

LA CORRENTE ELETTRICA E L'IMPIANTO ELETTRICO DOMESTICO

Origine dell'elettricità e natura dei fenomeni elettrici.

È noto che tutti i corpi (solidi, liquidi o gassosi) sono composti da particelle molto piccole chiamate atomi. Ciascun atomo può essere paragonato a un sistema solare in miniatura (figura 1), costituito da un nucleo centrale (composto da particelle con carica positiva, i protoni, e da particelle senza carica, i neutroni) attorno al quale ruotano particelle con carica negativa, gli elettroni.

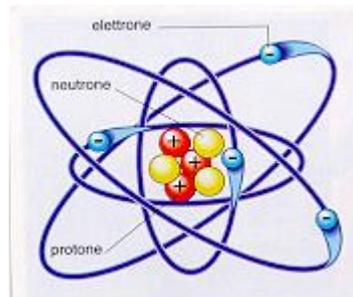


Figura 1

Allo stato naturale gli atomi sono elettricamente neutri, per cui il numero protoni è uguale al numero di elettroni.

La presenza di particelle cariche negativamente e positivamente è alla base dei proprietà elettriche dei materiali. Se, per esempio, si sfregano due bacchette di plastica con un panno di lana e poi le bacchette vengono avvicinate, si vede che esse tendono a respingersi. Se si ripete l'operazione con una bacchetta di plastica e una di vetro, le bacchette si attraggono. Questi semplici esperimenti ci fanno capire che esistono due tipi di cariche elettriche, che chiameremo positive (+) e negative (-).

Il modo in cui i a reciproco contatto dipende dalla loro carica. La regola è la seguente:

- ➔ corpi con cariche dello stesso segno si respingono,
- ➔ corpi con cariche di segno contrario si attraggono.

Nella figura 2 si osserva, infatti, che due sferette cariche di elettricità dello stesso segno (positivo o negativo) si respingono, mentre se le sfere sono cariche di elettricità di segno opposto si attraggono reciprocamente.

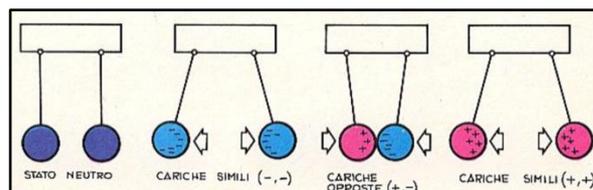


Figura 2

Cerchiamo ora di capire perché strofinando una bacchetta di vetro o di plastica, queste si elettrizzano in modo diverso. Ricordiamoci che in partenza tutti i corpi sono elettricamente neutri, vale a dire che il numero delle cariche elettriche negative è uguale a quello delle cariche elettriche positive. Se strofino la bacchetta di vetro con un panno di lana, alcuni elettroni, passano dalla bacchetta alla lana, per cui il panno assumerà una carica netta negativa (ricordiamoci che l'elettrone possiede carica negativa), mentre la bacchetta, avendo perso alcuni elettroni, assumerà carica netta positiva. Le due bacchette, avendo entrambe carica netta positiva, si respingono (figura 3).

Nel caso delle bacchette di plastica, avviene il contrario, ma il risultato è lo stesso. In questo caso gli elettroni passano dalla lana alla bacchetta, per cui quest'ultima avrà una carica elettrica netta negativa. Ancora una volta, se messe a contatto, le due bacchette di plastica, avendo entrambe una carica elettrica negativa, si respingeranno.

Se, invece, metto a contatto una bacchetta di plastica ed una di vetro, dopo averle strofinate entrambe con un panno di lana, le due bacchette verranno attratte l'una dall'altra perché hanno una carica elettrica opposta.

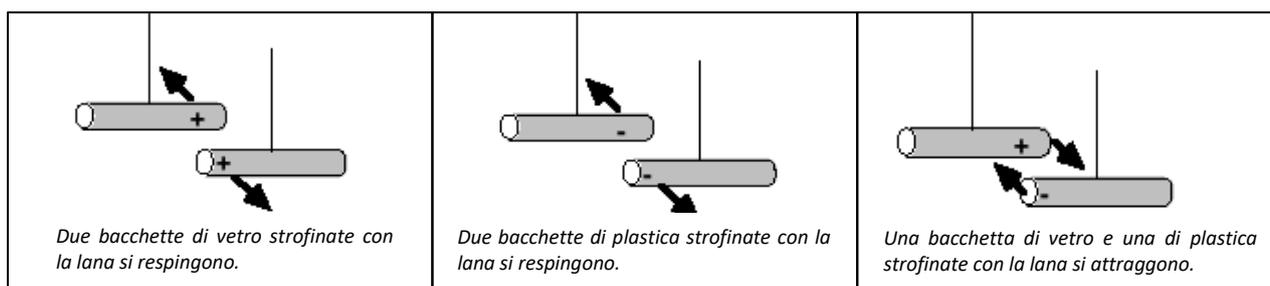


Figura 3

Quando strofiniamo una bacchetta di plastica (una penna, ad esempio) con un panno di lana, e poi avviciniamo la penna a dei pezzettini di carta, vediamo che la penna è in grado di attirare la carta. La penna è carica negativamente, ma la carta non possiede alcuna carica netta. Come è possibile che sia attratta dalla penna?

La spiegazione è dovuta al fatto che, avvicinando la penna alla carta, gli elettroni presenti sulla superficie della penna respingono quelli della carta, per cui si ha nei pezzettini di carta una redistribuzione delle cariche: quelle positive sono rivolte verso la penna, mentre quelle negative si allontanano da essa. Il fenomeno prende il nome di polarizzazione elettrica (figura 4).

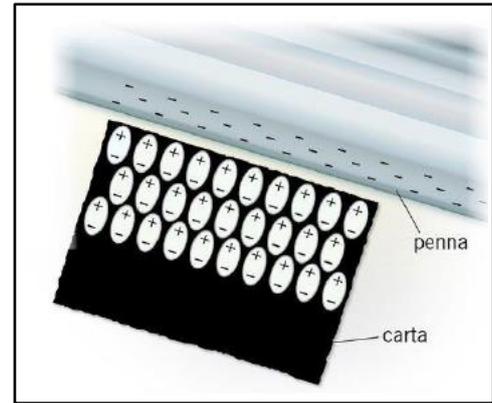


Figura 4

La corrente elettrica.

Immaginiamo avere a che fare con una sfera carica negativamente (A), che possiede quindi molti elettroni in più rispetto ai protoni, con una sfera carica positivamente (B), che, al contrario della prima, possiede più protoni che elettroni. Se colleghiamo le due sfere con un conduttore, ad esempio un filo di metallo, gli elettroni si sposteranno dal corpo A al corpo B (figura 5).

Si chiama **corrente elettrica** un moto ordinato di cariche elettriche negative (elettroni) che vanno dal polo dove ci sono più cariche negative (polo negativo [-]) verso il polo dove ci sono meno cariche negative (polo positivo [+]).

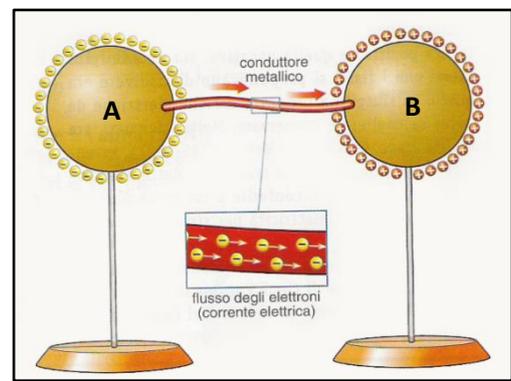


Figura 5

È quello che accade, ad esempio, quando accendiamo una lampadina, il cui filamento viene attraversato dagli elettroni che si spostano da un capo all'altro del circuito.

Per comprendere meglio in cosa consiste l'elettricità, immaginiamo di ingrandire fortemente un filo di rame, per vedere, in modo schematico, cosa accade al suo interno (figura 6). Il filo di rame è formato dai nuclei degli atomi (pallini bianchi), ognuno dei quali va immaginato con il suo guscio di 28 elettroni + 1 elettrone libero. Per semplicità è disegnato il solo elettrone libero che si sposta in qua ed in là intorno ai vari nuclei di rame; vedremo tra breve che è lui, insieme con gli altri elettroni liberi presenti nel filo, il responsabile della corrente elettrica: in un filo di rame lungo 1 metro e di diametro 0,3 millimetri ci sono circa 500 milioni di miliardi di elettroni liberi! Ma in questa situazione non accade nulla, non c'è corrente.

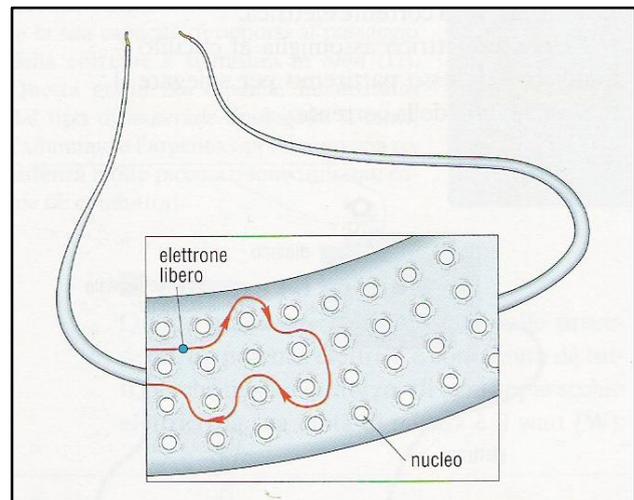


Figura 6

Collegiamo ora il filo di rame con una pila e con un apparecchio utilizzatore, ad esempio una lampadina: in altre parole, adesso il filo è inserito in un circuito elettrico. In queste condizioni, l'elettrone libero si muove a zig zag verso il morsetto positivo della pila, dal quale viene attratto. Dentro la pila c'è, infatti, uno squilibrio di cariche, con gli elettroni accumulati presso il morsetto negativo (-) e le cariche positive accumulate presso il morsetto positivo (+). Miliardi di elettroni liberi, come quelli del disegno in figura 5, si muovono verso il morsetto positivo da cui sono attratti. Il filamento della lampadina è attraversato da questo flusso continuo di elettroni, accendendola.

La differenza di carica elettrica tra i due poli della batteria si mantiene costante in quanto gli elettroni presenti in eccesso al polo negativo si muovono verso il polo positivo, transitando attraverso il filamento di rame e prendendo il posto lasciato libero da quelli che si sono già spostati verso il morsetto positivo (figura 7).

Si ha così un movimento circolare di elettroni liberi, cioè una corrente elettrica.

La pila, in questo circuito, rappresenta il generatore elettrico, quel dispositivo, cioè, in grado di mantenere costante la differenza di cariche elettriche tra i due poli del circuito.

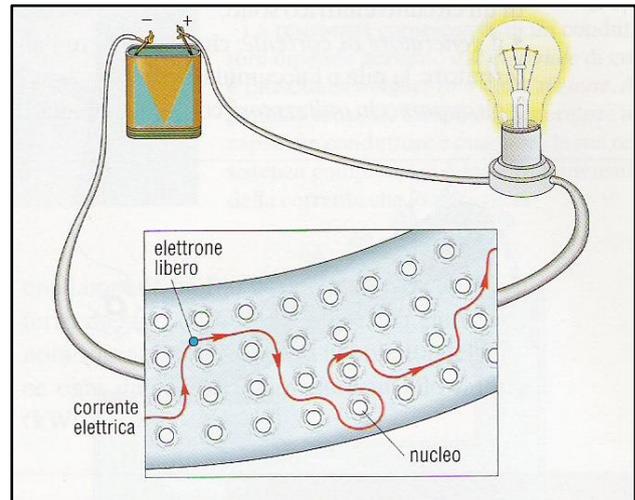
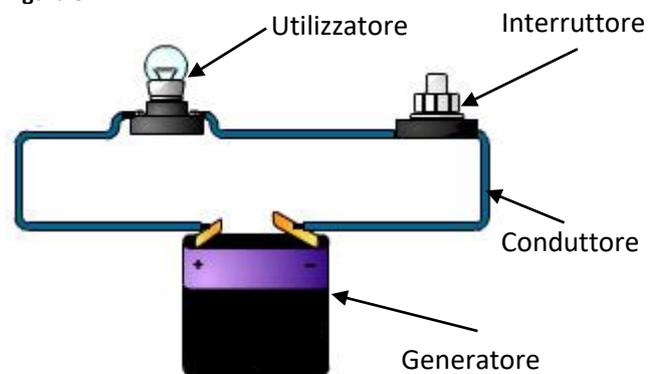


Figura 7

Il circuito elettrico

Il circuito elettrico è un percorso chiuso in cui circola corrente elettrica, costituito dall'insieme degli apparecchi elettrici e dei loro collegamenti, destinati a essere attraversati dalla corrente (figura 8). I componenti di un circuito elettrico sono: il **generatore di corrente**, che può essere l'alternatore, la pila o l'accumulatore; gli **apparecchi utilizzatori**, come la lampada, il frullatore elettrico, il ferro da stiro, cioè gli che trasformano la corrente in altra forma di energia; i **fili conduttori**, che collegano il generatore agli apparecchi utilizzatori e che trasportano la corrente elettrica; gli **interruttori**, che interrompono oppure lasciano passare la corrente elettrica.

Figura 8



Tre grandezze importanti

In un circuito elettrico sono presenti tre grandezze principali,

- Tensione elettrica (o differenza di potenziale),
- Intensità elettrica,
- Resistenza elettrica.

Come vedremo, queste tre grandezze sono legate tra loro.

La differenza di potenziale o tensione elettrica

Per chiarire il concetto di forza elettromotrice ricorriamo all'esempio di un circuito idraulico: un circuito elettrico assomiglia a un circuito idraulico, e da esso partiremo per spiegare il funzionamento della corrente. Immaginiamo di avere due recipienti vuoti collegati tra di loro attraverso un tubo uscente dal loro fondo e munito di una valvola che inizialmente è chiusa e impedisce la comunicazione tra i due recipienti (figura 9). Versiamo poi in uno di essi dell'acqua fino a riempirlo completamente e apriamo quindi la valvola. L'acqua scorrerà nel tubo dal recipiente pieno a quello vuoto a causa dell'energia potenziale (il peso) posseduta e tale flusso

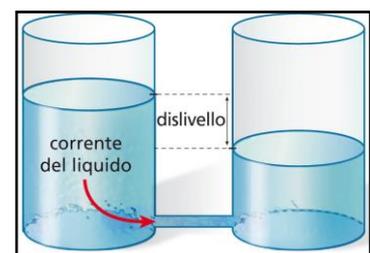


Figura 9

continuerà finché il suo livello non sarà lo stesso nei due recipienti, cioè fino a quando ci sarà una differenza di energia potenziale tra le masse d'acqua. Il dislivello tende ad annullarsi a causa del flusso della corrente d'acqua (figura 10 A).

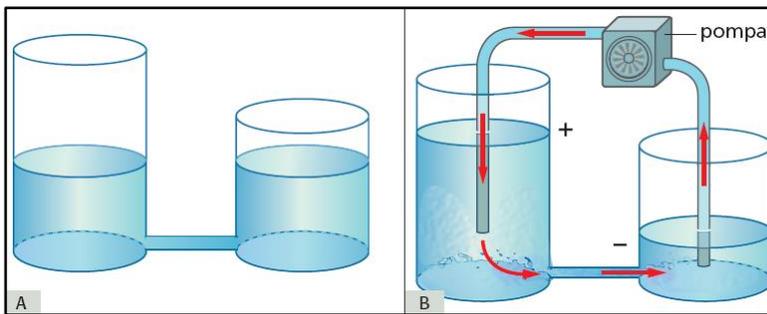


Figura 10

Quando il liquido si troverà allo stesso livello, la corrente smetterà di fluire. Per mantenere la corrente di acqua, occorre ricreare il dislivello con una pompa (figura 10 B).

Il circuito elettrico funziona in modo analogo a quello idraulico. La corrente elettrica, che consiste in un movimento di elettroni, scorre dentro il filo conduttore perché ai suoi capi A e B c'è un «dislivello elettrico», o per essere più precisi, una **tensione** elettrica (detta anche **differenza di potenziale**). Questa tensione coincide quindi con la differenza di carica elettrica tra i due poli del circuito.

Affinché la corrente elettrica possa continuare a fluire nel circuito, occorre mantenere costante la differenza di potenziale tra i due poli. Questa funzione è svolta dal generatore di tensione, quali la dinamo di una bicicletta, una pila, la batteria di un'automobile, ecc.

Il generatore di tensione svolge cioè la stessa funzione svolta dalla pompa nel circuito idraulico. Gli elettroni si spostano naturalmente dal polo in cui sono presenti in maggiore quantità (-), a quello in cui ve ne sono meno (+), e il generatore di tensione è il dispositivo che provvede a riportarli dal polo positivo a quello negativo, in modo che possano rifare il giro del circuito.

Quanto più grande è la differenza di potenziale (la tensione elettrica) agli estremi di un conduttore, tanto maggiore è la forza che muove gli elettroni, e tanto maggiore è la quantità di corrente che attraversa il conduttore. La tensione elettrica si misura con il voltmetro, e la sua unità di misura è il volt (simbolo V), il cui nome deriva da quello del famoso fisico italiano Alessandro Volta (1745-1827).

Nell'impianto elettrico domestico, la differenza di potenziale di 220 volt è quella che esiste tra i due fori della presa di corrente (figura 11). Uno dei due cavi che giungono alla presa è il cavo di arrivo della corrente, la fase, in genere di colore marrone, l'altro, il neutro, è il cavo di ritorno. Occorre precisare che la corrente elettrica che abbiamo a casa è corrente alternata, per cui fase e neutro cambiano continuamente (50 volte al secondo, visto che la frequenza è di 50 Hz).

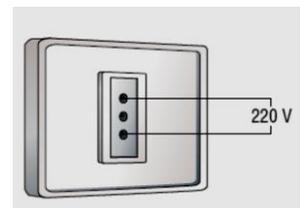


Figura 11

L'intensità di corrente elettrica

Immaginiamo di essere sul bordo di un'autostrada per misurare l'intensità del traffico in quel punto: usando come traguardo una linea immaginaria, trasversale alla corsia, conteremo il numero di autoveicoli che la oltrepassano in un certo intervallo (figura 12).

Con lo stesso metodo possiamo misurare l'**intensità** della corrente elettrica (I), che consiste nella quantità di elettroni liberi che si spostano all'interno di un circuito elettrico in un certo intervallo di tempo.

La formula generale è quindi:

$$\text{Intensità di corrente elettrica} = \text{quantità di elettroni}/\text{tempo}$$

L'Intensità si misura in ampere (A) con uno strumento che prende il nome di amperometro.



Figura 12

La resistenza elettrica

Abbiamo visto che la corrente scorre in un conduttore per effetto di una forza detta tensione elettrica; c'è però qualcosa che contrasta di più o di meno questa forza e tende a frenare lo scorrere degli elettroni: questa forza frenante, che dipende dalla natura del materiale attraversato, è detta **resistenza elettrica**.

La resistenza è una grandezza fisica che misura la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di una corrente elettrica.

Ritornando sempre al circuito idraulico preso come esempio, l'acqua che scorre nel tubo è frenata dall'attrito con le pareti e tale ostacolo è tanto maggiore quanto minore è il diametro del tubo stesso e quanto più lungo è esso.

Anche il flusso di elettroni che attraversa un conduttore incontra un simile impedimento (resistenza elettrica), e la cui intensità dipende dalla sezione e dalla lunghezza del conduttore e dal materiale di cui esso è costituito. Alcuni materiali, infatti, detti conduttori, oppongono un piccolo ostacolo al flusso degli elettroni mentre altri, detti isolanti, ne impediscono quasi del tutto il movimento.

Immaginate una lampadina: come mai alcune lampade fanno tanta luce ed altre ne fanno molto poca, pur essendo tutte ugualmente collegate alla stessa presa dove, come sappiamo, ci sono 220 volt? La spiegazione risiede nella quantità di corrente che passa nella lampadina. Quelle che fanno poca luce sono attraversate da poca corrente; quelle che fanno molta luce sono attraversate da una corrente più forte. Maggiore è questa resistenza e minore è la corrente che riesce a passare (in certi materiali, detti isolanti, la corrente non passa per niente).

Le lampadine che fanno più luce sono costruite in modo tale che il loro filamento, cioè quel filo che si scalda e diventa incandescente, abbia una resistenza bassa e possa quindi far passare più corrente. Questo risultato si può ottenere in vari modi:

- si può usare un materiale che per sua natura abbia una minore resistenza elettrica e quindi presenti una maggior attitudine ad essere attraversato dalla corrente scelto un certo materiale;
- si può fare in modo che la lunghezza del filo sia minore: più corto è il filo, più corrente passa (figura 13 A e B);
- si può usare un filo più grosso: più è grosso il filo, maggiore è la corrente che riesce a passare (figura 14 A e B).

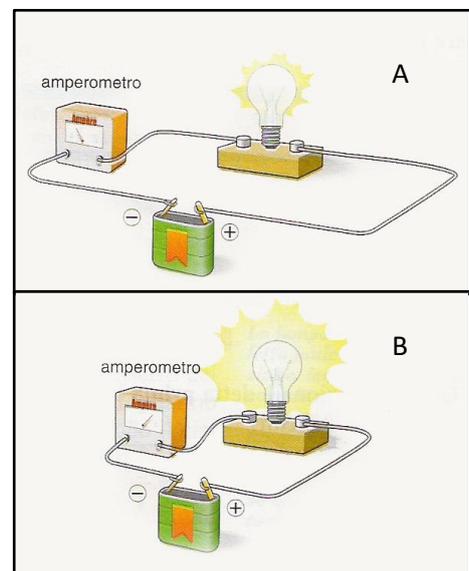


Figura 13

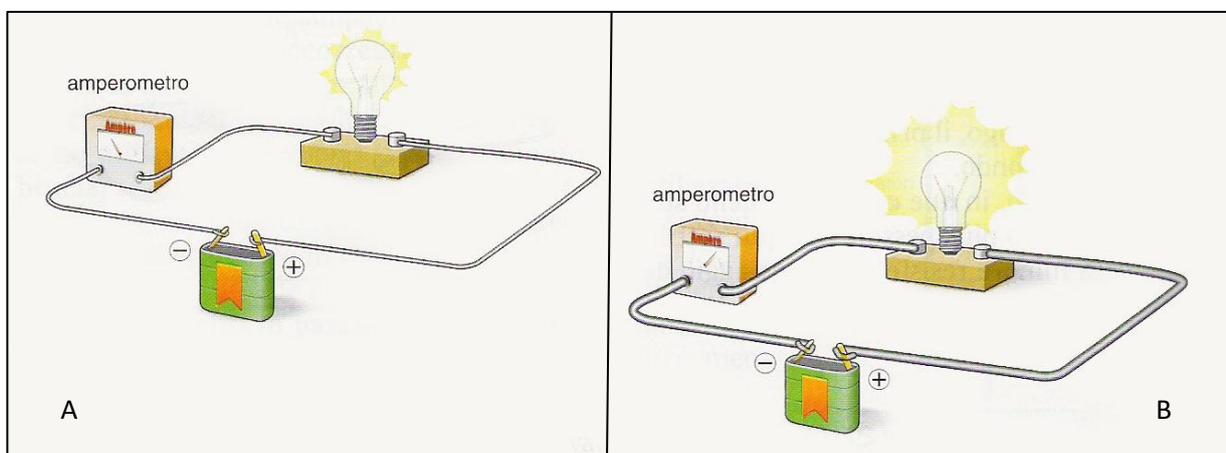


Figura 14

Uno degli effetti della resistenza che il conduttore manifesta al passaggio di corrente elettrica è il riscaldamento del conduttore stesso. Questo effetto, noto come **effetto Joule**, dipende, come detto prima, dal materiale con cui è realizzato il conduttore, dalla sua lunghezza e dalla sua sezione.

L'effetto Joule è utilizzato in alcuni elettrodomestici, quali la stufa elettrica, il phon, il ferro da stiro, i forni elettrici, gli scaldabagni elettrici, ecc. (figura 15). In tutti questi elettrodomestici è presente una resistenza elettrica che si oppone al passaggio degli elettroni, riscaldandosi e permettendo il normale funzionamento dell'elettrodomestico.

Possiamo riassumere i concetti esposti con il disegno accanto (figura 17), che rappresenta un elettrone che cerca di muoversi in un conduttore. **Amp** indica l'elettrone che scorre nel conduttore, e il numero di elettroni che passano rappresenta l'intensità di corrente. **Volt** è la tensione elettrica, la spinta, cioè, che mette in movimento gli elettroni. **Ohm**, infine, è la resistenza, rappresenta come una forza che ostacola il passaggio degli elettroni.

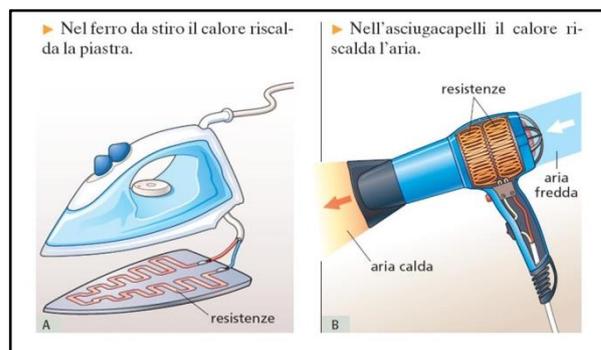


Figura 15

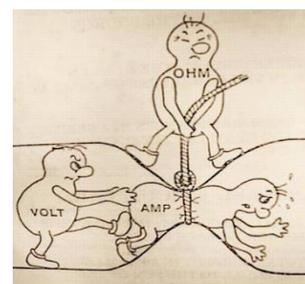


Figura 16

Relazioni tra le grandezze elettriche

Tra tensione (o differenza di potenziale), intensità di corrente e resistenza esiste una relazione, detta Prima legge di Ohm (un fisico tedesco dell'800), in base alla quale "L'intensità di corrente (I) in un circuito è direttamente proporzionale alla tensione (V) ad esso applicata ed inversamente proporzionale alla resistenza (R) del circuito stessa". La sua espressione matematica è:

$$I = V / R$$

Esempio:

V = 200 volt (V)

R = 56 ohm (Ω)

I = 220/56 = 3,57 ampere (A)

Partendo da questa formula, è possibile calcolare le altre due grandezze elettriche: tensione e resistenza. Infatti, sapendo che:

I = V/R, ne consegue che: **V = I X R**, e che: **R = V/I**.

Riprendendo l'esempio precedente:

V = 200 volt (V)

R = 56 ohm (Ω)

I = V/R = 200/56 = 3,57 ampere (A)

Allora ne consegue che:

V = I X R = 3,57 A X 56 Ω = 200 (V);

e che:

R = V/I = 200 V/3,57 A = 56 ohm (Ω)

La potenza elettrica e l'energia elettrica

La potenza (W) è il prodotto dell'intensità di corrente, misurata in ampere, per la tensione, misurata in volt. La formula è quindi: P(W) = I X V. Da essa è possibile ricavare l'intensità, dato che I = P/V, e la tensione, dato che V = P/I.

L'unità di misura della potenza elettrica è il watt (simbolo W) e suoi multipli sono il chilowatt (simbolo kW), pari a 1.000 watt, ed il megawatt (simbolo MW), pari a 1.000.000 di watt.

Il prodotto della potenza elettrica (watt) per il tempo (ore) è l'energia elettrica consumata e la misura di 1 chilowattora (simbolo kWh) corrisponde all'energia consumata in un'ora da un apparecchio elettrico della potenza di 1.000 watt.

Ad esempio una lampadina da 100 W consuma: 100 wattora (cioè 0,1kWh) se funziona per 1 ora; 10 wattora (cioè 0,01kWh) se funziona per 6 minuti, ovvero 1/10 di 1 ora; 300 wattora (cioè 0,3kWh) se funziona per 3 ore.

Per sapere quanta energia elettrica consuma una famiglia (e quindi l'importo della bolletta bimestrale) non basta dunque conoscere la potenza che assorbe ogni singolo apparecchio elettrico, occorre anche saper per quanto tempo il singolo apparecchio è rimasto in funzione.

Conduttori e isolanti

I materiali possono essere classificati in base alla resistenza che offrono al passaggio della corrente elettrica (tabella 1). Quelli che offrono poca o nessuna resistenza si definiscono conduttori, quelli che offrono elevata resistenza o addirittura non permettono il passaggio della corrente elettrica si definiscono isolanti.

Sono ottimi conduttori tutti i metalli, mentre sono isolanti la ceramica, la plastica, il legno, la carta e la gomma.

L'acqua allo stato puro, l'acqua distillata cioè, non è in grado di condurre la corrente elettrica, mentre lo è l'acqua di rubinetto, nella quale sono presenti sempre dei sali disciolti.

Nella tabella 1 è indicata la resistenza di alcuni materiali (minore è il valore, maggiore è la conducibilità). I primi 5 (argento, rame, alluminio, tungsteno e ferro) sono conduttori, gli altri 3 (carta, vetro e gomma) sono isolanti.

Tabella 1: resistenza al passaggio della corrente elettrica di alcuni materiali (valori più bassi indicano una maggiore conducibilità).

Materiale	Resistività (Ω)
Argento	$1,6 \times 10^{-8}$
Rame	$1,7 \times 10^{-8}$
Alluminio	$2,8 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5,5 \times 10^{-8}$
Ferro	$6,5 \times 10^{-8}$
Carta	1×10^5
Vetro	1×10^{12}
Gomma	1×10^{14}

Corrente continua ed alternata

La corrente erogata dai generatori può essere continua o alternata. Si ha la corrente continua quando gli elettroni percorrono il circuito nello stesso senso e con la stessa intensità (figura 17). Essa viene fornita dalle pile, dagli accumulatori e dalle dinamo.

Si ha la corrente alternata quando la sua intensità è variabile nel tempo: parte da un valore nullo, raggiunge un valore massimo positivo, ritorna a zero, assume un valore massimo negativo, ritorna ancora a zero e così via per molte volte al secondo (figura 18). Questo tipo di corrente fa funzionare gli elettrodomestici delle nostre case, le macchine utensili delle fabbriche, ecc.

La corrente alternata viene prodotta dagli alternatori. Il tempo impiegato dalla corrente a completare un ciclo si chiama periodo, mentre il numero dei cicli compiuti al secondo si chiama frequenza, la cui unità di misura è l'Hertz (Hz). La corrente alternata che si utilizza nelle case in Italia è a 220V e 50 Hz. Quindi il polo positivo e il polo negativo si invertono 50 volte al secondo e la tensione media è 220 Volt (difatti varia da 0 ad un massimo di 380 Volt).

Il sistema elettrico moderno, dalla produzione fino alla trasmissione e alla distribuzione dell'energia, funziona in corrente alternata trifase, con una frequenza di 50 Hz (in Europa). Fin da subito sono risultati evidenti i vantaggi della corrente alternata rispetto alla continua, ad iniziare dalla generazione.

Gli alternatori, che generano corrente alternata, sono più efficienti, semplici ed affidabili rispetto alle dinamo. Un altro aspetto molto importante è che la corrente alternata, a differenza della continua, consente l'utilizzo dei trasformatori, macchine a rendimento molto elevato che consentono di variare la tensione della corrente stessa e risultano fondamentali per il trasporto dell'energia.

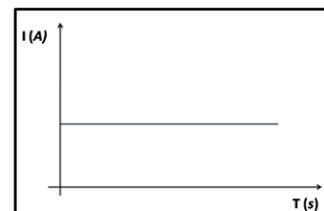


Figura 17

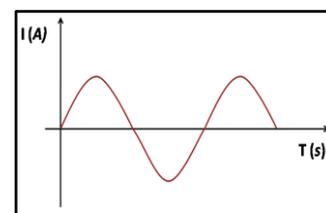


Figura 18

L'impianto elettrico domestico

La linea elettrica dell'impianto di un'abitazione parte dal contatore, che misura l'energia consumata dall'utente e che, a sua volta, è collegato a una cabina di distribuzione della rete cittadina. Dal contatore partono due fili (figura 19), detti conduttore di fase e conduttore neutro (collegato a terra). Tra la fase e il neutro, la società che distribuisce l'energia elettrica mantiene una d.d.p.

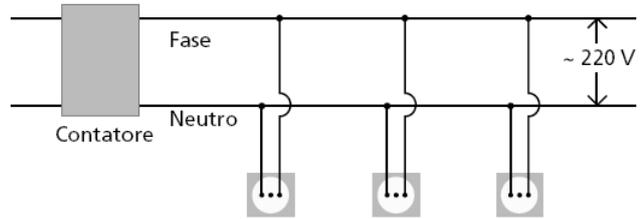


Figura 19

alternata di 220 V. Un singolo utilizzatore (per esempio, una lampadina) viene collegato in parallelo a questi due fili mediante una presa di corrente. Essendo in parallelo, la differenza di potenziale tra i due punti della presa è la stessa che c'è fra i due fili. La corrente esce da uno dei fori della presa (quello collegato alla fase), attraversa la lampadina e ritorna nel secondo foro della presa. Per l'utente la presa è come un generatore che fornisce 220 V. Se il circuito è più complesso, gli utilizzatori (lampadine, televisore, radio, rasoi elettrici ecc.) sono collegati in parallelo alla fase e al neutro sempre tramite prese che, in genere, sono inserite nei muri dell'abitazione.

Non sempre il colore dei cavi permette di distinguere la fase dal neutro. Il neutro dovrebbe avere la guaina di colore blu, mentre la fase dovrebbe avere la guaina di colore marrone o nero. Poiché, spesso questi colori non sono rispettati, la cosa migliore per distinguere la fase dal neutro è quella di utilizzare un cercafase. La massa, invece, si riconosce facilmente perché la sua guaina deve essere sempre di colore giallo/verde.

Sicurezza degli impianti elettrici.

I rischi connessi all'uso dell'impianto elettrico possono essere di tre tipi:

1. dispersioni di corrente,
2. sovraccarichi,
3. cortocircuiti.

Le dispersioni di corrente

Le dispersioni avvengono quando parte della corrente elettrica, anziché rientrare nel circuito attraverso il neutro, si disperde uscendo dal circuito stesso. Le conseguenze sono due: consumi eccessivi e, soprattutto, il rischio di folgorazioni.

Negli impianti elettrici domestici, la protezione è affidata a un interruttore detto "interruttore differenziale", noto anche come salvavita (figura 20). L'interruttore differenziale è inserito all'origine di tutto l'impianto, ed ha il compito di proteggere le persone dai contatti accidentali con le parti metalliche degli utilizzatori le quali, a causa di un cattivo isolamento, si possono trovare sotto tensione.

L'interruttore differenziale, è facilmente riconoscibile per la presenza di un pulsante, utile per la manutenzione, contrassegnato dalla lettera T (in base alla marca e al modello, può avere forma e posizione diversa da quello nella foto).

Vediamo ora come funziona il salvavita. Come abbiamo visto prima, i cavi che

conducono la corrente elettrica sono due: la fase e il neutro. In condizioni normali, nel punto d'inizio dell'impianto, la corrente che interessa la fase ha lo stesso valore di quella che interessa il neutro.

Se ciò non accade significa che una parte di essa sta percorrendo strade diverse per chiudere il circuito, come un corpo umano in caso di scossa elettrica (contatto diretto) o un elettrodomestico collegato all'impianto di terra per cedimento dell'isolante.

In figura 21 è rappresentato un contatto diretto: in sua assenza le correnti A e C sono uguali e il differenziale non interviene, ma se una persona (rappresentata in figura da B) tocca una parte in tensione,



Figura 20

la corrente C diventa inferiore alla corrente A ($C=A-B$), per cui il differenziale avverte una differenza pari a B e se questa è superiore alla soglia di sensibilità per il quale è stato tarato, interviene.

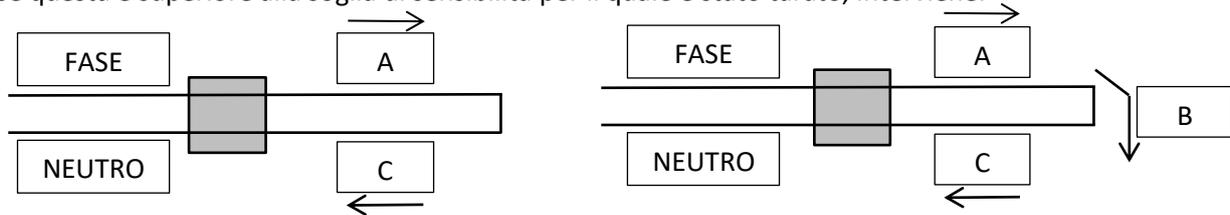


Figura 21

Normalmente, l'interruttore differenziale è tarato per intervenire quando la differenza di potenziale è pari a 0,03 ampere. Un qualunque impianto elettrico, specie se vecchio e con componenti non in perfette condizioni, ha delle piccole dispersioni di corrente che, sommate tra loro, possono provocare lo scatto dell'interruttore differenziale, senza particolari situazioni di pericolo. Per questo è consigliabile non usare nel quadro elettrico generale un interruttore differenziale con sensibilità di valore inferiore a 30 milliampere (30 mA).

Il corto circuito e i sovraccarichi.

Gli altri due rischi che possono interessare gli impianti elettrici sono i corto circuiti ed i sovraccarichi. Per proteggersi da essi si utilizza l'interruttore magneto-termico, che in realtà è formato da due interruttori diversi, quello magnetico e quello termico, racchiusi in un unico involucro ed inseriti subito dopo il salvavita.

Si ha un cortocircuito quando si stabilisce un collegamento diretto fra il conduttore di fase e il conduttore neutro. Il nome di "cortocircuito" deriva dal fatto che la corrente segue un percorso molto breve; in pratica è come se collegassimo i due conduttori con un filo metallico di lunghezza molto piccola. La resistenza di questo filo è piccolissima; perciò la corrente che lo attraverserà sarà molto grande (ricordiamoci che $I = V/R$).

Nella figura 22 è rappresentato un semplice circuito elettrico. In condizioni normali, la corrente scorre lungo la fase, attraversa l'utilizzatore (ad esempio, una lampadina) e ritorna alla presa di corrente attraverso il neutro (freccie nere). Il cortocircuito è rappresentato dal collegamento diretto tra fase e neutro, che si attiva quando l'interruttore è chiuso. Quando ciò avviene, la corrente elettrica, anziché passare per l'utilizzatore, passa direttamente dalla fase al neutro (freccie grigie). Ciò avviene perché la resistenza che incontra la corrente nel passare direttamente dalla fase al neutro è minore di quella che troverebbe se passasse attraverso l'utilizzatore.

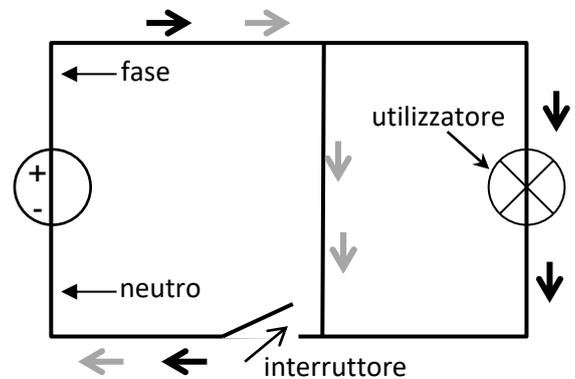


Figura 22

Il contatto con il circuito potrebbe provocare una scossa anche mortale, a causa dell'intensità molto elevata. Per evitare ciò, in ogni circuito è inserito un interruttore magnetico che interrompe il passaggio della corrente quando essa supera un valore limite. L'interruttore misura l'intensità del campo magnetico generato dal passaggio della corrente elettrica e scatta quando tale valore supera una soglia determinata. Nel caso del circuito domestico il dispositivo è sistemato a monte del circuito, vicino al contatore e, se la potenza disponibile è 3 kW, in genere è tarato su una corrente massima di circa 13,6 A.

Un altro motivo per cui il dispositivo di sicurezza può interrompere il passaggio di corrente è un sovraccarico dell'impianto, che si verifica quando gli utilizzatori inseriti assorbono una corrente superiore a quella limite. Per esempio, se contemporaneamente sono in funzione una lavatrice di potenza 1,5 kW, un asciugacapelli da 1,2 kW e un frigorifero da 1 kW, la potenza totale è 3,7 kW e la corrente che dovrebbe circolare è $I = 3700W/220V = 16,82 A$, superiore a quella limite.

L'elevato flusso di corrente elettrica che circola nell'impianto provoca il surriscaldamento delle parti interessate (spine, prese, cavi o utilizzatori), con il rischio che si possa innescare un incendio o che si verifichi un cortocircuito. L'interruttore termico (figura 23), da non confondere con quello che negli impianti domestici interviene quando superano i 3 kW di assorbimento, scatta a seguito del calore prodotto dal passaggio della corrente elettrica, l'effetto Joule, che è tanto maggiore quanto maggiore è l'intensità della corrente elettrica, bloccando il flusso dell'elettricità.

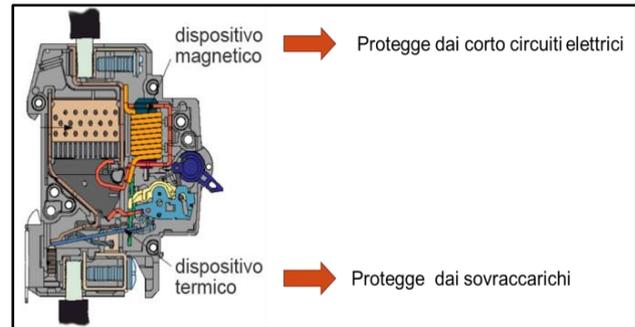


Figura 23

Impianto di messa a terra

Ha il compito di proteggere le persone da eventuali scariche elettriche prodotte da utilizzatori difettosi, quando ad esempio l'isolamento dei conduttori si deteriora e il cavo di fase (quello che porta la corrente) va a toccare la massa metallica dell'utilizzatore. La protezione dell'utilizzatore va realizzata collegando il suo cavo di terra su un punto qualsiasi della carcassa, di solito su un bullone (figura 24).

Inserendo la spina nella presa, si stabilisce la continuità elettrica con l'impianto di messa a terra dell'edificio. Esso è costituito da un conduttore di rame che attraversa i muri del fabbricato insieme alla colonna portante. Dal quadro viene collegato (senza essere interrotto con un qualsiasi interruttore) a uno o più pali di acciaio ramato o zincato conficcati nel suolo con un cavo di grossa sezione. Questo consente alla corrente elettrica in caso di "guasto" di scaricarsi subito nel terreno.

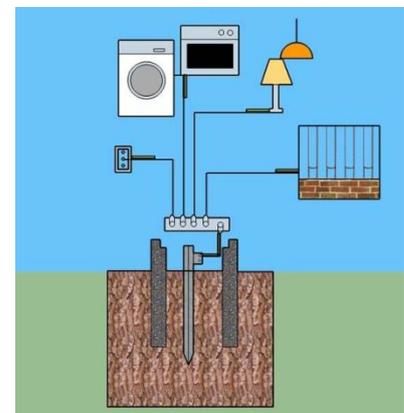


Figura 24

Spine e prese nell'impianto elettrico domestico

Molto spesso si parla indifferentemente di "spine" o di "prese" senza rendersi conto della differenza sostanziale che invece esiste fra le une e le altre. Le prese sono quelle dotate di soli fori, da dove la corrente esce: parliamo quindi delle prese di corrente che si trovano sulle pareti delle nostre case.

Le spine sono quelle dotate di perni metallici che possono essere infilati nei fori delle prese; pertanto, ogni apparecchiatura che deve funzionare con la corrente elettrica è dotata di un cavo che termina con una spina.

Tutti conosciamo le spine di standard italiano (figura 25), con tre perni (o spinotti) allineati: i due laterali presentano il metallo in vista solo nelle estremità, mentre per il resto della lunghezza sono coperti da un materiale plastico isolante (che nell'immagine è di colore rosso).

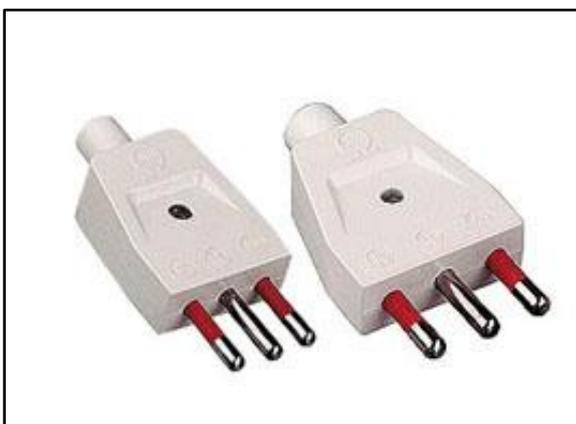


Figura 25

Lo spinotto centrale, il cui metallo è tutto scoperto, garantisce il collegamento della "terra" e quindi la sicurezza dell'utilizzatore (i due spinotti laterali sono parzialmente ricoperti con isolante per evitare che, mentre s'infilava la spina nella presa, le dita dell'utente possano venire a contatto di uno spinotto quando su questo è già presente la tensione di rete).

Queste spine si trovano nelle versioni da 10 ampere (figura 25, a sinistra) e da 16 ampere (figura 25, a destra): fra un tipo e l'altro cambia sia la distanza fra gli spinotti che lo stesso diametro degli spinotti. Una spina del tipo

da 10 ampere può essere usata per utilizzatori la cui potenza non superi 1500 W. Se la potenza assorbita è maggiore, nei punti di contatto con la presa, la spina potrebbe surriscaldarsi e fondere.

Per potenze superiori ai 1500 W è bene quindi usare una spina da 16 A, che ha spinotti più grossi e quindi può meglio sopportare il passaggio di correnti più forti.

Ricordiamoci, al riguardo, che il calore che accompagna il passaggio della corrente elettrica è dovuto alla resistenza che il conduttore offre al passaggio della stessa. La seconda legge di Ohm ci dice che la resistenza è inversamente proporzionale al diametro del conduttore e direttamente proporzionale alla sua lunghezza.

Un'altra spina utilizzata su molti apparecchi è quella di tipo tedesco/francese, detta anche "Shuko" (figura 26). Tale spina ha due spinotti che, pur essendo distanziati fra loro come quelli della spina italiana da 10 A, sono più grossi e quindi non entrano nelle prese di tipo italiano; il collegamento con la terra avviene tramite due linguette laterali.

Le spine del tipo Shuko richiedono apposite prese a "pozzetto", dotate di contatti laterali per la terra; in alternativa, le spine tedesche possono essere collegate ad una normale presa italiana da 16 ampere, usando un adattatore come quello di figura 27 (a sinistra).

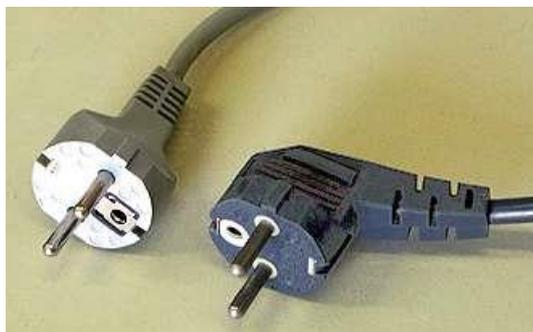


Figura 26

Già che si parla di adattatori, è bene considerare che ne esistono tanti, ma che solo alcuni possono essere usati in condizioni di sicurezza. Tanto per fare un esempio, può essere utile, e tollerabile, usare un adattatore che consente di collegare una spina da 10 A ad una presa più grossa, da 16 A (figura 27).

È invece assolutamente da evitare l'uso di adattatori da piccolo a grande, ovvero di quelli che consentono di collegare una spina grande ad una presa piccola, poiché la corrente elevata, passando nei contatti incerti della spina e dell'adattatore, può



Figura 27. Adattatori: quello a sinistra per collegare una spina tedesca ad una presa italiana da 16 A; quello a destra consente di collegare ad una presa da 10 A una spina italiana sia da 16 A che da 10 A

facilmente portare alla fusione delle varie parti, con pericolo di incendio.



Figura 28

In considerazione delle tante spine che esistono, conviene disporre nelle nostre case di prese di vario tipo; si trovano poi in commercio delle prese multistandard, che si adattano a diversi tipi di spine (figura 28). Accanto si vede per esempio un allestimento di prese da parete, formato, a sinistra, da due prese adatte a spine italiane sia da 10 che da 16 ampere, e a destra da una presa a pozzetto per spine Shuko franco-tedesche; è senz'altro consigliabile attrezzare bene le prese a parete, piuttosto che

ricorrere ad una serie di adattatori, magari infilati uno nell'altro.

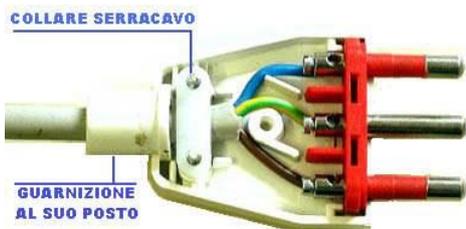


Figura 29

un frigorifero, un frullatore o altro. Il filo giallo-verde ha una funzione di sicurezza; è della massima importanza che sia collegato allo spinotto centrale della spina: in tal modo, qualunque dispersione di corrente presente sull'elettrodomestico viene inviata alla presa di terra, tramite il contatto centrale della presa ove risulta collegata la spina.

In figura 29 si vede come viene montato un normale cavo elettrico all'interno di una spina (l'immagine è solo dimostrativa: si sconsiglia la realizzazione pratica a chi non abbia un minimo di dimestichezza con tali operazioni)

Un cavo elettrico contiene al suo interno tre conduttori: in genere uno è di colore azzurro, uno marrone ed uno giallo-verde. Il filo azzurro e quello marrone sono quelli che portano effettivamente la corrente all'apparecchio utilizzatore, sia esso

Sarebbe pericolosissimo collegare nella spina i tre conduttori in modo errato, poiché la tensione di 220V potrebbe risultare presente direttamente sulle parti metalliche del nostro elettrodomestico!

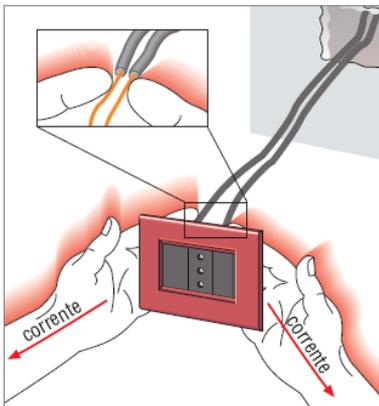
Rischi della corrente elettrica

Il corpo umano è molto sensibile a qualsiasi tipo di corrente elettrica; nelle sue funzioni l'apporto di elettricità è sempre direttamente o indirettamente riscontrabile (cuore, muscoli, cervello).

Il contatto con la corrente elettrica può alterare anche sensibilmente la struttura e le funzioni degli apparati interessati. Tali effetti si manifestano con l'elettrocuzione, ossia con il contatto del nostro corpo con sorgenti di energia elettrica. È importante notare che l'elettrocuzione è conseguenza diretta della corrente circolante attraverso il corpo e non della tensione applicata, anche se la corrente dipende, attraverso la resistenza del corpo, dal valore della tensione.

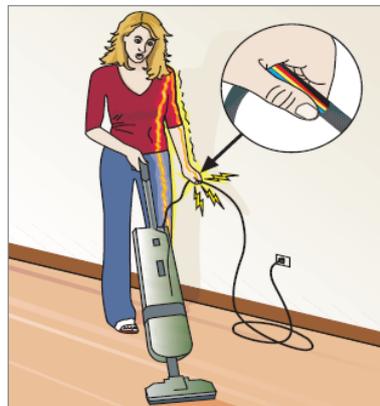
L'elettrocuzione può avvenire per:

- contatto diretto, quando si toccano parti che normalmente sono sotto tensione;
- contatto indiretto, quando si toccano parti che normalmente non sono in tensione.



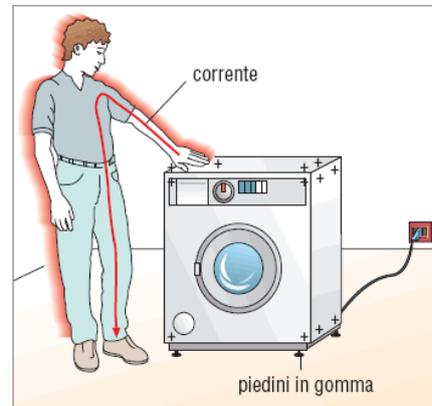
Contatto diretto

La persona sta sistemando la presa senza avere staccato l'interruttore generale e all'improvviso tocca i cavi. La corrente a 220 volt segue il percorso più breve: parte dal cavo in tensione e risale il braccio, attraversa il busto da una spalla all'altra, passa nell'altro braccio ed esce nel filo a potenziale zero. La quantità di corrente è massima con le mani bagnate.



Contatto diretto

La donna tocca un filo scoperto in tensione senza saperlo: infatti, in quel punto si è lacerata la plastica isolante. La corrente a 220 volt segue il percorso più breve: entra dalle dita, sale lungo il braccio, scende lungo il lato sinistro del corpo per poi scaricarsi a terra (potenziale zero). La donna non prende la scossa se le solesono di gomma o il pavimento è in legno.



Contatto indiretto

Il ragazzo tocca la lavatrice che è in tensione a sua insaputa: infatti, all'interno della macchina esiste un cavo elettrico difettoso che dà corrente alla cassa metallica. La corrente a 220 volt segue il percorso più breve, uguale alla figura precedente. Anche in questo caso percorre la parte sinistra del corpo e quindi attraverso il cuore (o almeno gli passa vicino).

I principali effetti prodotti dalla corrente elettrica sul corpo umano sono:

- a) la tetanizzazione;
- b) l'arresto della respirazione;
- c) la fibrillazione cardiaca;
- d) l'arresto del cuore;
- e) le ustioni.

Tetanizzazione

Al passaggio di una corrente le fibre muscolari si contraggono involontariamente (tetanizzazione) e si ha una parziale paralisi delle parti attraversate dalla corrente. Ciò è dovuto al fatto che, sottoposto a uno stimolo, il muscolo si contrae per poi tornare a riposo; se gli stimoli si susseguono con frequenza sufficientemente elevata (50 Hz sono più che sufficienti) gli effetti si sommano portando alla contrazione completa del muscolo.

La corrente massima di rilascio, cioè il valore più elevato di corrente per il quale soggetto riesce ancora a staccarsi dalla parte in tensione, dipende da vari fattori e in generale si può dire che varia da persona a persona diminuendo con il peso.

La tetanizzazione si verifica solitamente per tensioni intorno ai 220-380 V; per valori più elevati di tensione l'effetto provocato dalla corrente sulle fibre muscolari tende generalmente a far sì che l'infortunato venga scagliato lontano dalla parte in tensione limitando i tempi di contatto e i relativi pericolosi effetti.

Arresto della respirazione

L'arresto della respirazione è una diretta conseguenza della tetanizzazione muscoli addetti alla respirazione o, per valori più elevati di corrente, della paralisi dei centri nervosi che comandano i sopraddetti muscoli. Il decesso del colpito avviene per asfissia in un tempo di circa 3-4 minuti.

Fibrillazione cardiaca

La fibrillazione cardiaca consiste in una contrazione disordinata delle fibre muscoli del cuore. A causa delle contrazioni disordinate il cuore non è più in grado di svolgere la sua normale funzione e la conseguenza è la morte dell'infortunato. Il ripristino della normale funzione cardiaca è possibile solo se si interviene in tempi rapidi con opportune apparecchiature mediche (defibrillatore) .

Arresto del cuore

L'arresto del cuore si ha quando il soggetto colpito è sottoposto ad elevate intensità di corrente, superiori a 500 mA. Se il contatto è di brevissima durata il battito cardiaco talvolta può riprendere spontaneamente.

Ustioni

Le ustioni sono lesioni caratteristiche degli infortunati sottoposti a elevate intensità di corrente che non interessano parti del corpo immediatamente vitali. Tali lesioni si manifestano nei punti di entrata ed uscita della corrente. Le ustioni sono provocate dall'effetto Joule, dal calore, cioè, prodotto dal passaggio della corrente elettrica attraverso corpi che offrono una certa resistenza al suo passaggio.

Limiti di pericolosità della corrente elettrica

Stabilire dei limiti di pericolosità della corrente elettrica è molto difficile in quanto ogni persona manifesta un diverso comportamento nei confronti dell'elettrocuzione. È comunque possibile stabilire i principali fattori che influenzano la pericolosità della corrente; essi sono:

- a) percorso della corrente attraverso il corpo;
- b) condizioni fisiche del soggetto;
- c) intensità della corrente e durata del contatto;
- d) forma d'onda della corrente;
- e) frequenza della corrente;
- f) fase del ciclo cardiaco all'inizio dell'elettrocuzione.

Relativamente al percorso della corrente attraverso il corpo risultano particolarmente pericolosi i contatti che interessano la regione cardiaca o parti del sistema nervoso. I principali tragitti riscontrabili nei più comuni casi di elettrocuzione sono quelli causati dal contatto, con due parti a diverso potenziale, delle mani (figura 30), di una mano e dei piedi (figura 31), dei piedi (figura 32). I primi due casi sono i più pericolosi in quanto possono avere conseguenze più o meno gravi sul cuore. Il terzo caso è meno pericoloso ma può portare lesioni renali.

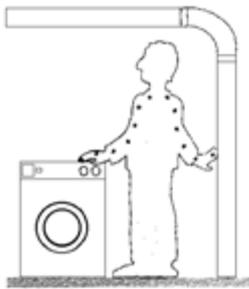


Figura 30

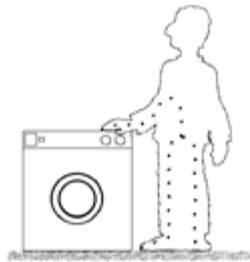


Figura 31

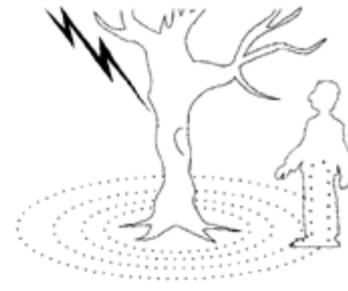


Figura 32

Gli effetti dannosi della corrente elettrica dipendono ovviamente dall'intensità della corrente e dalla durata del contatto. Al contrario, la tensione elettrica, il voltaggio cioè, è un fattore meno importante.

Ai fini pratici, può essere pericolosa anche una corrente che presenta una tensione di bassa, come quella di una batteria di un'automobile, che è in genere di 12 volt. Semplificando, correnti di 0,05 A possono essere pericolose se il contatto è di 2-3 secondi, mentre correnti superiori a 0,5 ampere (500 milliampere) sono sempre pericolose.

Nel grafico accanto (figura 33) sono indicati gli effetti dell'esposizione alla corrente elettrica secondo la durata (asse verticale) e l'intensità (asse orizzontale). L'area del grafico è stata suddivisa in 4 zone, la zona 1 e 2 non sono pericolose o sono poco pericolose. La zona 3 è pericolosa, ma non mortale, la zona 4 può essere mortale.

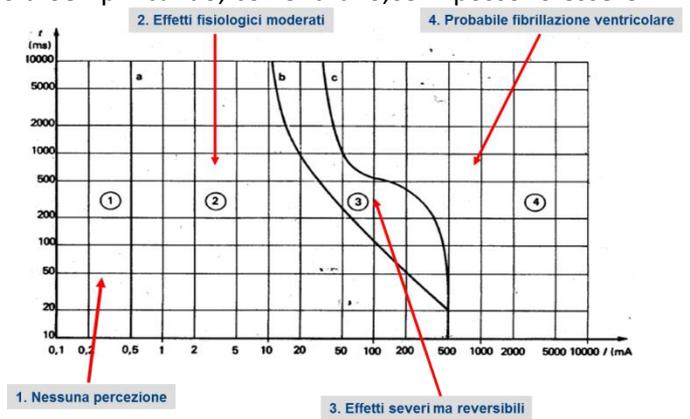


Figura 33

Ricordiamoci che in casa la corrente elettrica ha una tensione di 220 volt, e un'intensità che in genere è attorno a 200 milliampere.

Un'osservazione piuttosto comune consiste nel vedere gli uccelli tranquillamente fermi sui cavi dell'alta tensione. La corrente non li fulmina all'istante per il semplice motivo che la corrente elettrica segue il percorso che offre meno resistenza (figura 34).

La resistenza è inversamente proporzionale alla lunghezza del conduttore, e la distanza tra le due zampe dell'uccello, che rappresentano i due punti a diverso potenziale è molto piccola (1 cm al massimo). Quando gli elettroni giungono a contatto con le zampe dell'uccello, la maggior parte di essi, quindi la maggior parte della corrente elettrica prosegue lungo il cavo perché rappresenta un ottimo conduttore, che offre cioè una resistenza molto bassa al passaggio della corrente elettrica.

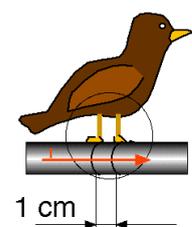


Figura 34

Solo una piccola parte della corrente elettrica attraverserà il corpo dell'uccello, entrando da una zampa ed uscendo dall'altra, proprio perché il corpo dell'uccello offre una resistenza maggiore.

Perché la corrente elettrica sia pericolosa, occorre che vi sia passaggio e ciò avviene se il nostro corpo fa da ponte tra due punti che possiedono tensioni differenti, vale a dire presentano una differenza di potenziale (figura 35).

Se tocco un cavo sotto tensione, ma ho le scarpe di gomma o sono sollevato da terra, non c'è contatto tra il cavo, che presenta una maggiore tensione, e il pavimento, che ha una tensione molto più bassa. Al contrario, se tocco il pavimento a piedi nudi, allora il contatto si stabilisce e la corrente può passare dal cavo al pavimento, attraversando ovviamente il mio corpo.

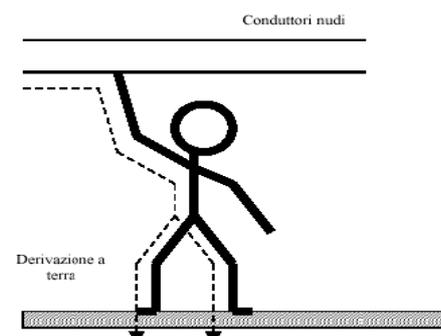


Figura 35

I fulmini

I fulmini sono originati da enormi differenze di potenziale che si vengono a creare all'interno delle nubi temporalesche denominate cumulonembi (figura 36).

La differenza di potenziale che si viene a creare in questo tipo di sistemi è causata dall'accumulo di cariche tra le diverse zone della nube. All'interno dei cumulonembi insorgono infatti intense turbolenze, causate da correnti ascendenti e discendenti, che accumulano le gocce di acqua più piccole e i cristalli di ghiaccio alla sommità del cumulonembo, mentre le gocce divenute ormai grandi, o i chicchi di grandine, si concentrano alla base.

Le particelle di acqua e di ghiaccio più piccole tendono a caricarsi positivamente, viceversa quelle di maggiori dimensioni negativamente, ragion per cui la base del cumulonembo assume una carica negativa, la sommità positiva. La base negativa induce, per contro, un'ulteriore carica positiva al suolo.

Quando la differenza di potenziale arriva a milioni di Volt, scatta una gigantesca scarica elettrica, il fulmine appunto, che equilibra il sistema.

Le nubi temporalesche si trovano per lo più ad un'altitudine di 8-10 chilometri, anche se tale dato può variare a seconda delle condizioni geografiche e climatiche.

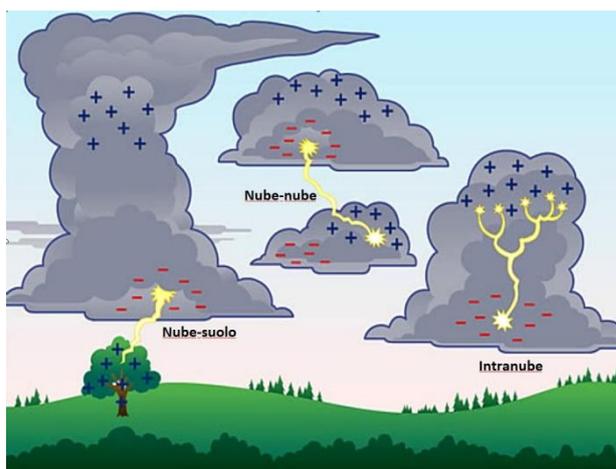


Figura 36

I fulmini che si originano nelle nuvole si distinguono a loro volta in varie categorie: quelli che si scatenano all'interno di una nuvola, quelli che si trasmettono da una nuvola all'altra e quelli che si scaricano al suolo.

Questi ultimi costituiscono una piccola percentuale della totalità fulmini (circa il 10%), ma sono proprio quelli che, ovviamente, hanno il maggiore impatto sull'incolumità delle persone e, in generale, sulle attività umane.

A seconda dell'orografia del territorio e della presenza di elementi puntiformi, il fulmine può essere discendente (dalla nube alla terra) o ascendente (dalla terra alla nube).

Le etichette energetiche

Le etichette energetiche sono uno strumento a disposizione dei consumatori per capire il consumo energetico degli elettrodomestici. Sono caratterizzate da una serie di frecce di lunghezza crescente e di colore diverso; ad ogni freccia è associata una lettera che indica la classe di efficienza energetica (figura 37).

Di solito sono visibili solo 7 frecce con le rispettive lettere. L'indicazione del consumo energetico è data da una lettera dell'alfabeto, da A a G: alla lettera A corrisponde il consumo energetico minore, alla lettera G quello maggiore.

Ovviamente, migliore è l'efficienza energetica di un elettrodomestico, minori sono il suo consumo e il costo per l'energia elettrica (figura 38).

Classe	Consumo kWh/100 cicli	Costo per l'energia elettrica (€*)
A	Uguale/inferiore a 47	Uguale/inferiore a 9 €
B	Da 54 a 48	Da 10 € a 9 €
C	Da 62 a 55	Da 12 € a 10 €
D	Da 72 a 63	Da 14 € a 12 €
E	Da 82 a 73	Da 16 € a 14 €
F	Da 92 a 83	Da 18 € a 16 €
G	Superiore a 92	Superiore a 18 €

* Costo di un kWh: 0,19 €

Figura 38

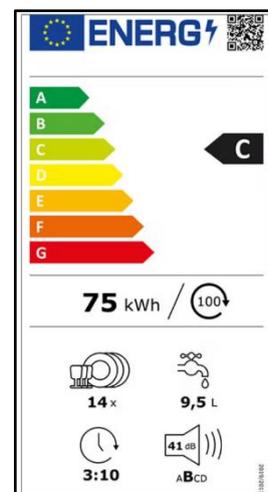


Figura 37