



DOMANDE SUI CONCETTI

- 1** Disegna qualitativamente le linee del campo magnetico generato nello spazio circostante dalla barra magnetizzata nella figura.

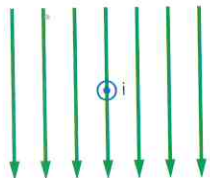


- 2** Sei un astronauta e ti trovi su un pianeta sconosciuto. Sei sprovvisto di attrezzature sperimentali e intorno a te non ci sono minerali. Hai due barre di ferro: una è magnetizzata, l'altra non lo è. Sai anche che il pianeta, a differenza della Terra, non possiede un suo campo magnetico.

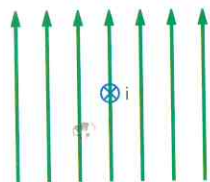
► Come puoi stabilire quale delle due barre è quella magnetizzata?

- 3** Il segno \odot (indica una corrente o un campo magnetico che esce dal foglio, mentre il simbolo \otimes rappresenta una corrente o un campo magnetico che entra.

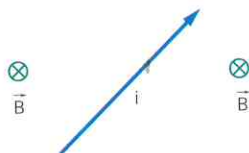
a)



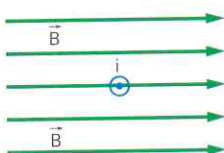
b)



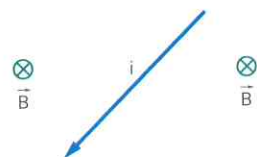
c)



d)

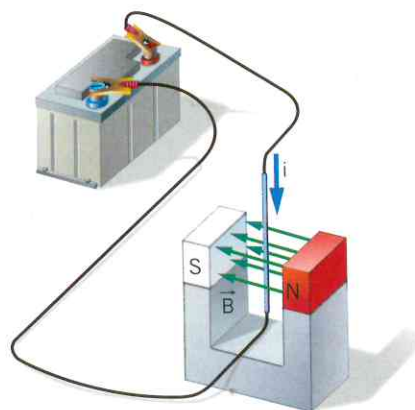


e)



- Disegna la direzione e il verso della forza magnetica che agisce in ciascuno dei seguenti fili percorsi da corrente immersi in un campo magnetico.

- 4** Nella figura seguente disegna la direzione e il verso seguente della forza magnetica che agisce sul filo percorso da corrente.

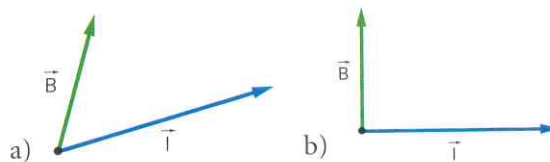


- 5** Come si determina il valore della costante di permeabilità magnetica del vuoto?

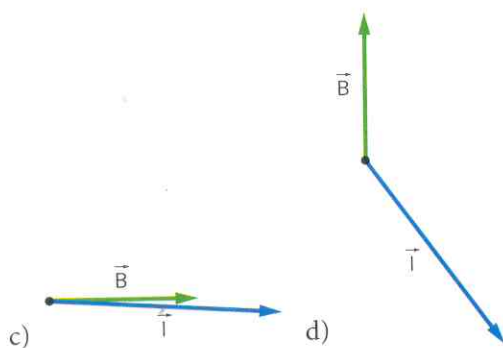
- 6** Nell'esperimento per misurare la forza magnetica che agisce su un filo attraversato da corrente all'interno di un campo magnetico abbiamo utilizzato un dinamometro. Che relazione fisica esprime la condizione di equilibrio fra la forza magnetica e la forza elastica del dinamometro?

- 7** Un filo percorso da corrente è immerso in un campo magnetico. Quando la forza magnetica che agisce sul filo è massima? E quando è minima?

- 8** Nelle figure che seguono, i valori della lunghezza l di un filo conduttore rettilineo, dell'intensità di corrente i e del modulo del campo magnetico \vec{B} in cui è immerso il filo sono gli stessi. \vec{l} indica un vettore che ha la direzione e la lunghezza del filo rettilineo e il verso della corrente i .



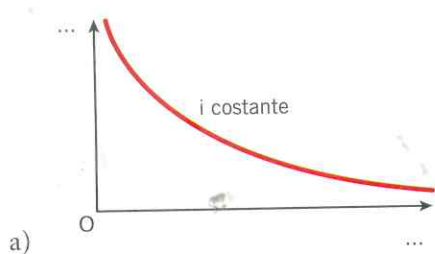
DOMANDE SUI CONCETTI



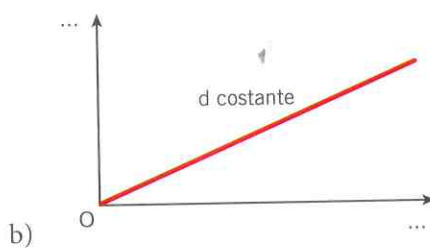
► Disponi le seguenti figure in ordine decrescente dell'intensità della forza magnetica.

- 9** Due fili rettilinei sono percorsi dalla stessa intensità di corrente nello stesso verso, e sono disposti perpendicolarmente a un piano orizzontale a distanza fissa l'uno dall'altro. In quali punti dello spazio il campo magnetico \vec{B} totale è nullo?

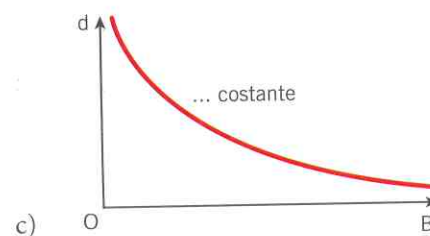
- 10** Inserisci le grandezze opportune sugli assi x e y dei grafici seguenti impiegando anche più volte i simboli « B », « d », « i ».



a)



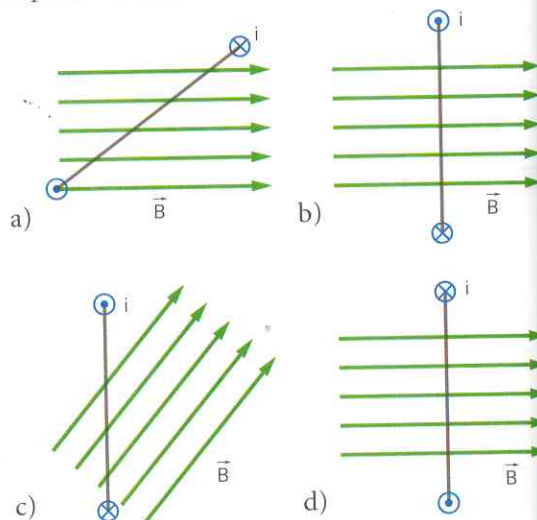
b)



c)

- 11** Due spire identiche e con lo stesso asse sono percorse da correnti di uguale intensità che circolano però in verso opposto. La distanza fra i centri delle spire vale d : esiste un punto dove il campo \vec{B} si annulla?

- 12** Nelle figure che seguono, i valori della corrente i che circola nella spira, della superficie della spira e del modulo del campo magnetico \vec{B} sono gli stessi. I simboli \odot e \otimes indicano il verso in cui circola la corrente nei tratti di spira perpendicolari al piano del foglio.



► Determina in tutti i casi se si tratta di equilibrio stabile, equilibrio instabile o di non equilibrio e, in questo ultimo caso, indica il verso in cui ruota la spira.

- 13** Un semplice motore elettrico è formato da una spira rettangolare immersa in un campo magnetico \vec{B} uniforme, vincolata a ruotare intorno a un asse perpendicolare alle linee del campo magnetico. Considera la condizione in cui il vettore superficie della spira e il vettore campo magnetico sono antiparalleli: si tratta di una condizione di equilibrio stabile o instabile? Perché?

- 14** «Un amperometro misura esattamente la corrente che fluisce in un circuito.» Questa frase è sbagliata: perché?

- 15** Qual è la differenza fra voltmetro ed elettrometro?

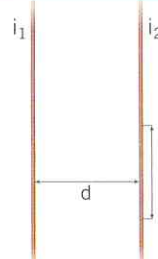
3 FORZE TRA CORRENTI

1

PROBLEMA SVOLTO

In due lunghi fili conduttori rettilinei, che distano tra loro 2,2 cm, sono presenti due correnti di intensità 3,8 A e 7,5 A.

► Qual è il valore della forza magnetica che agisce su un tratto di filo lungo 2,0 m?



■ Strategia e soluzione

• Sostituendo i valori numerici nella formula di Ampère otteniamo

$$F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi d} = \left(\frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ N}}{2\pi \text{ A}^2} \right) \times \frac{(3,8 \text{ A}) \times (7,5 \text{ A})}{(0,022 \text{ m})} \times (2,0 \text{ m}) = 5,2 \times 10^{-4} \text{ N}.$$

■ Discussione

Abbiamo calcolato la forza con il valore di k_m che vale se i fili sono nel vuoto. Il valore di k_m nell'aria, però, è maggiore di quello nel vuoto solo per 360 parti su un miliardo. Quindi il valore del risultato praticamente non cambierebbe per nulla con il valore corretto di k_m nell'aria.

2

Due fili rettilinei lunghi 2,00 m sono paralleli tra loro e distano 1,5 cm. I due fili sono attraversati da correnti di 2,7 A e 6,8 A che fluiscono nello stesso verso.

► Calcola il modulo della forza che agisce sui due fili.

► Calcola il modulo della forza per unità di lunghezza che agisce sui due fili.

► La forza è attrattiva o repulsiva?

$$[4,9 \times 10^{-4} \text{ N}; 2,4 \times 10^{-4} \text{ N}]$$

3

In due fili rettilinei paralleli e rettilinei sono presenti due correnti che scorrono nel medesimo verso. I due fili distano fra di loro 0,32 m e le due correnti hanno entrambe intensità pari a 1,7 A. La forza tra i due fili ha intensità $9,5 \times 10^{-6} \text{ N}$.

► Determina la lunghezza dei fili.

Supponi che la lunghezza dei fili raddoppi.

► Calcola l'intensità della forza magnetica tra di essi.

$$[5,3 \text{ m}; 1,9 \times 10^{-5} \text{ N}]$$

4

Due fili paralleli sono percorsi dalle correnti i_1 e i_2 , con la stessa intensità pari a 3,21 A, ma di verso opposto. I due fili sono lunghi 0,68 m e la forza che si esercita tra di essi ha modulo pari a 21 μN .

► Determina la distanza tra i fili.

$$[6,7 \times 10^{-2} \text{ m}]$$

5

Due fili paralleli di rame, di sezione $S = 3 \text{ mm}^2$ e lunghezza $l = 1,20 \text{ m}$ si trovano nel vuoto a una distanza $d = 0,43 \text{ m}$. All'istante t_0 ai capi di uno dei due fili viene applicata una differenza di potenziale di 20 V. La resistività del rame vale $\rho_{Cu} = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

► Calcola il modulo della forza magnetica che agisce sui fili.

Dopo un intervallo di tempo Δt , anche al secondo filo viene applicata la stessa differenza di potenziale.

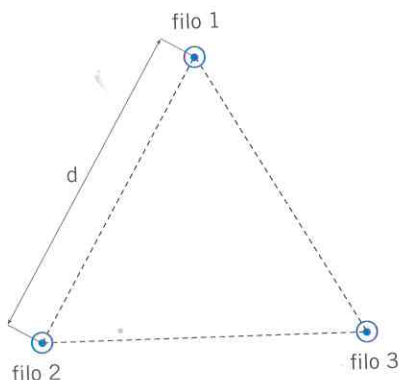
► Calcola il modulo della forza magnetica che agisce sui due fili.

$$[0 \text{ N}; 4,8 \text{ N}]$$

ESERCIZI

- 6** Tre fili rettilinei paralleli sono posti sui vertici di un triangolo equilatero di lato $d = 35$ cm, come mostrato nella figura, e sono attraversati dalle correnti i_1 , i_2 e i_3 . Le correnti hanno tutte intensità uguali a 2 A.

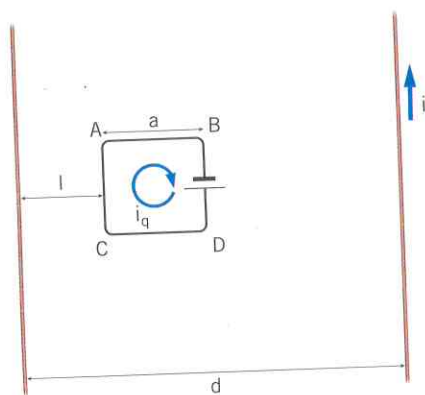
► Determina modulo, direzione e verso della forza per unità di lunghezza che agisce sul filo 1 nel caso in cui le correnti i_1 , i_2 e i_3 siano tutte uscenti dal foglio.



[4×10^{-6} N]

- 7** Due fili rettilinei paralleli distanti $d = 1,0$ m sono percorsi, in versi opposti, dalla stessa corrente i . Sullo stesso piano dei fili è presente un piccolo circuito quadrato di lato a percorso dalla corrente i_q in verso orario come mostra la figura. In questa situazione il circuito assume una posizione d'equilibrio a distanza $l = 25$ cm dal primo filo.

► Quanto è lungo il lato a del circuito quadrato?



[50 cm]

4 L'INTENSITÀ DEL CAMPO MAGNETICO

- 8** Il campo magnetico nello spazio compreso tra le espansioni di un magnete è omogeneo e ha intensità pari a 0,10 T. Una sbarra conduttrice lunga 70 cm e percorsa da una corrente di 70 mA è disposta perpendicolarmente alle linee del campo magnetico.

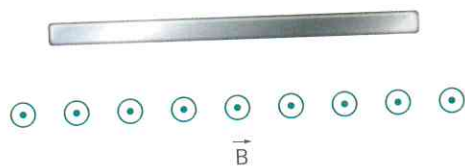
► Qual è il modulo della forza che agisce sulla sbarra?

[$4,9 \times 10^{-3}$ N]

- 9** Una barra di ferro di lunghezza $l = 23$ cm e massa 0,12 kg è disposta orizzontalmente in una regione occupata da un campo magnetico di modulo 8×10^{-2} T omogeneo e le cui linee di campo sono dirette perpendicolarmente al filo come mostra la figura (il simbolo \odot indica che le linee del campo magnetico escono dal foglio).

► Determina il verso e il valore della minima intensità di corrente i , da fare passare nella barra, necessaria per farla sollevare.

(Suggerimento: sulla barra agisce anche la forza-peso, e perché la barra si sollevi, occorre che la forza totale che agisce sia diretta verso l'alto.)



[6×10 A]

- 10** In una regione occupata da un campo magnetico \vec{B} omogeneo di modulo 3×10^{-5} T, un conduttore rettilineo è attraversato da una corrente i_1 in direzione perpendicolare alle linee di campo di \vec{B} e risente di una forza di modulo 7×10^{-3} N. Un secondo conduttore, parallelo al primo e della stessa lunghezza, è attraversato da una corrente $i_2 = 8,7$ A e subisce una forza di intensità $4,9 \times 10^{-2}$ N.

► Calcola il valore di i_1 .

[1 A]

- 11** Un'asta di alluminio con sezione $1,0$ mm² viene sospesa a un dinamometro in modo da stare in

equilibrio in posizione orizzontale. L'asta viene disposta in modo da essere orientata perpendicolarmente al meridiano magnetico e, successivamente, in essa si fa passare una corrente di 1,6 A da Est a Ovest. Quando circola corrente si osserva una diminuzione del peso dell'asta pari allo 0,128%. La densità dell'alluminio vale $2600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

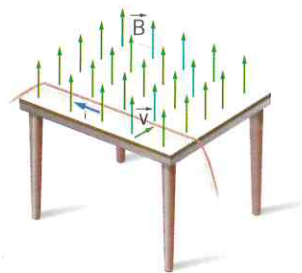
► Determina l'intensità del campo magnetico terrestre nella posizione della misura.

[$2,0 \times 10^{-5} \text{ T}$]

- 12** ★★★ Un pezzetto di filo elettrico rettilineo lungo $l = 10 \text{ cm}$ e di massa $m = 100 \text{ g}$ è appoggiato su un piano orizzontale scabro con coefficiente d'attrito dinamico $\mu_d = 0,102$. Il filo è percorso da una corrente $i = 2 \text{ A}$ ed è inizialmente fermo. Ad un certo istante, viene acceso un campo magnetico uniforme diretto perpendicolarmente al filo, che fa muovere il filo. Dopo 10 s dall'accensione del campo magnetico, il filo ha una velocità $v = 0,5 \text{ m/s}$.

► Calcola il valore del campo magnetico.

[$0,5 \text{ T}$]



5 LA FORZA MAGNETICA SU UN FILO PERCORSO DA CORRENTE

- 13** ★ Un tratto di conduttore rettilineo lungo $20,0 \text{ cm}$ è posto tra le espansioni di un magnete. Il campo magnetico è uniforme e la sua intensità vale $0,400 \text{ T}$. Quando nel conduttore circola una corrente elettrica continua di $0,320 \text{ A}$, si misura la forza magnetica che agisce sul conduttore e si trova $F_m = 1,28 \times 10^{-2} \text{ N}$.

► Determina l'angolo formato dal conduttore con il campo magnetico.

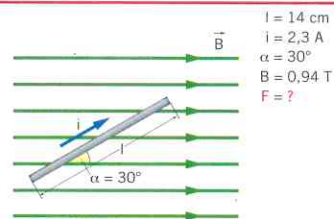
[30° oppure 150°]

14 PROBLEMA SVOLTO

★★★

Un filo rettilineo lungo 14 cm è percorso da una corrente di intensità $2,3 \text{ A}$ ed è posto in un campo magnetico, con una direzione che forma un angolo di 30° rispetto alle linee di campo. Il valore del campo magnetico è $0,94 \text{ T}$.

► Qual è il valore della forza magnetica che agisce sul filo?



■ Strategia e soluzione

- È possibile risolvere il problema utilizzando la formula (5). Per farlo, occorre prima di tutto determinare B_\perp .

- Come è mostrato nella figura a fianco, i vettori \vec{B} e \vec{B}_\perp formano un triangolo rettangolo PQR che è la metà di un triangolo equilatero, con l'angolo tra i due vettori pari a 60° .
Quindi si ha

$$B_\perp = \frac{1}{2} B = \frac{1}{2} (0,94 \text{ T}) = 0,47 \text{ T}.$$

- Sostituendo i valori numerici nella formula che fornisce la forza magnetica su un filo percorso da corrente, otteniamo

$$F = B_\perp i l = (0,47 \text{ T}) \times (2,3 \text{ A}) \times (0,14 \text{ m}) = 0,15 \text{ T} \cdot \text{A} \cdot \text{m} = 0,15 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \cdot \text{A} \cdot \text{m} = 0,15 \text{ N}.$$

■ Discussione

Lo stesso risultato poteva essere ottenuto, in maniera più veloce, usando la formula (7):

$$F = B_{\perp} i l \sin \alpha = (0,94 \text{ T}) \times (2,3 \text{ A}) \times (0,14) \times \sin(30^\circ) = (0,30 \text{ N}) \times \frac{1}{2} = 0,15 \text{ N}.$$

- 15** Il campo magnetico tra le espansioni polari di un elettromagnete è uniforme, di intensità 0,50 T e diretto verticalmente verso il basso. All'interno di questa regione, è collocato un filo di lunghezza pari a 10 cm percorso da una corrente di 5,0 A. Calcola l'intensità della forza magnetica che agisce sul filo quando:

- il filo è in posizione orizzontale,
- il filo è deviato di 30° dall'orizzontale e la corrente scorre verso l'alto,
- il filo è deviato di 30° dall'orizzontale e la corrente scorre verso il basso,
- il filo è in posizione verticale e la corrente scorre dall'alto verso il basso.

[0,25 N; 0,22 N; 0,22 N; 0 N]

- 16** Una barra cilindrica di alluminio lunga 75,0 cm e con una sezione di $1,00 \text{ cm}^2$ è appoggiata su un tavolo, in un punto della superficie terrestre in cui il campo magnetico vale $4,80 \times 10^{-5} \text{ T}$, è orizzontale e forma un angolo di 30° con la barra. Ai capi della barra è applicata una differenza di potenziale ΔV .

La densità dell'alluminio vale 2960 kg/m^3 e la sua resistività è $2,8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

- Determina il valore minimo che deve avere ΔV perché la barra si sollevi.

[25 V]

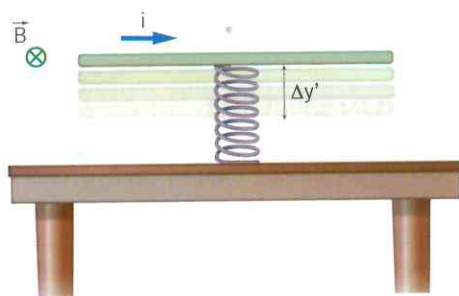
- 17** In una località, il campo magnetico terrestre ha componente verticale, diretta verso l'alto, $B_v = 6 \times 10^{-5} \text{ T}$, mentre la componente orizzontale, diretta verso Nord, ha intensità $B_o = 2 \times 10^{-5} \text{ T}$. Un filo lungo 2,0 m viene teso in direzione Est-Ovest ed è percorso da una corrente continua di intensità 20 A con verso da Est a Ovest.

- Determina intensità, modulo e direzione della forza totale che agisce sul filo.

[circa $3 \times 10^{-3} \text{ N}$;
 $\alpha = 72^\circ$ fra la verticale verso il basso e il Nord]

- 18** Un'asta lunga $l = 10 \text{ cm}$ e di massa $m = 102 \text{ g}$ è tenuta in equilibrio parallelamente a un piano orizzontale da una grossa molla di costante k costruita con materiale plastico isolante e fissata al piano. In questa situazione la molla è compressa di Δy . Lungo l'asta circola una corrente $i = 30 \text{ A}$ che scorre da sinistra verso destra. Ad un certo istante viene acceso un campo magnetico uniforme \vec{B} , le cui linee di campo sono perpendicolari all'asta e parallele al piano orizzontale. In questa situazione la molla subisce un allungamento rispetto alla sua posizione d'equilibrio. Chiamiamo $\Delta y'$ la nuova posizione d'equilibrio del sistema tale che $\Delta y'/\Delta y = 2$.

- Quanto vale l'intensità di \vec{B} ?



[1,0 T]

6 IL CAMPO MAGNETICO DI UN FILO PERCORSO DA CORRENTE

- 19** A current of 2.0 A flows in a conductive straight wire. The distance between the point P and the wire is 50 cm.

- Calculate the intensity of the magnetic field in P generated by the conductor.

[$8,0 \times 10^{-7} \text{ T}$]

- 20** Un fulmine è costituito da una certa quantità di carica elettrica che, in un intervallo di tempo molto breve, si trasferisce da un punto che si trova a un potenziale V_1 a un punto che si trova a un potenziale V_2 ; in questo senso può essere schema-

tizzato come un filo percorso da una corrente continua. Per stimare l'intensità della corrente, si misura l'intensità del campo magnetico a 150 m dal punto in cui un fulmine si scarica e si ottiene il valore $2,5 \times 10^{-4} \text{ T}$.

► Determina l'intensità della corrente trasportata dal fulmine.

$$[1,9 \times 10^5 \text{ A}]$$

- 21** Alcuni pacemaker sono dotati di un interruttore magnetico che viene pilotato dall'esterno attraverso un campo magnetico. Per poter agire sul pacemaker, il campo deve avere una intensità di $5 \times 10^{-4} \text{ T}$.

Tale campo viene generato tramite un filo percorso da corrente di intensità di $1,2 \times 10^3 \text{ A}$ che è posizionato dal medico a una distanza d dal paziente.

► Calcola il valore della distanza d .

Supponi che un paziente portatore di un pacemaker come questo si trovi in prossimità del punto in cui si scarica un fulmine, che trasporta una corrente di intensità pari a $1,9 \times 10^5 \text{ A}$.

► Qual è la distanza minima che deve esserci tra il paziente e il fulmine perché non subentrino problemi cardiaci?

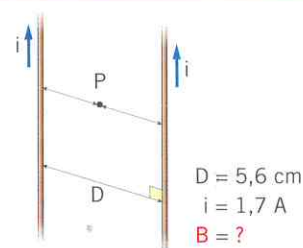
$$[0,5 \text{ m}; 8 \times 10 \text{ m}]$$

22

PROBLEMA SVOLTO

Due lunghi fili rettilinei paralleli distano 5,6 cm tra loro e sono percorsi da due correnti che hanno lo stesso verso e la stessa intensità, pari a 1,7 A. Un punto P appartiene al piano che contiene i due fili ed è equidistante da essi.

► Calcola il valore del campo magnetico totale generato dai due fili in P .

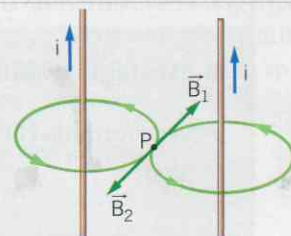


Strategia e soluzione

- Il campo magnetico \vec{B} nel punto P è la somma vettoriale dei due campi magnetici \vec{B}_1 e \vec{B}_2 generati, rispettivamente, dai fili 1 e 2:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2.$$

- Nella situazione della figura a fianco, il campo magnetico \vec{B}_1 (tangente alla linea di campo generata dal filo 1 e passante per P) ha direzione perpendicolare al piano che contiene i due fili ed è rivolto verso il dietro della pagina. Invece il campo magnetico \vec{B}_2 , generato dal secondo filo, è rivolto verso il davanti della pagina.



- Visto che le correnti nei due fili sono uguali e che P ha distanza $d = D/2$ da entrambi i fili, i campi \vec{B}_1 e \vec{B}_2 hanno lo stesso modulo

$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i}{d} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i}{D/2} = \frac{\mu_0}{\pi} \frac{i}{D},$$

quindi il campo totale $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ in P è nullo, essendo la somma di due vettori uguali e opposti.

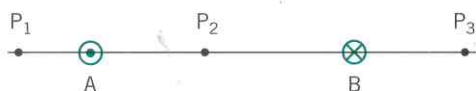
Discussione

Se si considerano i due fili percorsi da una stessa intensità di corrente come due rette parallele, esiste una retta, parallela alle due, equidistante da esse e posta nel loro stesso piano, in ogni punto della quale il campo magnetico risultante è nullo.

ESERCIZI

- 23** **★★** Nella figura seguente A e B rappresentano le sezioni di due lunghi conduttori rettilinei e paralleli, che distano fra loro 10 cm e sono percorsi da corrente in verso opposto, uscente nel filo A e entrante nel filo B . Le intensità di corrente valgono, rispettivamente, 2,0 A e 3,0 A. I punti P_1 , P_2 e P_3 sono disposti in modo tale da avere $\overline{P_1A} = 2,0$ cm, $\overline{P_2A} = 4,0$ cm e $\overline{P_3A} = 3,0$ cm.

► Determina l'intensità del campo magnetico generato dai fili nei punti P_1 , P_2 e P_3 . Assumi che il vettore campo magnetico abbia verso positivo quando è orientato verso l'alto.



$[-1,5 \times 10^{-5} \text{ T}; 2,0 \times 10^{-5} \text{ T}; -1,7 \times 10^{-5} \text{ T}]$

- 24** **★★** Risolvi l'esercizio precedente nel caso che, a parità di tutte le altre condizioni, la corrente circoli anche in B nello stesso verso di A .

$[-2,5 \times 10^{-5} \text{ T}; 0 \text{ T}; 2,3 \times 10^{-5} \text{ T}]$

- 25** **★★** Un nastro di lunghezza indefinita, di piccolo spessore e semi larghezza $l = 101$ cm, è percorso da una corrente i distribuita uniformemente. Il campo magnetico generato a una distanza $r = 8l$ dall'asse del nastro ha un'intensità $B = 1,0 \times 10^{-5} \text{ T}$. Il nastro viene rimosso e al suo posto è inserito un filo indefinito in cui circola la stessa corrente i . Calcolando ora il campo B' a distanza $r = 8l$ dal filo, la differenza percentuale tra B e B' risulta dell'1%.

► Ricava il valore di i .

$[4,0 \times 10^2 \text{ A}]$

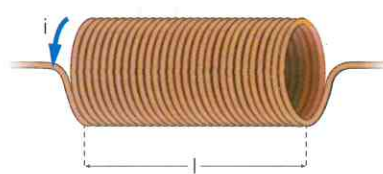
7 IL CAMPO MAGNETICO DI UNA SPIRA E DI UN SOLENOIDE

26 **★★**

PROBLEMA SVOLTO

Un solenoide ha 400 spire e la sua lunghezza l è di 56,4 cm. L'intensità del campo magnetico al suo interno è $2,10 \times 10^{-3} \text{ T}$.

► Quanto vale l'intensità di corrente che attraversa il solenoide?



$N = 400$
 $l = 56,4 \text{ cm}$
 $B = 2,10 \times 10^{-3} \text{ T}$
 $i = ?$

Strategia e soluzione

- Nella formula (11) possiamo ricavare i , che risulta

$$\frac{Bl}{\mu_0 N}$$

- Sostituendo i valori numerici nell'ultima espressione troviamo

$$i = \frac{(2,10 \times 10^{-3} \text{ T}) \times (0,564 \text{ m})}{\left(4 \times 3,14 \times 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}\right) \times 400} = 2,36 \text{ A.}$$

Discussione

Il valore del campo magnetico terrestre varia da punto a punto, ma è dell'ordine di 10^{-5} T . Quindi il campo magnetico generato dal solenoide di questo problema è un centinaio di volte più intenso del campo magnetico terrestre.

- 27** ★★ Un solenoide lungo 58 cm è formato da 200 spire ed è attraversato da una corrente di 4,89 A.

► Determina l'intensità del campo magnetico all'interno del solenoide.

Supponi che lo stesso solenoide venga allungato, mantenendo lo stesso numero di spire, fino a misurare 72 cm.

► Quanta corrente occorre per avere lo stesso campo magnetico?

[$2,1 \times 10^{-3}$ T; 6,1 A]

- 28** ★★ Una spira circolare di raggio 3,2 cm è percorsa da una corrente di 4,89 A che circola in verso orario.

Determina l'intensità del campo magnetico:

► al centro della spira,

► sull'asse della spira, a 2,0 cm dal centro,

► sull'asse della spira, a 6,0 cm dal centro.

[$9,6 \times 10^{-5}$ T; $5,9 \times 10^{-5}$ T; $1,0 \times 10^{-5}$ T]

- 29** ★★ Due spire rispettivamente di raggio 4,5 cm e 7,2 cm sono disposte nello stesso piano in modo tale che i rispettivi centri siano sovrapposti. Nelle due spire circola una corrente con la stessa intensità di 8,5 A, ma di verso opposto.

► Determina il campo magnetico totale nel centro.

Supponi di potere variare la corrente nella spira più piccola.

► Quanto deve essere l'intensità della corrente nella spira più piccola affinché il campo magnetico totale nel centro sia nullo?

[$4,4 \times 10^{-5}$ T; 5,3 A]

- 30** ★★ Un solenoide è lungo 20,0 cm e ha un diametro di 50,0 mm. Il filo di rame utilizzato per realizzare le spire dell'avvolgimento ha una sezione di diametro 0,50 mm. Ai capi del solenoide è applicata una differenza di potenziale affinché il campo magnetico all'interno abbia un'intensità di $1,26 \times 10^{-3}$ T. La resistività del rame vale $\rho_{Cu} = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$.

► Calcola il valore della differenza di potenziale.

[2,7 V]

- 31** ★★★ I centri di due spire coassiali entrambe di raggio R sono poste a distanza $h = 1,1$ m. Nelle spire circolano rispettivamente le correnti i_1 e i_2 di versi opposti ma d'intensità tali che $i_1/i_2 = \alpha = 0,1$. In un punto a distanza $d < h$ dalla prima spira, lungo l'asse che collega le due spire, il campo magnetico totale si annulla. La distanza d vale 10 cm.

► Calcola il valore del raggio R .

[51 cm]

8 IL MOTORE ELETTRICO

- 32** ★★ Una spira rettangolare con un'area di $12,7 \text{ cm}^2$ è attraversata da una corrente continua di intensità 4,5 A.

► Determina il modulo del momento magnetico della spira.

La spira è immersa in un campo magnetico uniforme di intensità $3,5 \times 10^{-5}$ T.

► Determina il modulo del momento torcente massimo che può agire sulla spira.

[$5,7 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^2$; $2,0 \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}$]

- 33** ★★ Una spira rettangolare è immersa in un campo magnetico uniforme di modulo $7,1 \times 10^{-3}$ T. Le linee del campo formano un angolo α con l'asse della spira. I lati della spira misurano rispettivamente 2,5 cm e 7,8 cm, e la corrente che la attraversa vale 3,5 A. Il momento torcente sulla spira vale $5,5 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$.

► Determina il valore dell'angolo α .

[$6,5^\circ$]

- 34** ★★ Due spire hanno il medesimo perimetro ma sono di forma diversa, una quadrata e una circolare. Supponi che siano attraversate dalla stessa corrente.

► Determina il rapporto tra i momenti magnetici delle due spire.

[$\mu_c/\mu_q = \pi/4$]

- 35** ★★ Una spira quadrata di lato 3,00 cm è immersa in un campo magnetico di modulo $2,1 \times 10^{-2}$ T, le cui linee di campo formano un angolo di 45° con l'asse della spira. Nella spira circola una corrente i di 1,3 A.

ESERCIZI

Determina:

- ▶ intensità, direzione e verso della forza che agisce su ogni singolo lato per effetto del campo magnetico.
- ▶ il valore del momento torcente che agisce sulla spira.

$$[8,2 \times 10^{-4} \text{ N}, 5,8 \times 10^{-4} \text{ N}; 1,7 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}]$$

- 36** Una spira di materiale isolante e raggio r è carica uniformemente con densità di carica lineare $\lambda = 3,18 \times 10^{-2} \text{ C/m}$. La spira ruota con velocità angolare costante $\omega = 10 \text{ rad/s}$ attorno al suo asse perpendicolare alla spira e passante per il suo centro. Il modulo del momento magnetico della spira è $\mu_m = 27 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^2$.

- ▶ Calcola il valore del raggio della spira.

[30 cm]

9 L'AMPEROMETRO E IL VOLTMETRO

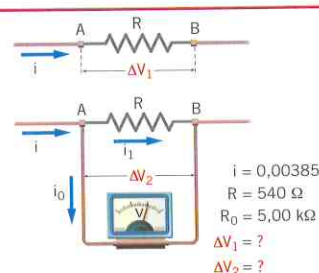
37

★★★

PROBLEMA SVOLTO

Un filo conduttore trasporta una corrente di intensità pari a $0,0385 \text{ A}$ fino a un resistore con una resistenza di 540Ω . In parallelo al resistore si collega un voltmetro che ha una resistenza interna di $5,00 \text{ k}\Omega$.

- ▶ Quanto vale la differenza di potenziale ai capi del resistore prima di inserire il voltmetro?
- ▶ Quanto vale la differenza di potenziale misurata dal voltmetro?



Strategia e soluzione

- La tensione ai capi del resistore prima del collegamento con il voltmetro può essere calcolata grazie alla prima legge di Ohm:

$$\Delta V_1 = Ri = (540 \Omega) \times (0,0385 \text{ A}) = 20,8 \text{ V}.$$

- Dopo avere inserito il voltmetro la corrente i costante fornita da un circuito esterno si divide nei due rami, come è mostrato nella figura precedente. Per le leggi di Kirchhoff valgono le relazioni

$$\begin{cases} i = i_0 + i_1 \\ Ri_1 = R_0 i_0 \end{cases}$$

da cui si ricava

$$\begin{cases} i_0 = \frac{R}{R + R_0} i = \frac{540 \Omega}{5,54 \times 10^3 \Omega} \times (0,0385 \text{ A}) = 3,75 \text{ mA} \\ i_1 = \frac{R_0}{R + R_0} i = \frac{5,00 \times 10^3 \Omega}{5,54 \times 10^3 \Omega} \times (0,0385 \text{ A}) = 0,0347 \text{ A} \end{cases}$$

- Ora la differenza di potenziale può essere calcolata in due modi (usando la resistenza R oppure la resistenza R_0); per esempio, calcoliamo

$$\Delta V_2 = Ri_1 = (540 \Omega) \times (0,0347 \text{ A}) = 18,7 \text{ V}.$$

Discussione

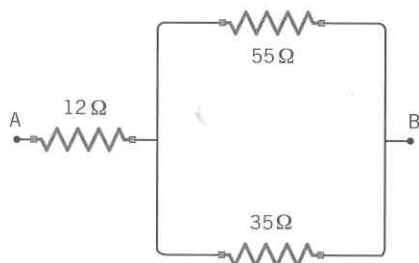
La variazione percentuale tra ΔV_1 e ΔV_2 vale

$$\frac{\Delta V_1 - \Delta V_2}{\Delta V_1} = \frac{(20,8 - 18,7) \text{ V}}{20,8 \text{ V}} = 0,10 = 10\%,$$

che è piuttosto elevata.

È possibile ottenere una misura meno falsata utilizzando un voltmetro con una resistenza interna decisamente maggiore di R_0 . In tal caso, però, la corrente che attraversa il voltmetro diventa molto più piccola e la sua misura ragionevolmente precisa richiede, in generale, uno strumento di qualità migliore e, verosimilmente, più costoso.

- 38** Tra i punti A e B del sistema di resistenze nella figura scorre una corrente di intensità $4,0\text{ A}$. In parallelo alla resistenza da $55\ \Omega$ si collega un voltmetro che ha una resistenza interna di $4,00\text{ k}\Omega$.



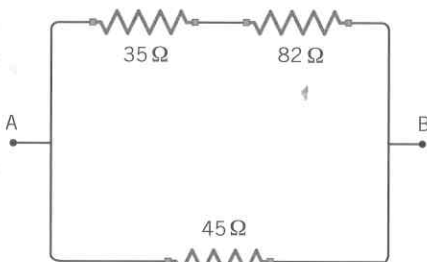
► Quanto vale la differenza di potenziale misurata con il voltmetro?

[85 V]

- 39** Tra i punti A e B del sistema di resistenze nella figura c'è una differenza di potenziale di 120 V . In serie alla resistenza da $45\ \Omega$ si collega un amperometro che ha una resistenza interna di $2,50\text{ m}\Omega$.

► In questo modo, si misura l'intensità di quale corrente?

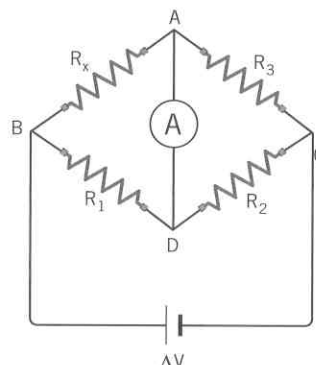
► Quanto vale la corrente misurata con l'amperometro?



[2,7 A]

- 40** Un amperometro è inserito nel circuito schematizzato nella figura. I valori delle resistenze R_1 , R_2 e R_3 sono rispettivamente $10\ \Omega$, $15\ \Omega$ e $30\ \Omega$. L'amperometro non segna passaggio di corrente.

► Quanto deve valere R_x ?



[20 Ω]

PROBLEMI GENERALI

- 1** Due fili rettilinei r ed s sono perpendicolari fra loro e si trovano sullo stesso piano. Nel filo r fluisce una corrente di $5,0\text{ A}$, e nel filo s una corrente di $3,0\text{ A}$. I punti A , B , C e D appartengono al piano dei due fili, sono situati in posizione simmetrica a due a due rispetto ai fili e distano $4,0\text{ cm}$ da r e $2,0\text{ cm}$ da s .

► Determina il campo magnetico in A , B , C e D .

$[-5,0 \times 10^{-6}\text{ T}; -5,5 \times 10^{-5}\text{ T}; 5,0 \times 10^{-6}\text{ T}; 5,5 \times 10^{-5}\text{ T}]$

- 2** Un filo rettilineo indefinito attraversato da una corrente di $3,2\text{ A}$ è affiancato a una spira circolare di raggio $3,0\text{ cm}$ e attraversata da una corrente i . Il filo e la spira sono situati nello stesso piano e il centro della spira dista $5,0\text{ cm}$ dal filo.

► Calcola il valore di i affinché il campo magnetico complessivo nel centro della spira possa essere nullo.

[0,61 A]

- 3** Due conduttori rettilinei e paralleli molto lunghi distano tra di loro $5,0\text{ m}$ e sono percorsi da una corrente continua con la stessa intensità $2,0\text{ A}$. La corrente fluisce nei due conduttori in verso opposto. I punti A e B distano $5,0\text{ m}$ da entrambi i fili.

► Calcola l'intensità del campo magnetico in A e B .

$[8,0 \times 10^{-8}\text{ T, in entrambi i punti}]$

ESERCIZI

- 4** Due spire circolari hanno lo stesso raggio R e sono disposte nel piano in modo da avere gli assi coincidenti. Quando la distanza d fra i due centri è uguale a R , il campo magnetico nello spazio compreso fra le due spire può approssimativamente essere considerato uniforme. Supponi che nelle due spire la corrente circoli nello stesso verso, abbia la stessa intensità e che $d = R$.

► Determina il rapporto tra il valore del campo magnetico nel centro del sistema e il valore del campo magnetico nel centro di una delle due spire.

[1,1]

- 5** Due fili rigidi paralleli lunghi 1,0 m e percorsi dalle correnti $i_1 = 0,25$ A e $i_2 = 1,1$ A che scorrono in verso opposto sono collegati fra di loro da un elastico di materiale isolante e di costante elastica $k = 5,6 \times 10^{-6}$ N/m. La lunghezza a riposo dell'elastico è 0,72 m.

► Determina l'allungamento dell'elastico quando il sistema si trova in condizioni di equilibrio.

[$1,5 \times 10^{-2}$ m]

- 6** Ai morsetti di una spira quadrata di lato 0,500 m è applicata una differenza di potenziale di 20 V. A fianco della spira, nello stesso piano e parallelamente a un lato, viene posizionato un lungo filo rettilineo percorso da una corrente di 10 A. Il filo si trova a $1,0 \times 10^{-3}$ m dal lato più vicino della spira e la attrae con una forza complessiva di modulo $5,0 \times 10^{-4}$ N.

Determina:

- la resistenza elettrica della spira,
- l'intensità della corrente elettrica che circola nella spira.

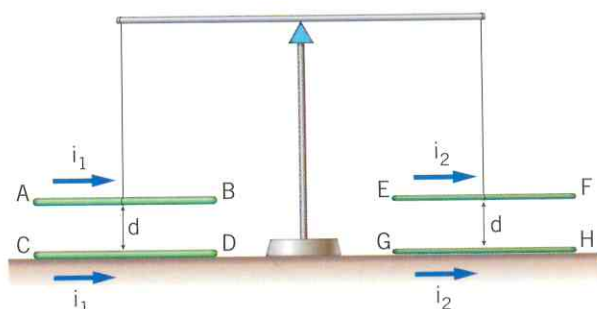
(Adattato dalla seconda prova di maturità sperimentale, 1983)

[40 Ω ; 0,50 A]

- 7** Quattro sottili aste di uguale lunghezza $l = 1,0$ m sono disposte come mostrato in figura. Le aste AB e CD hanno massa $m_1 = 40$ g mentre EF e GH hanno massa $m_2 = 20$ g. CD e GH sono fissate a un piano orizzontale, mentre AB e EF sono libere di muoversi verticalmente collegate da un filo inestensibile di massa trascurabile. Le aste sono attra-

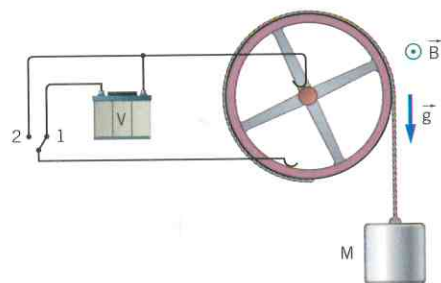
verse da correnti con lo stesso verso ma intensità diverse. Lungo AB e CD scorre $i_1 = 196$ A; lungo EF e GH scorre $i_2 = 98$ A. All'equilibrio la distanza d tra AB e CD è uguale alla distanza tra EF e GH .

► Calcola il valore di d . (Trascura tutti gli attriti.)



[2,9 cm]

- 8** Un prototipo molto elementare di motore elettrico può essere costituito da una ruota conduttrice posta in un campo magnetico. La ruota mostrata in figura è formata da un cerchione con 4 raggi uguali di lunghezza l , ciascuno di resistenza R , mentre la resistenza del resto del circuito è trascurabile. Due contatti striscianti collegano l'asse e il cerchione ai poli di una batteria di forza elettromotrice V . Il campo magnetico \vec{B} è uniforme e perpendicolare al piano verticale della ruota, uscente in figura.



► Si determini la polarità della batteria e il valore V_0 della forza elettromotrice della batteria affinché il motore tenga sollevato l'oggetto di massa M come indicato in figura.

Per i calcoli si usino i seguenti valori numerici:

$l = 20,0$ cm; $R = 20$ m Ω ; $V = 0,25$ V; $B = 0,250$ T; $M = 85$ g; $g = 9,81$ m s $^{-2}$.

(Tratto da Olimpiadi della fisica, problema 3, quesito 1, gara nazionale 2005)

[0,167 V]