

2 Interazioni tra correnti e magneti



Figura 9
Hans Christian Oersted (1777-1851).

le PAROLE della FISICA

interazione corrente elettrica/campo magnetico
 electric current/magnetic field interaction
 verso del campo magnetico magnetic field versus
 ampere ampere
 coulomb coulomb

Per molto tempo, dopo i lavori di Gilbert, la ricerca sulle forze magnetiche non fece progressi. Secondo molti scienziati dell'epoca, fra i quali anche Coulomb, non vi erano collegamenti fra fenomeni elettrici e fenomeni magnetici, nonostante vi fossero evidenze del contrario: per esempio si sapeva da tempo che i fulmini erano in grado di cambiare la magnetizzazione di aghi e corpi metallici.

PLUS
 Biografia
 Hans Christian Oersted

L'esperienza di Oersted

Un punto di vista opposto era sostenuto, invece, da coloro che seguivano gli orientamenti della *filosofia della natura*: essi ritenevano che tutte le forze e i fenomeni elettrici, magnetici, termici e luminosi fossero espressioni di un'unica forza vitale universale. Fu proprio un filosofo della natura danese con conoscenze scientifiche, Hans Christian Oersted (**Fig. 9**), a dimostrare nel 1820 l'interazione fra corrente elettrica e campo magnetico: **un filo percorso da corrente provoca la deviazione di un ago magnetico posto nelle sue vicinanze**. Vale a dire che:

Il passaggio di corrente elettrica in un filo genera un campo magnetico.

Oersted dispose un filo conduttore collegato a un generatore secondo la direzione del campo magnetico terrestre e sotto di esso sistemò un ago magnetico parallelamente al filo (**Fig. 10**).

TUTOR
 Disegno attivo

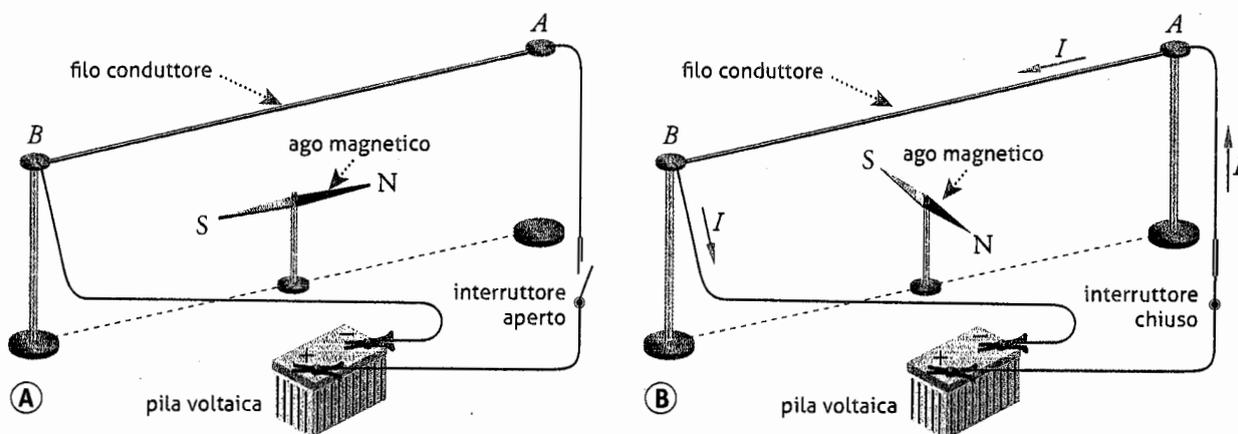


Figura 10

L'esperienza di Oersted.

A Il filo è disposto in modo che abbia la direzione del campo magnetico terrestre, mentre l'ago magnetico si orienta spontaneamente lungo questa stessa direzione.

B Quando si ha il passaggio di corrente attraverso il filo, l'ago magnetico ruota, disponendosi perpendicolarmente al filo, indicando la direzione e il verso del campo magnetico.

Quando il circuito veniva chiuso e passava corrente nel filo AB , l'ago oscillava e, se la corrente aveva una sufficiente intensità, tendeva a disporsi perpendicolarmente al filo stesso. Invertendo il verso della corrente, l'ago oscillava in verso opposto e si disponeva sempre perpendicolarmente al filo, ma orientato in modo opposto. Se si esegue questo esperimento utilizzando una serie di aghi magnetici, è possibile verificare che le **linee del campo magnetico \vec{B} generato dal filo percorso dalla corrente sono le infinite circonferenze concentriche di cui il filo costituisce l'asse (Fig. 11A).**

Il verso del vettore campo magnetico si può ottenere con la **regola della mano destra**: se il pollice indica il verso della corrente nel filo, le dita della mano destra, chiudendosi, seguono il verso delle linee del campo magnetico (Fig. 11B).

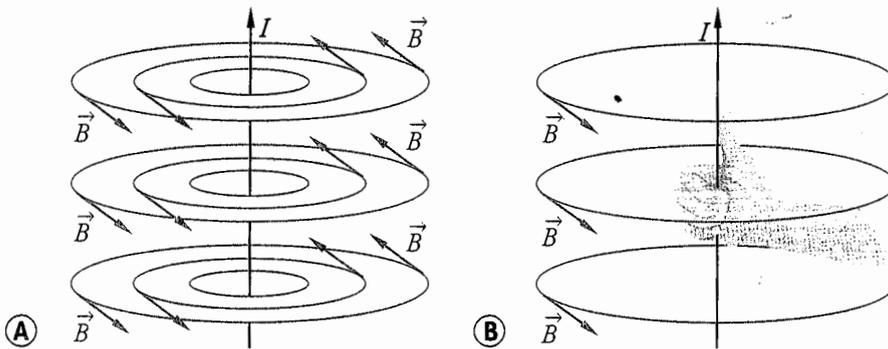


Figura 11

A Le linee di forza del campo magnetico generato dalla corrente che attraversa il filo conduttore.

B La regola della mano destra per la determinazione del verso del vettore \vec{B} .

Due sono gli aspetti rivoluzionari dell'esperienza di Oersted:

- 1) è la prima esperienza che mette in evidenza in modo inequivocabile che una **corrente elettrica genera un campo magnetico** in grado di far muovere un ago esattamente come, fino ad allora, aveva fatto solamente un magnete;
- 2) mostra una caratteristica molto importante dell'interazione fra corrente e ago: **la forza non è diretta lungo la congiungente i due corpi**, il filo e l'ago, come avviene per le masse gravitazionali o per le cariche elettriche in quiete, **ma è perpendicolare al piano che contiene il filo e l'ago** (poiché l'ago ruota, sarebbe più corretto parlare di coppia di forze che agisce sull'ago).

Con l'esperienza di Oersted, l'elettricità e il magnetismo cessarono di essere due rami separati della fisica per diventare un unico dominio di **fenomeni elettromagnetici**.

L'esperienza di Faraday

L'esperienza di Oersted aveva dimostrato che una corrente genera un campo magnetico. Nel 1821 il fisico inglese Michael Faraday (1791-1867) allestì un esperimento in cui dimostrò che:

Un magnete esercita una forza su un conduttore percorso da corrente.

L'esperienza di Faraday evidenzia la **reciprocità delle interazioni tra magneti e correnti**: cariche elettriche in moto generano campi magnetici e, a loro volta, se si trovano immerse in un campo magnetico ne subiscono gli effetti. Questo fenomeno è alla base del funzionamento dei motori elettrici, che vedremo più avanti.

È possibile riprodurre in laboratorio un'esperienza analoga a quella di Faraday,

in cui un filo percorso da corrente passa all'interno di un campo magnetico. Il campo magnetico \vec{B} , diretto lungo la direzione orizzontale (la direzione è verificabile con un ago magnetico), può essere generato da un magnete (Fig. 12). Un filo conduttore, collegato a una batteria, è tenuto sospeso da un piccolo telaio di materiale isolante che gli permette di muoversi lungo la direzione verticale. Quando si chiude il circuito e la corrente I circola nel conduttore da A verso C , il conduttore AC è sottoposto a una forza perpendicolare alla corrente e al campo, che tende a spostarlo verso il basso. Se si inverte il verso della corrente, la forza agente sul conduttore lo sposta verso l'alto. Dall'entità dello spostamento si può risalire all'intensità della forza.

TUTOR
Disegno attivo

Figura 12

L'esperienza di Faraday.

- A** Nel filo conduttore immerso nel campo magnetico non passa corrente.
- B** Chiudendo il circuito, il passaggio della corrente nel conduttore fa sì che esso subisca l'effetto della forza magnetica, che tende a spostare il telaio verso il basso.

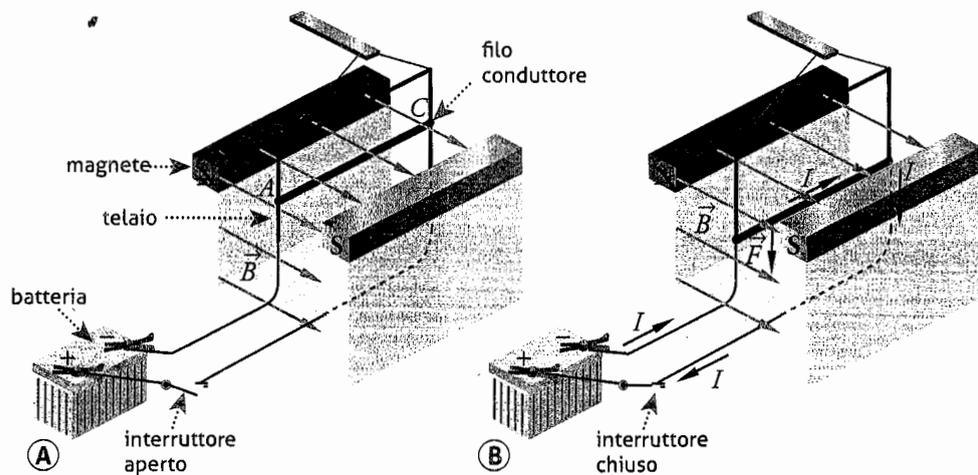


Figura 13

André-Marie Ampère (1775-1836).

PLUS
Biografia
André-Marie Ampère

L'esperienza di Ampère

Poco dopo l'esperienza di Oersted, il fisico francese André-Marie Ampère (Fig. 13) studiò il comportamento di due fili percorsi da corrente, osservando che:

Due fili conduttori rettilinei e paralleli si attraggono se la corrente li percorre nello stesso verso, si respingono se la corrente li percorre in versi opposti.

Il modulo della forza che si esercita su un tratto di lunghezza l di ognuno dei due fili è direttamente proporzionale alla lunghezza l del filo, alle due intensità di corrente I_1 e I_2 ed è inversamente proporzionale alla distanza r dei fili (Fig. 14):

$$F_l = k \frac{l I_1 I_2}{r}$$

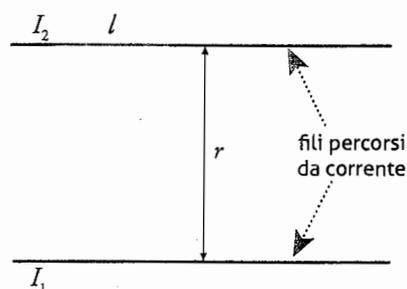


Figura 14

Il tratto di filo l è indicato in colore.

La relazione trovata da Ampère è utilizzata per definire l'**unità di misura della corrente**, che in suo onore prende il nome di **ampere (A)**:

Se in due fili rettilinei, paralleli e di lunghezza infinita (in pratica molto più lunghi della loro distanza), posti alla distanza di 1 m, è fatta circolare la corrente di 1 A, la forza che si esercita su ciascun tratto di filo lungo 1 m è di $2 \cdot 10^{-7}$ N.

Sulla base della precedente definizione, si ricava che la costante k è numericamente uguale a $2 \cdot 10^{-7}$.

Poiché $k = \frac{F_l r}{I_1 I_2 l}$, la sua unità di misura nel SI è newton su ampere al quadrato; infatti:

$$\frac{\text{forza}}{\text{correnti}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}^2 \cdot \text{m}} = \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$$

←----- distanza dei fili ----->

←----- lunghezza dei fili ----->

Possiamo a questo punto ridefinire il **coulomb** in funzione dell'ampere che, ricordiamo, è la grandezza elettrica fondamentale nel SI:

La carica di 1 C rappresenta la quantità di carica che attraversa una sezione trasversale del conduttore in 1 s quando l'intensità di corrente che lo percorre è di 1 A.

L'esperienza di Ampère conclude il ciclo delle esperienze fondamentali che aprirono nuovi scenari alle interazioni elettriche e magnetiche, che d'ora in poi chiameremo *interazioni elettromagnetiche*.

esempio 1

Determina la forza per unità di lunghezza con cui si attraggono due fili, posti alla distanza di 10 cm e percorsi entrambi da una corrente di 2 A. Se le lunghezze dei due fili sono rispettivamente 4 m e 2,8 m, determina la forza complessiva che agisce su ognuno dei due fili.

Il modulo della forza che si esercita su un tratto di lunghezza l è dato da

$F_l = k \frac{l I_1 I_2}{r}$. Ne segue che la forza per unità di lunghezza è data da:

$$\frac{F_l}{l} = k \frac{I_1 I_2}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot \frac{4 \text{ A}^2}{0,1 \text{ m}} = 8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

La forza complessiva che agisce su ogni filo è proporzionale alla sua lunghezza, quindi:

$$F_1 = k \frac{l_1 I_1 I_2}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot \frac{4 \text{ m} \cdot 4 \text{ A}^2}{0,1 \text{ m}} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_2 = k \frac{l_2 I_1 I_2}{r} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot \frac{2,8 \text{ m} \cdot 4 \text{ A}^2}{0,1 \text{ m}} = 2,24 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

RAGIONA RISPONDI



- Spiega che cosa succede nell'esperimento di Oersted se:
 - cambi il verso della corrente invertendo il collegamento del conduttore con i poli del generatore;
 - allontani la bussola dal conduttore.
- Che cosa succede nell'esperimento di Faraday se inverti il verso del campo? E se inverti contemporaneamente anche quello della corrente?