



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

BRST – ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO

CORSO SPERIMENTALE – Progetto “BROCCA”

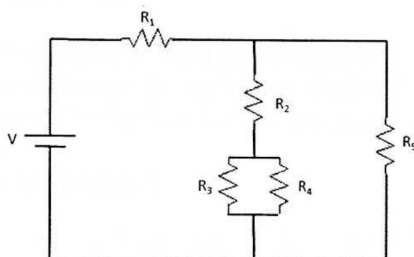
Indirizzi: SCIENTIFICO - SCIENTIFICO TECNOLOGICO

Tema di: FISICA

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: $R_1 = 1,5 \, \Omega$, $R_2 = 1 \, \Omega$, $R_3 = 6 \, \Omega$, $R_4 = 3 \, \Omega$, $R_5 = 3 \, \Omega$

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di tavole numeriche e della calcolatrice non programmabile.

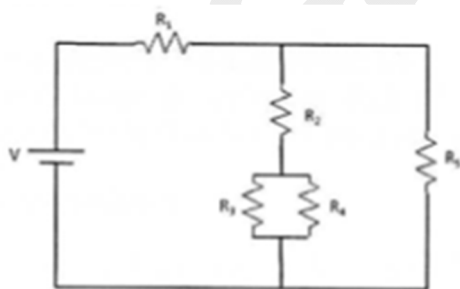
Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO
CORSO SPERIMENTALE – Progetto “Brocca”
Indirizzi: SCIENTIFICO – SCIENTIFICO TECNOLOGICO
Tema di FISICA

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: $R_1 = 1,5 \, \Omega$, $R_2 = 1 \, \Omega$, $R_3 = 6 \, \Omega$, $R_4 = 3 \, \Omega$, $R_5 = 3 \, \Omega$.

a)

La pila di Volta è sostanzialmente un generatore di differenza di potenziale costituito da più celle galvaniche collegate in serie, ciascuna delle quali è formata da due dischi di rame e zinco separati da uno stato intermedio di cartone o altro dielettrico imbevuto da una soluzione acquosa debolmente acida. Ciascuno dei due elettrodi metallici rilascia ioni positivi nella soluzione portandosi ad un potenziale negativo rispetto alla stessa; la diversa elettronegatività dei due metalli determina una differenza di potenziale tra gli stessi che consente, collegandoli con un filo conduttore, il passaggio di corrente continua tra gli stessi (nel caso della pila di Volta Zn-Cu lo zinco funge da catodo e il rame da anodo). Il sale o l'acido presente nella soluzione elettrolitica si dissocia in ioni dei due segni, che confluiscono ai due poli opposti della batteria, cedendo loro o prelevando da essi elettroni, consentendo così di mantenere costante la corrente. Ad es., considerando acido cloridrico HCl, gli ioni H^+ (che si combinano con le molecole d'acqua a formare gli ioni H_3O^+) sono attratti verso l'elettrodo di rame, dal quale prelevano un elettrone, mentre gli ioni Cl^- cedono un elettrone all'elettrodo di Zinco.

b)

Un *circuito elettrico* è un insieme di conduttori connessi l'uno all'altro in modo continuo; il circuito si dice chiuso se in esso circola corrente, aperto in caso contrario.

L'espressione *natura* delle grandezze fisiche circuitali, presente nel testo, appare un po' vaga. Possiamo comunque considerare le seguenti:

- *Intensità di corrente elettrica*, definita dal rapporto tra la quantità di carica che attraversa una sezione del circuito nell'intervallo di tempo Δt e l'intervallo stesso:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

la cui unità di misura è l'*ampere*, unità fondamentale SI, definita come la corrente che, percorrendo nello stesso verso due fili conduttori paralleli, posti nel vuoto alla distanza di 1 m, determina tra di essi la forza attrattiva pari a $2 \cdot 10^{-7}$ N per ogni metro di lunghezza; da essa si deduce l'unità di misura della carica elettrica (coulomb)

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$$

- *Differenza di potenziale* (tra due punti): lavoro per unità di carica compiuto da un campo elettrico nello spostare una carica tra i due punti:

$$\Delta V = \frac{\Delta L}{q}$$

la cui unità di misura è il volt ($1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$). Applicata ad un circuito elettrico, questa grandezza si intende riferita al circuito chiuso, ovvero mentre eroga corrente.

- *Forza elettromotrice (f.e.m.)*: differenza di potenziale (nominale) esistente ai suoi capi a circuito aperto; si misura in *volt*, come la d.d.p.

- *Resistenza*: determina la caratteristica di un elemento conduttore a lasciarsi attraversare da una corrente elettrica; un'ampia classe di conduttori - conduttori ohmici - se percorsi da corrente presentano ai loro estremi una caduta di potenziale proporzionale alla corrente stessa:

$$\Delta V = R i$$

che permette di definire la *resistenza* come il rapporto (costante) tra la d.d.p. applicata ai capi di un conduttore e la corrente che lo attraversa

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

la sua unità di misura è l'*ohm*: $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$;

La resistenza consente di mettere in relazione f.e.m. e d.d.p.:

$$\Delta V = \mathcal{E} - r i$$

dove r è la resistenza interna che caratterizza ogni generatore reale.

- *Potenza dissipata*: non si tratta di una grandezza propriamente elettrica, definita (già in ambito meccanico) come la rapidità con la quale un sistema dissipa energia, ovvero

$$W = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

misurata in *watt* ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). Per un circuito elettrico, essa si determina tramite l'effetto Joule:

$$W = \Delta V \cdot i = R i^2 = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

nella quale le ultime due uguaglianze valgono solo per circuiti ohmici.

Limitandosi a considerare circuiti in corrente continua (costante nel tempo) non dobbiamo a rigore considerare altre grandezze circuitali; è comunque uso comune trattare in questo ambito altri elementi utilizzati in circuiti alimentati da f.e.m. costante, la cui presenza determina comunque una corrente variabile nel tempo, ad es.

- *Capacità*: definita come il rapporto tra il modulo della carica depositata sulle armature di un condensatore e la differenza di potenziale che si stabilisce tra di esse:

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

la capacità non dipende dalla carica presente ma solo dalla geometria del condensatore e dal dielettrico utilizzato come isolante;

la sua unità di misura è il *farad*: $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$;

- *coefficiente di autoinduzione o induttanza*: solitamente costituita da un solenoide (o bobina), è un elemento in grado di produrre ai suoi estremi una d.d.p. se sottoposto ad un flusso di campo magnetico variabile nel tempo; il coefficiente di autoinduzione o induttanza di un elemento circuitale è definito dal rapporto tra il flusso di campo magnetico che lo attraversa e la corrente che produce tale campo:

$$L = \frac{\Phi(\vec{B})}{i}$$

la sua unità di misura è l'*henry*: $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$ (il *weber* è l'unità di misura del flusso di campo magnetico: $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$);

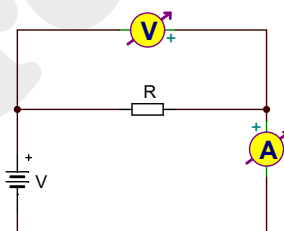
in un circuito la presenza di un'induttanza determina la presenza di una f.e.m. indotta data da

$$f.e.m. = -L \frac{di}{dt}$$

c)

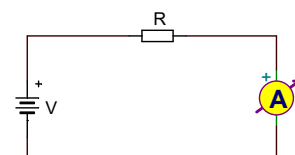
Amperometro e voltmetro sono gli strumenti che misurano rispettivamente la corrente che attraversa un elemento di circuito e la d.d.p. tra due punti.

Lo schema di utilizzo dei due è riportato nella figura a lato: dovendo ad esempio misurare la corrente che attraversa la resistenza R e la d.d.p. ai capi della stessa, l'amperometro deve essere collegato in serie alla resistenza, in modo che da venire attraversato dalla stessa corrente, mentre il voltmetro deve essere collegato in parallelo, in modo da essere sottoposto alla stessa d.d.p.



Le due condizioni possono in realtà essere soddisfatte contemporaneamente solo utilizzando uno strumento alla volta: la presenza simultanea dei due strumenti nel circuito altera una delle due: ad esempio, nel circuito in figura, l'amperometro è attraversato dalla somma delle correnti che passano nella resistenza e nel voltmetro.

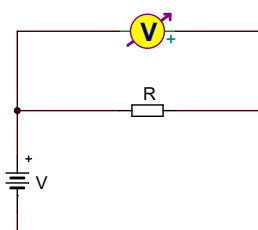
Poiché gli strumenti hanno una propria resistenza interna, il loro inserimento altera inevitabilmente il circuito, per cui è necessario minimizzare la perturbazione: ciò è possibile prendendo per l'amperometro una resistenza r_A piccola rispetto alle resistenze del circuito, per il voltmetro una resistenza R_V molto maggiore delle stesse; infatti, considerando separatamente il circuito con l'inserimento del solo amperometro si ha:



$$R_{serie} = R + r_A \approx R \quad \text{se } r_A \ll R$$

mentre, considerando il solo voltmetro

$$R_{||} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V} \right)^{-1} \approx R \quad \text{se } R_V \gg R$$



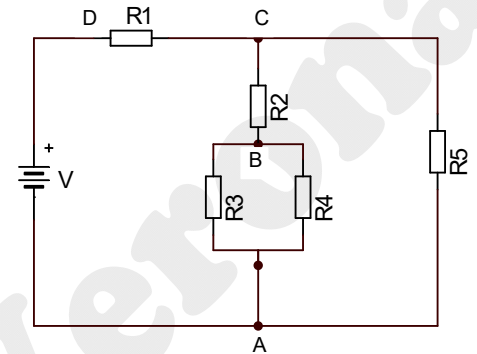
d)

Amperometro e voltmetro consentono solitamente di effettuare misure di corrente e tensione in un ampio range di valori: ciò è reso possibile dall'inserimento di opportune resistenze (*shunt*) nel

circuito dello strumento. È necessario utilizzare lo strumento in corrispondenza della portata minima (precauzione opportuna anche per strumenti di altra natura, basti pensare ad esempio alla misura di una forza mediante due dinamometri aventi portata differente) in quanto, a parità di deviazione dell'indice (per strumenti analogici) o di variazione delle cifre misurate, corrisponde una sensibilità maggiore: ad es. utilizzando lo stesso strumento con fondo scala (portata) di 100 mA o di 1 A, si ottiene nel primo caso una sensibilità 10 volte maggiore.

e)

Anche in questo caso l'indicazione dei valori è tutt'altro che precisa, in quanto alcune grandezze compaiono con due cifre significative, altre con una sola; come nel caso del tema 1, assumeremo una precisione dell'1%.



Indichiamo con i_k la corrente nelle resistenza R_k .

Calcoliamo preliminarmente la resistenza equivalente del circuito: dal parallelo tra R_3 e R_4 si ha:

$$R_{3,4} = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} = 2 \, \Omega$$

Tali resistenze sono in serie con R_2 e il ramo AC è in parallelo con R_5 ; la maglia formata dalle resistenze 2, 3, 4, 5 presenta, come segue da un calcolo immediato, resistenza pari a $1.5 \, \Omega$.

Essendo infine R_1 in serie a tale maglia, si ha:

$$R_{TOT} = 3 \, \Omega$$

Da cui:

$$i_{TOT} = i_1 = \frac{V}{R_{TOT}} = 1.5 \, A \quad \text{e} \quad \Delta V_1 = \Delta V_{CD} = R_1 i_{TOT} = \frac{R_1}{R_{TOT}} V = 2.25 \, V$$

Poiché i due rami di estremi AC presentano la stessa resistenza, ciascuno di essi sarà attraversato dalla corrente $i_{TOT}/2$, per cui si ottiene immediatamente:

$$\Delta V_3 = \Delta V_{AB} = V - R_1 i_1 - R_2 i_2 = 1.5 \, V$$

Infine, per l'energia dissipata:

$$\Delta U_k = W \cdot \Delta t = \frac{(\Delta V_k)^2}{R_k} \Delta t$$

che, applicata alle resistenze richieste, fornisce i valori:

$$U_1 = 6.75 \, J$$

$$U_3 = 0.75 \, J$$