

LA DIFFERENZA DI POTENZIALE E LA CORRENTE ELETTRICA

In questa lezione apprenderemo:

- che cosa sono la differenza di potenziale e la corrente elettrica
- che cosa sono l'equilibrio idrico, termico ed elettrico
- che cosa sono i circuiti elettrici, i conduttori e gli isolanti
- che cosa sono i processi stazionari
- che cosa sono gli elettroni di conduzione
- che cos'è l'intensità della corrente

La differenza di potenziale e la corrente elettrica

Che cos'è
la corrente elettrica

p 217

Cariche elettriche in movimento costituiscono ciò che indichiamo con il termine **corrente elettrica**.

Un movimento delle cariche può verificarsi sia nei corpi solidi, sia nei corpi liquidi, sia nei corpi gassosi:

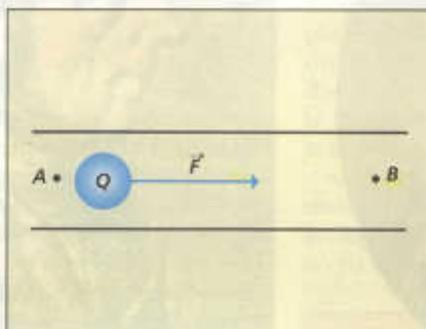
Nei corpi solidi i portatori di cariche sono gli elettroni, per cui la corrente è detta anche elettronica; nei corpi liquidi i portatori di cariche sono gli ioni, per cui la corrente è detta anche ionica; nei gas la corrente può essere sia di tipo ionico, sia di tipo elettronico.

Qualunque sia il mezzo conduttore entro il quale le cariche elettriche si muovono, è evidente che deve esistere una causa che le costringe a muoversi:

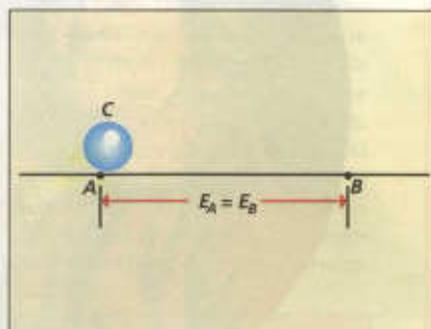
una **carica elettrica Q** si sposta da un punto **A** a un punto **B** se c'è una **forza** che la spinge ad andare da **A** a **B**.

Perché una forza agisca sulla carica Q , occorre che Q si trovi in un campo di forze. D'altra parte, sotto l'azione di un campo di forze, la carica Q può spostarsi da un punto A a un punto B solo se tra A e B esiste una **differenza di potenziale (d.d.p.)**: vedi fig. 1.

1. A fianco.
La carica Q può spostarsi da A a B solo se tra A e B esiste una differenza di potenziale.



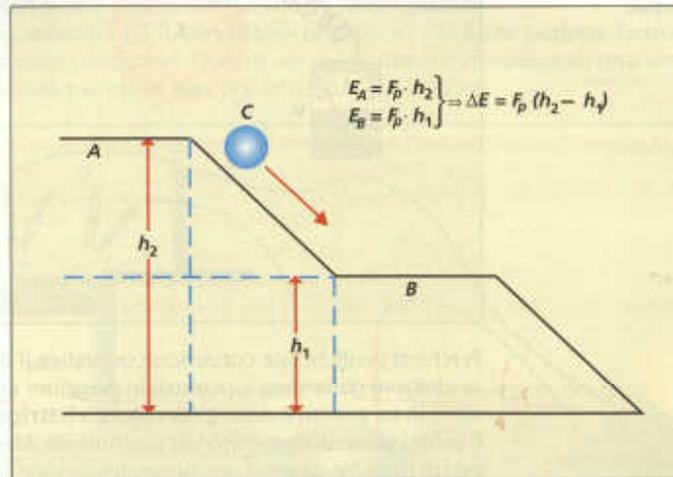
2. Estrema destra.
Fra i punti A e B non esiste differenza di energia potenziale gravitazionale ($E_A = E_B$).
La sferetta C non può spostarsi da A a B .



Per esempio, consideriamo i due casi illustrati, rispettivamente, nella fig. 2 e nella fig. 3. In entrambi i casi, la sferetta C è posta in un campo di forze gravitazionali. Ma essa può spostarsi da A a B , sotto l'azione del campo, solo nel secondo caso (fig. 3); infatti solo in tal caso fra A e B esiste una differenza di energia potenziale gravitazionale. Possiamo quindi affermare che:

Passaggio di cariche tra due punti

perché si verifichi un **moto di cariche elettriche tra due punti di un mezzo conduttore, qualunque sia la sua natura, è necessario che tra questi due punti esista una differenza di potenziale.**



3. La sferetta C può spostarsi da A a B, perché tra A e B esiste una differenza di potenziale gravitazionale, espressa dalla formula: $\Delta E = F_p (h_2 - h_1)$.

L'equilibrio idrico, termico ed elettrico

Quando si versa un liquido in due vasi comunicanti, questo si dispone, in condizioni di equilibrio, alla medesima altezza nei due rami.

Si ha, quindi, un moto di particelle liquide dal ramo in cui il livello del liquido è maggiore a quello dove il livello è minore:

L'equilibrio idrico

tale passaggio si arresta quando il liquido ha raggiunto lo stesso livello nei due rami (**equilibrio idrico**).

Un fenomeno che evolve con modalità analoghe avviene mettendo a contatto due corpi a temperature diverse. In questo caso si ha un passaggio di calore dal corpo a temperatura più alta a quello a temperatura più bassa:

L'equilibrio termico

tale trasferimento di calore si arresta quando i due corpi avranno raggiunto la **stessa temperatura (equilibrio termico)**.

Anche il trasferimento di cariche elettriche avviene con modalità non dissimili. Consideriamo, infatti, la seguente esperienza.

Due sferette conduttrici S_1 e S_2 vengono caricate in modo da assumere, rispettivamente, i potenziali V_1 e V_2 , diversi fra loro (fig. 4). Ciascuna sferetta è collegata con un elettrometro. Collegando fra loro le due sferette con un filo conduttore, si potrebbe osservare che i due elettrometri segnalano, rapidamente, lo stesso potenziale.

Che cosa è accaduto? È accaduto che attraverso il filo, sotto l'azione del campo elettrico, gli elettroni di conduzione si sono rapidamente spostati dalla sfera a potenziale minore alla sfera a potenziale maggiore.

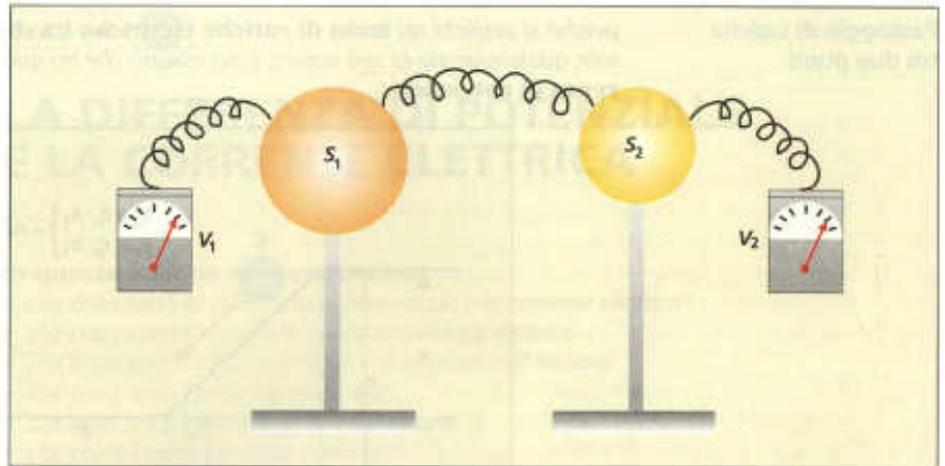
Tale spostamento determina un abbassamento del valore del potenziale della sfera a potenziale maggiore. Il moto delle cariche cessa quando le due sfere hanno raggiunto lo stesso potenziale, cioè quando $V_1 = V_2$ (**equilibrio elettrico**). Tale flusso di elettroni (**corrente elettrica**), quindi, è transitorio.

Se vogliamo che il flusso di elettroni si mantenga nel tempo, dobbiamo costruire un dispositivo che ripristini continuamente tra le due sfere la differenza di potenziale.

domande

L'equilibrio elettrico

4. Le due sferette S_1 e S_2 sono caricate in modo da assumere potenziali diversi. Collegate fra loro da un filo conduttore, assumono rapidamente lo stesso potenziale.



Perché si verifichi tale condizione, in pratica il dispositivo deve essere capace di portare elettroni dalla sfera a potenziale maggiore alla sfera a potenziale minore. Un dispositivo di tal genere è detto **generatore elettrico**.

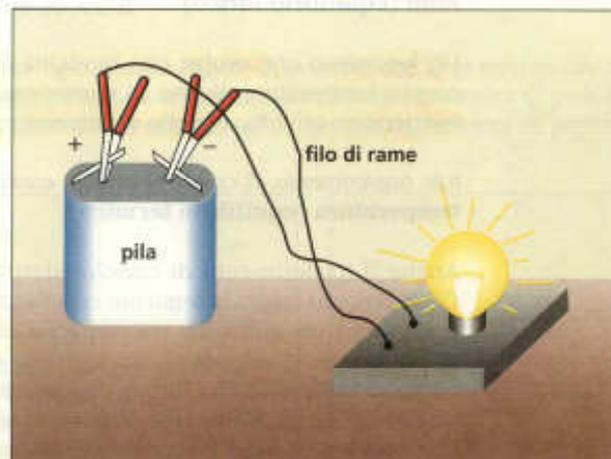
Il primo generatore elettrico fu costruito da Alessandro Volta ed è noto con il nome di *pila di Volta*. Ne daremo una breve descrizione in seguito.

I circuiti elettrici, i conduttori e gli isolanti

I **circuiti elettrici** sono costituiti essenzialmente da tre elementi: un *generatore*, un *elemento utilizzatore* e i *filì conduttori*, che collegano l'utilizzatore all'elemento generatore.

Essi vengono rappresentati mediante appositi *schemi di circuito*. In tali schemi, ogni elemento compare con una propria rappresentazione simbolica, che impareremo a riconoscere senza difficoltà.

5. Esempio di circuito elettrico.

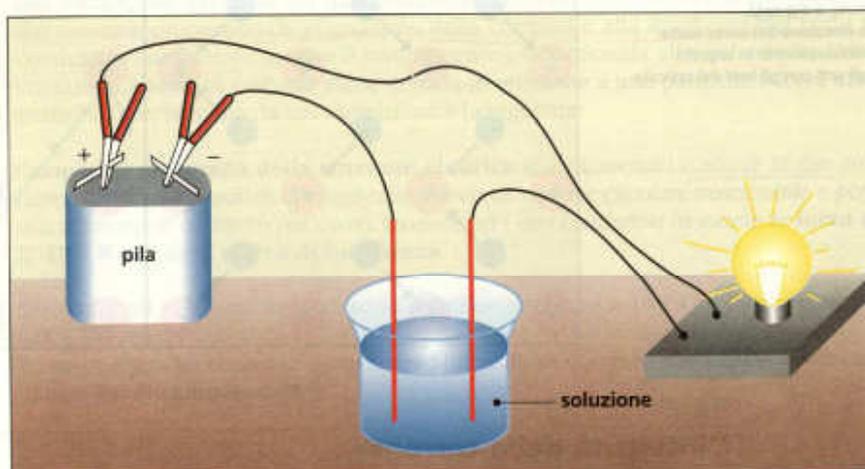


La *fig. 5* illustra un semplice circuito, rappresentato non in forma schematica, ma in modo realistico.

In esso, la lampadina è collegata alla pila mediante due fili di rame. Se avessimo realizzato il collegamento con un altro metallo qualsiasi, avremmo ugualmente garantito la possibilità che la lampadina si accenda. Ma se avessimo collegato la lampadina alla pila mediante due fili di gomma o di plastica, non avremmo mai posto la lampadina in condizione di accendersi.

Per il loro diverso comportamento (che si deduce chiaramente dall'esperienza descritta), il rame, il ferro, l'alluminio e in generale tutti i metalli sono detti **conduttori elettrici**; mentre sostanze come la gomma, la plastica, il legno ecc. sono definite **isolanti elettrici**. Tale distinzione ha solo un valore pratico. Infatti, non esistono né il conduttore perfetto né l'isolante perfetto. Esistono, invece, buoni e cattivi conduttori. Così, in alcune situazioni sperimentali una sostanza può essere isolante, mentre in altre può diventare conduttrice.

6. In un circuito elettrico possono essere usati come conduttori anche le soluzioni in acqua di acidi, basi e sali. Inserendo una di tali soluzioni fra i fili di collegamento, la lampadina si accende.



Possono essere utilizzati come conduttori anche le soluzioni in acqua di sostanze come acidi, basi e sali.

Nel caso del circuito illustrato nella fig. 5, per esempio, la lampadina si accenderebbe anche se tra i fili di collegamento venisse inserita una delle soluzioni citate (fig. 6).

Da tale punto di vista, i conduttori vengono anche distinti in **metallici**, o **conduttori di prima specie**, e **non metallici** o **conduttori di seconda specie**.

Conduttori metallici e non

Gli elettroni di conduzione

In precedenza abbiamo già trattato dei diversi tipi di legami con cui gli atomi si combinano fra loro per dar luogo alla formazione dei cristalli: in particolare, il legame che determina la formazione dei cristalli metallici - che sono tutti buoni conduttori - è il **legame metallico**.

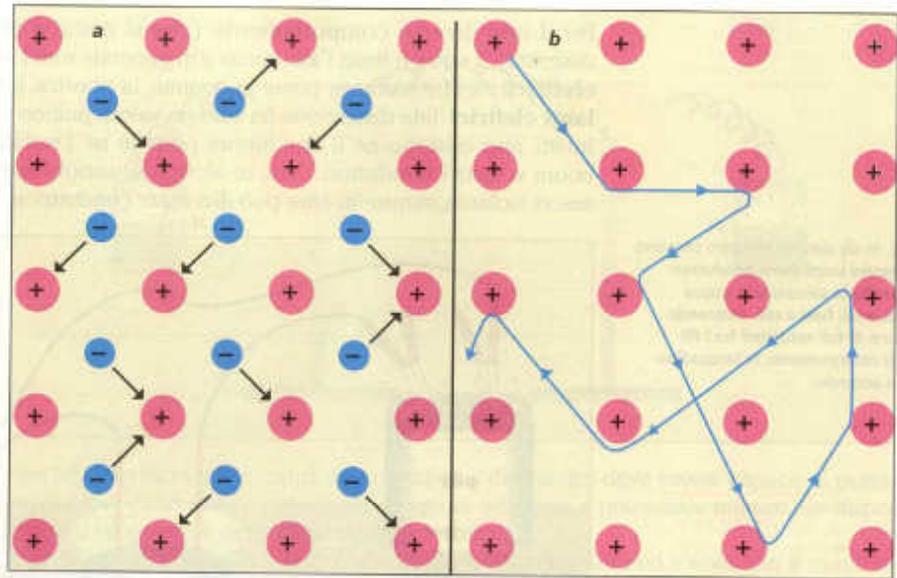
Esaminiamo, per esempio, i metalli alcalini o i metalli nobili. Noteremo che sono tutti metalli monovalenti, perché presentano un unico elettrone nello strato più esterno, un elettrone debolmente legato. Allo stato solido, tale elettrone, detto anche **elettrone di valenza**, si stacca dal proprio atomo, che diventa pertanto uno ione.

Il risultato finale è che il cristallo si trova a essere formato da un reticolo di ioni, attraverso il quale vaga, quasi liberamente, un "gas di elettroni".

Sono proprio gli elettroni che compongono questo "gas" a determinare la conduzione nei metalli. Pertanto, a tali elettroni è dato il nome di **elettroni di conduzione** (fig. 7a). Il gas di elettroni da essi formato è anche noto con il nome di **mare di Fermi**, poiché fu Enrico Fermi (1901-1954) a studiarne per primo le leggi di comportamento.

Gli elettroni di conduzione si muovono attraverso il reticolo cristallino a una velocità dell'ordine dei 10^6 m/s, cambiando continuamente direzione (moto a zig-zag) in seguito agli urti con gli ioni del reticolo (fig. 7b). In presenza di un campo elettrico, gli elettroni di conduzione acquistano un moto di insieme nella direzione di quest'ultimo. La velocità di tale moto di insieme è estremamente piccola, essendo dell'ordine del decimo di millimetro al secondo.

7. a) Rappresentazione schematica degli elettroni di conduzione. Gli elettroni di conduzione vagano quasi liberamente attraverso un reticolo di ioni (gas di elettroni).
 b) In assenza di campo elettrico, il moto di ciascun elettrone all'interno del reticolo cristallino è un moto casuale (moto a zig-zag). La direzione del moto muta continuamente in seguito agli urti con gli ioni del reticolo.



L'intensità della corrente

p 217

Un conduttore è attraversato dalla corrente elettrica quando in esso si verifica un flusso di cariche elettriche. A causa di tale flusso, una qualunque sezione S del conduttore (fig. 8) è attraversata, in un dato tempo Δt (per esempio, un secondo) da una certa quantità di carica ΔQ . Naturalmente, a parità di tempo Δt , la corrente che attraversa il conduttore è tanto maggiore (più intensa) quanto più grande è il valore di ΔQ . Pertanto, si definisce intensità I della corrente elettrica il rapporto:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad [44.1.]$$

Che cos'è l'intensità di una corrente elettrica

per tanto l'intensità della corrente elettrica è la quantità di carica ΔQ che attraversa una sezione S del conduttore nell'unità di tempo.

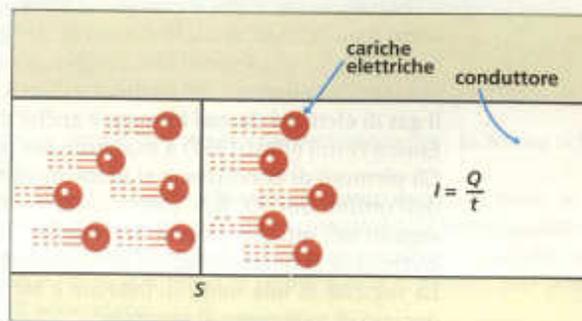
L'intensità della corrente elettrica, nel SI, si misura in **ampere (A)**:

Che cos'è l'ampere

un conduttore è attraversato dalla corrente di **1 ampere** quando, per una sua sezione S , passa **1 coulomb** di elettricità in **1 secondo**.

Ossia:
$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ secondo}}$$

8. L'intensità I della corrente è la quantità di carica Q che attraversa la sezione S di un conduttore in 1 secondo.



Facciamo notare che le unità di misura dell'intensità di corrente e della carica elettrica sono strettamente legate: all'intensità unitaria, infatti, corrisponde il passaggio della quantità di carica unitaria. Pertanto, è ugualmente possibile definire in modo opportuno la quantità di carica unitaria e dedurre da essa l'unità per l'intensità di corrente, oppure operare nel modo inverso. Attualmente, si preferisce assumere l'ampere come unità fondamentale e ricavare da essa la definizione di coulomb (l'unità di carica).

Come vedremo in seguito, tra due conduttori rettilinei percorsi da corrente si esercita una forza. Quest'ultima, se nei due conduttori fluiscono intensità di corrente uguali, è direttamente proporzionale al quadrato della corrente e alla lunghezza del tratto di conduttore considerato, mentre è inversamente proporzionale alla distanza fra i due conduttori. L'unità di corrente viene definita in relazione a una particolare forza assegnata. Più precisamente, la sua definizione è la seguente:

Una definizione dell'ampere

l'ampere è l'intensità della corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori rettilinei e paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro nel vuoto, produce tra i due conduttori in esame la forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N per ogni metro di lunghezza.

Sottomultipli dell'ampere usati sono il *milliampere* ($\text{mA} = 10^{-3}$ A) e il *microampere* ($\mu\text{A} = 10^{-6}$ A).

Lo strumento che consente di misurare l'intensità di corrente che fluisce in un conduttore è detto **amperometro**.

I processi stazionari

Il flusso stazionario di un liquido

Consideriamo un liquido che scorre in un condotto. La condizione che si deve verificare perché il flusso del liquido suddetto possa essere definito stazionario è che la portata si mantenga costante. Si definisce portata:

Che cos'è la portata di un condotto

la **quantità di liquido** che attraversa una **sezione del condotto nell'unità di tempo**.

In formula:

$$P = \frac{Q}{t}$$

Consideriamo il condotto della *fig. 9*, collegato ai due recipienti laterali. Il moto del liquido e la conseguente portata si mantiene costante fin quando c'è una differenza di livello nei due recipienti laterali. Tale condizione può essere assicurata grazie all'azione di una pompa che preleva liquido dal recipiente *b* e lo riversa nel recipiente *a* con una portata pari a quella del flusso del liquido nel condotto.

Facendo un bilancio energetico, si fa notare che la perdita di energia potenziale nella discesa del liquido nel recipiente *a* è bilanciata dall'energia (*elettrica*) che consuma la pompa nel ripristinare continuamente il dislivello.

Il flusso stazionario di calore

Consideriamo due recipienti contenenti del liquido e collegati con una barra metallica come in *fig. 10*.

Il primo è posto su un fornello elettrico che gli fornisce calore con continuità. Tale calore si trasferisce, per conduzione, attraverso la barra all'altro liquido. Perché tale flusso di calore si mantenga costante nel tempo, occorre che tra i due liquidi ci sia sempre una differenza di temperatura. Pertanto il fornello deve cedere al liquido *a* la stessa quantità di calore che nell'unità di tempo esso ha ceduto attraverso la barra al liquido *b*. Come si vede, si ha una situazione pressoché analoga a quella descritta nel caso del flusso stazionario di un liquido, nell'ipotesi, però, che si trascuri la dispersione di calore nell'ambiente circostante.

Il flusso stazionario di cariche

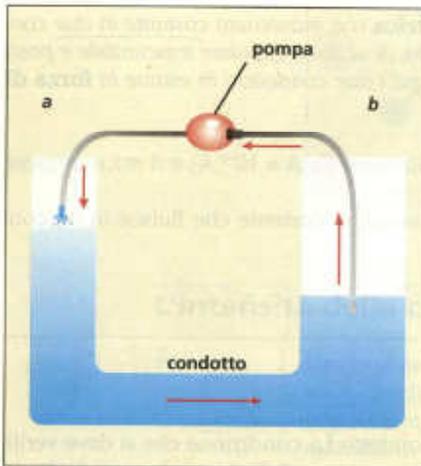
Che cos'è una corrente continua

Una corrente elettrica è detta **continua** se si **mantiene costante nel tempo**. In tal caso il **flusso di cariche elettriche** attraverso il conduttore si dice **stazionario**.

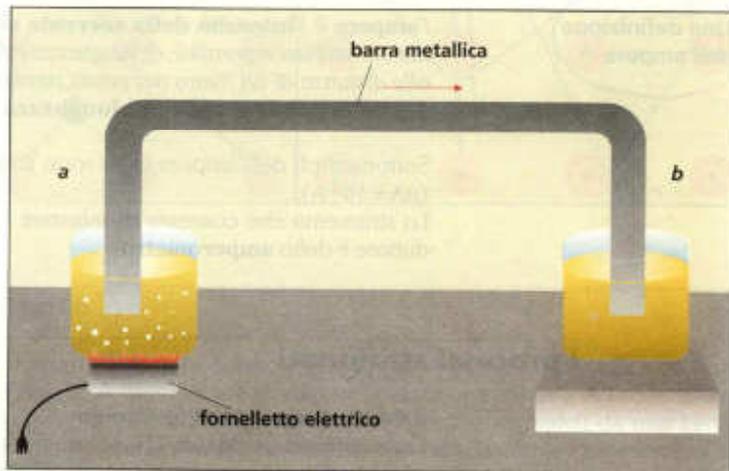
Ciò si realizza quando il rapporto: $I = \frac{Q}{t}$

si mantiene costante. Tale condizione si ottiene mantenendo costante la differenza di potenziale agli estremi del conduttore in esame.

Il dispositivo che viene impiegato allo scopo è, come abbiamo già detto, un generatore elettrico. Esso svolge una funzione analoga a quella della pompa (nel caso del flusso stazionario di un liquido) e del fornello (nel caso del flusso stazionario di calore).



9. La pompa preleva liquido dal recipiente *b* e lo riversa nel recipiente *a* con una portata pari a quella del flusso nel condotto; in tal modo la differenza di livello del liquido tra i due recipienti rimane costante.



10. Il fornello deve cedere al liquido *a* la stessa quantità di calore che nell'unità di tempo esso ha ceduto attraverso la barra al liquido *b*.

TEST

- 1 Che cos'è la corrente elettrica?
- 2 Che cosa determina una corrente elettrica tra due punti di un conduttore?
- 3 Che cos'è un generatore elettrico?
- 4 I circuiti elettrici sono costituiti essenzialmente da tre elementi. Quali?
- 5 Quali sono i conduttori definiti di seconda specie?
- 6 Quali sono gli elettroni di conduzione?
- 7 Definisci l'intensità della corrente elettrica.
- 8 Come si misura l'intensità della corrente elettrica?
- 9 A che cosa serve l'amperometro?
- 10 Sapendo che l'intensità della corrente è di 2.5 ampere (A), calcola la quantità di elettricità che passa in un conduttore in 2 minuti.
- 11 Sapendo che l'intensità della corrente è di 8A, calcola il tempo occorrente per far passare in un conduttore la quantità di elettricità di 400 C.
- 12 Che cos'è una corrente continua?