

## IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
1. La forza magnetica e le linee del campo magnetico	 ANIMAZIONE I poli magnetici	1,5
2. Forze tra magneti e correnti	 IN LABORATORIO Il campo magnetico di un filo rettilineo percorso da corrente	2
	 ANIMAZIONE Esperimento di Faraday	1
4. L'intensità del campo magnetico	 ESPERIMENTO VIRTUALE Fili magnetici Gioca, misura, esercitati.	
5. La forza magnetica su un filo percorso da corrente	 ANIMAZIONE L'intensità della forza magnetica	2
 MAPPA INTERATTIVA	 IN 3 MINUTI · Il campo magnetico · La forza di Ampere <b>20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK</b> «Hai sbagliato, perché...»	



## VERSO IL CLIL

 FORMULAE IN ENGLISH

Magnetic field produced by an infinitely long straight wire carrying a current (Biot-Savart law)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

 AUDIO

The magnitude of the magnetic field at a point due to an infinitely long wire carrying current equals the product of the magnetic permeability  $\mu_0$  of free space and the current  $I$  in the wire divided by the product of two pi and the distance  $r$  of the evaluation point from the wire.

 QUESTIONS AND ANSWERS

 AUDIO

► What is a magnet?

A magnet is an object that produces a magnetic field. Magnets can be created in nature (loadstone) or manufactured by man (compass needles, fridge magnets etc.) but the common factor is that during formation they are exposed to an external magnetic field. Rotating electrons create magnetic dipoles with magnetic poles of equal magnitude and opposite polarity. During formation, the external field aligns the magnetic dipoles and they remain aligned after the external field is removed.

► Describe the magnetic field around a straight current-carrying wire.

A moving charge produces a magnetic field; hence a current-carrying straight wire produces a magnetic field. The magnitude of the field is directly proportional to the current intensity  $I$  and inversely proportional to the radial distance  $r$  from the wire, so the field falls off rapidly with  $r$ . As the magnetic field  $\vec{B}$  is proportional to the vector product of the conventional current  $\vec{I}$  and  $\vec{r}$  (the radial unit vector) the direction of the magnetic field is everywhere perpendicular to  $\vec{I}$  and  $\vec{r}$  and can be visualised using the right-hand grip rule: the thumb is  $\vec{I}$  and the fingers point in the direction of  $\vec{B}$ .

► Describe the force on a current-carrying wire in a magnetic field.

The force  $\vec{F}$  on a wire of length  $\ell$  carrying a current  $\vec{I}$  in a magnetic field is given by  $\ell$  multiplied by the cross product of vectors  $\vec{I}$  and  $\vec{B}$ . A variation on the right-hand grip rule gives the direction: the thumb points in the direction of conventional current  $\vec{I}$ , the fingers point in the direction of  $\vec{B}$ , and the direction of  $\vec{F}$  is given by the palm of the hand. The magnitude of  $\vec{F}$  is equal to  $I/B \sin \theta$  where  $\theta$  is the smaller angle between  $\vec{I}$  and  $\vec{B}$ : it is greatest when  $\theta$  is  $90^\circ$ , when  $\vec{I}$  is perpendicular to  $\vec{B}$ .

## PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

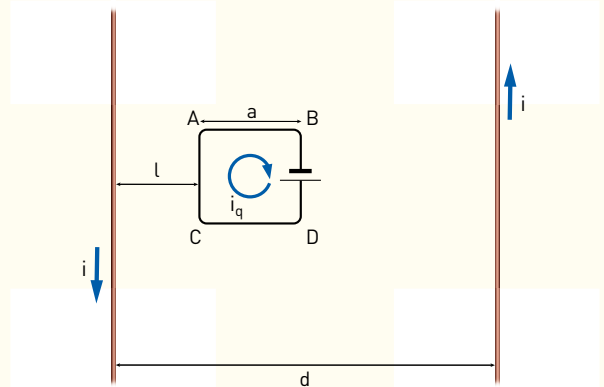
### 3 FORZE TRA CORRENTI

**8** **★★★** Due tratti di filo 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  $\mu\text{N}$ .

► Determina la distanza tra i due tratti di filo.

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

**9** **★★★** 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

**19** **★★★** Un'asta di alluminio con sezione  $1,0 \text{ mm}^2$  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 di peso dell'asta pari allo 0,128%. La densità dell'alluminio vale  $2690 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

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

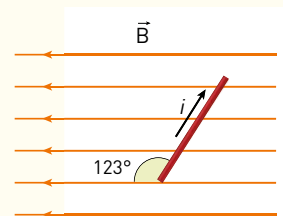
[ $2,1 \times 10^{-5}$  T]

### 5 LA FORZA MAGNETICA SU UN FILO PERCORSO DA CORRENTE

#### PROBLEMA MODELLO 3 UNA NUOVA FORZA?

Un tratto di filo rettilineo, lungo 14 cm, ha una resistenza  $R = 2,6 \Omega$  ed è collegato a un alimentatore che fornisce una differenza di potenziale  $\Delta V = 48 \text{ V}$ . Il filo si trova in una zona in cui è presente un campo magnetico di valore  $B = 9,4 \times 10^{-2} \text{ T}$ , la cui direzione forma un angolo di  $123^\circ$  con quella del filo.

► Trova intensità, direzione e verso della forza che agisce sul filo.



#### ■ DATI

Lunghezza del filo:  $l = 14 \text{ cm}$   
 Resistenza del filo:  $R = 2,6 \Omega$   
 Differenza di potenziale dell'alimentatore:  
 $\Delta V = 48 \text{ V}$   
 Intensità del campo magnetico:  $B = 9,4 \times 10^{-2} \text{ T}$   
 Direzione del campo rispetto al filo:  $\theta = 123^\circ$

#### ■ INCOGNITE

Intensità della forza:  $F_m = ?$   
 Direzione di  $\vec{F}_m$ ?  
 Verso di  $\vec{F}_m$ ?

#### L'IDEA

- Per prima cosa, calcolo l'intensità di corrente tramite la prima legge di Ohm.
- Applico la formula per il calcolo della forza magnetica su un filo percorso da corrente.
- Per trovare la direzione e il verso della forza, uso la regola della mano destra.

## LA SOLUZIONE

Calcolo l'intensità di corrente.

$$i = \frac{\Delta V}{R} = \frac{48 \text{ V}}{2,6 \Omega} = 18 \text{ A}$$

Calcolo il modulo di  $\vec{F}_m$ .

$$F = i l B \sin \theta = (18 \text{ A}) \times (14 \times 10^{-2} \text{ m}) \times (9,4 \times 10^{-2} \text{ T}) \times (\sin 123^\circ) = 0,20 \text{ N}$$

Determino la direzione e il verso della forza magnetica.

Applico la regola della mano destra: mettendo il pollice nella direzione della corrente e le altre dita in quello del campo magnetico, la direzione della forza è quella della perpendicolare al piano individuato dalla direzione della corrente e da quella di  $\vec{B}$ . Il verso è uscente dalla pagina.

**27** ★★★ 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.

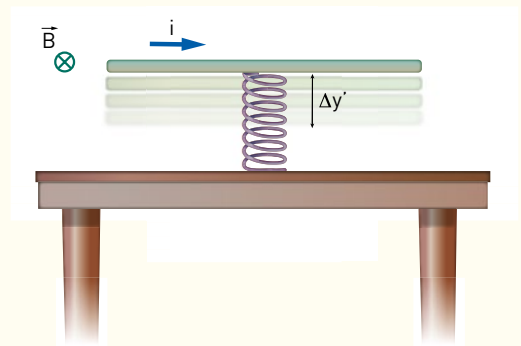
► Determina l'intensità, modulo e direzione della forza totale che agisce sul filo.

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

**28** ★★★ Un'asta lunga  $l = 10 \text{ cm}$  e di massa  $m = 10,2 \text{ g}$  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 subisce una compressione di modulo  $\Delta y$  rispetto alla posizione a molla scarica. Lungo l'asta circola una corrente  $i = 60 \text{ A}$  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  $\vec{B}$ ?



[0,050 T]

## 6 IL CAMPO MAGNETICO DI UN FILO PERCORSO DA CORRENTE

### PROBLEMA MODELLO 4 ALTA TENSIONE

Tra due sostegni di un elettrodotto ad alta tensione da 380 kV corrono 3 conduttori identici che occupano i vertici di un triangolo equilatero di lato 2,0 m. L'elettrodotto trasporta complessivamente una potenza di 860 MW e si trova a un'altezza media dal suolo di 16 m. Approssima la geometria del problema come se ci fosse un solo conduttore, nel baricentro del triangolo, che si trova alla distanza media da terra di 16 m.

► Calcola il valore del campo magnetico generato dall'elettrodotto al suolo immediatamente al di sotto dei 3 fili.

#### ■ DATI

Tensione dell'elettrodotto:  $\Delta V = 380 \text{ kV}$

Lato triangolo equilatero:  $l = 2,0 \text{ m}$

Potenza elettrodotto:  $P = 860 \text{ MW}$

Altezza media dal suolo dell'elettrodotto:

$h = 16 \text{ m}$

#### ■ INCOGNITE

Valore del campo magnetico al suolo:  $B = ?$

## L'IDEA

- Calcolo la corrente che scorre nei conduttori applicando la formula inversa della potenza elettrica  $P = \Delta V \times I$ .
- Utilizzo la legge di Biot - Savart per calcolare il valore del campo magnetico al suolo.

## LA SOLUZIONE

Calcolo l'intensità di corrente che scorre nei 3 fili identici.

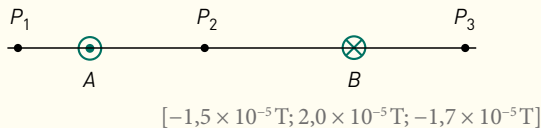
$$i = \frac{P}{\Delta V} = \frac{860 \times 10^6 \text{ W}}{380 \times 10^3 \text{ V}} = 2,26 \times 10^3 \text{ A}$$

Calcolo il valore del campo magnetico al suolo con la legge di Biot - Savart.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi h} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2) \times (2,26 \times 10^3 \text{ A})}{2\pi \times (16 \text{ m})} = 2,8 \times 10^{-5} \text{ T}$$

**37** \*\*\* 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  $\overline{P_3B} = 3,0$  cm.

- Determina la componente verticale 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.



**38** \*\*\* 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  $B = 1,0 \times 10^{-5}$  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 di percentuale tra  $B$  e  $B'$  risulta dell'1,0%.

- Ricava il valore di  $i$ .

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

## 7 IL CAMPO MAGNETICO DI UNA SPIRA E DI UN SOLENOIDE

**51** \*\*\* 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  $i_1 / i_2 = \alpha = 0,10$ . 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

### PROBLEMA MODELLO 7 SPIRA ROTANTE

Una spira quadrata di lato  $l = 3,9$  cm di un motorino elettrico a corrente continua, attraversata da una corrente  $i$ , ha momento magnetico  $\mu_m = 4,1 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ . In un certo istante la perpendicolare alla spira forma un angolo di  $68^\circ$  con la direzione del campo magnetico uniforme di modulo  $B = 5,4 \times 10^{-1} \text{ T}$ .

- Calcola l'intensità di corrente che attraversa la spira.
- Calcola il momento risultante  $\vec{M}$  delle forze magnetiche che farebbero ruotare la spira.

## ■ DATI

Lato spira:  $l = 3,9 \times 10^{-2} \text{ m}$   
 Momento magnetico spira:  $\mu_m = 4,1 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^2$   
 Intensità del campo magnetico:  $B = 5,4 \times 10^{-1} \text{ T}$   
 Angolo tra perpendicolare alla spira e campo magnetico:  $\alpha = 68^\circ$

## ■ INCOGNITE

Intensità di corrente:  $i = ?$   
 Momento torcente:  $\vec{M} = ?$

## L'IDEA

- Inverto la formula  $\vec{\mu}_m = i \vec{A}$  e ricavo l'intensità della corrente che circola nella spira.
- Il momento della forza magnetica che agisce sulla spira si ottiene calcolando il prodotto vettoriale tra il momento magnetico della spira e il campo magnetico, e il suo modulo vale  $M = i A B \sin \alpha$ .

## LA SOLUZIONE

## Calcolo l'area della spira.

$$A = l^2 = (3,9 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

## Calcolo la corrente che circola nella spira.

Dalla formula inversa di  $\mu_m$  ricavo  $i$ :  $\mu_m = Ai \Rightarrow i = \frac{\mu_m}{A} = \frac{4,1 \times 10^{-3} \text{ Am}^2}{1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 2,7 \text{ A}$

## Calcolo il momento risultante delle forze magnetiche sulla spira.

$$\vec{M} = \vec{\mu}_m \times \vec{B} \Rightarrow M = \mu_m B \sin \alpha = (4,1 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^2) \times (5,4 \times 10^{-1} \text{ T}) \times \sin 68^\circ = 2,1 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$$

La direzione di  $\vec{M}$  sarà perpendicolare al piano individuato da  $\vec{\mu}_m$  e  $\vec{B}$  con verso dato dalla regola della mano destra (pollice della mano destra nel verso del vettore momento magnetico  $\vec{\mu}_m$ , le altre dita nel verso del vettore campo magnetico  $\vec{B}$ , e il vettore  $\vec{M}$  è uscente dal palmo della mano.)

**63** ★★★ 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.

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

**64** ★★★ Una spira circolare di materiale isolante e raggio  $r$  è caricata 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  $\mu_m = 27 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}$ .

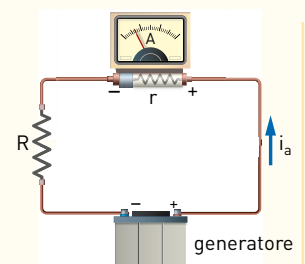
- Calcola il valore del raggio della spira.

[30 cm]

## 9 L'AMPEROMETRO E IL VOLTMETRO

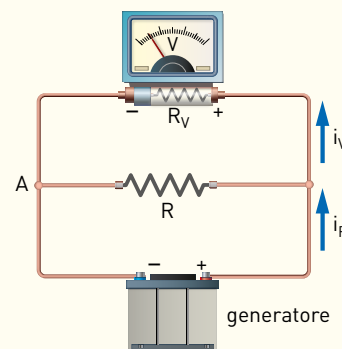
## PROBLEMA MODELLO 8 CORRENTI E TENSIONI CON E SENZA STRUMENTI DI MISURA

Un alimentatore variabile regolato a una tensione di uscita di 20,8 V fa circolare una corrente  $i$  attraverso un resistore con resistenza  $R = 540 \Omega$ . In un primo momento si vuole misurare l'intensità di corrente che attraversa il resistore e si collega quindi in serie al resistore un amperometro con una resistenza interna  $r = 12,0 \Omega$ .



In seguito si vuol misurare la differenza di potenziale ai capi del resistore. Si scollega l'amperometro e, in parallelo al resistore, si collega un voltmetro che ha una resistenza interna  $R_v = 5,00 \text{ k}\Omega$ .

- ▶ Quanto vale l'intensità di corrente che attraversa il resistore prima dell'inserimento di qualsiasi strumento di misura?
- ▶ Quanto vale l'intensità di corrente misurata dall'amperometro?
- ▶ Calcola la variazione percentuale tra l'intensità di corrente calcolata prima e misurata dopo l'inserimento dell'amperometro.
- ▶ Quanto vale la differenza di potenziale ai capi del resistore prima dell'inserimento di qualsiasi strumento di misura?
- ▶ Quanto vale la differenza di potenziale misurata dal voltmetro?
- ▶ Calcola la variazione percentuale tra la differenza di potenziale ai capi di  $R$  calcolata prima e misurata dopo l'inserimento del voltmetro.



## ■ DATI

Tensione alimentatore:  $\Delta V = 20,8 \text{ V}$   
 Resistenza del resistore:  $R = 540 \Omega$   
 Resistenza interna amperometro:  $r = 12,0 \Omega$   
 Resistenza interna voltmetro:  $R_v = 5,00 \text{ k}\Omega$

## ■ INCOGNITE

Intensità di corrente senza amperometro:  $i = ?$   
 Intensità di corrente misurata:  $i_a = ?$   
 Variazione percentuale correnti:  $\Delta i\% = ?$   
 Tensione ai capi di  $R$  senza voltmetro:  $\Delta V = ?$   
 Tensione ai capi di  $R$  misurata:  $\Delta V_v = ?$   
 Variazione percentuale tensioni:  $\Delta V\% = ?$

## L'IDEA

- Applico la prima legge di Ohm per determinare la corrente che attraversa  $R$  prima e dopo l'inserimento dell'amperometro in serie.
- Valuto la variazione percentuale tra il valore dell'intensità di corrente  $i$  calcolato prima dell'inserimento dell'amperometro e quello  $i_a$  misurato dopo come  $\Delta i\% = \left(\frac{i - i_a}{i} \times 100\right)\%$ .
- Il valore di  $\Delta V$  ai capi di  $R$  prima dell'inserimento del voltmetro è la tensione stessa fornita dall'alimentatore poiché non sono presenti nel circuito altre resistenze.
- Una volta inserito il voltmetro in parallelo a  $R$ , la corrente fornita dal circuito esterno si divide nei due rami ( $R$  e voltmetro). Per trovare i valori di  $i_R$  e  $i_v$  applico le leggi di Kirchhoff. Applico poi la prima legge di Ohm ad uno dei due rami.
- Valuto la variazione percentuale tra il valore  $\Delta V$  della differenza di potenziale calcolato prima dell'inserimento del voltmetro e quello  $\Delta V_v$  misurato dopo come  $\Delta V\% = \left(\frac{\Delta V - \Delta V_v}{\Delta V} \times 100\right)\%$ .

## LA SOLUZIONE

### Calcolo l'intensità di corrente $i$ senza amperometro.

$$i = \frac{\Delta V}{R} = \frac{20,8 \text{ V}}{540 \Omega} = 38,5 \text{ mA}$$

### Determino l'intensità di corrente misurata dopo l'inserimento dell'amperometro.

$$i_a = \frac{\Delta V}{R + r} = \frac{20,8 \text{ V}}{(540 \Omega) + (12,0 \Omega)} = 37,7 \text{ mA}$$

**Calcolo la variazione percentuale della corrente.**

$$\Delta i\% = \left( \frac{i - i_a}{i} \times 100 \right)\% = \left( \frac{38,5 \text{ mA} - 37,7 \text{ mA}}{38,5 \text{ mA}} \right)\% = 2\%$$

**Applico le leggi di Kirchhoff per trovare le correnti  $i_R$  e  $i_V$ .**

Scrivo la legge dei nodi al nodo A:  $i = i_R + i_V$

Scrivo la legge delle maglie:  $i_R R - i_V R_V = 0$

Risolvero il sistema formato dalle due equazioni e trovo:

$$i_R = \frac{R_V}{R + R_V} i = \frac{5,00 \times 10^3 \Omega}{(540 \Omega) + (5,00 \times 10^3 \Omega)} \times (0,0385 \text{ A}) = 34,7 \text{ mA}$$

$$i_V = \frac{R}{R + R_V} i = \frac{540 \Omega}{(540 \Omega) + (5,00 \times 10^3 \Omega)} \times (0,0385 \text{ A}) = 3,75 \text{ mA}$$

**Determino la tensione  $\Delta V_V$  ai capi di  $R$  dopo l'inserimento del voltmetro.**

$$\Delta V_V = R i_R = (540 \Omega) \times (34,7 \text{ mA}) = 18,7 \text{ V}$$

**Calcolo la variazione percentuale della differenza di potenziale.**

$$\Delta V\% = \left( \frac{\Delta V - \Delta V_V}{\Delta V} \times 100 \right)\% = \left( \frac{20,8 \text{ V} - 18,7 \text{ V}}{20,8 \text{ V}} \right)\% = 10\%$$

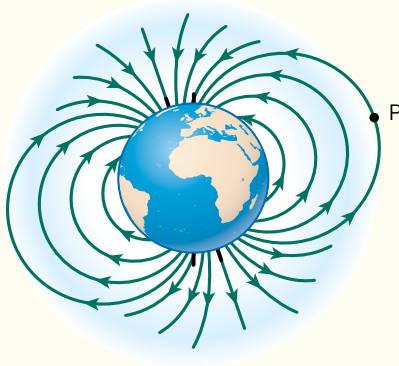
La variazione percentuale della tensione è piuttosto elevata. Si può ottenere una misura meno falsata utilizzando un voltmetro con una resistenza interna decisamente maggiore della resistenza  $R$ . In questo caso, però, la corrente che attraversa il voltmetro diventa molto più piccola e per misurarla con precisione diventa necessario uno strumento di qualità migliore.

**TEST**

- 12** Fra le seguenti sostanze, quali sono quelle ferromagnetiche? Più di una risposta è giusta.
- A Rame.
  - B Nichel.
  - C Alluminio.
  - D Cobalto.
- 13** È possibile ottenere un polo magnetico isolato?
- A Sì, in un qualunque magnete.
  - B No, mai.
  - C Sì, in un magnete stretto e corto, spezzato a metà.
  - D Sì, in un magnete molto sottile, suddiviso molte volte.
- 14** L'unità di misura della permeabilità magnetica del vuoto può essere scritta come:
- A  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{C}^2}$
  - B  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$
  - C  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{A}^2}$
  - D  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{A}^2}$
- 15** La regola della mano destra fornisce il verso della forza  $\vec{F}$  esercitata da un campo magnetico  $\vec{B}$  su un filo rettilineo percorso da corrente. Essa stabilisce che ( $\vec{l}$  è un vettore con la direzione del filo e il verso della corrente):
- A disponendo il pollice nel verso di  $\vec{l}$  e le altre dita in quello di  $\vec{B}$ , il verso di  $\vec{F}$  è quello entrante nel palmo della mano.
  - B disponendo il pollice nel verso di  $\vec{l}$  e le altre dita in quello di  $\vec{B}$ , il verso di  $\vec{F}$  è quello uscente dal palmo della mano.
  - C disponendo il pollice nel verso di  $\vec{B}$  e le altre dita in quello di  $\vec{l}$ , il verso di  $\vec{F}$  è quello uscente dal palmo della mano.
  - D disponendo il pollice nel verso di  $\vec{B}$  e le altre dita in quello di  $\vec{l}$ , il verso di  $\vec{F}$  è diretto verso il polso della mano.
- 16** Due fili paralleli di lunghezza 3,00 m, percorsi ciascuno da una corrente di 2,40 A, sono posti alla distanza di 10 cm. La forza con cui interagiscono vale:
- A  $3,5 \times 10^{-7} \text{ N}$
  - B  $1,4 \times 10^{-5} \text{ N}$
  - C  $3,5 \times 10^{-5} \text{ N}$
  - D  $6,9 \times 10^{-5} \text{ N}$

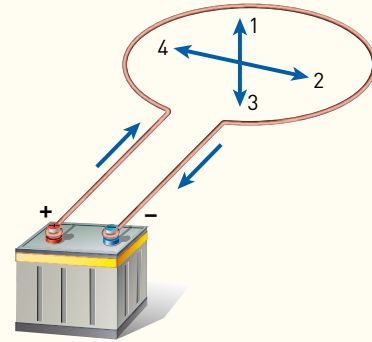


**17** La figura schematizza il campo magnetico terrestre. Supponiamo che un «filo di prova» sia disposto, perpendicolarmente al foglio e alla linea indicata, nel punto P in cui il campo magnetico vale  $2,0 \times 10^{-8}$  T. Il «filo di prova», lungo 20 cm, è percorso dalla corrente  $i = 1,5$  A. La forza che agisce sul filo vale:



- A 0 N.
- B  $6,0 \times 10^{-7}$  N.
- C  $6,0 \times 10^{-8}$  N.
- D  $6,0 \times 10^{-9}$  N.

**18** La figura rappresenta una spira percorsa da corrente, secondo il verso indicato dalle frecce poste vicino alla batteria. Da quale dei vettori è rappresentato il campo magnetico al centro della spira?



- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.

