatore.
4. Costruire sulla basetta di plexiglas il circuito di **fig. 1** usando il multimetro analogico (la procedura sarà poi ripetuta per il multimetro digitale).



5. Impostare il **tester analogico** su volt ( il segno = sta per tensione continua; il segno di una sinusoide sta per tensioni alternate). Impostare il tester su 10 V di fondo scala.

6. Prima di dare tensione **RICORDARE** che il tester analogico di cui si dispone **NON** ha protezioni quindi una **manovra errata può portare al danneggiamento del tester**.
7. Accendere l'alimentatore e regolarlo su circa 8V, leggere la tensione  $V_{bg}$  con il tester; scollegare il tester e misurare la tensione  $V_{ag}$  con il tester.
8. Determinare la resistenza interna  $R_i$  corredata della sua incertezza, osservando che il circuito equivalente è rappresentato in **fig. 2**:

$$\frac{V_{ag}}{470k + R_i} \cdot R_i = V_{bg}$$

9. Quanta energia (o potenza) consuma lo strumento di misura per fornire la misura di tensione?
10. Ripetere la misura usando il tester digitale.
11. Provare a disegnare ed implementare un circuito per misurare la resistenza interna di un amperometro. Effettuare poi la misura sia per un multimetro digitale che analogico.

Nella determinazione delle incertezze relative alle misure, usare le specifiche fornite dal docente. A tal proposito, ricordarsi di annotare il modello degli strumenti impiegati e della scala utilizzata per effettuare la misura.

## Parte II – Caratteristica I-V di una lampadina

### Obiettivo

Ricavare la caratteristica corrente tensione,  $I(V)$ , di una lampadina.

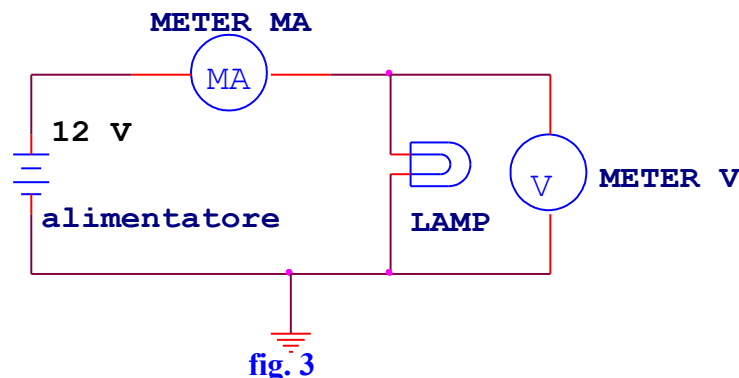
Verificare la validità della legge di corpo nero per un filamento di tungsteno riscaldato.

### Materiale

alimentatore di tensione continua;  
una lampadina ad incandescenza;  
un tester digitale da usare come voltmetro;  
un tester digitale da usare come amperometro (se non disponibile, in alternativa usare un amperometro analogico);  
basetta di plexiglas;  
cavi.

### Procedura

1. Misurare la resistenza della lampadina a freddo.
2. Costruire il circuito di fig. 3.



3. Variare il valore di tensione  $V_{in}$  fornito dal generatore, da 0 V a 12 V, a passi di 0.5 V. Per ogni valore di tensione  $V_{in}$ , effettuare una misura di corrente e di tensione ai capi della lampadina.
4. Ricavare la resistenza della lampadina e la potenza dissipata ed inserire i dati in una tabella, tipo quella sotto riportata. Notare che la resistenza cambia al variare della temperatura (da temperatura ambiente fino a  $\sim 2000$  °C con filamento incandescente).

<b>V gen [V]</b>	<b>V [V]</b>	<b>I [mA]</b>	<b>R [<math>\Omega</math>]</b>	<b>P = VI [W]</b>
1	---	---	---	---
2	---	---	---	---
3	---	---	---	---
---	---	---	---	---

5. Con l'ausilio di un calcolatore, disegnare le funzioni **I(V)**, **R(V)**.

### Analisi dati

Per molti materiali una buona approssimazione per esprimere la dipendenza della resistenza dalla temperatura è data dalla relazione  $R(t) = R_{20}(1 + \alpha \Delta t)$ , dove  $R_{20}$  è la resistenza a  $t = 20$  °C, e  $\Delta t = t - 20$  °C. Per altri materiali, come il tungsteno (metallo di transizione), una migliore rappresentazione dei dati sperimentali si ottiene invece con la relazione (vedi anche il materiale fornito dal docente):

$$R = R_0 \left( \frac{T}{T_0} \right)^b, \quad (1)$$

che possiamo invertire e genericamente scrivere come

$$T = \beta R^\gamma. \quad (2)$$

Più  $\gamma$  è diverso dal valore unitario, meno la relazione tra  $T$  ed  $R$  è approssimabile da una proporzionalità diretta.

Osserviamo che la lampadina consuma la potenza **P=VI**, dissipata in una piccola parte per via conduttiva e convettiva,  $k(T-T_0)$ , e per la maggior parte per via radiativa, secondo la legge di corpo nero:

$$P = e \sigma A_s (T^4 - T_0^4). \quad (3)$$

In prima approssimazione si può trascurare  $T_0$  in quanto  $T_{\text{filamento}} \sim 2000$  °C. Di conseguenza combinando la (2) e la (3), avendo posto  $c = e \sigma A_s$ , si ottiene la relazione **P(R)**:

$$P = VI = c T^4 = c (\beta R^{\gamma})^4 = m R^q, \quad (4)$$

dove  $q = 4\gamma$  ed  $m$  è la costante di proporzionalità del modello.

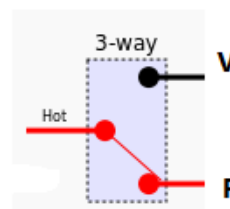
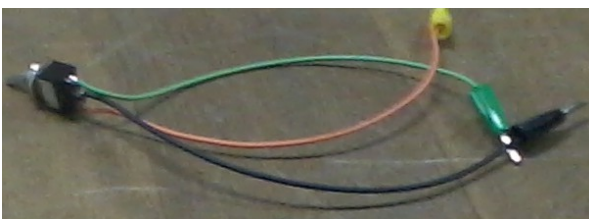
Ricordando che  $R = V/I$  si ricava facilmente la relazione **I(V)**:

$$I = \sqrt[q+1]{m} V^{\frac{q-1}{q+1}} = s V^{\frac{q-1}{q+1}}. \quad (5)$$

1. Verificare se le approssimazioni fatte sono valide graficando i dati, effettuando un regressione per ricavare il valore di  $q$  sia da (4) che da (5) e confrontando il risultato ottenuto con quanto presente in letteratura.
2. Provare ad effettuare una regressione con una polinomiale di ordine 4 alla curva  $P(R)$ . Che cosa si può concludere? Qual è il regime di validità della curva ricavata?
3. Provare ad effettuare una regressione alla curva  $P(R)$  con una funzione  $f = aR^4$ . Cosa si può concludere? La regressione va a buon fine? Aggiungendo un parametro  $b$ , tale per cui  $f = a(R-b)^4$ , che cosa cambia? Il valore di  $b$  è ragionevole?

### Parte III – Interruttori e switch

1. Utilizzare due switch, un generatore di tensione e una lampadina per realizzare un circuito che consenta di spegnere e accendere la lampadina da due diversi interruttori.



2. Utilizzare due interruttori, un generatore di tensione e una lampadina per realizzare un circuito AND o un circuito OR.