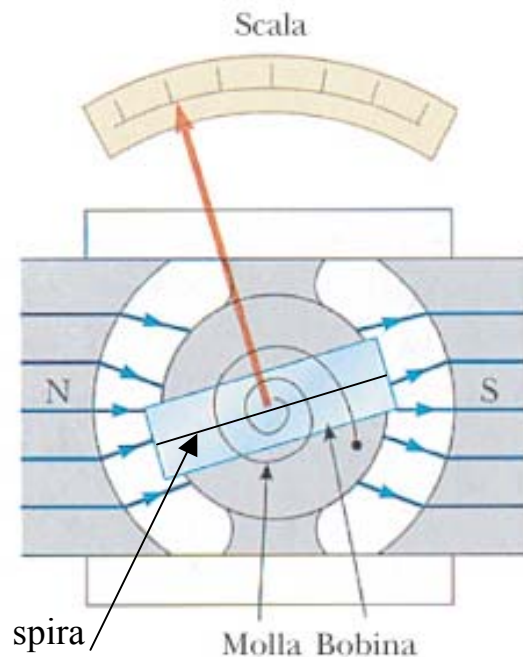


Galvanometro (D'Arsonval)

Strumento base per misure di correnti, d.d.p. e resistenze: quando tra i 2 terminali di questo passa corrente, un indice si sposta proporzionalmente alla corrente.



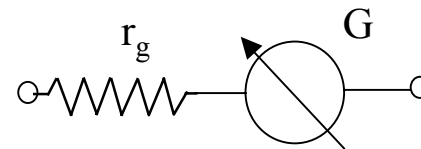
Se nelle spire della bobina immersa in un campo magnetico circola corrente, il momento meccanico dovuto al campo magnetico provoca una rotazione della bobina. Grazie al momento di reazione, dovuto presenza di una molla, la bobina e' richiamata verso l'equilibrio dalla coppia di richiamo (molla a spirale) e l'angolo ϕ di rotazione della bobina e' proporzionale alla corrente I_g che vi circola

$$I_g = K_r \phi \quad K_r \text{ costante reometrica}$$

K_r piccolo, galvanometro piu' sensibile

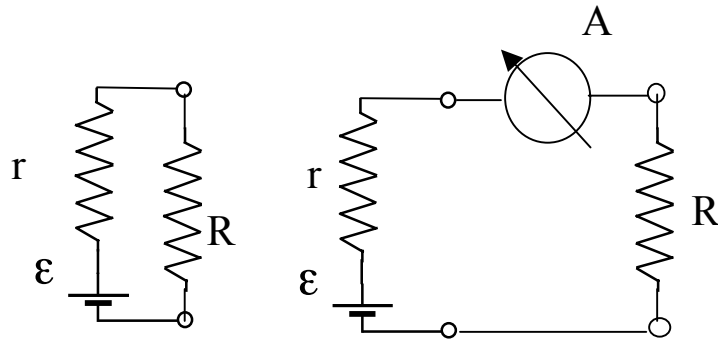
$I_g = 0$ molla a riposo (zero scala graduata)

Dal punto di vista elettrico il galvanometro (a riposo) e' assimilabile alla resistenza della bobina r_g .



Amperometri

Un galvanometro posto in serie ad un circuito dove scorre corrente e' usato con **amperometro**



Differenza I_{vera} I_{mis}

$$I_{vera} = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

$$I_{mis} = \frac{\varepsilon}{r + R + r_g}$$

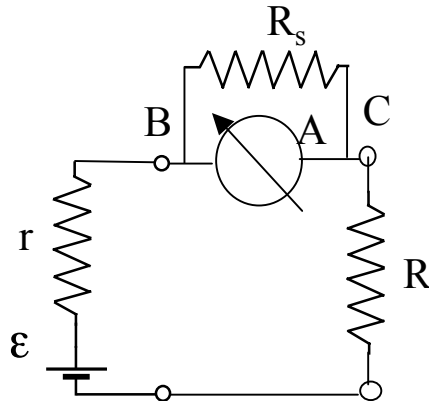
$$I_{vera} > I_{mis}$$

$$I_{vera} = I_{mis} \left(1 + \frac{r_g}{r + R} \right) \quad \text{Se } r_g \ll r + R \quad I_{vera} \sim I_{mis}$$

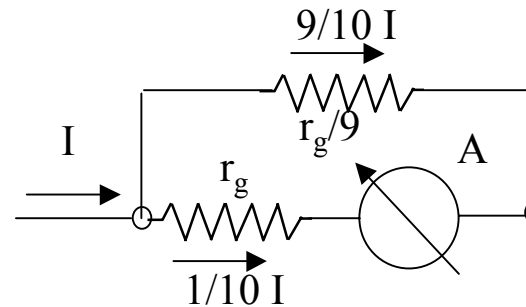
Uno dei parametri del galvanometro e' I_{max} , la corrente di fondo scala

Se la corrente nel circuito $I > I_{max}$ occorre variare la portata dell'amperometro. Come si fa?

Si inserisce una resistenza $R_s \parallel A$, resistenza di shunt ($R_s < r_g$)

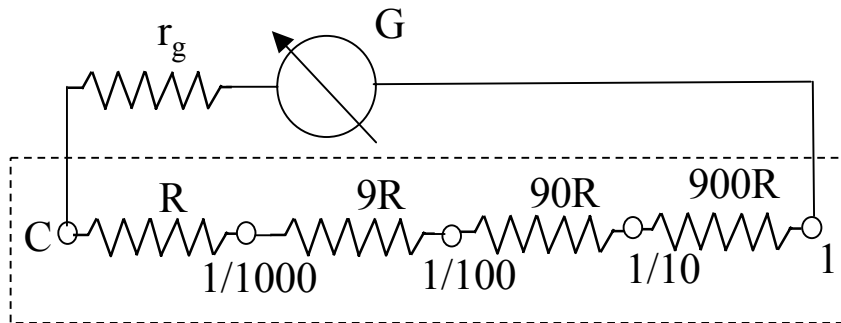


La corrente che entra in B si suddivide in maniera inversamente proporzionale a r_g e R_s



Shunt Universale

Consideriamo un amperometro a 4 portate, ognuna scalata di un fattore 10 rispetto alla precedente



Collegiamo i morsetti C-1 al circuito in cui scorre I da un generatore di corrente; così la corrente è:

$$i_{g1} = I \frac{1000R}{1000R + r_g}$$

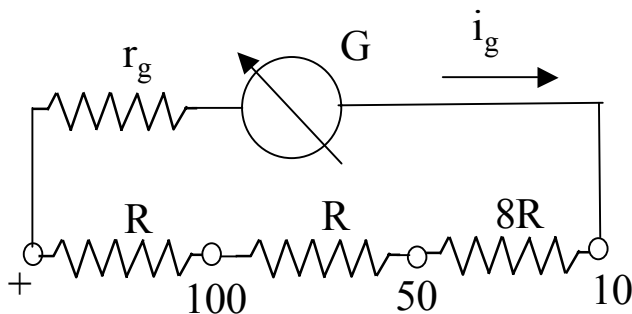
Collegando i morsetti C-10 è:

$$i_{g10} = I \frac{100R}{1000R + r_g} = \frac{i_{g1}}{10}$$

analogamente per gli altri

I rapporti tra le correnti non dipendono da r_g né da R ; in questo senso è Shunt 'universale'.

Esempio



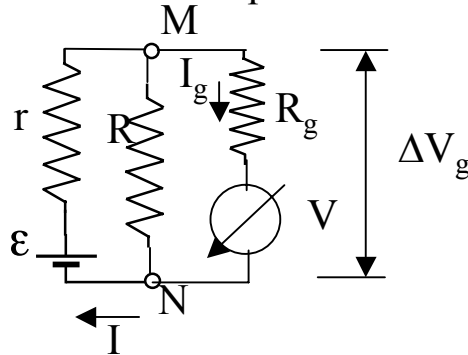
Strumento con 3 fondo scala: 10,50,100 mA

Lo strumento base ha $i_{gfs}=2$ mA e $r_g=100 \Omega$; se imponiamo che lo strumento va a fondo scala quando tra + 10 passa $I=10$ mA è:

$$i_{gfs} = 10mA \cdot \frac{10R}{10R + r_g} \longrightarrow R=2.5 \Omega$$

Voltmetri

Un galvanometro puo' essere usato anche per misure di d.d.p., inserendolo in parallelo ai terminali del circuito tra i quali si vuole misurare la d.d.p.: **Voltmetro**

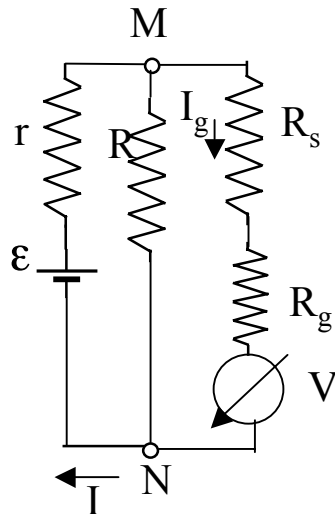


$\Delta V_g \propto i_g$
Per evitare che ΔV_g non sia molto alterata da G, si pone in serie a G una R_g grande, cioè, R_{eq} tra M-N~R

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_g + r_g} \quad R_{eq} = \frac{r(R_g + r_g)}{R + R_g + r_g} \cong \frac{RR_g}{R + R_g} \cong R \quad R_g \gg R$$

Voltmetro ideale con $R_g = \infty$

Anche nel caso di un voltmetro, la portata, massima d.d.p. misurabile, puo' essere aumentata; in questo caso la resistenza di shunt R_s deve essere messa in serie alla resistenza interna.



$$V_v = V_M - V_N = I_g(R_g + r_g + R_s) = V_g + V_s$$

$$V_g = (1/n)(V_M - V_N) \text{ se } V_s = (n-1)V_g$$

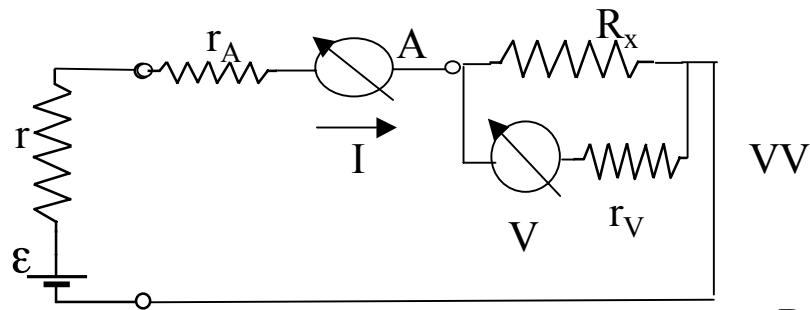
$$\text{cioe' } R_s = (n-1)(R_g + r_g)$$

Si puo' allora moltiplicare per n la d.d.p V_g misurata dal voltmetro per avere $V_M - V_N$.

Ohmetro

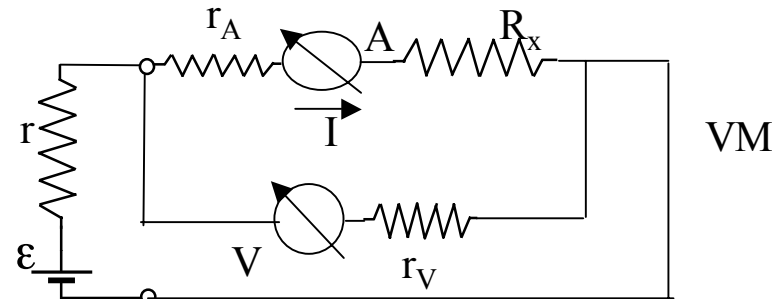
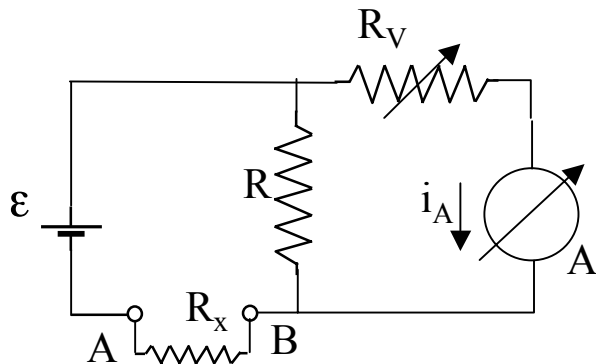
Uno strumento capace di misurare resistenze e' detto **Ohmetro**

Disponendo di un Voltmetro ideale ($r_V \rightarrow \infty$) e di un amperometro ideale ($r_A \rightarrow 0$) si possono usare i circuiti



$$\frac{V}{I} = \frac{I(R_x \parallel r_V)}{I} = R_x \left(\frac{1}{1 + \frac{r_V}{R_x}} \right)$$

Possibile anche con un solo strumento:



$R_x = V/I$ con strumenti ideali

$$\frac{V}{I} = \frac{I(R_x + r_A)}{I} = R_x \left(1 + \frac{r_A}{R_x} \right)$$

R_V contiene anche r_A strumento

$$i_{fs} = \varepsilon / R_V$$

$$i_A = \frac{\varepsilon}{R_x + R \parallel R_V} \cdot \frac{R}{R + R_V} = \frac{\varepsilon}{R_x \left(1 + \frac{R_V}{R} \right) + R_V} = \frac{i_{fs}}{1 + R_x \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} \right)}$$

$i_A(R_x)$, andamento non lineare

Batteria nello strumento, occorre taratura ogni volta agendo su R_V quando si sostituisce R_x con cortocircuito.

Ponte di Wheatstone

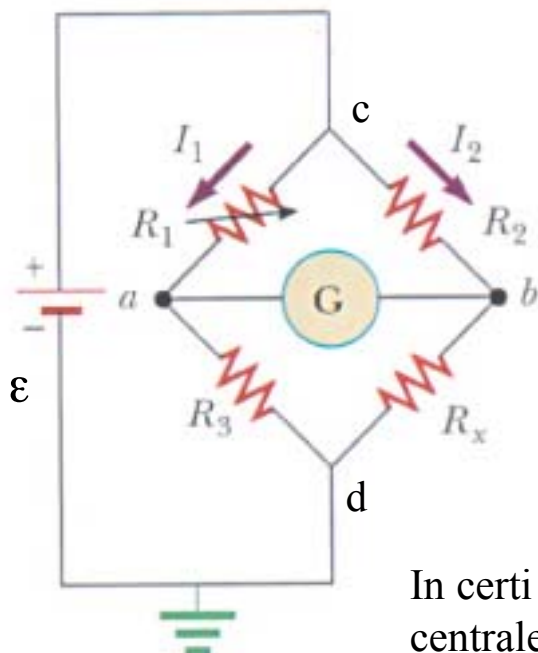
Per misure accurate di resistenza si usa il metodo del **Ponte di Wheatstone**

R_x resistenza da misurare, R_1 (variabile), R_2, R_3 note

La misura consiste nel variare R_1 fino a quando il galvanometro segna $i_g = 0$.

Usato in questo modo il galvanometro e' detto **Rivelatore di zero (ND)**

Soddisfatta questa condizione e' $V_a = V_b$ e se prendiamo come riferimento d possiamo trovare V_b, V_a con la regola del partitore di tensione



$$V_b = V_c \frac{R_x}{R_2 + R_x}$$

$$V_a = V_c \frac{R_3}{R_3 + R_1}$$

$$\frac{R_x}{R_2 + R_x} = \frac{R_3}{R_3 + R_1}$$

$$R_x(R_3 + R_1) = R_3(R_2 + R_x)$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

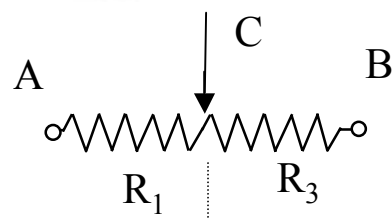
In certi casi il ramo R_1 - R_3 e' costituito da un'unica resistenza provvista di cursore centrale scorrevole C; esso stabilisce la ripartizione fra R_1, R_3 della resistenza tot. R.

Se la resistenza e' costituita da un filo di sezione costante e'

$$R_1 = R_{CA} \frac{l}{L}$$

l = lunghezza del filo tra A e C

L lunghezza totale



potenziometro

Multimetri

Vi sono strumenti che con un unico equipaggio mobile consentono di misurare d.d.p, correnti e resistenze; questi sono detti **multimetri**.

Di solito hanno due morsetti di ingresso da collegare alla parte di circuito da misurare.

Per misure di corrente va interrotto il circuito per inserire lo strumento, mentre non e' necessario per misure di d.d.p. per le quali il contatto e' fatto con due puntali (PP). Con lo stesso collegamento si usa il multimetro per la misura di resistenza.

I **multimetri digitali** hanno sostituito gli strumenti a bobina mobile che con la presentazione analogica del risultato, sono meno precisi.

Le cifre del **display** sono in numero adeguato alla precisione dello strumento

Es. Multimetro a 3 cifre e 1/2

Il display puo' presentare 4 cifre ± 1999 con la cifra piu' significativa < 2

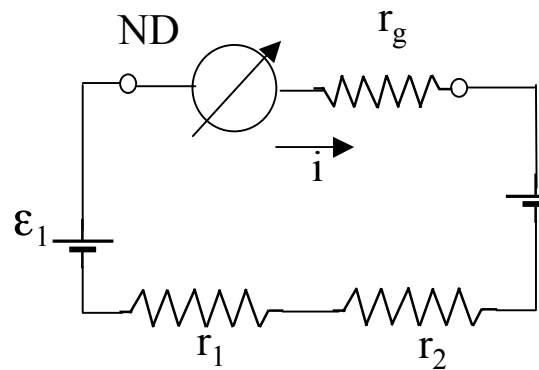


Errore di lettura dello strumento analogico sostituito dall'errore di quantizzazione, cifra meno significativa approssimata per difetto o per eccesso (± 0.5)

Precisione multimetro dal costruttore: 2 termini uno costante su tutta la scala (in digit, unita' della cifra meno significativa); l'altro proporzionale alla grandezza misurata, errore relativo costante.

$\pm(0.1\% + 2 \text{ digit})$

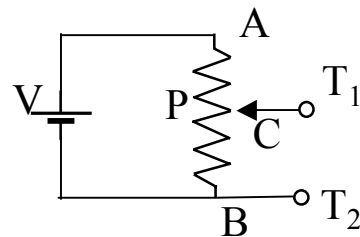
Metodo potenziometrico



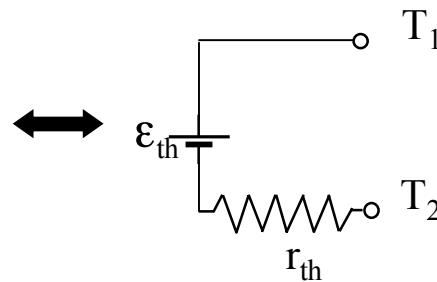
Se la corrente nel galvanometro (ND) e' nulla, il circuito permette di confrontare direttamente due fem di Thevenin indipendentemente da r_1 e r_2 .

Rispetto a misure con voltmetro non si deriva corrente dai generatori

Metodo utilmente impiegato per misure di d.d.p. se disponibile un generatore di fem variabile



Partitore di tensione

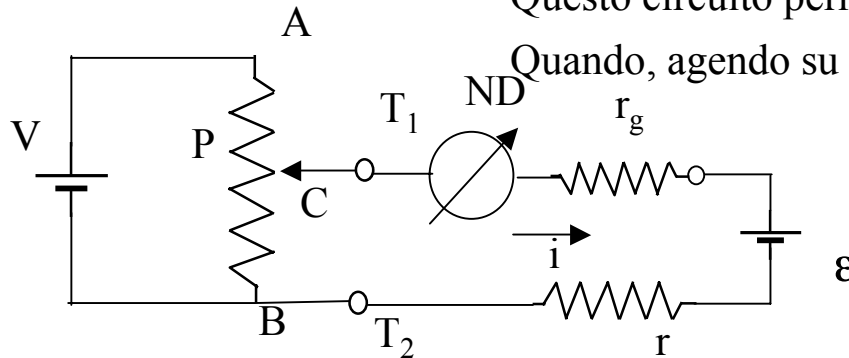


$$\varepsilon_{th} = V \cdot \frac{R_{CB}}{R_{AB}} \quad r_{th} = R_{CB} \parallel R_{CA}$$

Tra T_1 e T_2 si puo' avere d.d.p tra 0 e V
 $0 < r_{th} < R_{AB}/4$

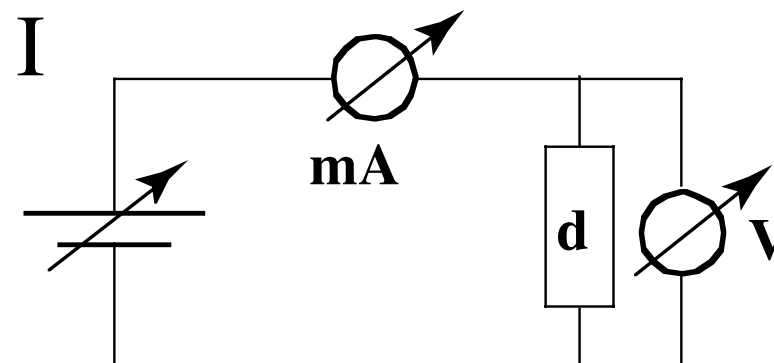
Questo circuito permette di misurare $0 < \varepsilon < V$ senza derivare corrente,

Quando, agendo su C, il galvanometro segna zero, sara' $V_C - V_B = \varepsilon$

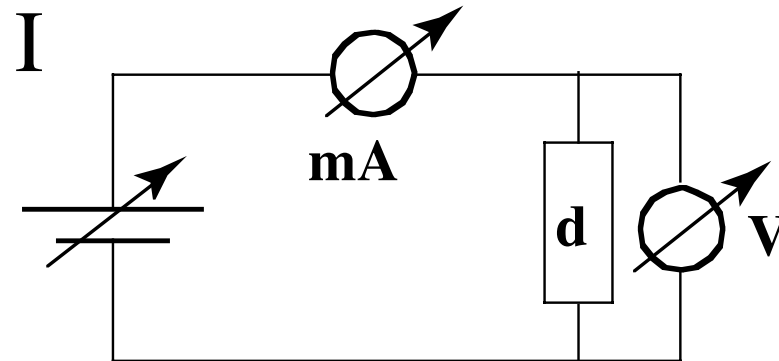


Esperienza A

Si monti il circuito I (negli schemi non sono indicate le resistenze associate al generatore ed ai misuratori), utilizzando come dipolo una delle resistenze date.



Esperienza A (I)



Si faccia variare la tensione del generatore e si misurino la corrente passante per la resistenza e la tensione ai capi di essa. Si proceda in modo da evitare che la potenza dissipata sulla resistenza sia maggiore di 0.25W.

Si costruisca un grafico $I(V)$ della corrente in funzione della tensione. Si verifichi il valore della resistenza ricavato da queste misure con quello che si ottiene misurando la resistenza direttamente con il multimetro in funzione di ohmetro.

Si ripeta la procedura con la seconda resistenza.

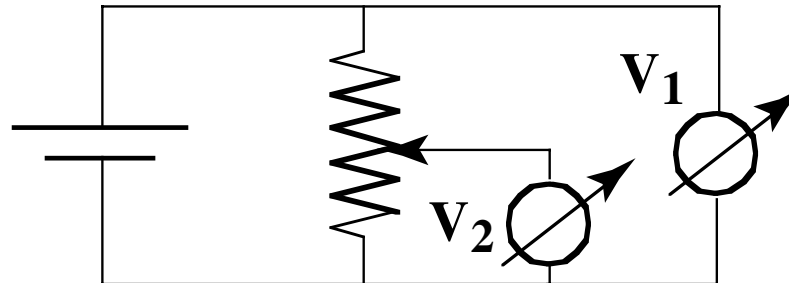
Si sostituisca la resistenza con la lampadina e si ripeta la prova (non si superino 15V di tensione ai capi).

Si costruisca il corrispondente grafico corrente–tensione.

Riportare in grafico gli errori.

Esperienza A (II)

II

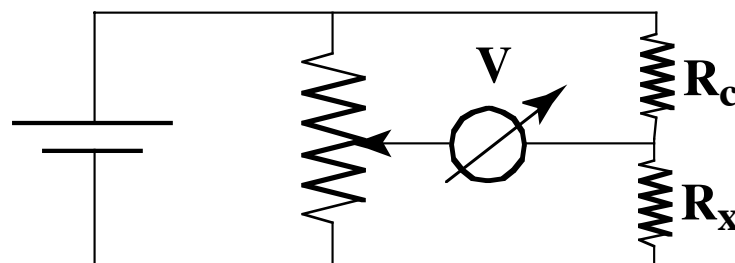


Si monti il circuito II e, fissata la tensione del generatore, si misuri il rapporto V_2/V_1 per varie posizioni della manopola del potenziometro.

Si riporti in grafico il rapporto di partizione indicato sulla manopola del potenziometro in funzione di quello determinato sperimentalmente dal rapporto V_2/V_1 , costruendo la curva di taratura dello strumento.

Esperienza A (III)

III



Si monti il circuito III (ponte di Wheatstone) utilizzando come resistenza incognita una delle due utilizzate nella prima fase.

Si agisca sulla manopola del potenziometro fino ad azzerare la lettura del voltmetro.

Si determini il valore della resistenza incognita R_x utilizzando la relazione $R_x = R_c q/(1-q)$ dove q è il rapporto di partizione del potenziometro.

Si confronti il risultato con quello ottenuto misurando direttamente la resistenza.

Si ripeta con la seconda resistenza.

Nell'elaborazione dati si cerchi di effettuare una stima a priori dell'incertezza. Si inseriscano inoltre le tabelle con le misure prese con gli errori di singola misura