

**ESAME DI STATO
DI LICEO SCIENTIFICO - SCIENTIFICO
TECNOLOGICO**

2010

Corso Sperimentale – Progetto Brocca

Tema di Fisica

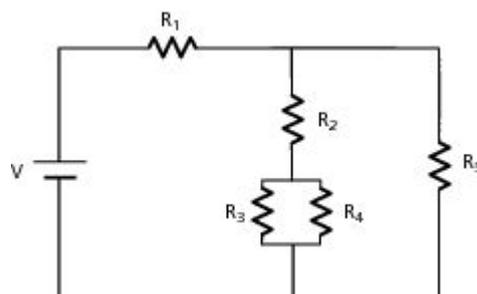
La prova

Il candidato svolga una relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta, prestando particolare attenzione al corretto uso della terminologia scientifica e alle cifre significative e unità di misura nella presentazione dei risultati numerici.

Secondo tema

Alla fine del Settecento il medico bolognese Galvani propose una sua interpretazione sull'origine della corrente elettrica. L'ipotesi di Galvani non fu, però, accettata dal fisico Alessandro Volta, dell'Università di Pavia, che propose un'ipotesi alternativa e costruì nel 1800 il primo generatore elettrico in corrente continua: la cosiddetta pila di Volta. Nell'Ottocento seguirono poi le ricerche dei fisici tedeschi Ohm e Kirchhoff che scoprirono le leggi dei circuiti elettrici. Il candidato:

- spieghi il principio di funzionamento della pila di Volta;
- spieghi il significato di circuito elettrico e si soffermi sulla natura e le unità di misura delle grandezze fisiche che caratterizzano un circuito elettrico in corrente continua;
- descriva teoricamente e graficamente come si collocano in un circuito elettrico gli strumenti di misura amperometro e voltmetro, con le necessarie considerazioni riguardanti la resistenza interna di questi strumenti confrontata con le resistenze presenti nel circuito;
- spieghi perché in ogni misura è necessario scegliere nello strumento la portata minima possibile;
- dato il seguente circuito in corrente continua, alimentato da una pila da 4,5 V, calcoli:



- l'intensità della corrente erogata dalla pila;
- la d.d.p. ai capi di R_1 e di R_3 ;
- l'energia dissipata, per effetto Joule, da R_1 e da R_3 in 2 secondi.

I valori delle resistenze elettriche sono: $R_1 = 1,5 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 3 \Omega$, $R_5 = 3 \Omega$

La soluzione

Secondo tema

La pila di Volta

La prima legge dell'effetto Volta dice che tra due metalli A e B posti a contatto si instaura una differenza di potenziale pari alla differenza (presa nell'ordine inverso) dei rispettivi potenziali di estrazione.

Sulla base di essa si dimostra la legge dei contatti successivi, secondo cui la differenza di potenziale tra i due estremi di una catena di conduttori metallici è la stessa che si avrebbe se i due metalli ai capi opposti della catena fossero posti direttamente a contatto.

Con un esempio concreto, se tra due lastre (una di rame e una di zinco) si instaura una differenza di potenziale ΔV , unendo in catena rame-zinco-rame si ottiene agli estremi una tensione nulla, mentre ai capi di una catena rame-zinco-rame-zinco si misura ancora la stessa differenza di potenziale ΔV .

Questa situazione può essere modificata impilando (da cui il nome di *pila*) in modo alternato un disco del metallo A (per esempio rame), un disco del metallo B (per esempio zinco) e una pezzuola imbevuta di un materiale (come una soluzione acida) per il quale non vale la legge dei contatti successivi. In questo modo le differenze di potenziale esistenti in corrispondenza di ogni coppia di contatti metallici si sommano.

Dal punto di vista elettrochimico, all'elettrodo di zinco avviene una reazione di ossidazione in cui lo zinco si trasforma in ione Zn^{++} perdendo due elettroni, mentre all'elettrodo di rame avviene una reazione di riduzione in cui due elettroni provenienti dal rame si combinano con due ioni H^+ provenienti dalla soluzione acida, fornendo una molecola H_2 . In questo modo l'elettrodo di rame perde elettroni e si carica positivamente.

Il circuito elettrico

Si chiama *circuito elettrico* una catena non interrotta di conduttori, che contenga almeno un generatore. Le grandezze che caratterizzano un circuito elettrico in corrente continua sono:

- la *forza elettromotrice* f_{em} ai capi del generatore, definita come il rapporto

$$f_{em} = \frac{W_{ne}}{q}$$

tra il lavoro W_{ne} delle forze non elettrostatiche che, all'interno del generatore, muovono la carica positiva q dal polo negativo a quello positivo, e la carica q stessa.

Come si vede dalla definizione, la forza elettromotrice si misura in J/C . Questa unità, nel Sistema Internazionale si chiama volt (V).

- la *differenza di potenziale* ΔV tra due punti A e B , definita dalla formula

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q},$$

dove ΔU è la differenza tra l'energia potenziale della carica q nel punto B e quella che la stessa carica ha nel punto A .

Come nel caso della forza elettromotrice, l'unità di misura S.I. della differenza di potenziale è il volt.

- l'*intensità di corrente elettrica*, i , data dal rapporto

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t},$$

dove ΔQ è la carica che, nell'intervallo di tempo Δt , attraversa una sezione del conduttore in esame. Per correnti continue è sufficiente la definizione precedente; nel caso generale l'intensità istantanea di corrente è data dalla derivata della carica, fatta rispetto al tempo:

$$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt}.$$

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della corrente è il C/s, che prende il nome di ampere.

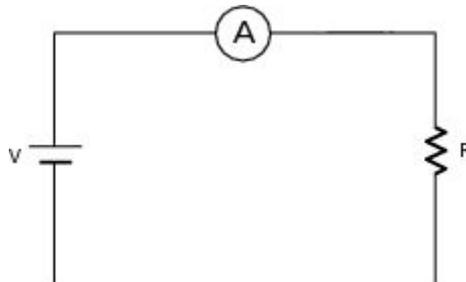
- la *resistenza elettrica* R di un conduttore ohmico, cioè di un conduttore la cui curva caratteristica ($\Delta V-i$) sia una retta passante per l'origine. In tal caso la resistenza è la costante di proporzionalità che lega la differenza di potenziale ai capi del conduttore con l'intensità della corrente presente in esso:

$$\Delta V = Ri.$$

Dalla formula precedente si vede che l'unità di misura S.I. della resistenza è il V/A, detto ohm (Ω).

Amperometro e voltmetro

L'amperometro deve essere attraversato dalla corrente che si vuole misurare e, quindi, va posto in serie al conduttore o resistore in cui si vuole misurare la corrente.

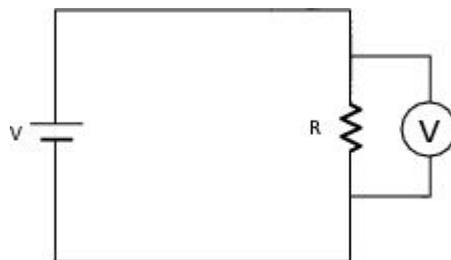


La resistenza equivalente R' del semplice schema precedente è data dalla somma della resistenza interna R_A dell'amperometro e della resistenza preesistente R :

$$R' = R_A + R.$$

Quindi l'inserzione dello strumento di misura ha modificato il sistema che si voleva esaminare. Per fare in modo che questa variazione sia la più piccola possibile (e, se si può, trascurabile) occorre che *la resistenza interna R_A dell'amperometro sia molto piccola rispetto alla resistenza R presente nel circuito.*

Invece il voltmetro deve essere in contatto con i due punti tra cui si vuole misurare la differenza di potenziale, e quindi deve essere posto in parallelo con gli altri conduttori che collegano tali punti.



Indicando con R_V la resistenza interna del voltmetro, il reciproco della resistenza equivalente dello schema nella figura precedente è

$$\frac{1}{R} \tag{1}$$

nel caso in cui non ci sia il voltmetro, mentre vale

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} \tag{2}$$

se il voltmetro è presente. Per fare in modo che la quantità (2) sia il più possibile alla (1) occorre che il termine $1/R_V$ sia trascurabile rispetto a $1/R$. Quindi, l'inserzione del voltmetro non modifica in maniera apprezzabile il sistema da studiare se *la sua resistenza interna è molto grande rispetto alla resistenza R presente nel circuito.*

La portata dello strumento

Di regola, la *classe* di uno strumento di misura, cioè l'errore assoluto legato all'uso di tale strumento, è una percentuale della portata dello strumento stesso. Per esempio, in uno strumento di classe 3 l'errore strumentale è il 3% della portata (o valore di fondo scala).

Se la misura effettuata ha un valore \bar{x} , l'errore relativo sulla misura (che è un indice della precisione della misura stessa) è dato dal rapporto

$$e_r = \frac{\Delta x}{\bar{x}},$$

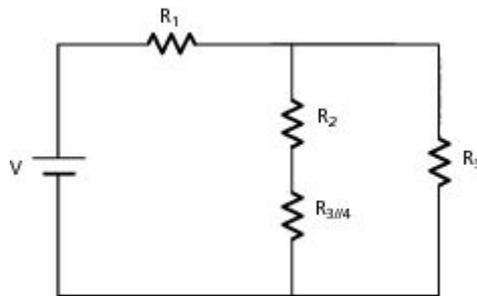
dove Δx è l'errore strumentale. Se vogliamo rendere l'errore relativo il più piccolo possibile, occorre minimizzare Δx . Essendo questo una frazione fissa della portata, Δx viene minimizzato scegliendo il valore di fondo scala più piccolo tra quelli che permettono di operare la misura \bar{x} .

Il problema

Si vedano le osservazioni sulle cifre significative relative al tema precedente. Nello schema circuitale che accompagna il testo le due resistenze R_3 e R_4 sono in parallelo tra loro, e sono quindi equivalenti alla resistenza

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6,00 \Omega \times 3,00 \Omega}{9,00 \Omega} = 2,00 \Omega. \quad (3)$$

Ora, lo schema originale è equivalente a quello riportato sotto



In esso la resistenza R_{34} è in serie con R_2 , in modo che queste sono equivalenti alla resistenza

$$R_{234} = R_2 + R_{34} = 1,00 \Omega + 2,00 \Omega = 3,00 \Omega. \quad (4)$$

Giunti a questo punto, R_{234} è in parallelo con R_5 , e insieme a essa è equivalente a

$$R_{2345} = \frac{R_{234} R_5}{R_{234} + R_5} = \frac{3,00 \Omega \times 3,00 \Omega}{6,00 \Omega} = 1,50 \Omega. \quad (5)$$

Per finire, R_{2345} è in serie a R_1 , per cui la resistenza equivalente complessiva del circuito è

$$R_{eq} = R_1 + R_{2345} = 1,50 \Omega + 1,50 \Omega = 3,00 \Omega. \quad (6)$$

Grazie a questa informazione possiamo calcolare la corrente equivalente del circuito, che è quella erogata dalla pila (richiesta dal problema) e che indichiamo con i_1 perché è quella che attraversa la resistenza R_1 :

$$i_1 = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{4,50 \text{ V}}{3,00 \Omega} = 1,50 \text{ A}. \quad (7)$$

Di conseguenza, la differenza di potenziale ai capi di R_1 , richiesta dal problema, è

$$V_1 = R_1 i_1 = 1,50 \Omega \times 1,50 \text{ A} = 2,25 \text{ V}. \quad (8)$$

Ne consegue che anche la differenza di potenziale ai capi della resistenza R_{234} (e anche di R_5) è

$$V_{234} = V_5 = V - V_1 = 4,50 \text{ V} - 2,25 \text{ V} = 2,25 \text{ V}. \quad (9)$$

Ora possiamo calcolare l'intensità i_{234} della corrente che attraversa le resistenze R_2 e R_3 :

$$i_{234} = \frac{V_{234}}{R_{234}} = \frac{2,25 \text{ V}}{3,00 \Omega} = 0,750 \text{ A.} \quad (10)$$

Infine, la differenza di potenziale ai capi di R_3 , richiesta dal problema, è

$$V_3 = R_{34} i_{234} = 2,00 \Omega \times 0,750 \text{ A} = 1,50 \text{ V.} \quad (11)$$

Con i dati del problema conviene esprimere la potenza dissipata su una resistenza R come

$$P = \frac{\Delta V^2}{R};$$

in questo modo, l'energia dissipata in un intervallo di tempo Δt sulla stessa resistenza è

$$W = P \Delta t = \frac{\Delta V^2}{R} \Delta t. \quad (12)$$

Specializzando la formula (12) ai casi delle resistenze R_1 e R_3 otteniamo le ultime due grandezze richieste:

- per l'energia dissipata dalla resistenza R_1 :

$$W_1 = \frac{V_1^2}{R_1} \Delta t = \frac{(2,25 \text{ V})^2}{1,50 \Omega} \times 2,00 \text{ s} = 6,75 \text{ J.}$$

- Per l'energia dissipata dalla resistenza R_3 :

$$W_3 = \frac{V_3^2}{R_3} \Delta t = \frac{(1,50 \text{ V})^2}{6,00 \Omega} \times 2,00 \text{ s} = 0,750 \text{ J.}$$