

X02A - ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO

CORSO SPERIMENTALE

Indirizzo: SCIENTIFICO

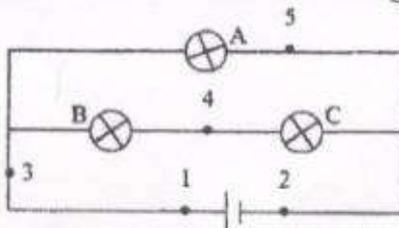
Tema di: FISICA

Il candidato svolga una relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta, prestando particolare attenzione al corretto uso della terminologia scientifica.

TEMA 1

Tutti i giorni utilizziamo circuiti elettrici, anche senza esserne consapevoli. Il candidato risponda alle domande che seguono.

1. Cosa s'intende per circuito elettrico? Quali sono gli elementi fondamentali che lo costituiscono e i loro possibili collegamenti?
2. Quali sono le leggi fondamentali sui circuiti elettrici in corrente continua, che sono state studiate nel corso di fisica? Scriverle e commentarle, proponendo per ogni legge, come esempio, un semplice esercizio con dati numerici ritenuti accettabili.
3. Le leggi dei circuiti elettrici in corrente continua valgono anche per quelli in corrente alternata? Commentare la risposta e proporre almeno un semplice esempio numerico.
4. Nel circuito in figura vi sono tre lampade A, B e C identiche che, inizialmente, sono accese. Si supponga trascurabile la resistenza dei fili conduttori che collegano le lampade.



Rispondere alle seguenti domande, spiegando in sintesi il ragionamento seguito. Prima di rispondere alla domanda successiva, s'immagini che il circuito ritorni sempre nella situazione iniziale rappresentata in figura.

- a) Nella situazione iniziale, le tre lampade hanno la stessa luminosità?
- b) Se è rimossa la lampada A, svitandola dal suo portalampade, varia, e come, la luminosità delle lampade B e C? Che cosa accade alla corrente elettrica nei punti 3, 4 e 5?
- c) Se è rimossa la lampada C, varia, e come, la luminosità delle lampade A e B? Che cosa accade alla corrente elettrica nei punti 3, 4 e 5?
- d) Se si connettono con un filo conduttore i punti 1 e 4, varia, e come, la luminosità delle tre lampade? Che cosa accade alla corrente nel punto 3? Che cosa accade alle differenze di potenziale agli estremi delle lampade B e C e tra i punti 1 e 5?
- e) Se si connettono con un filo conduttore i punti 2 e 5, varia, e come, la luminosità delle tre lampade? Che cosa accade alla corrente nel punto 2?
- f) In parallelo alla sola lampada B è collegata una quarta lampada D, identica alle precedenti. Varia, e come, la luminosità delle lampade A, B e C? Varia, e come, l'intensità della corrente nel punto 3? Variano, e come, le differenze di potenziale tra i punti 3 e 4 e tra i punti 4 e 2?

ESAME DI STATO DI LICEO SCIENTIFICO

CORSO SPERIMENTALE

Indirizzi: SCIENTIFICO

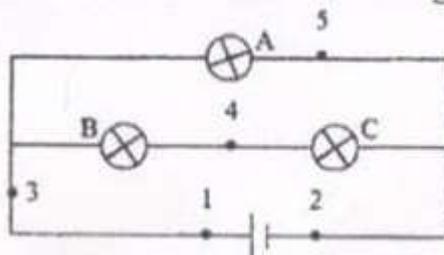
Tema di FISICA

Il candidato svolga una relazione su uno solo dei seguenti due temi, a sua scelta, prestando particolare attenzione al corretto uso della terminologia scientifica.

TEMA 1

Tutti i giorni utilizziamo circuiti elettrici, anche senza esserne consapevoli. Il candidato risponda alle domande che seguono.

1. Cosa s'intende per circuito elettrico? Quali sono gli elementi fondamentali che lo costituiscono e i loro possibili collegamenti?
2. Quali sono le leggi fondamentali sui circuiti elettrici in corrente continua, che sono state studiate nel corso di fisica? Scriverle e commentarle, proponendo per ogni legge, come esempio, un semplice esercizio con dati numerici ritenuti accettabili
3. Le leggi dei circuiti elettrici in corrente continua valgono anche per quelli in corrente alternata? Commentare la risposta e proporre almeno un semplice esempio numerico.
4. Nel circuito in figura vi sono tre lampade A, B e C identiche che, inizialmente, sono accese. Si supponga trascurabile la resistenza dei fili conduttori che collegano le lampade.



Rispondere alle seguenti domande, spiegando in sintesi il ragionamento seguito. Prima di rispondere alla domanda successiva, s'immagini che il circuito ritorni sempre nella situazione iniziale rappresentata in figura.

- a) Nella situazione iniziale, le tre lampade hanno la stessa luminosità?
- b) Se è rimossa la lampada A, svitandola dal suo portalampade, varia, e come, la luminosità delle lampade B e C? Che cosa accade alla corrente elettrica nei punti 3, 4 e 5?
- c) Se è rimossa la lampada C, varia, e come, la luminosità delle lampade A e B? Che cosa accade alla corrente elettrica nei punti 3, 4 e 5?
- d) Se si connettono con un filo conduttore i punti 1 e 4, varia, e come, la luminosità delle tre lampade? Che cosa accade alla corrente nel punto 3? Che cosa accade alle differenze di potenziale agli estremi delle lampade B e C e tra i punti 1 e 5?
- e) Se si connettono con un filo conduttore i punti 2 e 5, varia, e come, la luminosità delle tre lampade? Che cosa accade alla corrente nel punto 2?
- f) In parallelo alla sola lampada B è collocata una quarta lampada D, identica alle precedenti. Varia, e come, la luminosità delle lampade A, B e C? Varia, e come l'intensità della corrente nel punto 3? Variano, e come, le differenze di potenziale tra i punti 3 e 4 e tra i punti 4 e 2?

1. 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.

Gli elementi fondamentali di un circuito possono individuarsi nei seguenti:

- *batteria* o *pila*, strumento in grado di generare una differenza di potenziale tra due punti di un circuito; una batteria è caratterizzata dalla *forza elettromotrice (f.e.m.)* ovvero dalla differenza di potenziale esistente ai suoi capi a circuito aperto e dalla *differenza di potenziale (ΔV)* realmente esistente allorché il circuito eroga corrente, minore della f.e.m. nominale a causa della caduta di potenziale sulla resistenza interna (r) di ogni generatore reale; le due grandezze sono legate dalla relazione:

$$\Delta V = fem - r i$$

- *resistenza*: elemento conduttore che si oppone al passaggio della corrente; 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 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*: $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$;

i *fili di collegamento* tra le varie parti del circuito sono, tranne che in applicazioni particolarmente sensibili, assimilati a conduttori ideali, caratterizzati da resistenza nulla (non determinano pertanto alcuna caduta di potenziale);

- *condensatore*: elemento costituito da due armature metalliche isolate tra di loro, in grado di accumulare carica elettrica; è caratterizzato dalla *capacità*, definita come il rapporto tra la carica depositata sulle sue armature 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*: $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$;

- *induttanza*: solitamente costituita da un *solenoid*e (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 H = 1 Wb/A (il *weber* è l'unità di misura del flusso di campo magnetico: 1 Wb = 1 T·m²);

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

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

- *interruttore*: elemento in grado di interrompere la continuità di un circuito elettrico consentendo o impedendo il passaggio della corrente elettrica.

Possiamo inoltre aggiungere gli strumenti utilizzati per effettuare misure sui circuiti:

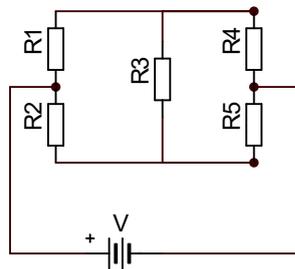
- *voltmetro*: da collegare in parallelo alla parte di circuito della quale si intende misurare la caduta di potenziale; è caratterizzato da una *resistenza interna* molto grande in rapporto alle resistenze del circuito, in modo da essere attraversato da una corrente piccola (al limite pressoché nulla) in modo da alterare il meno possibile il funzionamento del circuito;
- *amperometro*: da collegare in serie al tratto di circuito nel quale si vuole misurare la corrente; è, per motivazioni analoghe a quanto visto sopra, caratterizzato da una *resistenza interna* molto piccola in modo da ridurre il più possibile la caduta di potenziale ai suoi estremi.

I principali collegamenti di due elementi circuitali sono:

- collegamento in *serie*: allorché i due elementi sono attraversati dalla stessa corrente (nel caso di condensatori, allorché condividono la stessa carica);
- collegamento in *parallelo*: allorché i due elementi sono sottoposti alla stessa d.d.p.

Si evidenzia che non tutti i collegamenti di elementi circuitali sono riconducibili ad essi: ad es. le resistenze del circuito riportato in figura non sono né in serie né in parallelo; per il calcolo

della corrente nei vari rami del circuito e della resistenza equivalente è necessario utilizzare le leggi che regolano il funzionamento dei circuiti elettrici (v. risposta successiva)



2. *I Legge di Ohm*: la differenza di potenziale ai capi di un resistenza è proporzionale alla corrente che la attraversa:

$$\Delta V = R i;$$

II Legge di Kirkhoff: la somma algebrica delle correnti afferenti ad un *nodo* è nulla; tale legge non è altro che l'*equazione di continuità* applicata ai circuiti elettrici

$$\sum_j i_j = 0$$

III Legge di Kirkhoff: la somma delle cadute di potenziale attraverso una maglia di un circuito (una parte di circuito costituita da un percorso chiuso) è nulla

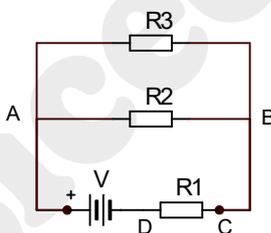
$$\sum_j \Delta V_j = 0$$

tale legge è l'applicazione al caso circuitale della legge (parte statica della III equazione di Maxwell) che esprime la circuitazione di un campo elettrico lungo una linea chiusa:

$$C_l(\vec{E}) = 0$$

ovvero l'espressione formale della conservatività del campo elettrico.

Possiamo vedere applicate contemporaneamente tali leggi nella risoluzione del circuito elettrico rappresentato nella seguente figura:



dove $V = 300 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R = 100 \text{ } \Omega$

la resistenza equivalente del circuito è data da

$$R_{eq} = R + \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right)^{-1} = \frac{3}{2} R = 150 \text{ } \Omega$$

la corrente che attraversa il circuito è data da:

$$i = \frac{V}{R_{eq}} = 2 \text{ A}$$

la corrente in ciascuna delle resistenze del parallelo vale

$$i_{\parallel} = \frac{i}{2} = 1 \text{ A}$$

e, con ovvio uso degli indicatori, $i_2 + i_3 = i_1$ (I legge di Kirkhoff) e $V = R_2 i_2 + R_1 i_1$ (II legge di Kirkhoff).

Le equazioni che caratterizzano il comportamento di condensatori o induttanze, anche inserite nel contesto di un circuito elettrico (es. circuito RC, LR, LC ecc.), non esprimono propriamente leggi circuitali, pertanto non si ritiene utile esaminarle in questo contesto.

3. Le leggi considerate valgono anche per circuiti in corrente alternata; tuttavia nel caso di circuiti comprendenti elementi capacitivi o induttivi la corrente presenta una differenza di fase rispetto alla d.d.p. applicata, dipendente dai parametri circuitali; ad es., utilizzando una d.d.p. $V(t) = V_0 \sin(\omega t + \varphi)$, che determina, in una resistenza R la corrente $i(t) = i_0 \sin(\omega t + \varphi)$ (in fase con la d.d.p. applicata) si ha:

- per il condensatore:

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{\int i dt}{C} = \frac{\int_0^t i_0 \sin(\omega t + \varphi) dt}{C} = -\frac{i_0}{\omega C} \cos(\omega t + \varphi) = \frac{i_0}{\omega C} \sin\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

ovvero la tensione è in ritardo di $\pi/2$ ($1/4$ di ciclo) rispetto alla corrente.

- per l'induttanza:

$$V = -L \frac{di}{dt} = -L \frac{d}{dt} i_0 \sin(\omega t + \varphi) = -L \omega i_0 \cos(\omega t + \varphi) = -L \omega i_0 \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

ovvero la tensione è in anticipo di $\pi/2$ ($1/4$ di ciclo) rispetto alla corrente.

4. Per chiarezza espositiva indichiamo con V la d.d.p. erogata dal generatore e con R la resistenza di ciascuna lampadina; la resistenza equivalente del circuito è $R_{eq} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{2R}\right)^{-1} = \frac{2}{3} R$

- a) La luminosità di una lampada è proporzionale alla potenza in essa dissipata dalla corrente elettrica per effetto Joule, ovvero al quadrato della corrente che attraversa il filamento ($W = R i^2$); la resistenza del ramo BC è doppia di quella del ramo A, per cui si ha:

$$i_B = i_C = \frac{i_A}{2}$$

e conseguentemente:

$$W_B = W_C = \frac{W_A}{4}$$

- b) Il ramo BC è in parallelo al ramo A e collegato direttamente al generatore; rimuovendo la lampada A la luminosità di B e C non cambia.

Indicando con i la corrente nello stato iniziale e con i' quella successiva all'azione compiuta, si ha:

$$i_5 = \frac{V}{R} \quad i'_5 = 0;$$

$$i'_4 = i_4 = \frac{V}{2R}$$

$$i_3 = i_4 + i_5 = \frac{3V}{2R}$$

$$i'_3 = i_4 = \frac{1}{3} i_3$$

- c) rimuovendo C si interrompe il solo ramo BC, per cui B si spegne mentre A (in parallelo) resta invariata.

$$i'_4 = 0; \quad i'_5 = i_5 = \frac{V}{R}; \quad i'_3 = i_5 = \frac{V}{R} = \frac{2}{3} i_3$$

- d) La luminosità di A non cambia in quanto la d.d.p. ai suoi capi è ancora quella della batteria; ai capi di B non c'è più alcuna d.d.p., per cui B si spegne; C è sottoposta alla d.d.p. del generatore, per cui è percorsa da una corrente doppia rispetto al caso iniziale e assume la stessa luminosità di A.

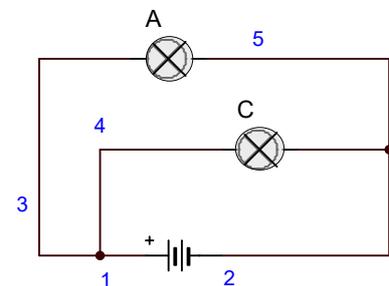
Il circuito è equivalente a quello rappresentato in figura

(la lampada B è eliminata in quanto inutile); si ha:

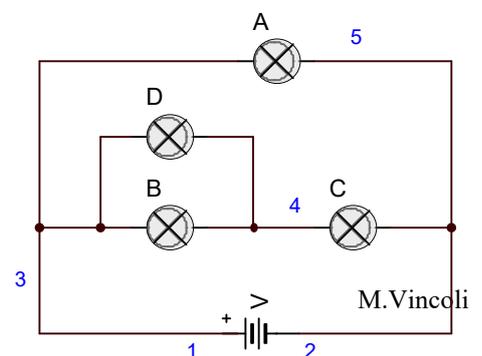
$$i'_3 = i'_4 = \frac{V}{R} = \frac{2}{3} i_3$$

Il punto 5 è allo stesso potenziale del punto 2 per cui

$$\Delta V_{1,5} = \Delta V_{1,2} = V$$



- e) I punti 2 e 5 sono già inizialmente collegati direttamente tra loro, per cui l'aggiunta di un altro collegamento non altera in alcun modo il circuito.



- f) Il collegamento della lampada A non cambia per cui la sua luminosità resta invariata; per le altre lampade consideriamo, con evidente significato dei simboli:

$$R_{BD} = \frac{R}{2} \quad \text{e} \quad R_{BCD} = \frac{3}{2}R$$

da cui ricaviamo:

$$i'_4 = \frac{2\Delta V}{3R} \quad i'_5 = i_5 = \frac{\Delta V}{R}$$

e quindi la loro somma:

$$i'_3 = i'_4 + i'_5 = \frac{5\Delta V}{3R} = \frac{10}{9}i_3$$

Le differenze di potenziale richieste risultano quindi:

$$\Delta V'_{4,3} = R_{BD} i'_4 = \frac{R}{2} \frac{2\Delta V}{3R} = \frac{\Delta V}{3} \quad \text{e} \quad \Delta V'_{2,4} = \Delta V - \Delta V'_{4,3} = \frac{2}{3}\Delta V$$

Infine, per la luminosità delle lampadine:

$$i'_B = \frac{\Delta V}{3R} = \frac{2}{3}i_B \quad \Rightarrow \quad W'_B = \frac{4}{9}W_B$$

e

$$i'_C = \frac{2\Delta V}{3R} = \frac{4}{3}i_C \quad \Rightarrow \quad W'_C = \frac{16}{9}W_C$$