IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
2. La seconda legge di Ohm e la resistività	ANIMAZIONE La seconda legge di Ohm e la resistività	2
	IN LABORATORIO La seconda legge di Ohm	2
4. La dipendenza della resistività dalla temperatura	ESPERIMENTO VIRTUALE Buoni e cattivi conduttori Gioca, misura, esercitati.	
5. Carica e scarica di un condensatore	ANIMAZIONE Processo di carica di un condensatore	2
	ANIMAZIONE Processo di scarica di un condensatore	1
MAPPA INTERATTIVA	20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»	

VERSO IL CLIL

FORMULAE IN ENGLISH		AUDIO
Resistance and resistivity	$R = \rho \dfrac{\ell}{A}$	The electrical resistance R of a conductor equals the resistivity ρ of the material multiplied by the ratio of the length ℓ and the cross section area A of the material.

QUESTIONS AND ANSWERS

AUDIO

► **Distinguish between *resistance* and *resistivity*.**

The *resistance* of any ohmic device depends on what it is made of and its geometry. For instance, the resistance in a long thin wire is greater than in a shorter broader wire of the same metal: analogous with a long thin pipe that impedes the flow of water in a water system. For circuit elements, an intrinsic value for the extent to which a particular material impedes the flow of electric charge is needed so that the geometry of the elements can be designed. The *resistivity* of a material is the resistance of a sample multiplied by the ratio of its cross sectional area to its length. Resistivity has units of ohm·metre, an intrinsic measure that is independent of geometry.

► **What is superconductivity?**

Superconductivity is the attribute of some materials – alloys or compounds – that conduct electricity without resistance below a certain critical temperature (T_c), which is characteristic of the material. The lowest demonstrated T_c in a metal is 0.005 K in rhodium and the highest 138 K in a copper oxide compound. The atoms in a superconductor at a temperature above its T_c are vibrating so rapidly that electrons collide with atoms and lose kinetic energy – the material resists the flow of charge. To simplify greatly, below T_c the atoms are less busy and an ordered exchange of electrons is made from atom to atom. This flow of charge may continue for years even in the absence of an applied voltage across the superconductor.

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

2 LA SECONDA LEGGE DI OHM E LA RESISTIVITÀ

13 ★★★ Il filamento di tungsteno di una vecchia lampadina a incandescenza è lungo 8,0 cm e ha resistenza pari a 0,10 Ω. La sua resistività vale $5{,}6 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$.

▸ Calcola il diametro del filamento di tungsteno.

Vuoi ottenere un filo geometricamente identico al precedente con una resistenza di 0,20 Ω.

▸ Identifica il materiale più adatto sulla base della tabella del paragrafo 2.

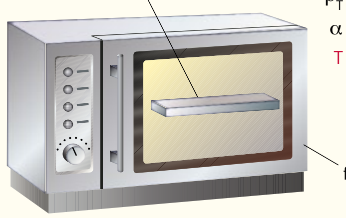
[0,24 mm]

4 LA DIPENDENZA DELLA RESISTIVITÀ DALLA TEMPERATURA

PROBLEMA MODELLO 3 LA TEMPERATURA DEL FORNO COL PLATINO

Alla temperatura di 293 K la resistività del platino è $1{,}06 \times 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$. La resistività di una sbarra dello stesso materiale, posta in un forno per un tempo abbastanza lungo, risulta essere $1{,}57 \times 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$. Il coefficiente di temperatura della resistività per il platino è $\alpha = 3{,}93 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$

▸ **Determina la temperatura del forno.**



DATI

Temperatura di riferimento: $T = 293\ \text{K}$
Resistività del platino alla temperatura di riferimento: $\rho = 1{,}06 \times 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$
Resistività del platino all'interno del forno: $\rho = 1{,}57 \times 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$
Coefficiente di temperatura: $\alpha = 3{,}93 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$

INCOGNITE

Temperatura del forno: $T_f = ?$

L'IDEA

- Utilizzo la formula inversa della equazione $\rho_T = \rho_{293}(1 + \alpha \Delta T)$ che mi consente di trovare la differenza di temperatura ΔT.

LA SOLUZIONE

Determino la differenza di temperatura ΔT.

Dalla formula $\rho_T = \rho_{293}(1 + \alpha \Delta T)$ ricavo

$$\Delta T = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{\rho_T}{\rho_{293}} - 1\right)$$

Sostituendo i dati numerici nella relazione trovata ottengo:

$$\Delta T = \frac{1}{3{,}93 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1}}\left(\frac{1{,}57}{1{,}06} - 1\right) = (2{,}54 \times 10^2\ \text{K}) \times 0{,}48 = 1{,}2 \times 10^2\ \text{K}$$

Quindi possiamo ottenere

$$T = 293\text{K} + \Delta T = 2{,}93 \times 10^2\ \text{K} + 1{,}2 \times 10^2\ \text{K} = 4{,}1 \times 10^2\ \text{K}$$

PER NON SBAGLIARE

La temperatura di fusione del platino vale 2045 K; con temperature dell'ordine di alcune centinaia di kelvin l'utilizzo della formula $\rho_T = \rho_{293}(1 + \alpha \Delta T)$ è giustificato.

26 ★★★ Un conduttore di lunghezza 5,2 m e diametro 0,21 mm alla temperatura di 20 °C presenta una resistività di $8{,}9 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$. Nel conduttore, inserito in un circuito con una differenza di potenziale di 48 V, alla temperatura di 100 °C, circola una corrente di 2,4 A.

▶ Calcola il coefficiente di temperatura del conduttore.

[$6{,}4 \times 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$]

5 CARICA E SCARICA DI UN CONDENSATORE

PROBLEMA MODELLO 5 IN SERIE O IN PARALLELO?

Un circuito è costituito da una batteria che fornisce una forza elettromotrice $f_{em} = 3{,}50\ \mathrm{V}$ collegata in serie a una resistenza di valore $R = 2{,}40\ \mathrm{k\Omega}$ e a un condensatore di capacità $C = 12{,}4\ \mu\mathrm{F}$. Un interruttore chiude il circuito al tempo $t = 0\ \mathrm{s}$.

- **Determina quanti tempi caratteristici sono necessari affinché il condensatore si carichi al 90% (questo intervallo di tempo viene denominato *tempo di salita*).**
- **Vuoi che il tempo caratteristico dimezzi: conviene aggiungere un condensatore in serie o in parallelo al precedente?**
- **Determina il valore della capacità C_1 del condensatore aggiunto per soddisfare la domanda precedente.**

DATI	INCOGNITE
Forza elettromotrice: $f_{em} = 3{,}50\ \mathrm{V}$	Numero di costanti di tempo affinché il condensatore si carichi al 90%?
Resistenza: $R = 2{,}40\ \mathrm{k\Omega}$	Capacità del condensatore aggiunto: $C_1 = ?$
Capacità: $C = 12{,}4\ \mu\mathrm{F}$	

L'IDEA

- Utilizzo la formula $Q(t) = Cf_{em}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ che fornisce la carica del condensatore in funzione del tempo.
- Due condensatori in serie sono equivalenti a un singolo condensatore di capacità equivalente $C_{eq}(\text{serie}) = \dfrac{C \cdot C_1}{C + C_1}$; due condensatori in parallelo sono equivalenti a un singolo condensatore di capacità equivalente $C_{eq}(\text{parallelo}) = C + C_1$.
- Il tempo caratteristico è definito come il prodotto RC. Per dimezzarlo, devo dimezzare C. Posso ottenere questo risultato solo se aggiungo un condensatore in serie: nel caso di condensatori in parallelo, la capacità equivalente aumenterebbe.

LA SOLUZIONE

Determino il numero di tempi caratteristici affinché il condensatore si carichi al 90% (tempo di salita).

Il valore finale della carica sul condensatore è $C f_{em}$. Il condensatore si carica al 90% della carica finale quando è verificata l'equazione:

$$C f_{em}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = \frac{90}{100} C f_{em}.$$

Semplificando otteniamo:

$$1 - e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{9}{10} \Longrightarrow e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{1}{10} \text{ o, in modo equivalente, } e^{\frac{t}{RC}} = 10.$$

Applico il logaritmo naturale ai due membri:

$\dfrac{t}{RC} = \ln 10$ quindi sono necessari 2,3 RC tempi caratteristici per caricare il condensatore al 90%.

In altre parole, ci vuole un tempo pari a:

$$t = (\ln 10) \times (2{,}40 \times 10^3\ \Omega) \times (12{,}4 \times 10^{-6}\ \text{F}) \ = \ 0{,}069\ \text{s}$$

Determino il valore della capacità del condensatore da aggiungere in serie per dimezzare il tempo caratteristico.

Per dimezzare il tempo caratteristico devo dimezzare la capacità equivalente del sistema di due condensatori in serie. Quindi i due condensatori devono avere la stessa capacità. In questo modo, infatti,

$$C_{eq} = \frac{C \cdot C}{C + C} = \frac{C^2}{2C} = \frac{C}{2} = 6{,}20 \times 10^{-6}\ \text{F}$$

e quindi

$$t_c = R\frac{C}{2} = (2{,}40 \times 10^3\ \Omega) \times (6{,}20 \times 10^{-6}\ \text{F}) \ = \ 15 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

PROBLEMA MODELLO 6 UN ESEMPIO DI INTEGRALE DEFINITO

Un generatore di forza elettromotrice pari a $f_{em} = 10$ V è connesso in serie a una resistenza di $R = 3{,}1$ kΩ e a un condensatore di capacità $C = 60$ µF. Un interruttore chiude il circuito all'istante $t = 0$ s.

- **Calcola l'energia dissipata per effetto Joule nella resistenza dopo un intervallo di tempo pari al tempo caratteristico del circuito.**

DATI	INCOGNITE
Forza elettromotrice: $f_{em} = 10$ V Resistenza: $R = 3{,}1$ kΩ Capacità: $C = 60$ µF	Energia dissipata per effetto Joule dopo un tempo caratteristico: $W(t_c) = ?$

L'IDEA

- Un teorema importante noto come *teorema fondamentale del calcolo integrale* mette in relazione il calcolo dell'area sottesa da una funzione $f(t)$ in un certo intervallo $[a, b]$ al calcolo della sua primitiva $F(t)$, cioè della funzione per la quale $\frac{dF(t)}{dt} = f(t)$. In formule abbiamo che: $\oint_a^b f(t)dt = [F(t)]_a^b = F(b) - F(a)$ dove $[F(t)]_a^b = F(b) - F(a)$ rappresenta la differenza della funzione primitiva $F(t)$ calcolata nei due punti, chiamati estremi di integrazione, a e b .
- Utilizzo questo teorema per risolvere il problema.

LA SOLUZIONE

Definisco la potenza elettrica dissipata dal resistore come derivata dell'energia rispetto al tempo.

In analogia con la corrente elettrica istantanea, che è pari alla derivata della quantità di carica rispetto al tempo, cioè $\frac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t} = i(t)$, la potenza elettrica è definita come la rapidità con cui l'energia elettrica è trasformata in energia interna del resistore, cioè come derivata dell'energia rispetto al tempo, $P(t) = \frac{\mathrm{d}W(t)}{\mathrm{d}t}$.

Quindi l'energia dissipata $W(t) = \oint P(t)\mathrm{d}t$ è la primitiva (definita a meno di una costante) della potenza.

In particolare $P(t) = [i(t)]^2 R = \left(\frac{f_{em}}{R} e^{-\frac{t}{RC}}\right)^2 R = \frac{f_{em}^{\ 2}}{R} e^{-\frac{2t}{RC}}$

Dunque consultando la tabella degli integrali indefiniti per la funzione ke^{at} ricaviamo l'espressione dell'energia dissipata dal resistore: $W(t) = \frac{f_{em}^2}{R} \oint e^{-\frac{2t}{RC}} dt = -\frac{f_{em}^2}{R} \frac{RC}{2} e^{-\frac{2t}{RC}} + c_i = -\frac{1}{2} C f_{em}^2 e^{-\frac{2t}{RC}} + c_i$

Determino l'energia dissipata per effetto Joule nella resistenza dopo un periodo di tempo pari ad un tempo caratteristico.

Applico il teorema fondamentale del calcolo integrale. I due estremi dell'intervallo di tempo da considerare sono $t = 0$ s e $t = RC$ quindi:

$$\oint_0^{RC} P(t) dt = W(RC) - W(0).$$

Per $t = RC$:

$$W(RC) = -\frac{1}{2} C f_{em}^2 e^{-\frac{2RC}{RC}} + c_i = -\frac{1}{2} C f_{em}^2 e^{-2} + c_i,$$

Per $t = 0$ s:

$$W(0) = -\frac{1}{2} C f_{em}^2 e^{-\frac{2 \cdot 0}{RC}} + c_i = -\frac{1}{2} C f_{em}^2 + c_i$$

Calcolo la differenza tra le due quantità e ottengo la quantità di energia dissipata per effetto Joule nella resistenza in un intervallo di tempo pari a un tempo caratteristico:

$$W(RC) - W(0) = -\frac{1}{2} C f_{em}^2 e^{-2} + c_i - \left(-\frac{1}{2} C f_{em}^2 + c_i\right) = \frac{1}{2} C f_{em}^2 \left(1 - e^{-2}\right)$$

Sostituendo i dati numerici ottengo:

$$W(RC) - W(0) = \frac{1}{2} \times (60 \times 10^{-6}\ \text{F}) \times (10\ \text{V})^2 \times \left(1 - e^{-2}\right) = 2{,}6 \times 10^{-3}\ \text{J}$$

33 ★☆☆ In un circuito, alimentato da una batteria che fornisce una differenza di potenziale di 4,5 V, sono collegati in serie un condensatore di capacità C e un resistore di resistenza R = 70 Ω. Il tempo caratteristico del circuito è di 1,3 ms. Trascuriamo la resistenza interna del generatore. Calcola:

- la capacità del condensatore.
- l'intensità della corrente nel circuito dopo un intervallo di tempo di 2,6 ms.

[$1{,}9 \times 10^{-5}$ F; $8{,}7 \times 10^{-3}$ A]

34 ★★☆ Un circuito contiene una batteria con una forza elettromotrice di 24 V, collegata in serie a due resistori, di resistenza R_1 = 5,7 kΩ, R_2 = 4,3 kΩ, e a un condensatore di capacità C = 2,2 μF. Calcola:

- il massimo valore della corrente che attraversa il circuito.
- dopo quanto tempo dall'inizio del processo di carica, l'intensità di corrente sarà pari a 1/5 del suo valore iniziale.
- l'energia potenziale elettrica accumulata sul condensatore.
- l'energia dissipata per effetto Joule.

[$2{,}4 \times 10^{-3}$ A; $3{,}5 \times 10^{-2}$ s; $6{,}3 \times 10^{-4}$ J; $6{,}3 \times 10^{-4}$ J]

6 L'ESTRAZIONE DEGLI ELETTRONI DA UN METALLO

43 ★☆☆ Il lavoro necessario per estrarre un elettrone da un metallo è di $5{,}37 \times 10^{-19}$ J.

- Determina la differenza di potenziale minima necessaria per estrarre un elettrone.

[3,36 V]

44 ★★☆ Una lastra di sodio è illuminata con una radiazione in grado di estrarre elettroni di conduzione. La luce fornisce un'energia di $5{,}2 \times 10^{-19}$ J a un elettrone di superficie, in assenza di qualsiasi altra dispersione di energia. Il lavoro di estrazione di un elettrone dal sodio è pari a $3{,}7 \times 10^{-19}$ J.

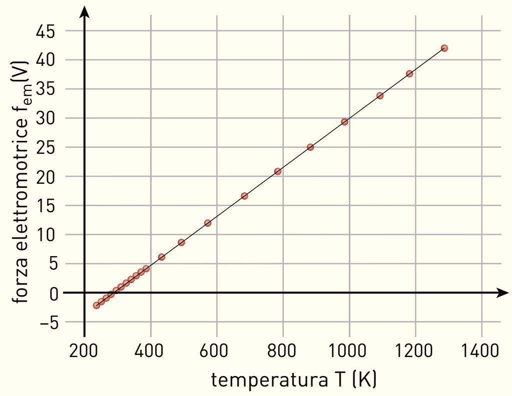
- Calcola il valore della velocità dell'elettrone estratto.

[$5{,}7 \times 10^5$ m/s]

8 L'EFFETTO TERMOELETTRICO

56 ★☆☆ La figura seguente fornisce la curva forza elettromotrice-temperatura per la termocoppia formata da chromel e alumel (due leghe a base di nichel). La curva, in cui i punti rappresentano i dati sperimentali, è ottenuta sotto l'ipotesi che una delle giunzioni sia mantenuta alla temperatura di 273 K.

- Qual è la temperatura a cui si trova la seconda giunzione se la forza elettromotrice termoelettrica vale 30 mV?
- Quanto vale, in media, l'aumento della forza elettromotrice nel circuito per ogni kelvin di aumento della temperatura?



57 ★☆☆ Nei suoi esperimenti sui conduttori, Ohm usò nel 1826 una *termopila* composta da un pezzo di bismuto collocato tra due pezzi di rame. Egli fece due tipi di prove: una prima prova mantenendo una giunzione alla temperatura dell'acqua in ebollizione e l'altra giunzione alla temperatura del ghiaccio fondente; la seconda mantenendo una giunzione alla temperatura di 9,6 °C e l'altra sempre alla temperatura del ghiaccio fondente.

- Calcola le forze elettromotrici utilizzate da Ohm per eseguire i suoi esperimenti.

Suggerimento: puoi considerare la forza elettromotrice della pila direttamente proporzionale al salto termico. La costante di proporzionalità per la coppia bismuto-rame vale 12×10^{-6} V · K^{-1}.)

[$1{,}2 \times 10^{-3}$ V; $1{,}2 \times 10^{-4}$ V]

PROBLEMI GENERALI

7 ★★☆ Un filo di rame, di resistenza 80 Ω deve essere inserito in un circuito. Problemi di ordine logistico costringono l'elettricista a ripiegare più volte il filo su se stesso, riducendone la lunghezza a 1/5 del suo valore iniziale.

- Che valore assume, in queste nuove condizioni, la resistenza del filo di rame?

Suggerimento: osserva che, in seguito al ripiegamento, si modifica anche la sezione del nuovo filo inserito nel circuito.

[3,2 Ω]

8 ★★☆ Un filo di ferro lungo 3,4 m, con sezione 0,42 mm^2 è inserito in un circuito elettrico. Alla temperatura di 20 °C e alimentato da una differenza di potenziale di 12 V, il circuito è percorso da una corrente di intensità 4,2 A. Trascorso un certo intervallo di tempo, l'intensità della corrente è dimezzata, mentre la differenza di potenziale è rimasta costante. Il coefficiente di temperatura del ferro vale $6{,}5 \times 10^{-3}$ K^{-1}.

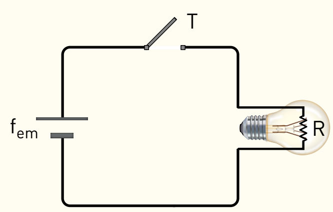
- Qual è la temperatura finale del filo di ferro?

[$1{,}7 \times 10^2$ °C]

9 ★★☆ Un'onda quadra di ampiezza V_0 e periodo T viene applicata alla serie di un resistore R e di una capacità C.

- Descrivi come varia la differenza di potenziale ai capi di C al passare del tempo.

10 ★★★ Una lampadina a incandescenza è costituita da un filamento di tungsteno di lunghezza 25 cm. Il tungsteno ha una resistività di $5{,}25 \times 10^{-8}$ a 20 °C e un coefficiente di temperatura di $5{,}3 \times 10^{-3}$ K^{-1}. La lampadina è inserita nel circuito della figura, in cui la forza elettromotrice della batteria vale 220 V. L'interruttore viene chiuso e nel circuito comincia a circolare corrente. Dopo una breve fase transitoria, la temperatura del filamento si stabilizza a 2700 °C. La potenza dissipata dalla lampadina vale 75 W.



- Determina il diametro del filamento.
- Considerando anche la fase transitoria tra la chiusura dell'interruttore e lo stabilizzarsi della temperatura, in quale momento la corrente sulla lampadina assume il valore massimo? Determina questo valore massimo di corrente.

[0,020 mm; 5,1 A]

TEST

4 In un circuito *RC* un condensatore con capacità pari a 1000 μF è in serie a un resistore di resistenza 5,0 kW. Quando inizia il processo di scarica, circola una corrente di intensità i = 8,4 mA. Dopo un intervallo di tempo pari a tre volte il prodotto *RC*, l'intensità della corrente che circola è:

- **A** 0 mA
- **C** 2,8 mA
- **B** 0,42 mA
- **D** 8,4 mA

5 Il lavoro di estrazione di un elettrone da un metallo è equivalente:

- **A** all'energia totale posseduta dall'elettrone quando si trova all'interno del metallo.
- **B** al massimo lavoro necessario per estrarre un elettrone da un metallo.
- **C** al minimo lavoro necessario per estrarre un elettrone da un metallo.
- **D** all'energia effettivamente fornita all'elettrone per estrarlo dal metallo.

6 Una *termocoppia* è un dispositivo formato dalla giunzione tra:

- **A** un conduttore e un isolante, che serve a misurare la differenza di temperatura tra due corpi.
- **B** due conduttori, che serve a misurare la differenza di temperatura tra due corpi.
- **C** un conduttore e un isolante, che serve a misurare la temperatura di due corpi.
- **D** due conduttori, che serve a misurare la temperatura di due corpi.

7 La *temperatura critica* è il valore di temperatura alla quale un metallo superconduttore:

- **A** oppone una resistenza nulla al passaggio della corrente elettrica.
- **B** oppone una resistenza massima al passaggio della corrente elettrica.
- **C** diventa incandescente.
- **D** cambia stato di aggregazione molecolare.

8 La *superconduttività* è una proprietà di alcuni materiali che:

- **A** si manifesta a temperature molto basse.
- **B** si può manifestare a qualsiasi temperatura.
- **C** si manifesta quando i materiali sono attraversati da una corrente molto intensa.
- **D** si manifesta quando i materiali sono sottoposti a differenze di potenziale molto elevate.

9 Un filo di alluminio ha una sezione di $1{,}0\times10^{-6}$ m². Il filo è lungo 16,0 cm ed ha una resistenza pari a $4{,}0\times10^{-3}$ Ω. Qual è la resistività dell'alluminio di cui è fatto questo filo?

- **A** $2{,}5\times10^{-8}$ Ωm
- **B** $2{,}5\times10^{-6}$ Ωm
- **C** $2{,}5\times10^{-5}$ Ωm
- **D** $6{,}4\times10^{4}$ Ωm
- **E** $6{,}4\times10^{6}$ Ωm

Test di ammissione Veterinaria 2014/2015

10 A battery is connected across two identical resistors in series. If one of the resistors is instantaneously replaced by an uncharged capacitor, what happens to the current in the circuit?

- **A** It rises.
- **B** It falls.
- **C** It initially rises, but then falls.
- **D** It initially falls, but then rises.

Oxford Colleges Physics Aptitude Test (PAT) – 2009

11 In una corrente elettrica ordinaria, come quella che può fluire nell'impianto elettrico di un'abitazione, il campo elettrico si propaga nel conduttore considerato con una velocità:

- **A** dello stesso ordine di grandezza della velocità della luce nel vuoto.
- **B** molto minore della velocità della luce nel vuoto.
- **C** confrontabile alla velocità tipica di una persona che cammina.
- **D** molto minore della velocità tipica di una persona che cammina.

12 Due fili elettrici dello stesso materiale e della stessa lunghezza hanno sezione diversa. Il rapporto tra la sezione del primo e quella del secondo è 0,5. Allora il rapporto tra la resistenza del primo e quella del secondo è:

- **A** 0,5
- **C** 2
- **B** 0,25
- **D** 1

13 Due fili cilindrici dello stesso materiale e della stessa lunghezza hanno raggi diversi. Il rapporto tra il raggio del primo e il raggio del secondo è 0,5. Allora il rapporto tra la resistenza del primo e quello del secondo è:

- **A** 1:4
- **C** 2:1
- **B** 1:2
- **D** 4:1

14 L'energia dissipata nel processo di carica di un condensatore di capacità C, da parte di un generatore di forza elettromotrice f_{em} attraverso un conduttore di resistenza R:

A è direttamente proporzionale a C.

B è inversamente proporzionale a C.

C non dipende da C.

D è inversamente proporzionale al prodotto RC.

15 Un elettronvolt è:

A l'energia che acquista un elettrone quando è accelerato dalla differenza di potenziale di un volt.

B l'energia cinetica con cui un elettrone esce da un metallo.

C la differenza di potenziale necessaria per far acquistare una velocità di 1 m/s a un elettrone.

D l'energia potenziale di un elettrone accelerato dalla differenza di potenziale di un volt.

16 Quali, tra i seguenti metalli, a bassa temperatura sono superconduttori?
(*Più di una risposta è giusta*)

A Rame.

B Niobio.

C Mercurio.

D Ferro.

17 I conduttori per i quali vale la legge dei contatti successivi di Volta sono detti:

A conduttori ohmici.

B conduttori speciali.

C conduttori di prima specie.

D conduttori di seconda specie.

18 In quale condizione si troverà un elettrone, inizialmente vicino alla superficie di un metallo, quando riceve un'energia pari al lavoro d'estrazione W_e?

A Si troverà all'interno del metallo, con energia totale nulla.

B Si troverà all'interno del metallo, con energia totale negativa.

C Si troverà all'esterno del metallo, con energia totale positiva.

D Si troverà all'esterno del metallo, con energia totale nulla.