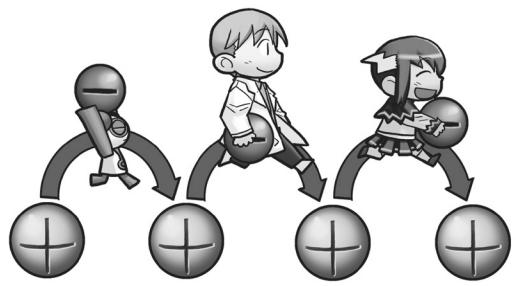


I MANGA DELLE SCIENZE

# ELETTROMAGNETISMO

KAZUHIRO FUJITAKI  
MATSUDA  
TREND-PRO CO., LTD.





I MANGA DELLE SCIENZE

# ELETTROMAGNETISMO

KAZUHIRO FUJITAKI  
MATSUDA  
TREND-PRO CO., LTD.





# SOMMARIO

PREFAZIONE .....	IX
PROLOGO	
DA ELECTOPIA, LA TERRA DELL'ELETTRICITÀ .....	1
1	
CHE COS'È L'ELETTRICITÀ? .....	13
L'elettricità nella vita di tutti i giorni .....	14
Grandezze elettriche .....	15
L'elettricità in casa .....	19
Come funziona l'elettricità .....	25
La vera natura dell'elettricità .....	26
La corrente e la scarica elettrica .....	30
La struttura atomica e la conduttività .....	34
L'elettricità statica .....	36
La serie triboelettrica .....	40
Usi dell'elettricità statica .....	43
Le etichette nei prodotti elettrici .....	45
Tensione e potenziale .....	46
Atomi ed elettroni .....	47
L'elettricità statica .....	49
La forza elettrostatica .....	49
La serie triboelettrica .....	51
I movimenti di cariche e il verso della corrente elettrica .....	51
2	
CHE COSA SONO I CIRCUITI ELETTRICI? .....	55
I circuiti elettrici nei dispositivi di uso quotidiano .....	56
Il circuito di una torcia .....	59
Componenti di un circuito elettrico .....	61
La legge di Ohm e i metodi per collegare i componenti elettrici .....	67
I circuiti elettrici e la legge di Ohm .....	68
Collegamenti in serie e in parallelo .....	69
I circuiti elettrici e la corrente .....	73
Simboli grafici .....	73
I circuiti a corrente continua e i circuiti a corrente alternata .....	74
La legge di Ohm .....	76
Resistività e conduttività .....	77
La resistenza equivalente .....	78

## **3**

<b>COME FUNZIONA L'ELETTRICITÀ?</b>	<b>81</b>
Perché l'elettricità produce calore? .....	82
Elettricità ed effetto Joule .....	85
Come si genera calore dalla corrente?.....	87
Radiazione termica e luminescenza.....	90
La corrente e i campi magnetici .....	94
La regola della mano sinistra di Fleming (per i motori in continua) .....	98
La regola della mano destra di Fleming (per i generatori) .....	100
L'effetto Joule .....	104
La vibrazione termica .....	104
Le onde elettromagnetiche .....	106
Elettricità e magnetismo .....	107
La regola della mano sinistra di Fleming e i motori in continua .....	109
La regola della mano destra di Fleming e i generatori .....	110
L'elettricità e gli induttori .....	111
Gli induttori e l'induzione elettromagnetica .....	111
Gli induttori e l'induttanza .....	112
Gli induttori e la corrente alternata .....	113
Gli induttori e i trasformatori .....	114
I condensatori .....	115
I condensatori e la corrente alternata .....	115

## **4**

<b>COME SI CREA L'ELETTRICITÀ?</b>	<b>117</b>
I generatori .....	118
Come fa un generatore di potenza a creare l'elettricità? .....	121
Le batterie e altre sorgenti di elettricità .....	124
Le celle chimiche .....	126
Che cosa succede in una pila a secco? .....	132
L'acqua e le celle a combustibile .....	135
Anodi e catodi .....	138
Crea la tua pila a bottone .....	140
Le termopile .....	141
L'elettricità creata da una centrale elettrica .....	147
Le centrali termoelettriche .....	149
Le centrali nucleari .....	151
Le centrali idroelettriche .....	152
Le centrali eoliche .....	154

I MILLE USI DELL'ELETTRICITÀ!	155
Cosa sono i semiconduttori?	161
Diodi e transistor	169
Diodi che emettono luce	174
Transistor	176
Diodi	186
Transistor	188
Transistor a effetto di campo	188
Convertitori e inverter	189
Sensori	190
Sensori di temperatura	190
Sensori ottici	192
EPILOGO	197
INDICE	203



# PREFAZIONE

Il nostro stile di vita ha bisogno dell'elettricità. Per spiegare il concetto di corrente elettrica spesso la si paragona a un flusso d'acqua, ma visto che l'elettricità non può essere vista a occhio nudo questa metafora può risultare un po' ostica. Cosa possiamo fare per comprendere meglio la natura dell'elettricità?

L'elettricità ci aiuta in quasi tutti gli aspetti della nostra vita: fornisce luce, calore ed energia. Anche se i suoi benefici sono evidenti, tendiamo a non considerare la sua presenza. Comunque basta imparare anche solo i concetti base che la riguardano per avere un quadro chiaro di come l'elettricità funzioni.

Questo libro spiega i concetti principali che ruotano intorno all'elettromagnetismo con una storia a fumetti seguita da un apparato testuale esplicativo. Non troverete spiegazioni complesse, voi lettori potrete assistere insieme alla nostra eroina Rerekō alle lezioni del suo insegnante Hikaru. Anche chi ha sempre trovato difficile capire i meccanismi dell'elettricità troverà le spiegazioni di Hikaru semplici da comprendere.

Sono estremamente grato a Matsuda, che ha collaborato ai disegni della storia, e a tutto lo staff di TREND-PRO che si è occupato della produzione del libro. Vorrei anche esprimere il mio sincero ringraziamento al Professor Masaaki Mitani che ha riletto il mio lavoro. Ringrazio anche la Ohmsha, Ltd. per avermi permesso di scrivere questo libro.

Spero che leggendolo riuscirete a imparare cos'è l'elettricità e a conoscerla un po' meglio.

KAZUHIRO FUJITAKI





# PROLOGO: DA ELECTOPIA, LA TERRA DELL'ELETTRICITÀ



ELECTOPIA.

UN MONDO IN CUI I DISPOSITIVI ELETTRONICI SONO UN PO' PIÙ EVOLUTI RISPETTO A QUELLI DEL PIANETA TERRA.

EPPURE GLI STUDENTI DI ELECTOPIA HANNO PROBLEMI MOLTO SIMILI AI LORO COLLEGHI TERRESTRI.

REREKO...

中等部  
職員室\*

\*SALA INSEGNANTI DEL LICEO

...SAI PERCHÉ TI HO MANDATA A CHIAMARE?

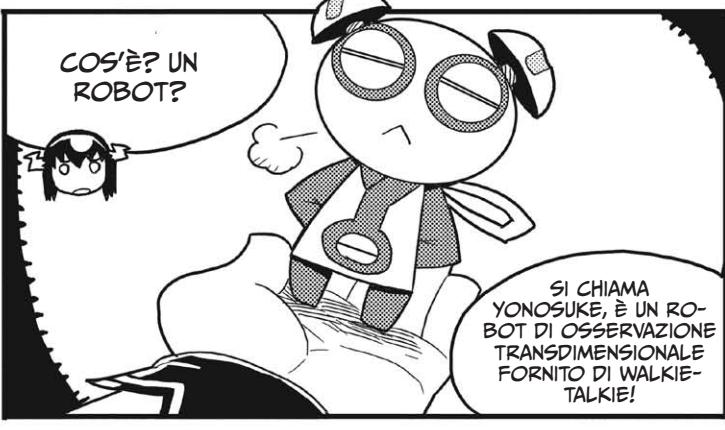
UHM... EH...

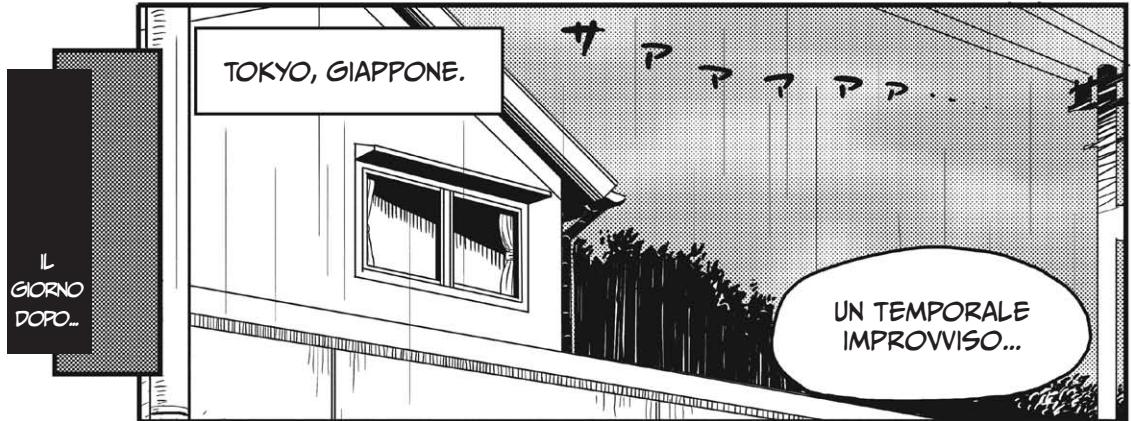
FRANCAMENTE NON LO SO, MA NON SONO MAI STATA MOLTO INTELLIGENTE.

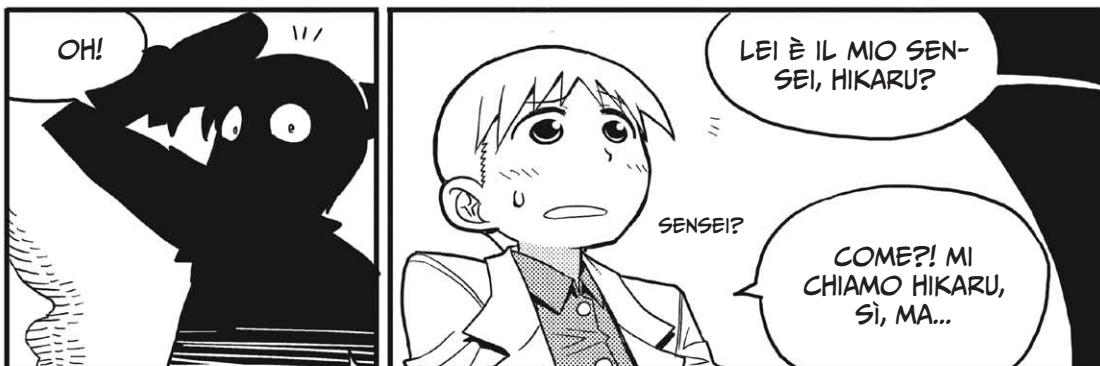
NON IMPORTA,  
HAI QUASI INDOVINATO LA QUESTIONE.

\*SCUOLA CENTRALE DI FORMAZIONE ELETTRICA



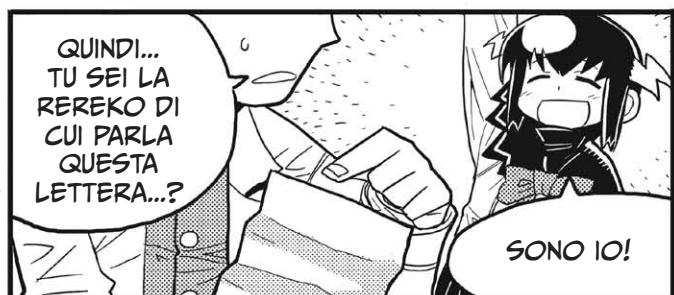
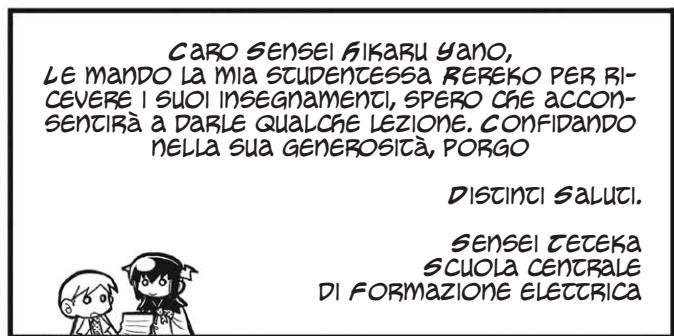






COME?! MI CHIAMO HIKARU, SÌ, MA...



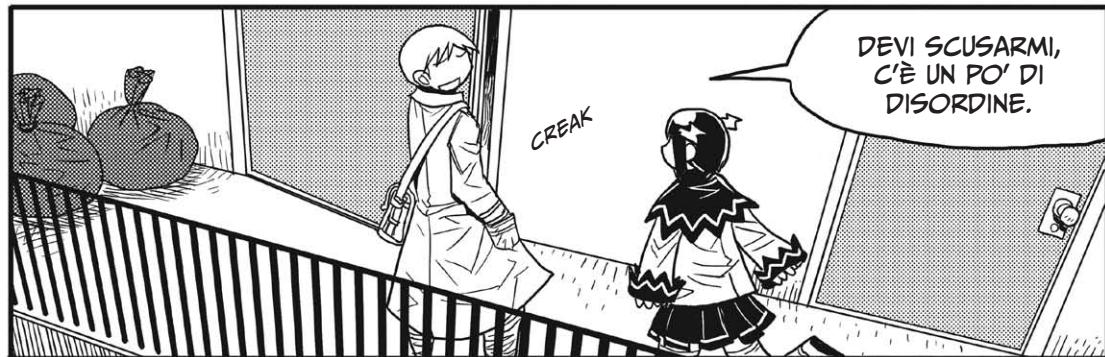


OKAY! MA... PERCHÉ CE  
NE STIAMO QUI A PARLA-  
RE SOTTO IL DILUVIO? MI  
RACCONTERAI TUTTO A  
CASA MIA.

H P P P P P

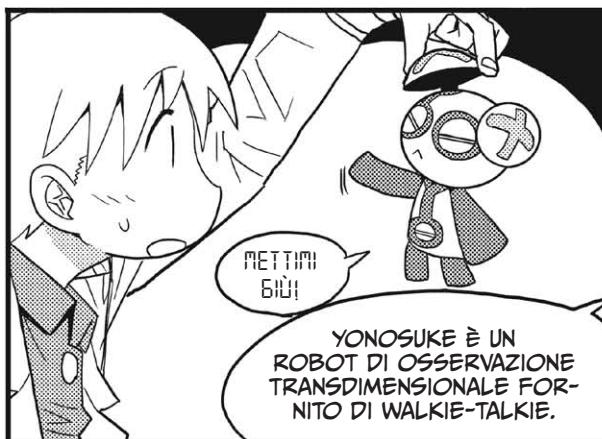
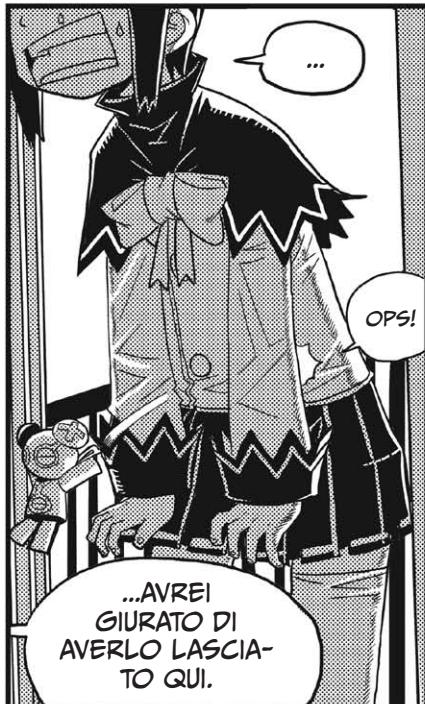
SÌ, CERTAMENTE!

...NELL'APPARTAMENTO DI HIKARU.



UN ASCIUGAMA-  
NO... DOV'È UN  
ASCIUGAMANO...  
FORSE QUI?









MENTRE IO LAVORO  
ALL'UNIVERSITÀ TU  
POTRESTI SISTEMA-  
RE, DARE UNA PULITA  
E PREPARARE LA  
CENA...?

EH?

SONO COSÌ  
IMPEGNATO CHE NON  
MI AVANZA MOLTO  
TEMPO.

SE LO FACESSI  
TU AL POSTO MIO  
AVREI TEMPO PER...

QUESTA CASA È  
UNA DISCARICA!

LO SO! MA DOVRE-  
MO PURE VENIRCI  
INCONTRO, NO?

SLAP!

EHM, SÌ, POTREI  
FARE UN TENTATIVO...  
EEH... EEH...

OKAY! FARÒ  
DEL MIO MEGLIO!  
EEH... EEH...

...ECCIÙ!

OVVIAMENTE SÌ  
È DIMENTICATO DEGLI  
ASCIUGAMANI!!

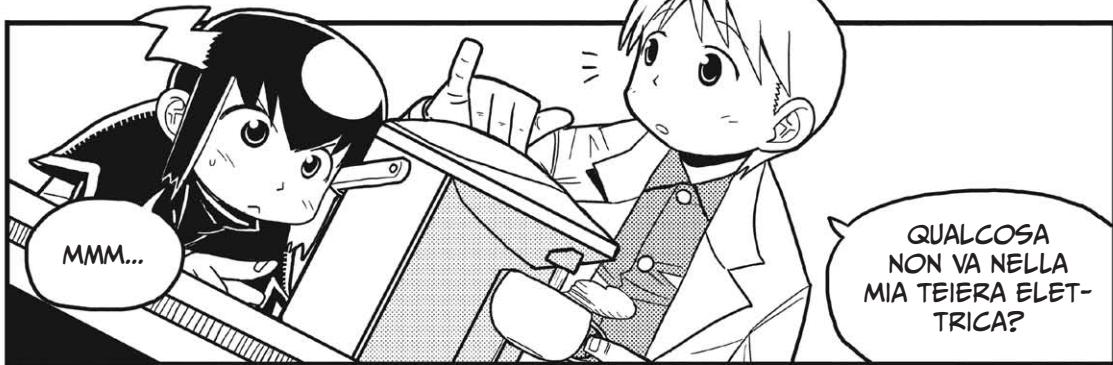


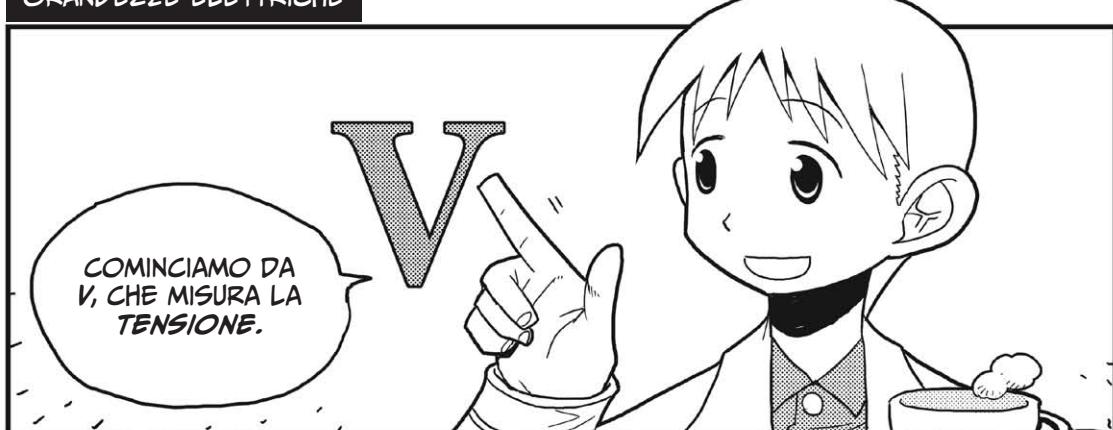
1

# CHE COS'È L'ELETTRICITÀ?



L'ELETTRICITÀ NELLA  
VITA DI TUTTI I GIORNI







LA TENSIONE È  
LA DIFFERENZA DI  
POTENZIALE TRA  
DUE PUNTI.

DIFFERENZA NEI LIVELLI DELL'ACQUA =  
DIFFERENZA DI POTENZIALE = TENSIONE

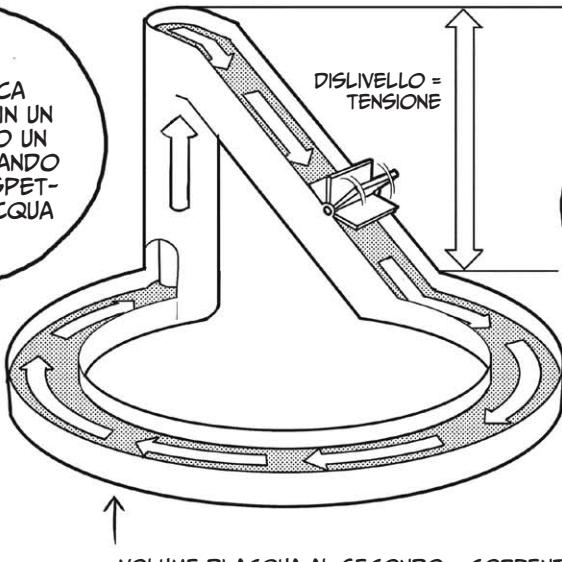
COME L'ACQUA  
SCORRE SE ESISTE UNA  
DIFFERENZA DI LIVELLO  
TRA DUE BACINELLE, COSÌ  
LA CORRENTE ELETTRICA  
SCORRE IN PRESENZA  
DI UNA DIFFERENZA DI  
POTENZIALE, DA QUELLO  
MAGGIORE A QUELLO  
MINORE.



MENTRE A (AMPÈRE,  
A VOLTE ABBREVIAUTO  
IN AMP) È L'UNITÀ DI  
MISURA DELLA COR-  
RENTE ELETTRICA.

A

LA CORRENTE È  
LA QUANTITÀ DI CARICA  
ELETTRICA CHE PASSA IN UN  
SECONDO ATTRAVERSO UN  
CAVO ELETTRICO. TORNANDO  
ALL'ACQUA, È IL CORRISPET-  
TIVO DEL VOLUME DI ACQUA  
AL SECONDO.



VOLUME DI ACQUA AL SECONDO = CORRENTE

MI HA FATTO  
VENIRE VOGLIA DI  
SAGASHI SOMEN,  
GLI SPAGHETTI  
GALLEGGIANTI!





VISTO CHE QUESTA EQUAZIONE  
SI PUÒ RISCRIVERE ANCHE COSÌ...

$$\text{CORRENTE (A)} = \frac{\text{POTENZA (W)}}{\text{TENSIONE (V)}}$$

...POSSIAMO FACILMENTE  
TROVARE LA CORRENTE.

PER QUESTA  
TEIERA ELETTRI-  
CA...

ABBIAMO

$$\frac{1000W}{100V} = 10A$$

GIUSTO?

ESATTO!

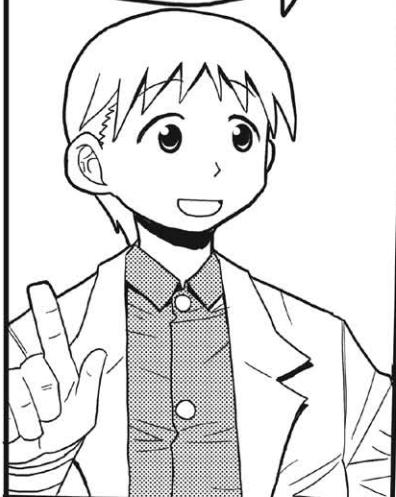
電気の使用量のお約定	
二位用場所	〇〇〇区A〇町〇丁目
〇年〇月分	二位用場所 〇月 〇日～〇月 〇日 当月単価 〇月 〇日 (3月)
ご使用量	310kWh
請求予定額	658
基本料金	1.1
上記料金	3.5
電力量	2
料金	5
電化炉房住宅割引額	164
口座振替割引額	50
消費税等相当額	307
合計	500

零賣料金等積行量(口座替算用)	
年月	金額
0年 0月分	二社合計 80,000-+10,000
領収金額	6,761円
支拂料金等	277円
クレジットカード等	500円
合計	3,841円
記入者名	300円WHA
備考	TEL:011-941-1234

**CONSIDERIAMO ADESSO  
L'ENERGIA ELETTRICA. LA BOL-  
LETTA ELETTRICA CONSIDERA  
COME UNITÀ DI MISURA kWh (KI-  
LOWATTORA) CHE RAPPRESENTA  
LA QUANTITÀ DI ENERGIA USATA  
DA UN'ABITAZIONE...**

OKAY, CAPITO!

PER OTTENERLA  
SI MOLTIPLICA LA  
POTENZA CON IL  
TEMPO DI UTILIZZO.



PER ESEMPIO, SE  
USI UN ELETRO-  
DOMESTICO DA  
1200W PER 2 ORE,  
QUANTI KILOWAT-  
TORA CONSUMI?



EHM...  
1200 PER 2...

...FA 2400, O  
SBAGLIO?

$$1200W \times 2 \text{ ORE} = 2400\text{WH} = 2,4\text{kWh}$$

CORRETTO, SONO 2400WH  
(WATTORA). E QUINDI 2,4kWh.

SE CONOSCI QUESTO  
DATO PUOI CALCOLARE  
IL COSTO DI UTILIZZO  
DI OGNI TUO ELETRO-  
DOMESTICO.



SE 1KHW MI COSTA  
ZOYEN, TENERE ACCESA LA  
TEIERA PER 2 ORE (2,4KWH)  
MI COSTERÀ 4BYEN!

### L'ELETTRICITÀ IN CASA

LO SAI CHE SE  
UTILIZZI MOLTI DISPOSITIVI  
CHE ASSORBONO ENERGIA  
PUÒ SCATTARE L'INTERRUT-  
TORE MAGNETO-TERMICO  
AUTOMATICO (IL "SALVAVITA")  
E SPEGNERE TUTTO,  
VERO?



CERTO!

MA COSA LO FA SCATTARE, DI PRECISO? E COME POSSIAMO EVITARE CHE SUCCEDA?

RUMBO!

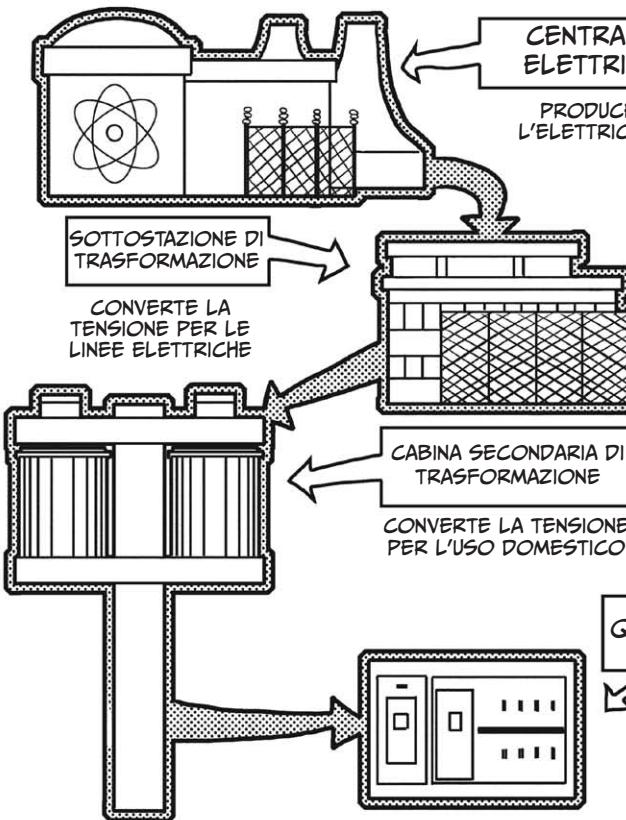
PROVIAMO A RAGIONARE INSIEME.

OKAY.

PER PRIMA COSA,  
PARLIAMO DI COME  
L'ELETTRICITÀ ARRIVA  
IN TUTTE LE CASE.

CLICK!

BENE!



L'ELETTRICITÀ CHE SI USA NELLE CASE VIENE GENERATA IN UNA CENTRALE ELETTRICA E TRASPORTATA ALLE ABITAZIONI GRAZIE AI CAVI ELETTRICI, DOPO CHE HA ATTRAVERSATO DELLE SOTTOSTAZIONI DI TRASFORMAZIONE.



IL QUADRO ELETTRICO SUDDIVIDE L'ELETTRICITÀ TRA TUTTE LE STANZE DELLA CASA. L'ELETTRICITÀ IN INGRESSO AL QUADRO

PASSA ATTRAVERSO UN LIMITATORE DI CORRENTE, ENTRA IN UN CIRCUITO SALVAVITA E VIENE SUDDIVISA TRA DIVERSI ALTRI Interruttori DI SICUREZZA.



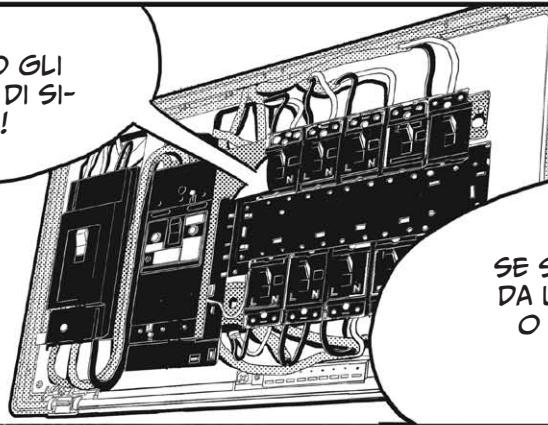
SE LA CORRENTE TOTALE CHE ATTRAVERSA GLI INTERRUTTORI DI SICUREZZA SUPERA IL VALORE MASSIMO PREVISTO, IL LIMITATORE DI CORRENTE SCATTERÀ.

NELLA MIA CASA IL MASSIMO VALORE CONSENTITO È 20A\*.

QUINDI SE LA CORRENTE SUPERÀ I 20A, L'INTERRUTTORE SCATTERÀ PER MOTIVI DI SICUREZZA, GIUSTO?

\*IN ITALIA È 16A

QUESTI SONO GLI  
INTERRUTTORI DI SI-  
CUREZZA!



SE SONO ATTRAVERSATI  
DA UNA CORRENTE PARI  
O SUPERIORE A 20A  
SCATTERANNO.

QUINDI SE  
L'ELETTRICITÀ TOTALE USATA  
DAI DISPOSITIVI ELETTRICI  
COLLEGATI ALL'INTERRUTTO-  
RE DI SICUREZZA NON  
SUPERA 20A...

VISTO CHE LA TENSIONE DI  
UN DISPOSITIVO ELETTRICO PER USO  
DOMESTICO È SEMPRE DI 230V,  
PROVIAMO A CALCOLARE LA POTENZA  
CONSUMATA DAI DISPOSITIVI ELETTRICI  
COLLEGATI AL QUADRO E VEDIAMO SE  
QUESTA SUPERA IL LIMITE.

PER ESEMPIO,  
SE PROVIAMO A USARE  
INSIEME IL BOLLITORE E  
LA PENTOLA ELETTRICA  
PER IL RISO...



TEIERA ELETTRICA  
1.600 / 230V ≈ 7A



PENTOLA PER IL RISO  
2900W / 230V ≈ 12,5A

$$7A + 12,5A = 19,5A$$

...L'INTERRUTTORE  
NON SCATTERÀ.

CON QUESTA  
COMBINAZIONE  
STIAMO NEI LIMI-  
TI PER UN PELO...

...MA NON SU-  
PERIAMO LA  
SOGLIA DI 20A.



ANCHE SE LA SUPERASSIMO, BASTEREBBE EVITARE DI UTILIZZARE QUESTI DUE DISPOSITIVI CONTEMPORANEAMENTE...

...OPPURE, PER POTERLI UTILIZZARE, UNO DEI DUE DOVREBBE ESSERE COLLEGATO A UN ALTRO INTERRUTTORE DI SICUREZZA.



C'È COMUNQUE UN'ALTRA COSA CHE DOBBIAMO TENERE IN CONSIDERAZIONE, ANCHE SE UN INTERRUTTORE NON SALTA.



NORMALMENTE È DI 15A\*.

TAK

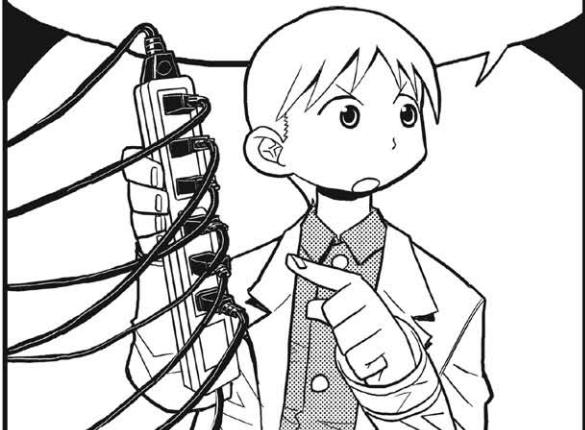
TAK

TAK

TAK

COSA SUCCIDE SE VIENE SUPERATA?

BE', ANCHE SE LA CORRENTE NOMINALE VENISSE SUPERATA QUANDO PIÙ DI UN DISPOSITIVO VIENE COLLEGATO ALLA STESSA PRESA, L'INTERRUTTORE DI SICUREZZA NON SCATTEREBBE FINCHÉ LA CORRENTE NON SUPERERÀ I 20A, MA...



\*IN ITALIA LA CORRENTE NOMINALE MASSIMA È 10A

...SE CONTINUASSI A USARLI PER TROPPO TEMPO, LA CIBATTÀ SI SURRISCALDAREBBE, IN MODO POTENZIALMENTE PERICOLOSO!

BE', QUESTA È SCOLLEGATA, QUINDI NON CORRIAMO RISCHI!

MA PER QUESTO MOTIVO È SEMPRE MEGLIO NON COLLEGARE TROPPI DISPOSITIVI ELETTRICI AD ALTO CONSUMO ALLA STESSA PRESA ELETTRICA, OKAY?

AGH, NON MI SPAVENTARE!

DOVETE ANCHE STARE ATTENTI MENTRE IO SONO IN CARICA!

EH? CONSUMI COSÌ TANTA ELETTRICITÀ, YONOSUKE?

SE LO COLLEGHIAMO A UNA PRESA DIVERSA NON DOVREBBERO ESSERCI PROBLEMI, O SBAGLIO?

SÌ, SE NON CONSIDERIAMO LA BOLLETTA CHE DOVRÒ PAGARE IO!

## COME FUNZIONA L'ELETTRICITÀ

INTORNO AL 600 A.C., IL FILOSOFO GRECO TALETE SCOPRÌ CHE STROFINANDO UN OGGETTO D'AMBRA CON UN PANNO, QUESTO POTEVA ATTRARRE LE PIUME O FILAMENTI DI TESSUTO.



AH! QUESTO PER CASO È LEGATO...



...ALL'ELETTRICITÀ STATICÀ?!

ESATTO!

MA A QUEI TEMPI  
L'ELETTRICITÀ STATICÀ  
NON SI CONOSCEVA  
ANCORA.

TRA PARENTESI, LA PAROLA ELETTRICITÀ DERIVA DALLA PAROLA ELEKTRON, CHE IN GRECO VUOL PROPRIO DIRE AMBRA.



QUELLA FORZA  
MISTERIOSA CHE ATTRAEVA  
QUEI PICCOLI OGGETTI,  
NOI SIAMO IN GRADO DI  
SPIEGARLA GRAZIE  
ALL'ELETTRICITÀ.



## LA VERA NATURA DELL'ELETTRICITÀ

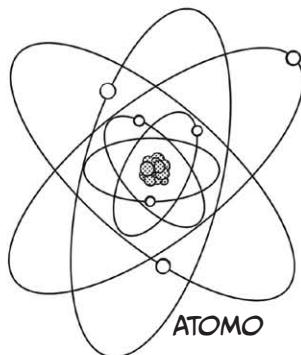
E ORA PROVIAMO AD AVVICINARCI ALLA VERA NATURA DELL'ELETTRICITÀ!

IN EFFETTI, LA VERA NATURA DELL'ELETTRICITÀ È LEGATA ALLE PARTICELLE PICCOLISSIME CHE SI TROVANO DENTRO OGNI SOSTANZA.

EH?

ANCHE DENTRO DI NOI?

MA CERTO! SI TROVANO ANCHE DENTRO DI NOI. TUTTI GLI OGGETTI SONO COMPOSTI DALL'ASSOCIAZIONE DI TANTE PICCOLE PARTICELLE CHE VENGONO CHIAMATE ATOMI.

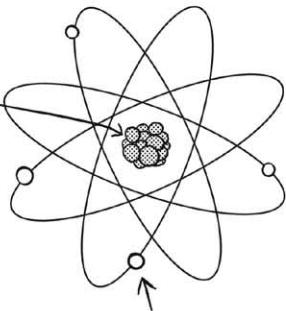


MM.



NUCLEO

UN ATOMO HA AL SUO CENTRO UNA COSA CHIAMATA NUCLEO INTORNO A CUI RUOTANO ALTRE COSE CHIAMATE ELETTRONI.



ELETTRONE

QUESTE PARTICELLE ANCORA PIÙ MINUSCOLE SONO ALL'ORIGINE DELL'ELETTRICITÀ.

SE BEN RICORDO ANCHE I VOSTRI PIANETI RUOTANO INTORNO AL VOSTRO SOLE, GIUSTO?



È UN MECCANISMO SIMILE?

IN UN CERTO SENSO! IL NUCLEO, CHE CORRISPONDE AL SOLE, È FATTO DI PROTONI, CHE HANNO CARICA ELETTRICA POSITIVA, E NEUTRONI, PRIVI DI CARICA ELETTRICA.

PROTONE (+)

NEUTRONE (CARICA NEUTRA)

GLI ELETTRONI CHE RUOTANO INTORNO HANNO CARICA ELETTRICA NEGATIVA.

ELETTRONE (-)

SE UN ATOMO CONTIENE CARICHE SIA POSITIVE CHE NEGATIVE, ALLA FINE CHE CARICA ELETTRICA HA?

VISTO CHE I PROTONI SONO DI SOLITO TANTI QUANTI GLI ELETTRONI, L'ATOMO HA DI PER SÉ UNA CARICA ELETTRICA NEUTRA.

MA SE DALL'ESTERNO SI ECCITA UN ATOMO CON LA LUCE O CON IL CALORE...

LUCE

CALORE

ZIP!

WOW!

...UN ELETTRONE PUÒ STACCARSI DALL'ATOMO. IN QUESTO CASO PARLIAMO DI ELETTRONI LIBERI.

E COSA SUCCEDE QUANDO SI STACCA?

SE UN ELETTRONE SI LIBERA, LE CARICHE NEGATIVE DIMINUISCONO E L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE POSITIVO.

SE IL NUMERO DI ELETTRONI CRESCE, L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE NEGATIVO.

SE IL NUMERO DI ELETTRONI CALA, L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE POSITIVO.

SE UN ELETTRONE SI LEGA A UN ALTRO ATOMO, LE CARICHE NEGATIVE IN QUELL'ATOMO AUMENTANO E L'ATOMO DIVENTA ELETTRICAMENTE NEGATIVO.

A-HA! L'ELETTRONE SI TRASFERISCE DA UN ATOMO ALL'ALTRO.

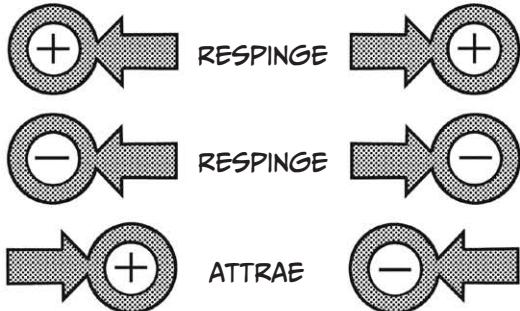
UN ATOMO CARATTERIZZATO DA QUESTO TIPO DI PROPRIETÀ ELETTRICA VIENE DEFINITO CARICO.

QUINDI UN ATOMO È CARICO QUANDO PERDE UNO DEI SUOI ELETTRONI O NE GUADAGNA UNO.

LA CARICA È LA PROPRIETÀ ELETTRICA, SIA POSITIVA CHE NEGATIVA. PER QUESTO SI DICE CHE UN PROTONE HA CARICA POSITIVA E UN ELETTRONE HA CARICA NEGATIVA.

MA PERCHÉ CARICA...?

DUE CARICHE POSITIVE O DUE CARICHE NEGATIVE SI RESPINGONO TRA LORO, MENTRE UNA POSITIVA E UNA NEGATIVA SI ATTRAGGONO.



È COME CON I DUE POLI DI UN MAGNETE, GIUSTO?



SÌ! QUESTA FORZA SI CHIAMA FORZA ELETROSTATICA O FORZA DI COULOMB.

L'ELETTRICITÀ STATICÀ SI VIENE A CREARE QUANDO UN MATERIALE POSSEDE UNA CARICA ELETTRICA POSITIVA O NEGATIVA CHE RIMANE LOCALIZZATA.

## LA CORRENTE E LA SCARICA ELETTRICA

SE UNA SOSTANZA È CARICATA NEGATIVAMENTE O POSITIVAMENTE, QUESTA PROVA A TORNARE NEUTRA CEDENDO O ACQUISTANDO ELETTRONI.

PERCHÉ VUOLE TORNARE AL SUO STATO NATURALE, GIUSTO?

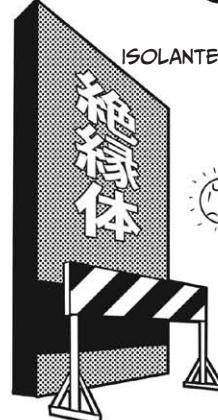
A PROPOSITO, GLI OGGETTI SI DIVIDONO IN CONDUTTORI, ATTRAVERSO CUI LA CORRENTE ELETTRICA SCORRE FACILMENTE (COME I METALLI)...

...ISOLANTI, ATTRAVERSO CUI LA CORRENTE ELETTRICA SCORRE CON DIFFICOLTÀ (COME IL VETRO O LA GOMMA)...

...E SEMICONDUTTORI, CHE SONO UNA VIA DI MEZZO TRA I CONDUTTORI E GLI ISOLANTI.

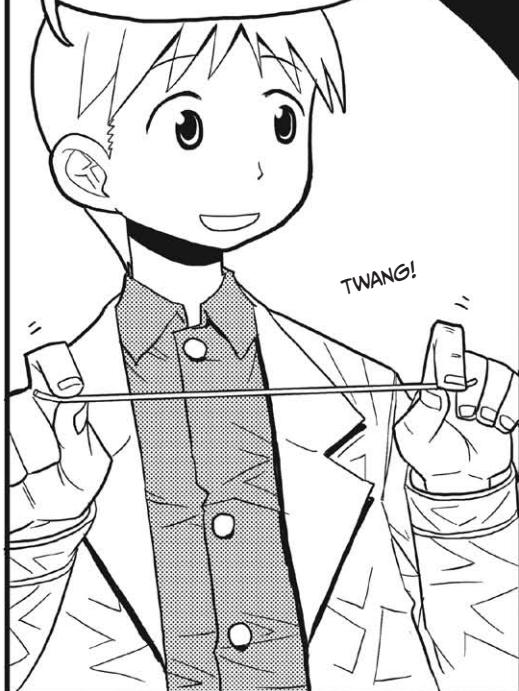
MMM.

SE TRA UNA CARICA POSITIVA E UNA NEGATIVA SI TROVA UN ISOLANTE, GLI ELETTRONI NON POSSONO MUOVERSI.

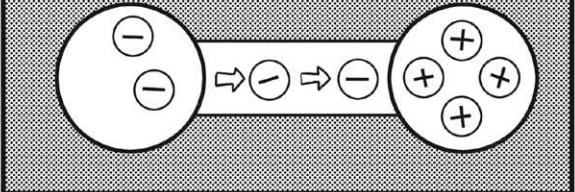


PERCHÉ LA CORRENTE ELETTRICA FATICA A SCORRERE, GIUSTO?

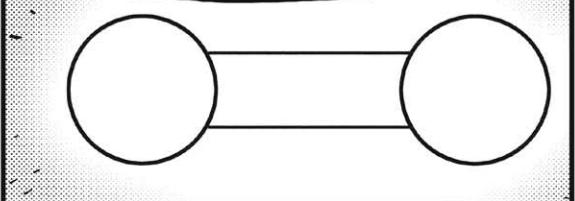
SE INVECE DUE OGGETTI CARICHI SONO COLLEGATI DA UN CONDUTTORE, PER ESEMPIO DA UN CAVO DI RAME...



...GLI ELETTRONI NEGATIVI SI MUOVONO VERSO L'OGGETTO POSITIVO.



A QUESTO PUNTO LE CARICHE POSITIVE E NEGATIVE SI UNISCONO E SI CANCELLANO, FINCHÉ LO STATO DI CARICA NON ESISTE PIÙ.



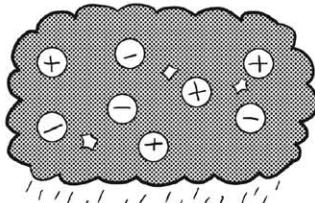
QUESTO FENOMENO PRENDE IL NOME DI SCARICA ELETTRICA.



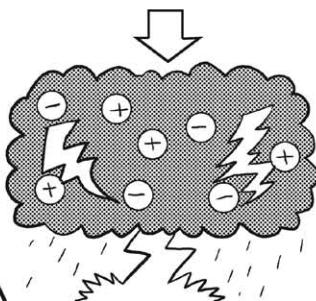
LE SCARICHE ELETTRICHE POSSONO AVVENIRE ANCHE NELL'ARIA, O NEL VUOTO.



PENSA AI FULMINI, PER ESEMPIO! UN FULMINE APPARE QUANDO PICCOLE GOCCE D'ACQUA ALL'INTERNO DELLE NUVOLE SI SFREGANO TRA LORO E L'ELETTRICITÀ STATICÀ ACCUMULATA SI SCARICA A TERRA.



VISTO CHE L'ARIA È UN ISOLANTE, QUESTE SCARICHE NON SI CREANO FACILMENTE.



SI VERIFICA UNA SCARICA ELETTRICA, ALL'INTERNO DELLA NUVOLOLO STESSA OPPURE VERSO IL SUOLO, NELLA FORMA DI UN FULMINE.



QUANDO SI ACCUMULA UNA GROSSA CARICA, E IN PRESENZA DI UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE SUFFICIENTE TRA LE CARICHE NEGATIVE E POSITIVE... IN ALTRE PAROLE, QUANDO LA TENSIONE DIVENTA MOLTO ALTA...

QUESTA "ROTURA" DELL'ISOLANTE GENERA UN'ENERGIA INCREDIBILE, VERO?

...L'ISOLAMENTO ELETTRICO DELL'ARIA VENE MENO E SI GENERA UNA SCARICA ELETTRICA.

PROPRIO COSÌ!  
MA IL TUTTO DURA UN ISTANTE.

LA SCARICA DEL FULMINE È Istantanea. Invece, quando il flusso di elettroni è continuo, abbiamo una corrente elettrica.

MA DOBBIAMO TENERE IN CONSIDERAZIONE UNA COSA: IL VERSO DELLA CORRENTE È OPPOSTO A QUELLO DEL FLUSSO DEGLI ELETTRONI.

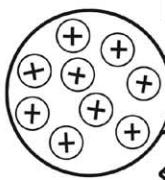
COME?

IN ALTRI TERMINI, QUANDO GLI ELETTRONI SCORRONO CON CONTINUITÀ, SCORRE UNA CORRENTE ELETTRICA.

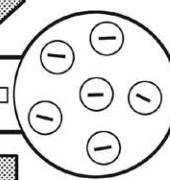
QUANDO L'ELETTRICITÀ ERA ANCORA UN CONCETTO UN PO' OSCURO, SI PENSAVA CHE UN FLUSSO DI CARICHE POSITIVE SI GENERASSE NELLA STESSO VERSO DELLA CORRENTE.



VERSO DELLA CORRENTE



VERSO DEGLI ELETTRONI

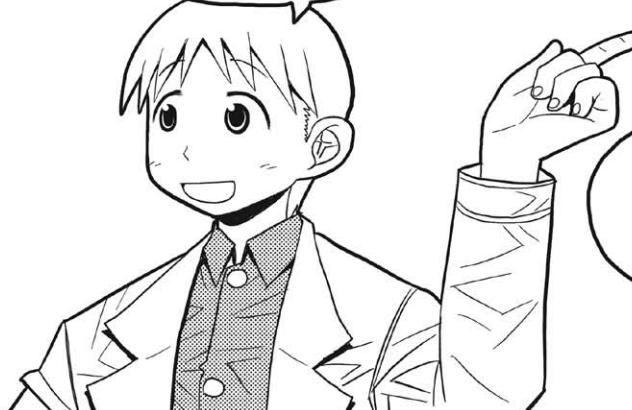
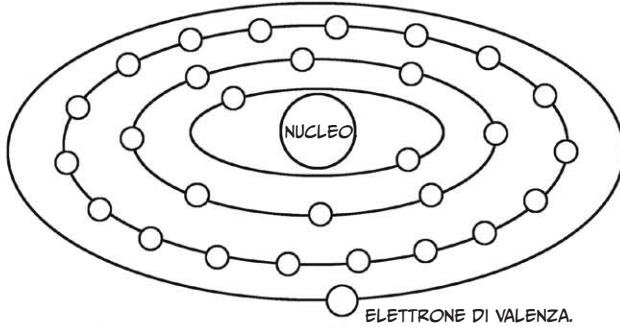
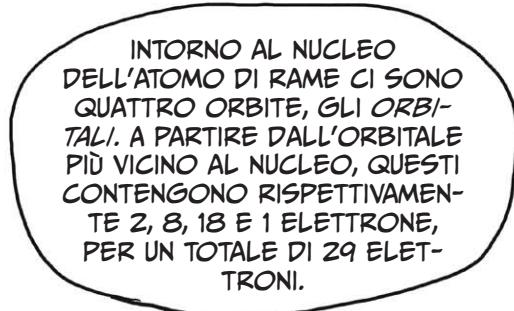


MA IN SEGUITO SI SCOPRI CHE GLI ELETTRONI POSSEDEVANO CARICA NEGATIVA, E CHE QUINDI IL VERSO IN CUI SI MUOVEVANO ERA L'OPPOSTO DI QUELLO DELLA CORRENTE ELETTRICA.

CAPISCO.



## LA STRUTTURA ATOMICA E LA CONDUTTIVITÀ



QUINDI IL RAME HA SOLTANZO UN ELETTRONE DI VALENZA, GIUSTO?

PLIK!

UN ELETTRONE DI VALENZA PUÒ LIBERARSI FACILMENTE, PERCHÉ LA FORZA CHE LEGA ALL'ATOMO GLI ELETTRONI DELL'ORBITALE PIÙ ESTERNO È PIÙ DEBOLE.

SE LUCE O CALORE COLPISCONO L'ATOMO DALL'ESTERNO, LA LORO ENERGIA SI CONCENTRA SULL'UNICO ELETTRONE DI VALENZA.

CALORE

LUCE

NUCLEO

AH! QUINDI L'ELETTRONE DI VALENZA PUÒ STACCARSI FACILMENTE DALL'ATOMO E COSÌ LA CORRENTE ELETTRICA SCORRE PIÙ FACILMENTE, NO?

PROPRIO COSÌ!

GLI ATOMI DI RAME CONDIVIDONO VOLENTIERI I PROPRI ELETTRONI DI VALENZA, E VISTO CHE QUESTI ULTIMI NON SONO LEGATI A UN SINGOLO ATOMO MA SI MUOVONO LIBERAMENTE TRA GLI ATOMI, LA CORRENTE ELETTRICA SCORRE FACILMENTE. QUESTA PROPRIETÀ È CARATTERISTICA DI TUTTI I METALLI, CHE SONO ALTAMENTE CONDUTTIVI!

HO CAPITO!

## L'ELETTRICITÀ STATICÀ

PRIMA TI HO DETTO CHE L'ELETTRICITÀ STATICÀ SI FORMA QUANDO UN OGGETTO PRESENTA UNA CARICA POSITIVA O NEGATIVA. LA PAROLA "STATICÀ" IMPLICA CHE NON C'È SPOSTAMENTO DI CARICHE, O CORRENTE.

ADESSO VEDIAMO COSA SIGNIFICA, IN MAGGIORI DETTAGLIO.

OKAY!

ANCHE NOI DI ELECTORIA ABBIANO QUATTRO STAGIONI, E IN INVERNO RISCHI DI PRENDERE LA SCOSSETTA DOVUNQUE TI GIRI... UNA COSA TERRIBILE.



AH!!

CON I MAGLIONI



AH!!

CON LE MANIGLIE

BE', SICURAMENTE QUESTI EFFETTI COLLATERALI DELL'ELETTRICITÀ STATICÀ LI CONOSCiamo PIÙ O MENO TUTTI, MA SAI COME SI PRODUCE E QUALI SONO LE SUE PROPRIETÀ?

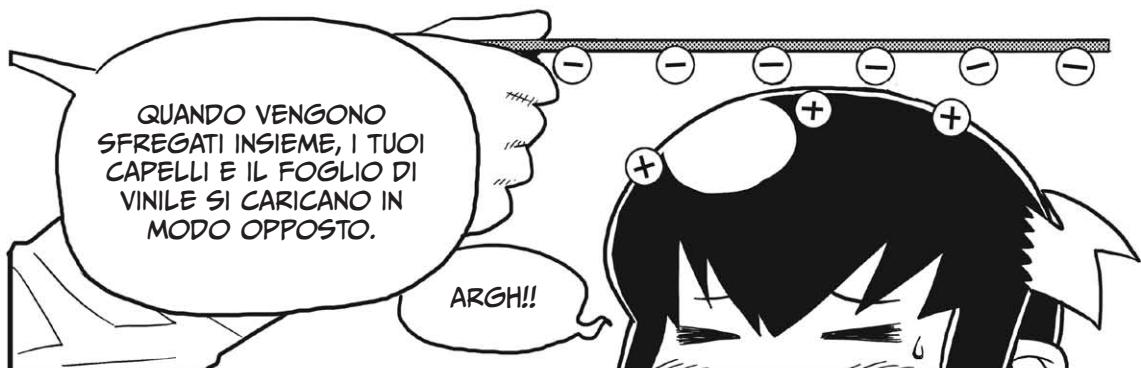
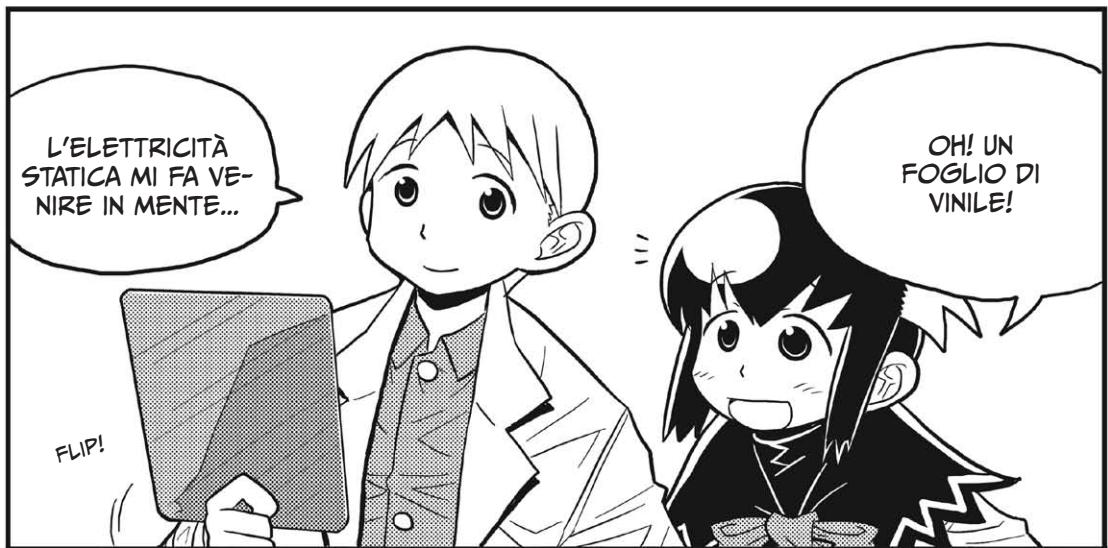
=

BE'...

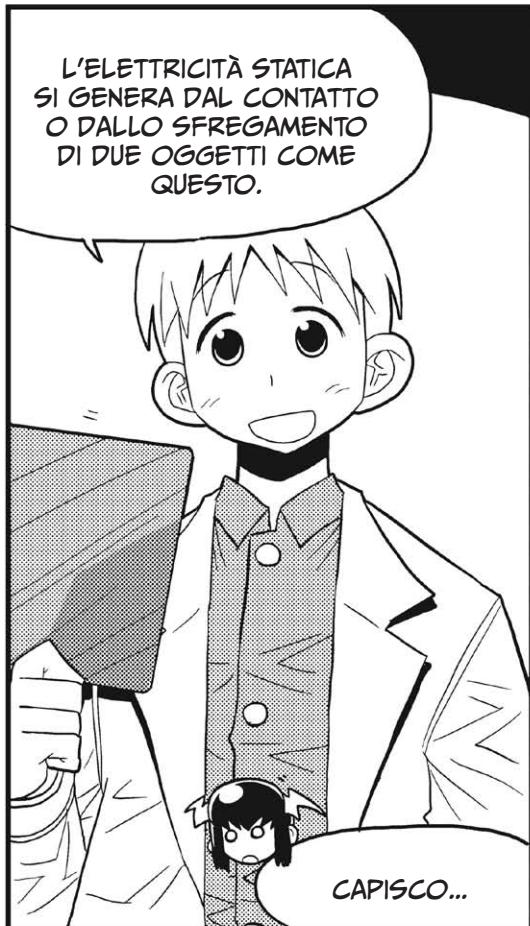
IO... EHM...



PROPRIO COME IMMAGINAVO!







EH? SE UN OGGETTO CHE NON È CARICO TOCCA UNO CARICO, SI CARICA ANCHE LUI?

PROPRIO COSÌ! È UN FENOMENO CHE PRENDE IL NOME DI INDUZIONE ELETROSTATICA.

### LA SERIE TRIBOELETTRICA



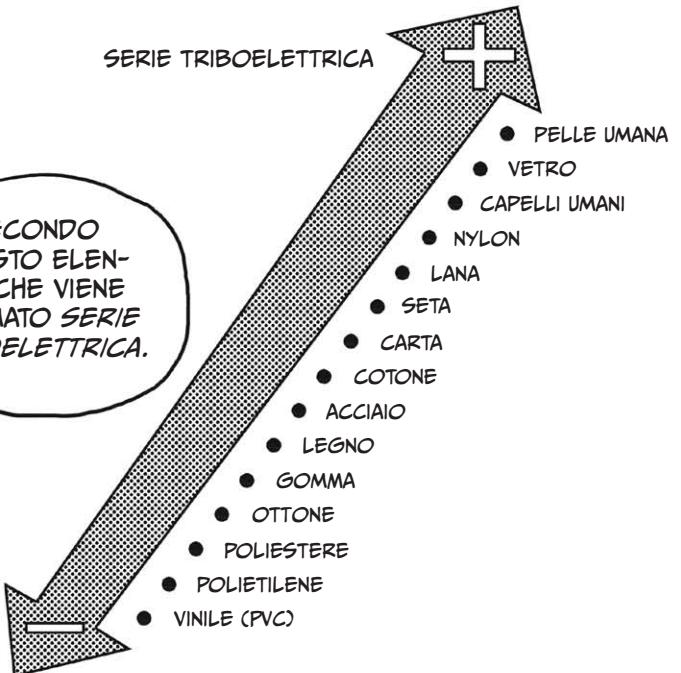
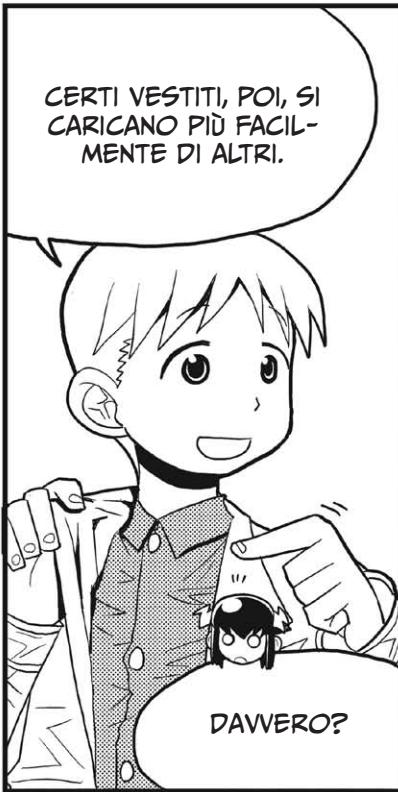
MA DI SOLITO LE PICCOLE SCOSSE PROVOCATE DALL'ELETTRICITÀ STATICÀ SI SENTONO IN INVERNO, O SBALGLIO?



NON SBAGLIO.

QUESTO SUCCIDE PERCHÉ L'ELETTRICITÀ STATICÀ SI GENERA PIÙ FACILMENTE QUANDO IL CLIMA È SECCO, COME ACCADE IN INVERNO, E L'UMIDITÀ È BASSA.

VERO... IN INVERNO MI SI SCREPOLANO LE LABBRA.



PER ESEMPIO, SE SFREGHIAMO I CAPELLI CON UN FAZZOLETTO DI COTONE...

MA SE SFREGHIAMO IL FAZZOLETTO SU UN FOGLIO DI VINILE...



...I CAPELLI SI CARICANO POSITIVAMENTE E IL FAZZOLETTO NEGATIVAMENTE.



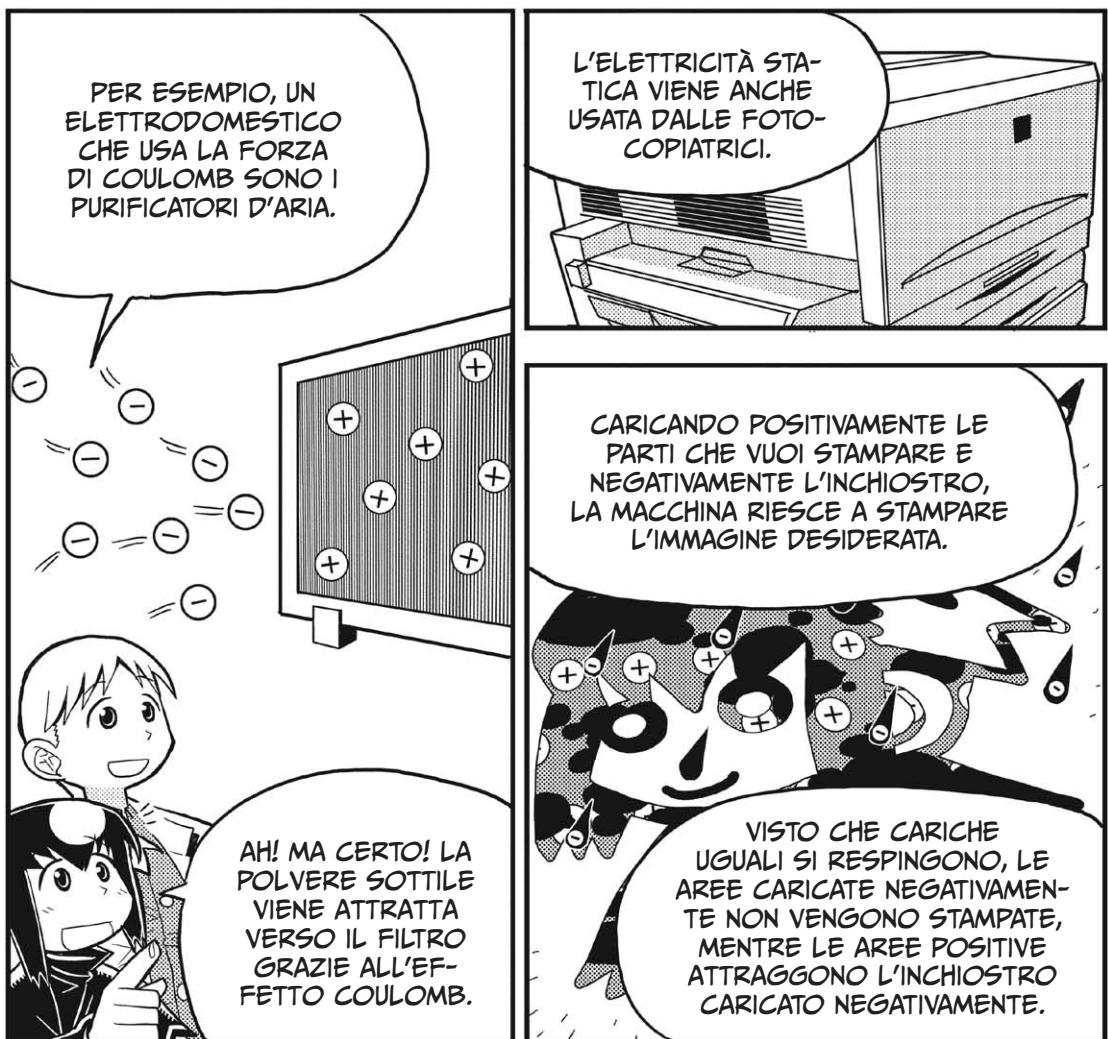
...IL FAZZOLETTO SI CARICA POSITIVAMENTE E IL FOGLIO NEGATIVAMENTE.

QUINDI NON SI PUÒ STABILIRE A PRIORI SE LA CARICA SARÀ POSITIVA O NEGATIVA, MA DIPENDE DAI MATERIALI, GIUSTO?



OLTRETTUTTO, LE CARATTERISTICHE DELLA CARICA CAMBIANO ANCHE A SECONDA DEL TIPO DI SUPERFICIE DEI MATERIALI CHE METTIAMO IN CONTATTO.

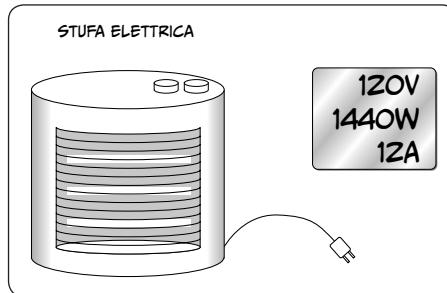






## LE ETICHETTE NEI PRODOTTI ELETTRICI

I prodotti elettrici in commercio presentano etichette che riportano informazioni come la tensione di alimentazione, la corrente elettrica e la potenza: per esempio, 120V, 1440W e 12A.



L'etichetta su una stufa elettrica.

La tensione di alimentazione, ovvero la differenza di potenziale o “pressione” che fa fluire la corrente elettrica, è rappresentata dal simbolo  $V$ . L’unità di misura della tensione è il volt ( $V$ ), che prende il nome dal fisico italiano Alessandro Volta, l’inventore della batteria.

L’alimentazione comunemente usata per gli elettrodomestici è 230V in Italia, 120V negli Stati Uniti e 100V in Giappone.

La corrente è la quantità di carica al secondo che percorre una linea elettrica, ed è rappresentata dal simbolo  $I$ , che non è altro che l’iniziale di *Intensità di corrente*. La corrente elettrica si misura in ampere ( $A$ ), a volte abbreviato in *amp*, unità di misura che prende il nome dal fisico francese André Marie Ampère. Un ampere equivale a un coulomb al secondo.

La potenza, che rappresenta l’energia elettrica consumata in un secondo, è rappresentata dal simbolo  $P$ . La potenza si misura in watt ( $W$ ) e anche qui il nome deriva da un ingegnere meccanico scozzese, James Watt, l’inventore della macchina a vapore. Un watt equivale a un joule al secondo.

Per determinare la potenza di un dispositivo basta moltiplicare la tensione per la corrente. La potenza di un dispositivo a 120V in cui scorre una corrente di 12A è

$$P = V \times I = 120V \times 12A = 1440W.$$

In ogni casa italiana si trovano molti elettrodomestici alimentati a 230V. Se dividi il valore della potenza indicato su ognuno di questi dispositivi per 230V, troverai il valore della corrente che attraversa ognuno di loro. Un dispositivo con la stessa potenza ma a 120V, secondo le stesse regole matematiche, userà quasi il doppio della corrente di un dispositivo a 230V.

Visto che  $P = V \times I$ , possiamo riscrivere l’equazione in questo modo.

$$I = \frac{P}{V}$$

Per un dispositivo alimentato a 120V...  $I = \frac{1440W}{120V} = 12A$  ...una corrente di 12A.

Per un dispositivo alimentato a 230V...  $I = \frac{1440W}{240V} = 6A$  ...una corrente di 6A circa.

## PREFISSI DEL SISTEMA INTERNAZIONALE DI MISURA

1000W si può anche scrivere 1kW. Questo perché k sta per *kilo* e rappresenta 1.000, o  $10^3$ . Ma esistono anche altri prefissi: 3.600.000 joule (J) equivalgono a 3,6 megajoule (MJ). Questi prefissi, corrispondenti a diverse potenze di 10, si chiamano *prefissi SI*, e sono stati stabiliti in seguito ad accordi internazionali come regole per le unità di misura all'interno del *Sistema Internazionale di unità di misura (unità SI)*. I prefissi più comuni sono indicati nella tabella seguente.

### PREFISSI SI PIÙ COMUNI NELLE GRANDEZZE ELETTRICHE

Simbolo	Nome	Quantità
T	tera	$10^{12}$ = 1.000.000.000.000
G	giga	$10^9$ = 1.000.000.000
M	mega	$10^6$ = 1.000.000
k	kilo	$10^3$ = 1.000
m	milli	$10^{-3}$ = 0.001
$\mu$	micro	$10^{-6}$ = 0.000 001
n	nano	$10^{-9}$ = 0.000 000 001
p	pico	$10^{-12}$ = 0.000 000 000 001

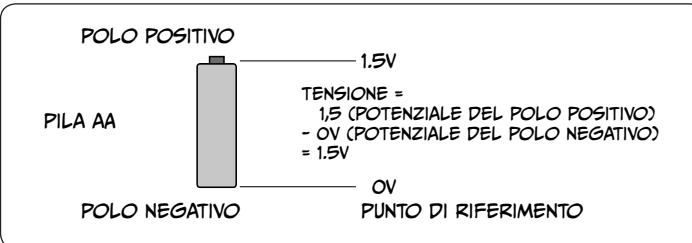
Puoi calcolare quanta *energia*, vale a dire la quantità di *lavoro*, sviluppata da un dispositivo, moltiplicando la potenza consumata con il tempo di accensione. La potenza viene spesso misurata dalle aziende fornitrice del servizio in kWh (chilowattora). Per esempio, se una stufa elettrica da 1kW viene usata per 1 ora, l'energia consumata sarà di  $1\text{kW} \times 1\text{ ora} = 1\text{kWh}$ .

Tuttavia, quando il tempo viene rappresentato in secondi, si può usare anche l'unità di misura Ws (watt secondo). Un watt secondo è l'equivalente di 1 joule (J). Per esempio, quando la stufa da 1kW viene usata per 1 ora, visto che 1 ora sono  $60\text{ minuti} \times 60\text{ secondi} = 3600\text{ secondi}$ , la quantità di energia consumata è  $1\text{kW} \times 3600\text{ secondi} = 3600\text{kWs}$  o 3.600.000 joule.

Puoi calcolare quanto ti costa utilizzare un elettrodomestico moltiplicando la quantità di energia usata (in kWh) con il prezzo applicato dal tuo gestore (indicato per kWh) e considerando eventuali costi aggiuntivi, se vengono applicati dal gestore. Visto che in Italia mediamente il costo di 1kWh è di 30 centesimi di euro, se un dispositivo da 1kW viene usato per 1 ora, la quantità di energia utilizzata sarà di 1kWh e l'azienda energetica vi addebiterà più o meno 30 centesimi.

## TENSIONE E POTENZIALE

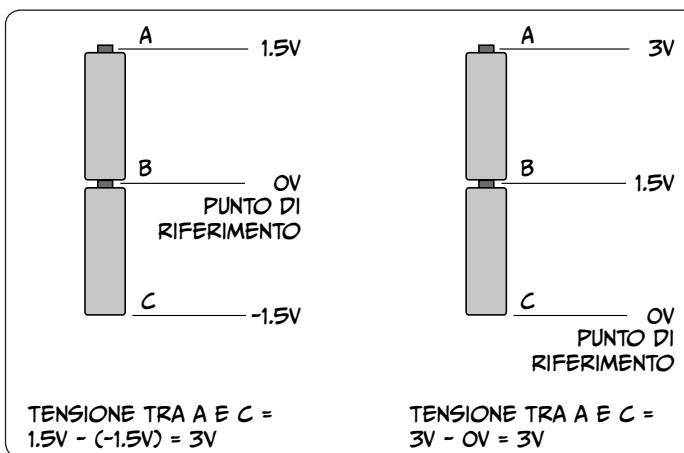
La corrente elettrica scorre dal potenziale maggiore a quello minore. La differenza di potenziale tra due punti si chiama *tensione*. Per esempio, considerando una pila tipo AA, se prendiamo come riferimento il polo negativo, allora il potenziale del polo negativo è 0V, mentre il potenziale del polo positivo è 1,5V. La differenza di potenziale tra i due poli viene chiamata *tensione nominale* della pila.



*Tensione nominale di una pila AA.*

Se mettiamo in serie due pile e prendiamo B come punto di riferimento, il potenziale del punto A è 1,5V, il potenziale del punto B è 0V e il potenziale del punto C -1,5V. La tensione tra i punti A e C può essere ottenuta sottraendo il potenziale del punto C dal potenziale del punto A. In questo caso, quindi, la tensione risulta essere 3V. Se sceglio il punto C come riferimento, il potenziale del punto C è 0V, mentre i potenziali dei punti B e A saranno rispettivamente 1,5V e 3V. La tensione risultante è comunque 3V.

Maggiore è la differenza di potenziale, maggiore sarà la tensione.

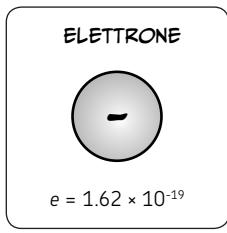


*La tensione quando due pile sono messe in serie.*

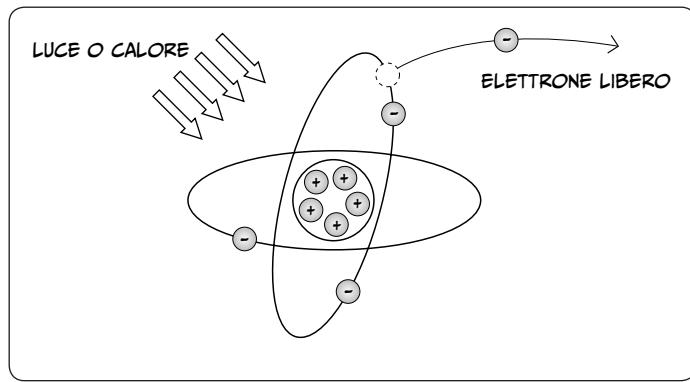
## ATOMI ED ELETTRONI

Tutte le sostanze sono composte da atomi. Un *atomo* è a sua volta formato da un nucleo, un insieme di protoni e neutroni, e da elettroni. Visto che i protoni hanno carica positiva e i neutroni sono elettricamente neutri, il nucleo è in definitiva elettricamente positivo. Gli elettroni, d'altro canto, hanno carica negativa. Ma visto che la carica dei protoni è opposta a quella degli elettroni, un atomo generalmente è neutro.

Gli elettroni si muovono intorno al nucleo secondo orbite che sono chiamate *orbitali elettronici*. Visto che gli elettroni che si trovano sugli orbitali più esterni subiscono un'attrazione inferiore da parte del nucleo (rispetto agli elettroni degli orbitali interni), questi possono staccarsi dall'orbita se sottoposti a una fonte energetica esterna, come la luce o il calore. Un elettrone che si stacca dalla sua orbita può muoversi liberamente e per questo viene chiamato *elettrone libero*. In sostanze come il rame, o altri metalli, attraverso cui la corrente scorre senza problemi, ci sono molti elettroni liberi, e in



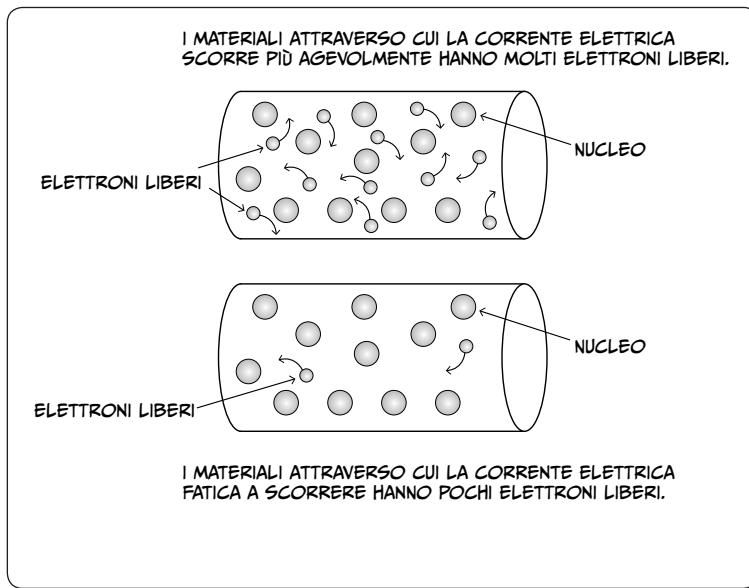
*La più piccola quantità di carica elettrica esistente in natura è l'elettrone.*



*Il distacco di un elettrone.*

presenza di tensione gli elettroni liberi si muoveranno tutti in una direzione. La corrente elettrica si muove lungo un cavo elettrico secondo questo principio. L'orbitale esterno di un atomo è anche chiamato *orbitale di valenza*, e gli elettroni che orbitano al suo interno sono chiamati *elettroni di valenza*.

Il numero totale di elettroni di un atomo corrisponde al suo numero atomico. Anche se esistono molti atomi con un numero atomico elevato e quindi un elevato numero di elettroni, queste sostanze non sono necessariamente quelle attraverso cui la corrente elettrica scorre più facilmente. Questa caratteristica dipende infatti dal numero di elettroni di valenza.

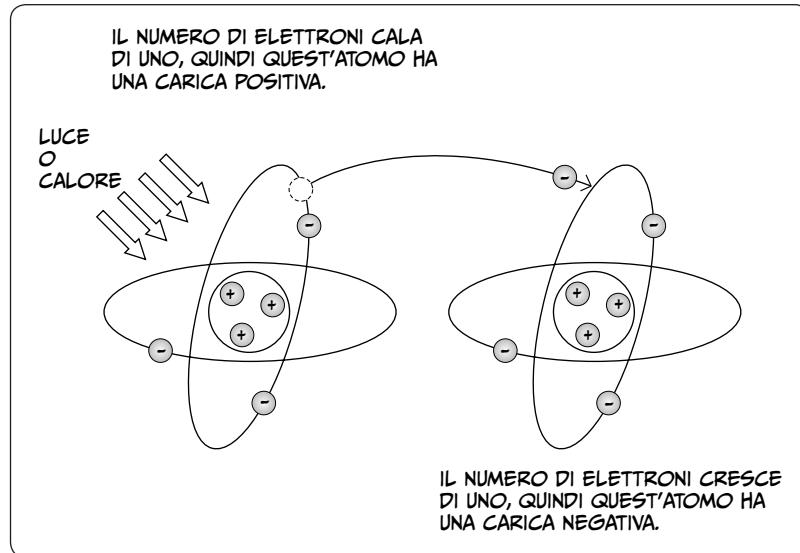


*Materiali diversi hanno quantità diverse di elettroni liberi.*

# L'ELETTRICITÀ STATICA

Quando due materiali diversi vengono strofinati insieme, gli atomi si scontrano e gli elettroni che si staccano più facilmente possono trasferirsi dagli atomi di una sostanza a quelli dell'altra.

Quando ciò accade, il materiale che ha perso elettroni si carica positivamente, mentre il materiale che ha acquistato elettroni si carica negativamente. Un materiale che trasporta elettricità in questo modo viene definito *caricato*, e visto che l'elettricità non si muove (non scorre), siamo in presenza di *elettricità statica*. La quantità di carica positiva generata in questo processo è sempre identica alla quantità di carica negativa. Visto che l'elettricità statica si genera per sfregamento, viene spesso chiamata *elettricità per strofinio* o per *sfregamento*.

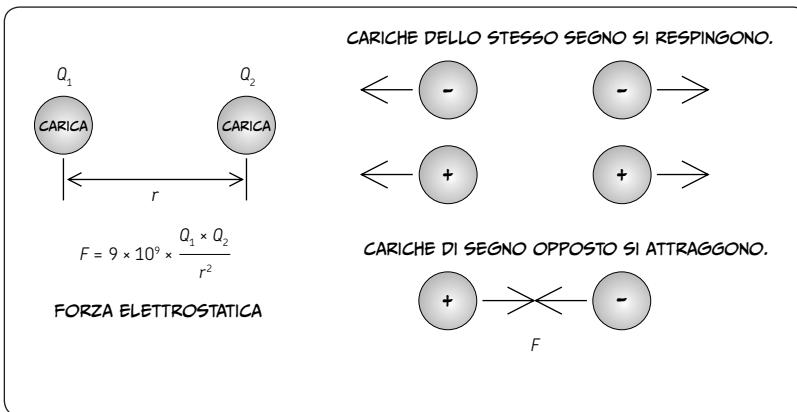


*Il movimento degli elettroni e la carica elettrica.*

## LA FORZA ELETTROSTATICA

La carica elettrica si misura in *coulomb*, e si rappresenta con la lettera Q, la quantità di carica. Il nome dell'unità di misura deriva da Charles Augustin de Coulomb, un fisico francese che studiò l'elettricità.

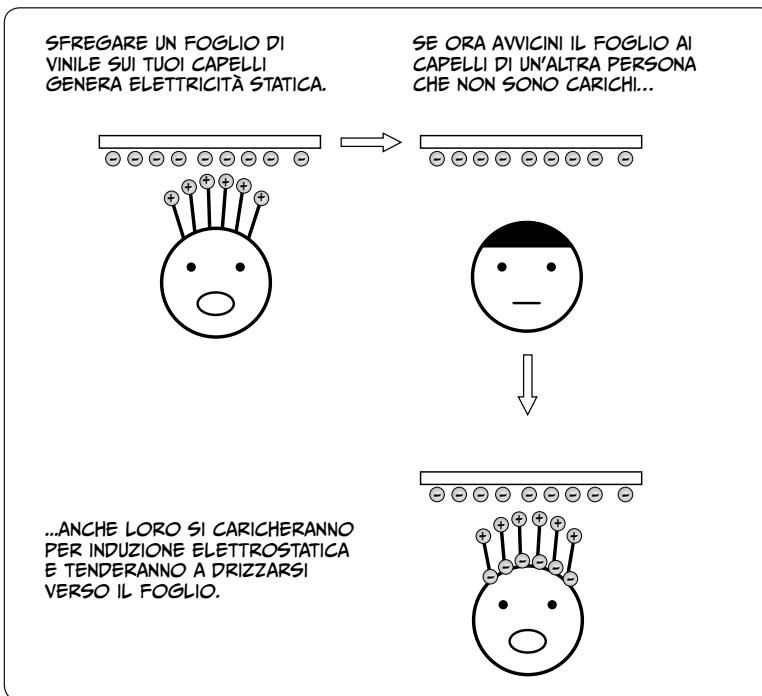
Una forza chiamata *forza elettrostatica* (chiamata anche *forza di Coulomb*) agisce tra due cariche. Questa forza fa sì che due cariche dello stesso tipo si respingano, mentre al contrario cariche di segno opposto si attraggano. Il valore della forza elettrostatica F di attrazione o di repulsione (espresso nell'unità di misura chiamata *newton*) che agisce tra due cariche  $Q_1$  e  $Q_2$  è direttamente proporzionale al prodotto di  $Q_1$  e  $Q_2$  e inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra le due cariche ( $r$ , in metri). Più forti sono le cariche, e minore la distanza che le separa, più forte sarà la forza elettrostatica. Questo principio passa sotto al nome di *Legge di Coulomb*, in relazione all'elettricità statica.



*Forza elettrostatica che agisce tra due cariche e Legge di Coulomb.*

Se creiamo elettricità statica sfregando un foglio di vinile sui capelli di una persona, i capelli si caricano positivamente mentre il foglio assume carica negativa. Di conseguenza, i capelli si attaccano al foglio di vinile per via della forza elettrostatica.

Inoltre, avvicinando il foglio di vinile caricato negativamente ai capelli di una persona non ancora caricati, i capelli si caricheranno positivamente e si attaccheranno al foglio. Questo fenomeno per cui un oggetto privo di carica si polarizza in prossimità di un altro oggetto carico si chiama *induzione elettrostatica*.

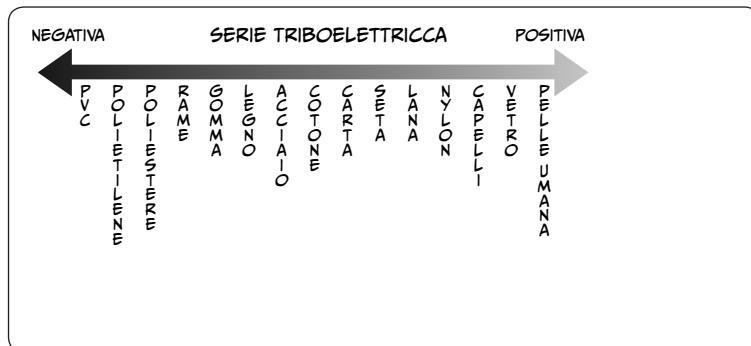


*Induzione elettrostatica.*

## LA SERIE TRIBOELETTRICA

L'elettricità statica si genera più facilmente se l'atmosfera è secca, perché l'umidità impedisce all'elettricità statica di formarsi su una superficie. Inoltre, alcuni tessuti si caricano più facilmente di altri, a seconda del materiale con cui sono fatti. Visto che la seta assorbe facilmente l'acqua e trattiene l'umidità molto di più rispetto alle fibre sintetiche, nei vestiti in seta l'elettricità statica si genera più raramente.

La polarità delle cariche che si generano per frizione cambia a seconda dei materiali che vengono sfregati insieme, secondo uno schema riassunto dalla *serie triboelettrica*. Per esempio, se a entrare in contatto sono il cotone e i capelli, i capelli si caricheranno positivamente e il cotone negativamente. Se invece a essere sfregati insieme sono cotone e vinile, il cotone assumerà carica positiva, mentre il vinile si caricherà negativamente.



La serie triboelettrica.

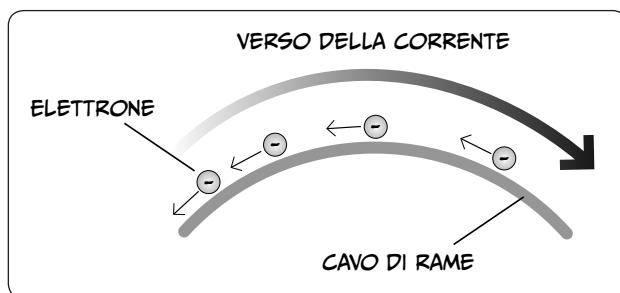
Maggiore sarà la distanza dei materiali all'interno della serie, maggiore sarà l'elettricità statica che si genera tra loro. A distanza minore, invece, corrisponde una minore elettricità statica. In altre parole, puoi ridurre la possibilità che si generi elettricità statica indossando indumenti realizzati in materiali vicini tra loro nella serie triboelettrica.

## I MOVIMENTI DI CARICHE E IL VERSO DELLA CORRENTE ELETTRICA

Anche i fulmini sono una delle conseguenze dell'elettricità statica. Un fulmine nasce quando l'elettricità statica formata dalla frizione tra le particelle di ghiaccio presenti in una nuvola si scarica tra la nuvola e il terreno. In quei casi l'aria (un isolante attraverso cui l'elettricità si propaga con difficoltà) che separa le cariche positive e negative rende questo tipo di fenomeni occasionali.

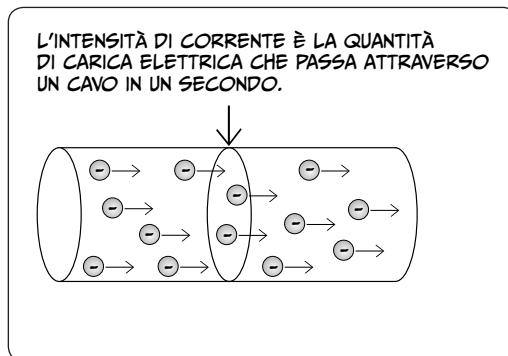
Ma quando la carica aumenta, la differenza di potenziale tra le cariche positive e negative diventa sempre maggiore al punto da superare le proprietà di isolamento dell'aria: questo è il momento in cui si genera il fulmine. Il fenomeno per cui si assiste a un flusso continuo di cariche è chiamato *scarica elettrica*. Un flusso continuo di elettroni viene anche chiamato *corrente*.

La corrente elettrica scorre dal polo positivo a quello negativo. Gli scienziati hanno scoperto che gli elettroni, invece, si muovono dal polo negativo al polo positivo. Quindi, la direzione degli elettroni è in realtà opposta al verso in cui va la corrente.



*Direzione della corrente e direzione degli elettroni.*

L'intensità di corrente è per definizione la quantità di carica elettrica che passa attraverso un conduttore in un secondo.



*Intensità di corrente.*

Per esempio, quando una carica di 1C attraversa un punto definito, l'intensità di corrente ( $I$ ) può essere calcolata dividendo la carica ( $Q$ ) espressa in coulomb per il tempo ( $t$ ) espresso in secondi, come segue.

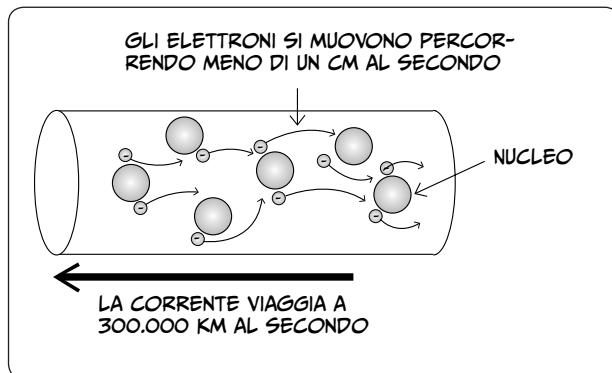
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}} = 1\text{A}$$

Il numero di elettroni corrispondente a una corrente di 1A può essere ottenuto dividendo 1C per la quantità di carica di 1 elettrone.

$$\frac{1\text{C}}{1.602 \times 10^{-19}\text{C/elettrone}} = 6.24 \times 10^{18} \text{ elettroni}$$

In altre parole, a una corrente di 1A corrisponde un flusso di  $6.24 \times 10^{18}$  elettroni al secondo.

La velocità degli elettroni è molto bassa (meno di 1cm al secondo). Tuttavia, la velocità a cui si propaga il campo elettrico è uguale alla velocità della luce: 300.000 km al secondo. Quindi, in definitiva la corrente scorre a 300.000km al secondo (la velocità della luce).



*Velocità degli elettroni e velocità della corrente.*

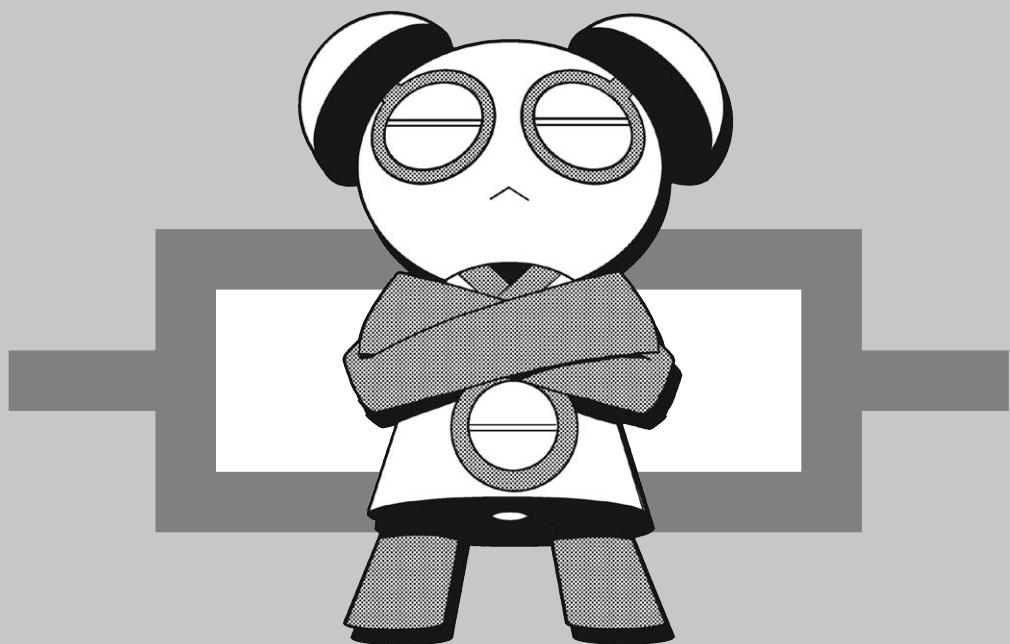
Anche se la corrente, di per sé, non è visibile a occhio nudo, il calore e la luce sono spesso generati da un flusso di cariche. Per questo si può dire che l'esistenza dell'elettricità è confermata dall'osservazione dei fenomeni generati dalla corrente.



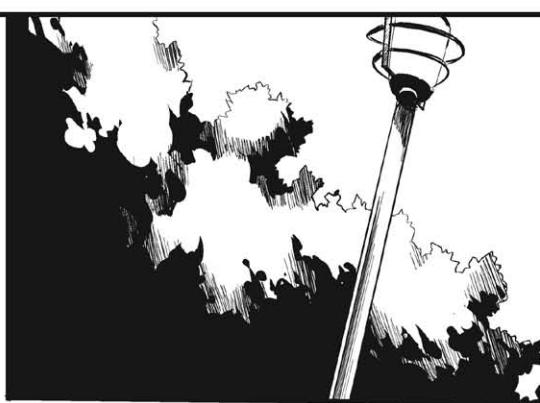


Z

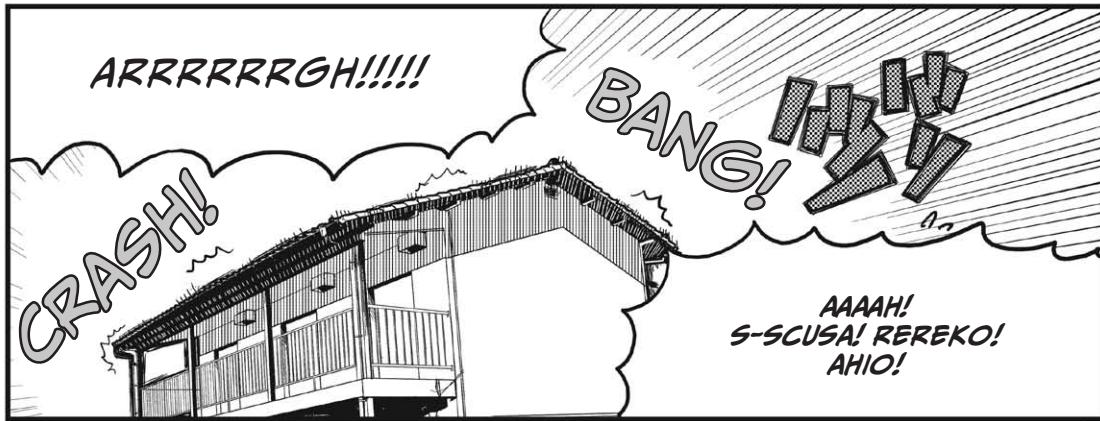
CHE COSA SONO I CIRCUITI  
ELETTRICI?



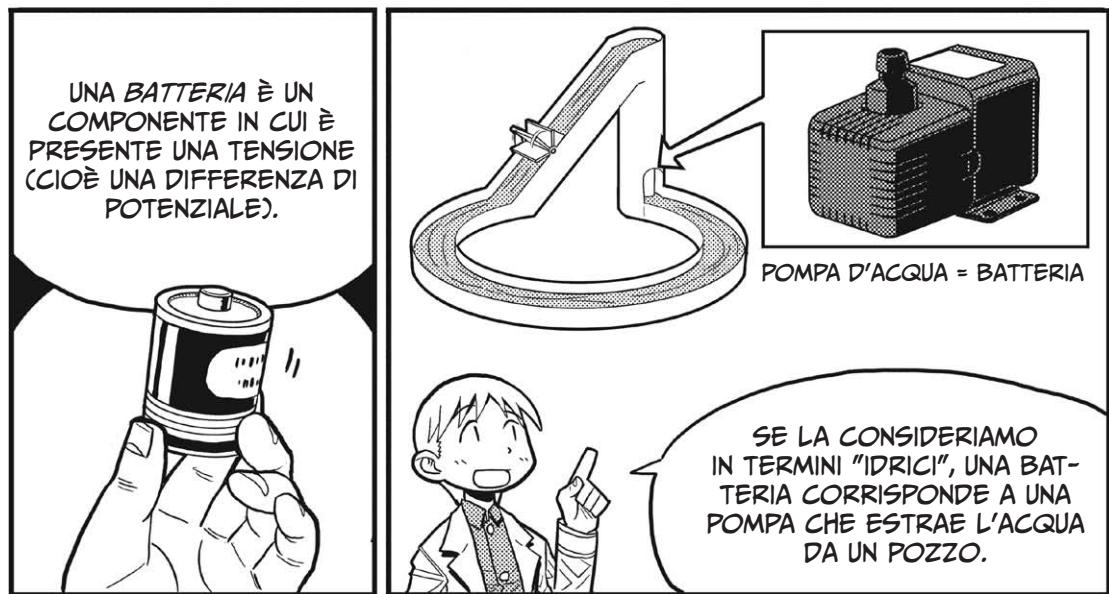
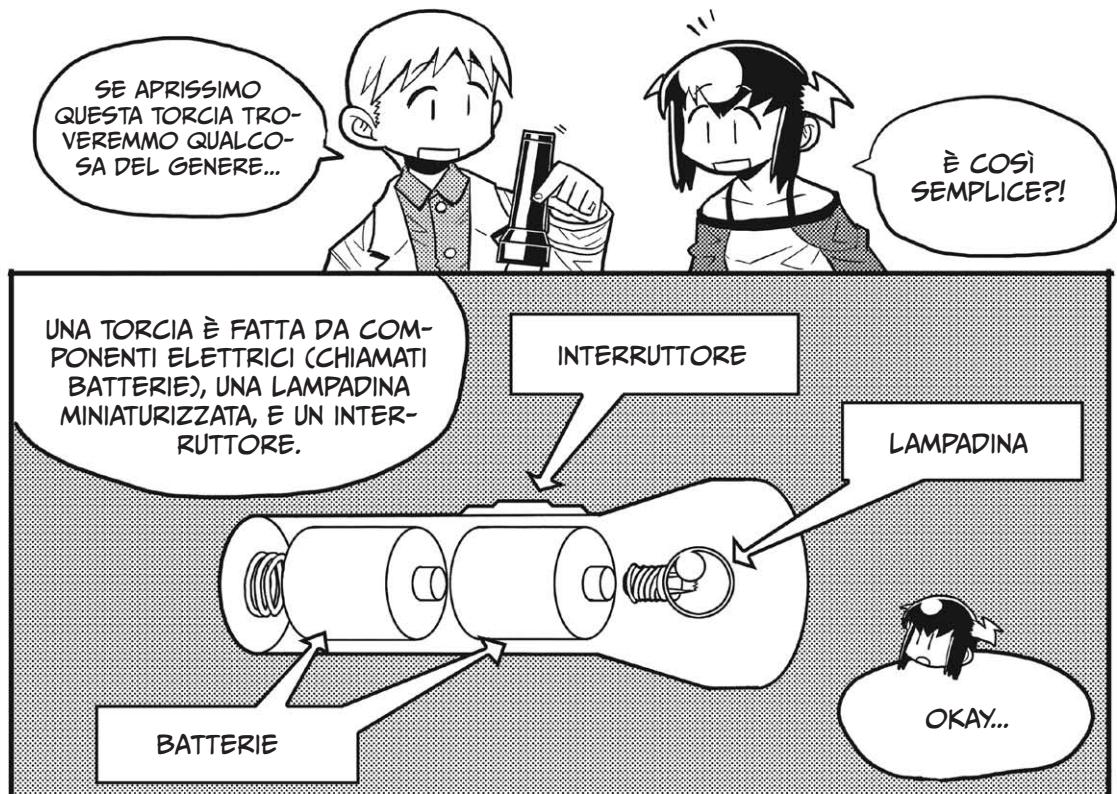
I CIRCUITI ELETTRICI NEI  
DISPOSITIVI DI USO QUOTIDIANO.







## IL CIRCUITO DI UNA TORCIA



QUINDI SENZA BATTERIA NON SCORREREbbe CORRENTE ELETTRICA, GIUSTO?

SNAP

ESATTO!

IN UN CIRCUITO ELETTRICO, RAPPRESENTA L'ALIMENTAZIONE.

LA LAMPADINA È IL COMPONENTE CHE SI ILLUMINA AL PASSAGGIO DELLA CORRENTE.

NEL CASO DELL'ACQUA, LA LAMPADINA CORRISPONDE ALLA RUOTA DEL MULINO CHE GIRA SPINTA DALLA CORRENTE.

FLIP

FLIP

CAPISCO...

L'INTERRUTTORE È IL COMPONENTE CHE ABILITA O IMPedisce IL PASSAGGIO DELLA CORRENTE, A SECONDA DELLA POSIZIONE DEL CONTATTO.

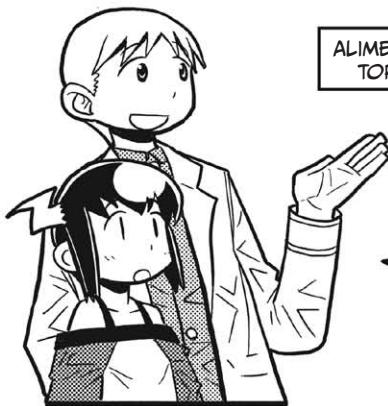
IL CONTATTO DELLE PARTI METALLICHE CONSENTE IL PASSAGGIO DELLA CORRENTE ELETTRICA.

ON

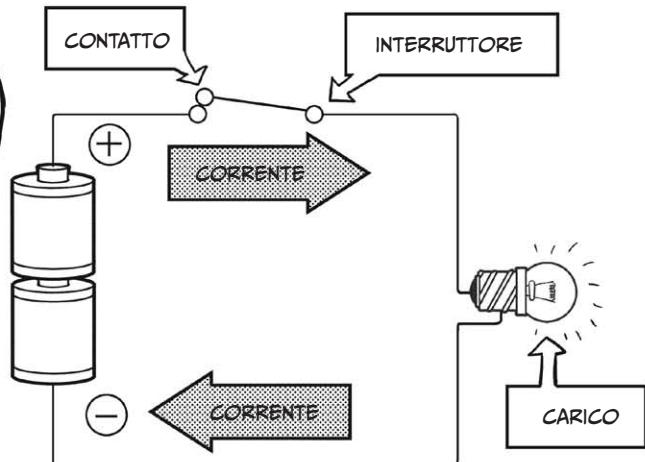
OFF

MI SEMBRA DI VEDERLO...

QUANDO L'INTERRUTTORE È CHIUSO, LA CORRENTE PARTE DAL POLO POSITIVO DELLA BATTERIA, PASSA ATTRAVERSO LA LAMPADINA E L'INTERRUTTORE, E RITORNA AL POLO NEGATIVO.



ALIMENTATORE



IL PERCORSO ATTRAVERSATO DALLA CORRENTE PRENDE IL NOME DI CIRCUITO ELETTRICO, E HA SEMPRE UNA FORMA CHIUSA (CIRCUITO CHIUSO).

### COMPONENTI DI UN CIRCUITO ELETTRICO

LA TENSIONE AI CAPI DELL'ALIMENTATORE VIENE CHIAMATA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE O FORZA ELETTROMOTRICE.



AL PASSAGGIO DELLA CORRENTE, NEL CARICO L'ENERGIA ELETTRICA SI TRASFORMA IN LUCE E/O CALORE... ECCO L'EFFETTO DELLA BATTERIA SULLA LAMPADINA.

CAPISCO! NELLA TORCIA IL CARICO È RAPPRESENTATO DALLA LAMPADINA, GIUSTO?



CARICO  
ESATTO!

IL CARICO HA ANCHE UNA PROPRIETÀ CHE SI OPPONE ALLO SCORRERE DELLA CORRENTE E CHE SI CHIAMA RESISTENZA ELETTRICA.

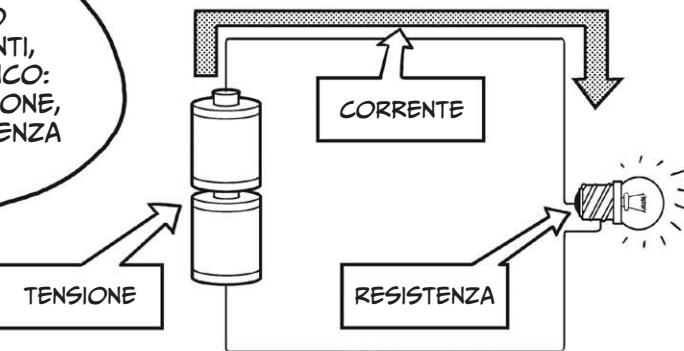


LA LAMPADINA È IL CARICO E HA UNA RESISTENZA ELETTRICA...

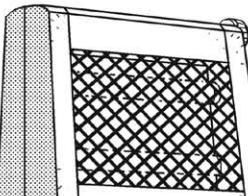
LA RESISTENZA ELETTRICA È RAPPRESENTATA DA UN'UNITÀ DI MISURA CHIAMATA OHM ( $\Omega$ ).

CHE SIMBOLO STRANO!

UN CIRCUITO ELETTRICO CONSISTE DI TRE ELEMENTI, COME VEDIAMO QUI A FIANCO: LA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE, LA CORRENTE E LA RESISTENZA ELETTRICA.



LA RESISTENZA DELLA LAMPADINA CONVERTE L'ENERGIA ELETTRICA IN LUCE. IN UNA STUFA ELETTRICA, PER ESEMPIO, LA RESISTENZA CONverte L'ENERGIA ELETTRICA IN CALORE.

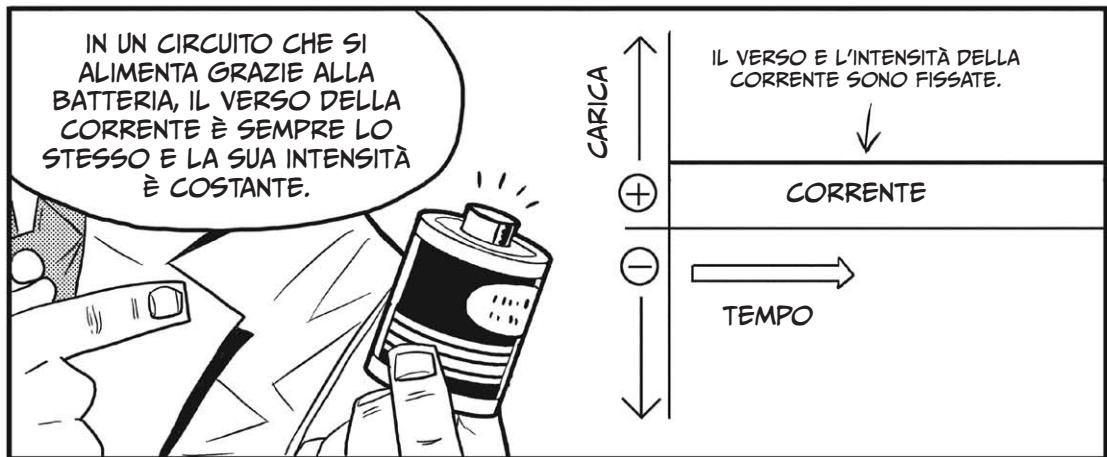
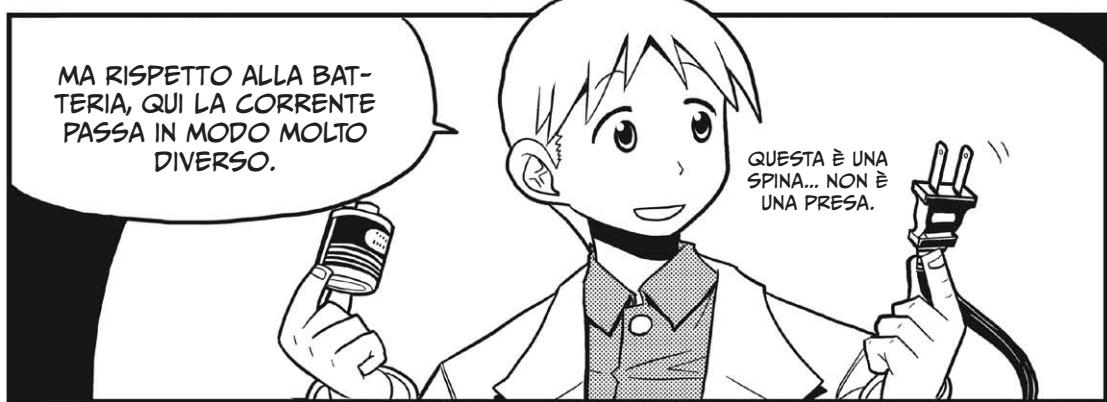
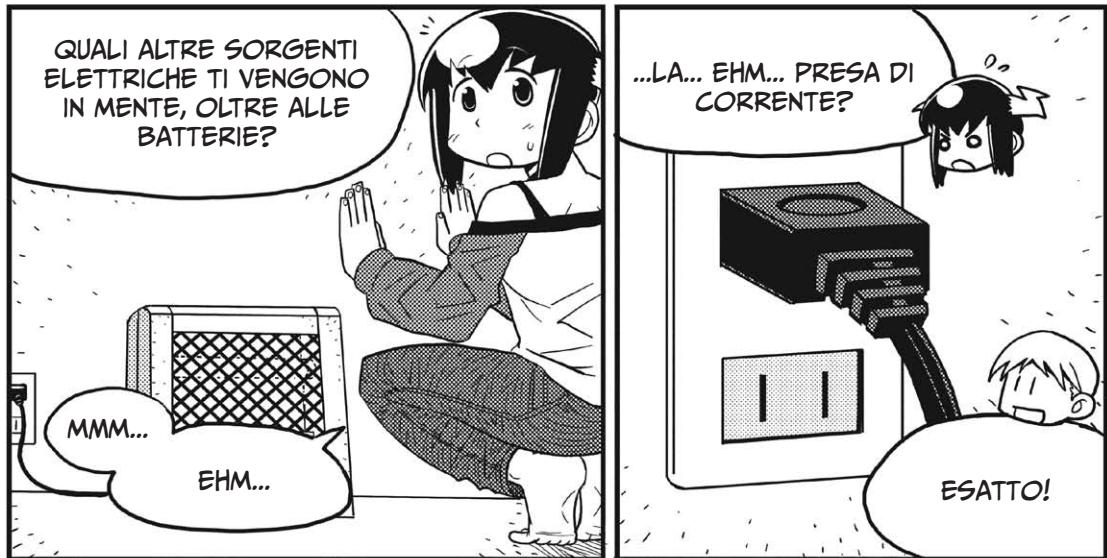


OH!

LA RESISTENZA PRODUCE UN SACCO DI EFFETTI DIVERSI, O SBAGLIO?

ERA DAVVERO CALDA...

CERTO!



QUANDO IL VERSO E L'INTENSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA SONO FISSE, PARLIAMO DI CORRENTE CONTINUA. UN CIRCUITO IN CUI SCORRE CORRENTE CONTINUA SI CHIAMA CIRCUITO A CORRENTE CONTINUA (CC O DC, DALL'INGLESE: DIRECT CURRENT).

LA BATTERIA FORNISCE CORRENTE CONTINUA, HO CAPITO BENE?

CORRENTE CONTINUA

ESATTO... E ALIMENTATORI DI QUEL TIPO PRENDONO IL NOME DI ALIMENTATORI A CORRENTE CONTINUA.

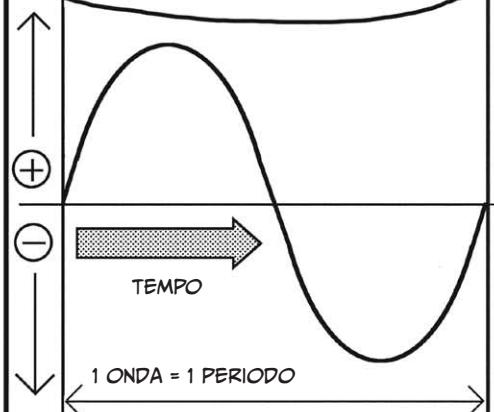
MA QUELLA CHE ESCE DA UNA PRESA ELETTRICA NON È CORRENTE CONTINUA?

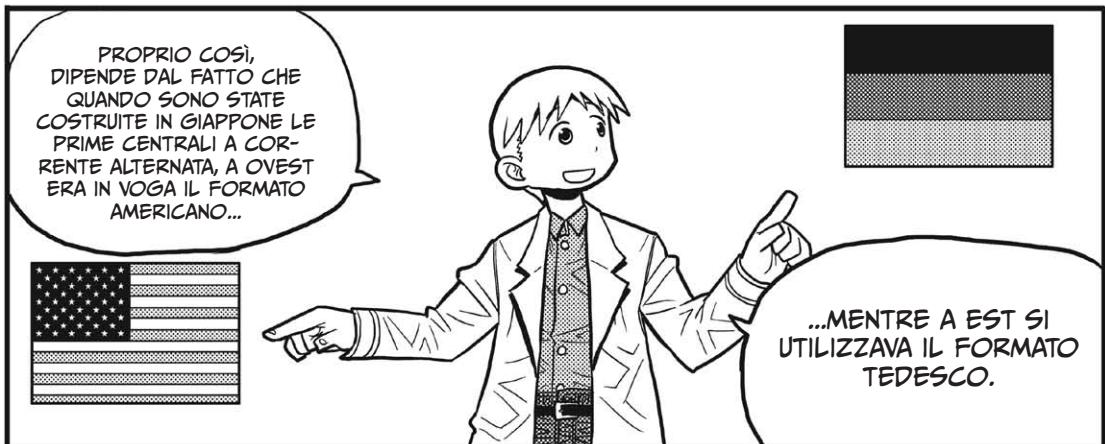
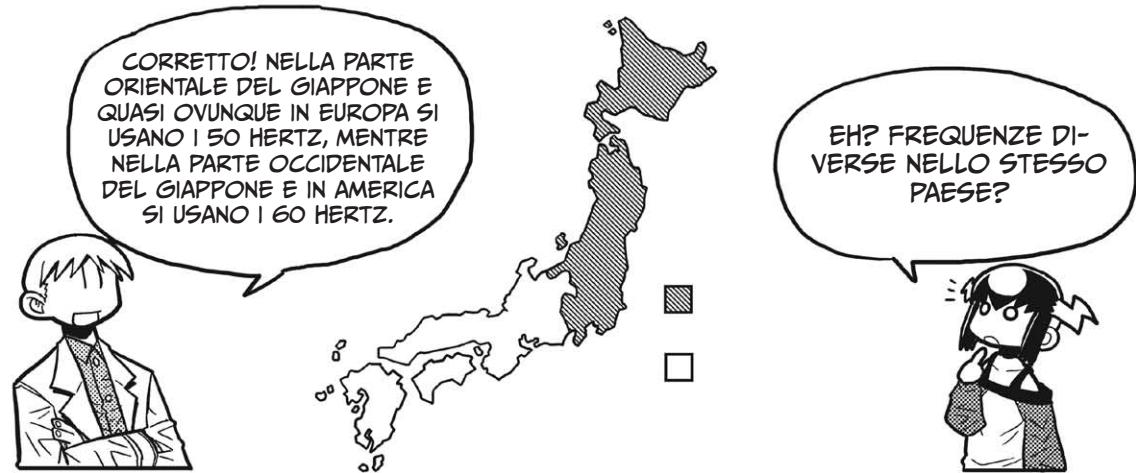
LA CORRENTE ELETTRICA CHE ESCE DA UNA PRESA SI CHIAMA CORRENTE ALTERNA, PERCHÉ IL SUO VERSO CAMBIA CONTINUAMENTE.

GIÀ! IL VERSO CAMBIA ALL'INCIRCA 50 O 60 VOLTE AL SECONDO, E ANCHE L'INTENSITÀ CAMBIA SECONDO UNA FORMA D'ONDA REGOLARE.



STAI DICENDO CHE CAMBIA IL SENSO DEL FLUSSO?





TRA PARENTESI, SE PRENDI UNA SCOSSA DA CORRENTE ALTERNATA PROVERAI UNA SENSAZIONE DI FORMICOLIO...

OH! OH! OH! OH!

DERIVA DAL FATTO CHE L'INTENSITÀ E IL VERSO DELLA CORRENTE CAMBINO.

SE INVECE PRENDI UNA SCOSSA DA CORRENTE CONTINUA, SENTIRAI UN DOLORE SIMILE ALLA PUNTURA DI UN AGO.

CRACK!

AHIO!

MMM, LA CORRENTE CONTINUA E LA CORRENTE ALTERNATA DANNO SCOSSE DIVERSE! DAVVERO INTERESSANTE...

A QUESTO PROPOSITO,  
RERERO...

SHING!

...COSA CAMBIA  
SE ALIMENTO LA MIA SPADE  
CON CORRENTE CONTINUA O  
ALTERNATA?

KRZZ!

ZZUN!

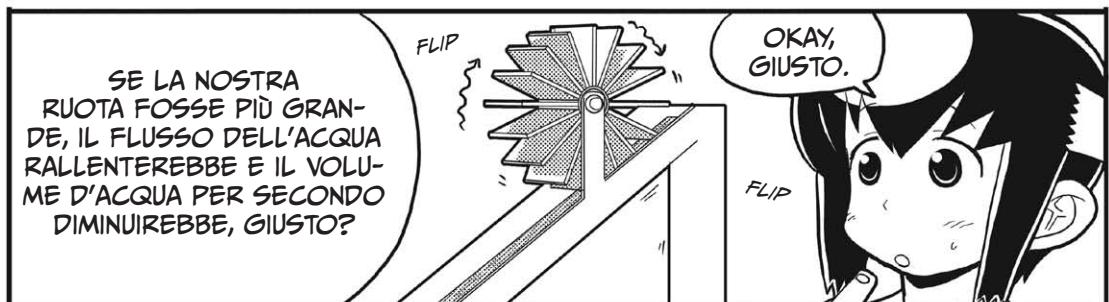
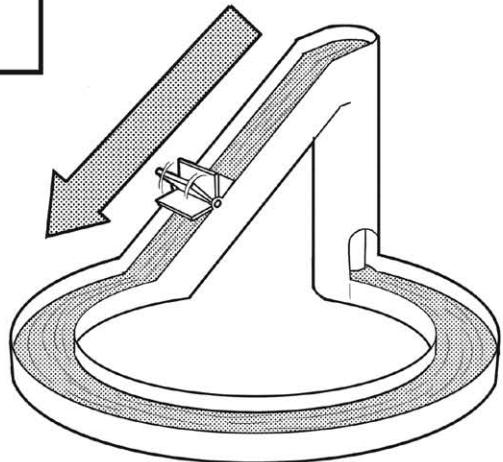
AAHH! SENSEI HIKARU...  
PROTEGGIMI!

NOOOO!

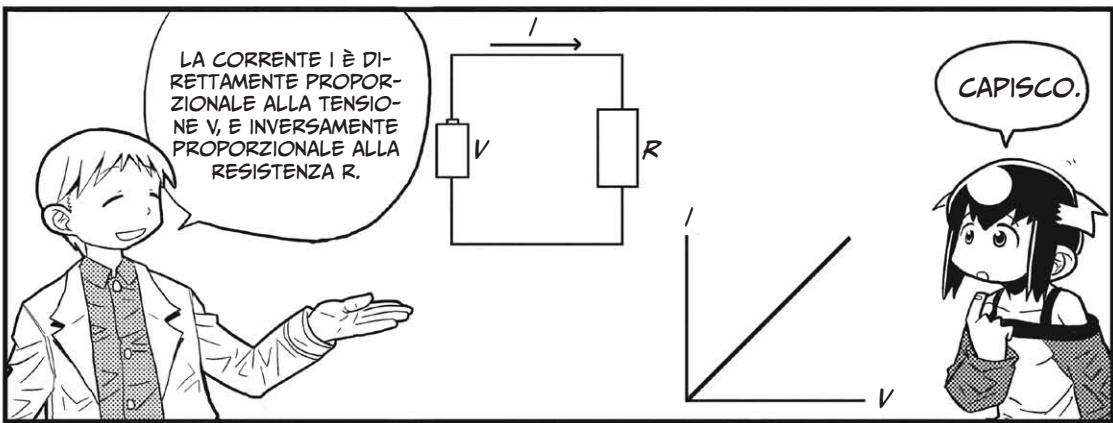
DAN, DAN, DARRAM!

AHHHH!

## LA LEGGE DI OHM E I METODI PER COLLEGARE I COMPONENTI ELETTRICI



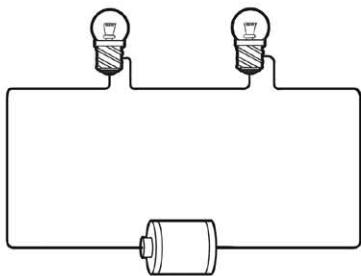
## I CIRCUITI ELETTRICI E LA LEGGE DI OHM



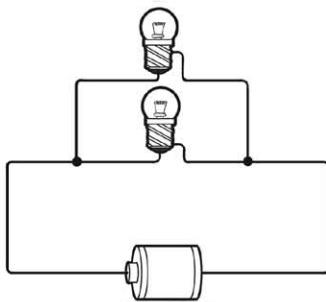
## COLLEGAMENTI IN SERIE E IN PARALLELO

ESISTONO PRINCIPALMENTE DUE MODI CON CUI SI POSSONO COLLEGARE I COMPONENTI ELETTRICI DI UN CIRCUITO.

QUALI SONO?



PUOI COLLEGARE IN SERIE DUE RESISTENZE, METTENDOLE UNA DOPO L'ALTRA...



...O PUOI COLLEGARLE IN PARALLELO, METTENDOLE UNA DI FIANCO ALL'ALTRA.

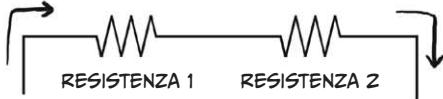
COSA CAMBIA?



IL MODO IN CUI LA CORRENTE LE ATTRAVERSÀ È QUELLO IN CUI LA TENSIONE SI APPLICA SU DI LORO!

### COLLEGAMENTO IN SERIE

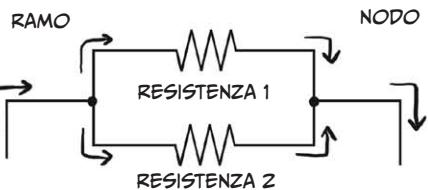
L'INTENSITÀ DELLA CORRENTE NON CAMBIA



CORRENTE DI ALIMENTAZIONE = CORRENTE NELLA RESISTENZA 1 = CORRENTE NELLA RESISTENZA 2

TENSIONE DI ALIMENTAZIONE = TENSIONE SULLA RESISTENZA 1 + TENSIONE SULLA RESISTENZA 2

### COLLEGAMENTO IN PARALLELO

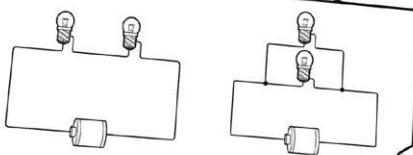


CORRENTE DI ALIMENTAZIONE = CORRENTE NELL'UNICO RAMO + CORRENTE NELL'ALTRI RAMO

TENSIONE DI ALIMENTAZIONE = TENSIONE SULLA RESISTENZA 1 = TENSIONE SULLA RESISTENZA 2

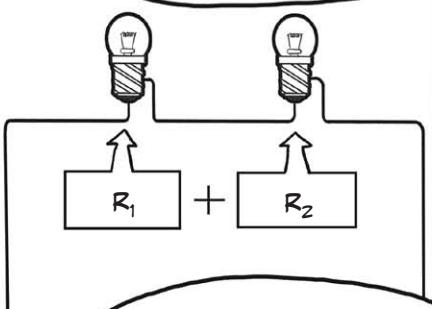
QUANDO IN UN CIRCUITO CI SONO PIÙ RESISTENZE, POSSIAMO SOSTITUIRLE CON UN'UNICA RESISTENZA EQUIVALENTE.

QUINDI, IN QUESTO CASO, DUE RESISTENZE VENGONO CONTATE COME UNA SOLA.



IN UN COLLEGAMENTO IN SERIE, LA RESISTENZA EQUIVALENTE SI OTTIENE SOMMANDO I VALORI DELLE DUE RESISTENZE.

$$\text{RESISTENZA EQUIVALENTE} = R_1 + R_2$$



BASTA SOMMARLI COSÌ.

E PER I COLLEGAMENTI IN PARALLELO?

IN QUEL CASO CALCOLARE LA RESISTENZA EQUIVALENTE È UN PO' PIÙ COMPLICATO.

SI OTTIENE COSÌ.

1

SOMMA DEI RECIPROCI DELLE SINGOLE RESISTENZE

SOMMA DEI RECIPROCI?

LA FORMULA DIVENTA COSÌ:

$$\text{RESISTENZA EQUIVALENTE} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

(PRODOTTO / SOMMA)

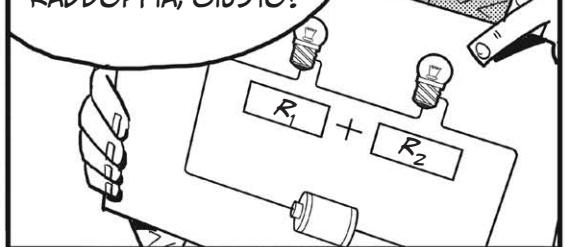


BE', DEVI PRENDERCI UN PO' LA MANO, NO?

UFFA

OKAY...

SE COLGO IN SERIE DUE LAMPADINE IDENTICHE, IL VALORE DELLA RESISTENZA RADDOPPIA, GIUSTO?



1 LAMPADINA



LUMINOSO

2 LAMPADINE



FIOCO

IN QUESTO CASO,  
VISTO CHE LA CORRENTE SI  
DIMEZZA, LA LUMINOSITÀ DELLE  
DUE LAMPADINE SARÀ MINORE  
RISPETTO AL CASO IN CUI SOLO  
UNA LAMPADINA È COLLEGATA.

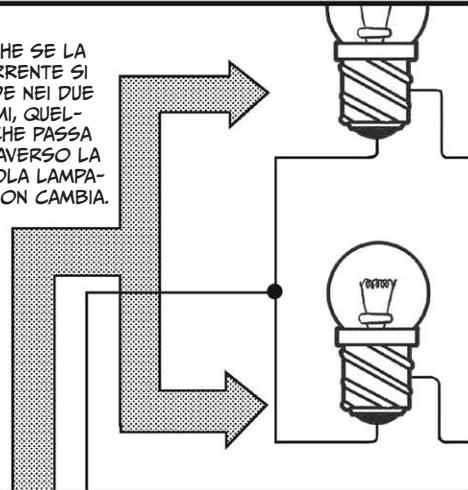
PER OTTENERE LA STESSA LUMINOSITÀ CON DUE LAMPADINE COLLEGATE DOBBIAMO RADDOPPIARE LA TENSIONE.

CLICK

SE COLLEGHIAMO LE LAMPADINE IN PARALLELO, RICEVERANNO ENTRAMBE LA STESSA TENSIONE E, VISTO CHE SONO ATTRAVERSATE DALLA STESSA CORRENTE LA LUMINOSITÀ NON CAMBIA. MA LA CORRENTE TOTALE SARÀ RADDOPPIATA.



ANCHE SE LA CORRENTE SI DIVIDE NEI DUE RAMI, QUELLA CHE PASSA ATTRAVERSO LA SINGOLA LAMPADINA NON CAMBIA.



IN ALTRE PAROLE, IL NOSTRO ALIMENTATORE DOVRÀ FORNIRE IL DOPPIO DELLA CORRENTE.

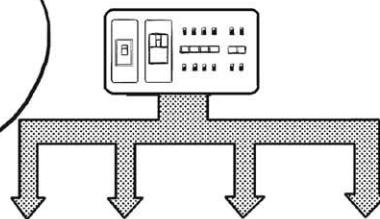


QUESTI METODI DI COLLEGAMENTO HANNO PROPRIETÀ SPECIFICHE, VERO?

ANCHE UN SEMPLICE ELETRODOMESTICO AGISCE COME UNA RESISTENZA. POSSIAMO COLLEGARNE MOLTI IN PARALLELO AL QUADRO ELETTRICO.



COSÌ TUTTI I NOSTRI DISPOSITIVI RICEVERANNO UNA TENSIONE DI 230V.



TUTTI A 230V

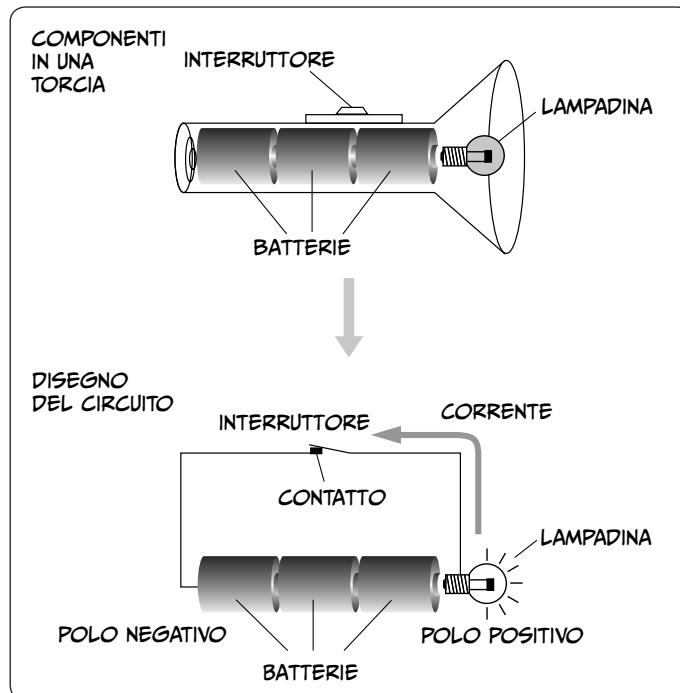
HO CAPITO!



# I CIRCUITI ELETTRICI E LA CORRENTE

I componenti elettrici che si trovano in una torcia sono le batterie (pile), una piccola lampadina e un interruttore. La batteria può fornire corrente elettrica, e per questo viene anche chiamata *alimentatore*. La lampadina emette luce quando viene attraversata dalla corrente elettrica. L'interruttore è un componente che blocca o consente il passaggio della corrente, a seconda dell'apertura e della chiusura del contatto.

Quando l'interruttore è chiuso, la corrente esce dal polo positivo della batteria, attraversa la lampadina e l'interruttore ed infine entra nel polo negativo. Il percorso attraversato dalla corrente prende il nome di *circuito elettrico*, che ha sempre un percorso chiuso (*circuito chiuso*).



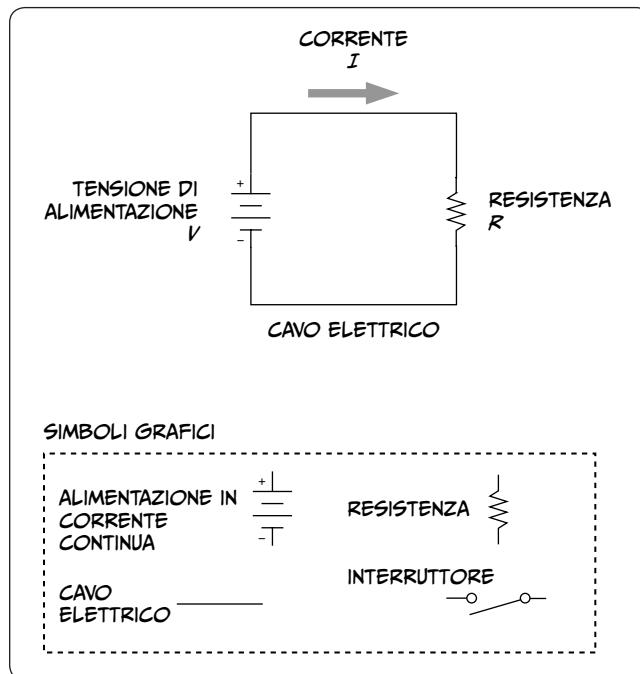
Circuito elettrico di una torcia.

## SIMBOLI GRAFICI

Un semplice circuito elettrico si compone di tre elementi: la tensione di alimentazione, la corrente e la resistenza elettrica. Questi elementi sono collegati attraverso dei fili conduttori.

La tensione di alimentazione che genera la corrente elettrica prende anche il nome di *forza elettromotrice*. L'elemento che trasforma l'energia elettrica in luce e/o calore quando viene attraversato dalla corrente si chiama *carico* (i carichi possono convertire l'energia elettrica anche in altre cose, per esempio suono o movimento). Il carico ha una proprietà che ostacola il passaggio della corrente e prende il nome di *resistenza elettrica*, o più semplicemente *resistenza*. La resistenza si rappresenta con il simbolo  $R$  e si misura in *ohm* ( $\Omega$ ), dal nome del fisico tedesco Georg Simon Ohm.

Creare una rappresentazione realistica di un circuito elettrico richiede tempo e fatica. Per farlo sono stati creati dei simboli grafici riconosciuti e che in quanto tali permettono a chiunque di comprendere facilmente il disegno di un circuito realizzato da qualcun altro.



*Simboli grafici di un circuito elettrico.*

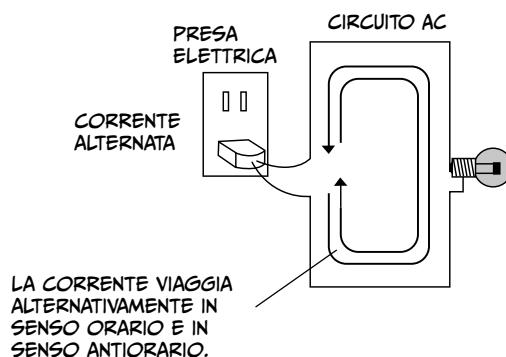
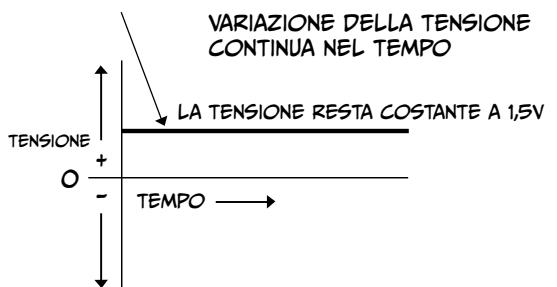
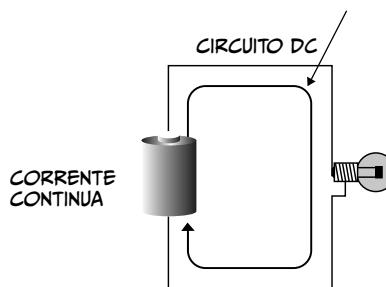
Dispositivi che sfruttano le proprietà delle resistenze sono per esempio le stufe elettriche e i tostapane. L'elemento riscaldante che si trova al loro interno si occupa di convertire l'energia elettrica in energia termica, quando la corrente attraversa la resistenza elettrica. Sottolineiamo che anche il cavo elettrico possiede una sua resistenza: anche se il suo valore è molto piccolo, anche il cavo si riscalda quando è attraversato dalla corrente.

## I CIRCUITI A CORRENTE CONTINUA E I CIRCUITI A CORRENTE ALTERNATA

Il verso in cui si muove la corrente all'interno di un circuito alimentato da una batteria è fisso e l'intensità della corrente è sempre costante. Quando il verso della corrente e la sua intensità sono fissi, siamo in presenza di *corrente continua (DC)*. Un circuito in cui circola corrente continua viene chiamato *circuito in corrente continua*. Un alimentatore che genera corrente continua (per esempio una batteria) si chiama *generatore di corrente continua*.

Una di tipo D o di tipo AA presenta una tensione di alimentazione di 1,5V DC.

IL VERSO DELLA CORRENTE È SEMPRE LO STESSO, L'INTENSITÀ DI CORRENTE È COSTANTE.

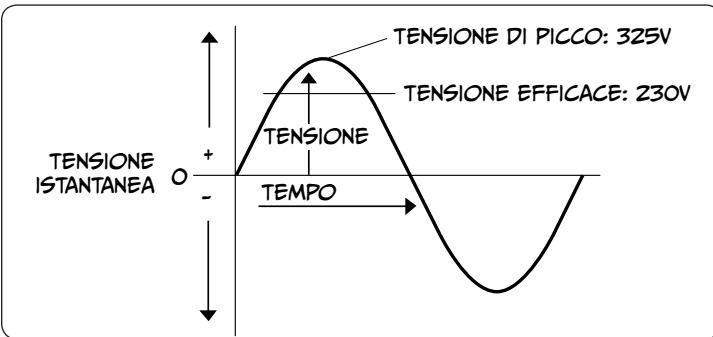


LA FREQUENZA È IL NUMERO DI Onde CHE SI RIPETONO IN UN SECONDO.

#### *Corrente continua e corrente alternata.*

D'altro canto, il verso e l'intensità della corrente fornita dal gestore per uso domestico cambiano ciclicamente. Questo tipo di corrente prende il nome di *corrente alternata (AC)* e un circuito in cui circola corrente alternata viene chiamato *circuito in corrente alternata*. Il verso della corrente cambia 50 o 60 volte ogni secondo, e anche l'intensità della corrente varia in modo ciclico. Il numero di onde che si ripetono in un secondo prende il nome di *frequenza*, che si esprime in *hertz (Hz)* e si rappresenta con la lettera *f*.

Il valore della tensione alternata in un dato istante si chiama *tensione istantanea*, e il massimo valore che essa può raggiungere viene chiamato *tensione di picco*. Il valore della tensione alternata in grado di svolgere lo stesso lavoro compiuto come in continuo prende il nome di *tensione efficace*. La tensione alternata che esce da una presa domestica in Italia è normalmente di 230V, ma questo valore esprime la tensione efficace. La tensione di picco è pari a circa 325V.

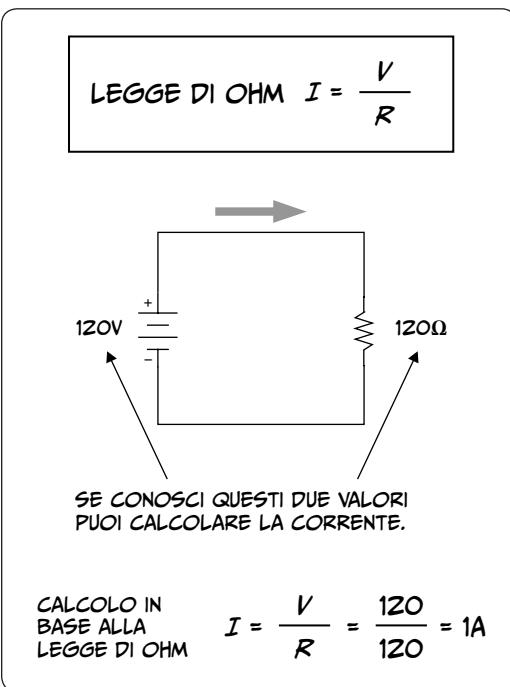


*Valori della corrente alternata.*

## LA LEGGE DI OHM

La corrente che attraversa un circuito è direttamente proporzionale alla tensione e inversamente proporzionale alla resistenza. Questa relazione si chiama *legge di Ohm* e si esprime nella formula  $I = V / R$ . Si tratta di un principio basilare e molto importante dei circuiti elettrici.

Per esempio, se applico una tensione di 120V a una resistenza di  $120\Omega$ , la corrente risultante sarà  $I = V / R = 120 / 120$ , quindi 1A. Ogni volta che due valori tra corrente, tensione e resistenza in un circuito sono noti, grazie alla legge di Ohm sarà possibile ricavare il valore incognito.



*Legge di Ohm.*

# RESISTIVITÀ E CONDUTTIVITÀ

I cavi elettrici presentano una resistenza molto bassa e per questo vengono usati per collegare gli elementi di un circuito. Quando una corrente piccola corre lungo un cavo, possiamo trascurare la sua resistenza. Se il cavo è percorso da una corrente elevata (e il cavo può sopportarla in sicurezza), il cavo si scalderà.

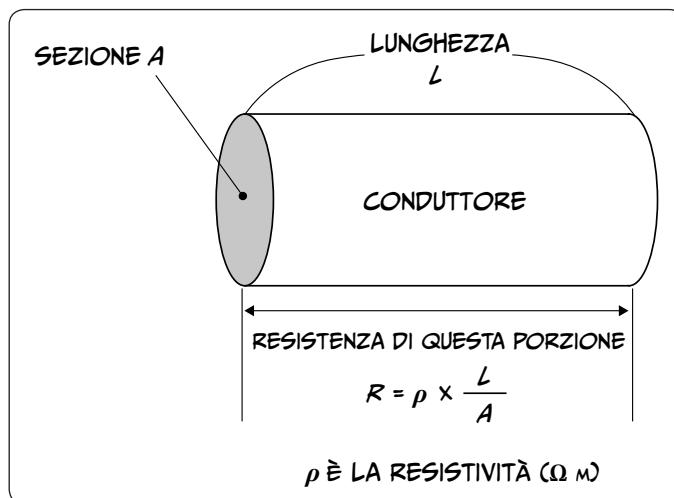
La *resistenza* ( $R$ ) è una grandezza che indica la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di corrente. La resistenza (che si misura in ohm) di un conduttore lungo  $L$  metri e avente una sezione pari ad  $A$  metri quadri si può calcolare grazie alla formula  $R = \rho \times L / A$ .

La *resistività* misura l'attitudine del materiale a opporre resistenza al passaggio della corrente e può essere utilizzata per calcolare la resistenza di un cavo. La resistività, rappresentata dal simbolo  $\rho$ , è un valore specifico di ogni materiale e si misura in *ohm per metro* ( $\Omega\text{m}$ ). Da questa equazione risulta evidente che per il medesimo materiale il valore della resistenza sarà direttamente proporzionale alla lunghezza e inversamente proporzionale alla sezione.

## RESISTIVITÀ (IN $\Omega\text{m}$ ) DI VARI METALLI A TEMPERATURA AMBIENTE (20°C)

Oro	$2.22 \times 10^{-8}$
Argento	$1.59 \times 10^{-8}$
Rame	$1.69 \times 10^{-8}$
Alluminio	$2.27 \times 10^{-8}$
Nichel Cromo	$107.5 \times 10^{-8}$

La *conduttanza* ( $G$ ), in contrapposizione alla resistenza, è una misura che indica la facilità con cui l'elettricità può attraversare un materiale, e si misura in *siemens* ( $S$ ). La *conduttività* (o *conducibilità*), rappresentata dal simbolo  $\sigma$ , è l'inverso della resistività e si misura in *Siemens al metro* ( $S/m$ ). La grandezza di misura siemens deve il suo nome all'inventore tedesco Ernst Werner von Siemens, ed è l'inverso dell'ohm. Anche per questo delle volte viene chiamata *mho* e può essere rappresentata con i simboli  $\mathfrak{O}$  o  $\Omega^{-1}$ ).



## LA RESISTENZA EQUIVALENTE

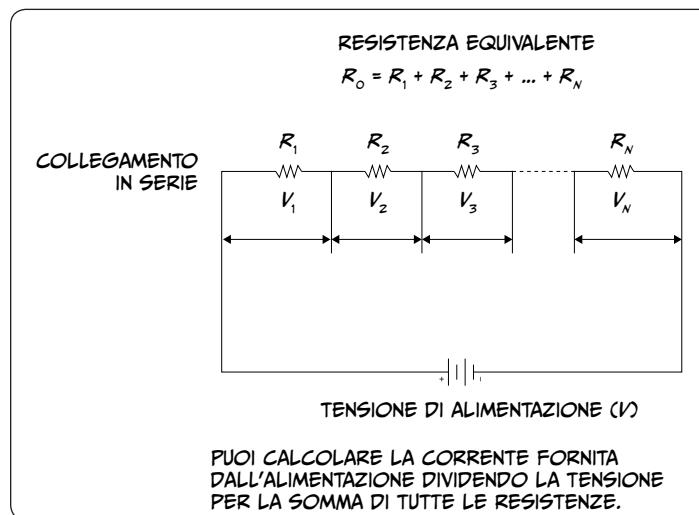
Esistono principalmente due metodi per collegare insieme i componenti elettrici.

Analizziamoli entrambi prendendo in considerazione la resistenza. Quando in un circuito ci sono più resistenze, queste possono essere sostituite da una singola *resistenza equivalente*.

Il collegamento di due o più resistenze in fila è detto *collegamento in serie*. Puoi calcolare il valore della resistenza equivalente sommando i valori delle singole resistenze.

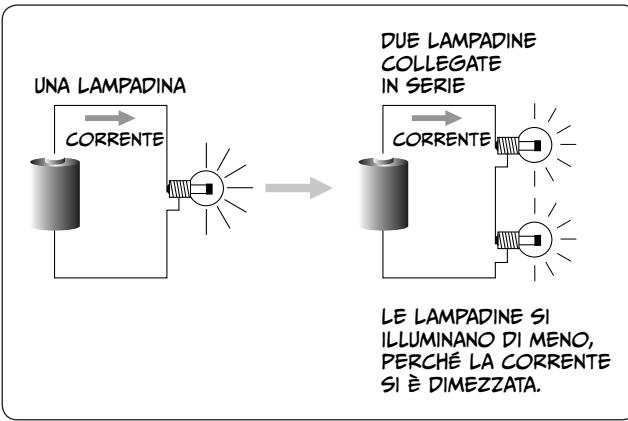
$$\text{Resistenza equivalente} = R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

In questi casi l'intensità della corrente che attraversa ognuna delle resistenze è la stessa. La tensione di alimentazione è la tensione divisa tra le varie resistenze.



*Collegamento in serie e resistenza equivalente.*

Se due lampadine di pari potenza vengono collegate in serie a un alimentatore, la corrente si dimezzerà, e ognuna delle due lampadine produrrà meno luce rispetto al collegamento di una singola lampadina. Questo per effetto del raddoppio della resistenza equivalente. In questo caso la tensione ai capi di ognuna delle due lampadine sarà pari alla metà della tensione di alimentazione.



Lampadine collegate in serie.

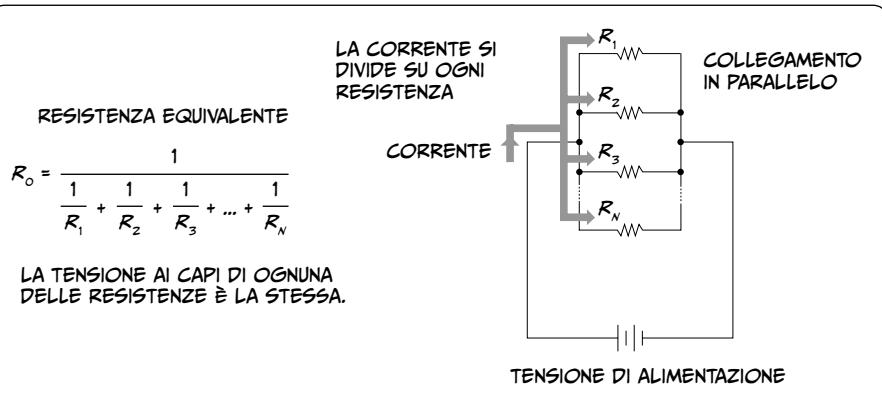
L'altro metodo fondamentale per collegare due resistenze si chiama *collegamento in parallelo*. Stavolta il valore della resistenza equivalente si può ottenere calcolando il reciproco della somma dei reciproci delle resistenze.

$$\text{Resistenza equivalente} = R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Se abbiamo due resistenze connesse in parallelo la formula per ottenere la resistenza equivalente diventa:

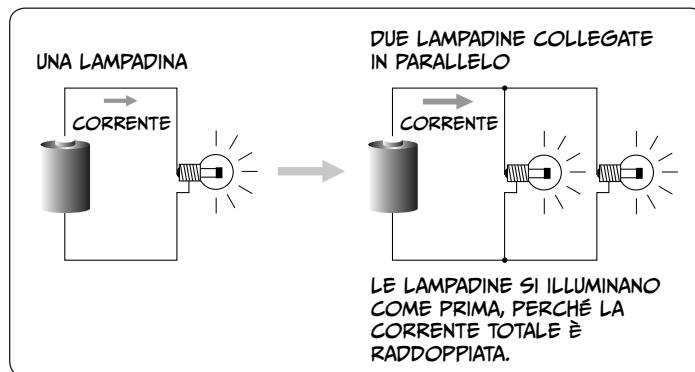
$$\text{Resistenza equivalente} = R_0 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Prodotto / somma delle due resistenze})$$

In un circuito in parallelo, la tensione che si applica a ognuna delle resistenze è sempre la stessa, perché la corrente si divide per attraversare tutte le resistenze.



Collegamento in parallelo e resistenza equivalente.

Se due lampadine di pari potenza sono collegate in parallelo a un alimentatore, la luminosità di ciascuna sarà la stessa che si presentava nel caso della singola lampadina. Visto che la corrente che attraversa le lampadine è uguale alla corrente che circola nel caso della singola lampadina, la corrente totale sarà raddoppiata.



*Lampadine collegate in parallelo.*

Gli elettrodomestici alimentati a 230V sono collegate in parallelo a un'alimentazione di 230V. Se aumentiamo il numero di dispositivi connessi alla rete, si verificherà di conseguenza un aumento della corrente consumata.



3

COME FUNZIONA L'ELETTRICITÀ?



PERCHÉ L'ELETTRICITÀ  
PRODUCE CALORE?

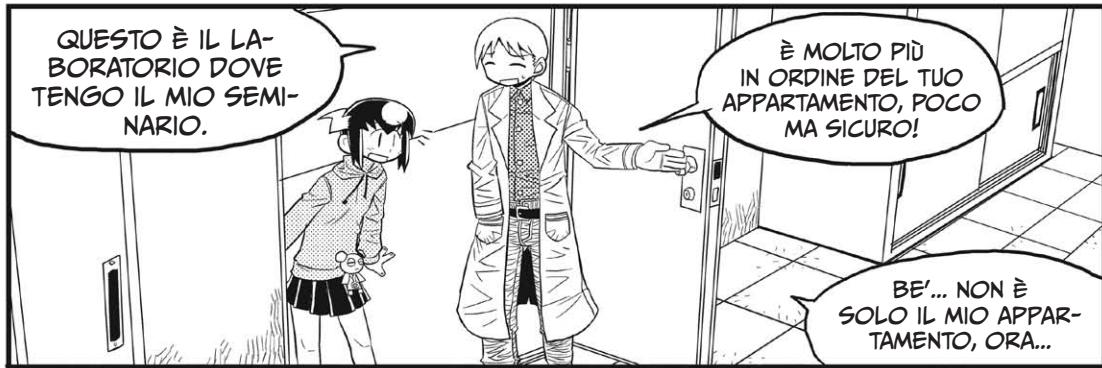
ALLORA,  
COME STA AN-  
DANDO?

LE LEZIONI  
PROCEDONO  
BENE?

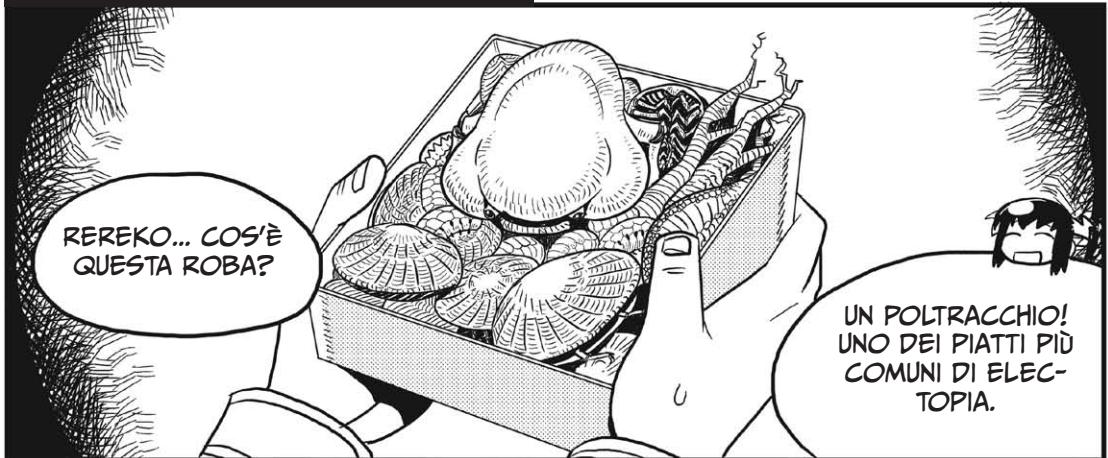
ALLA  
GRANDE!







## ELETTRICITÀ ED EFFETTO JOULE



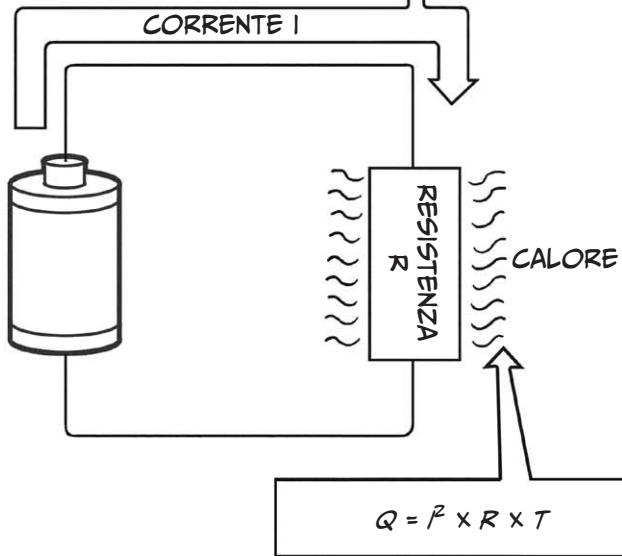
SI CHIAMA EFFETTO JOULE.

SCRIB SCRIB

EFFETTO JOULE... SEGNATO!

PER DIRE, PUOI CALCOLARE LA QUANTITÀ DI CALORE PRODOTTA DALLA CORRENTE  $I$  CHE ATTRAVERSA LA RESISTENZA  $R$  PER UN TEMPO DI  $T$  SECONDI GRAZIE ALLA FORMULA  $P^2 \times R \times T$ . IL SIMBOLÒ  $Q$  RAPPRESENTA IL CALORE, E SI MISURA IN J (JOULE).

LA CORRENTE PASSA PER 7 SECONDI.



LA QUANTITÀ DI CALORE NECESSARIA A PORTARE LA TEMPERATURA DI UN GRAMMO D'ACQUA DISTILLATA DA 14,5 °C A 15,5 °C, ALLA PRESSIONE DI 1 ATMOSFERA NORMALE È DI CIRCA 4,2J, E CORRISPONDE A 1 CALORIA.

POF

QUINDI POSSO CONVERTIRE I JOULE IN CALORIE!

## COME SI GENERA CALORE DALLA CORRENTE?



DI RECENTE ABBIAMO PARLATO DEI CARICHI, E DELLA LORO RESISTENZA ELETTRICA CHE SI OPPONE IL PASSAGGIO DELLA CORRENTE.\*



MA CERTO! SE UN ATOMO VIBRA È PIÙ DIFFICILE PER GLI ELETTRONI ANDARE A ZONZO!

\*VEDI A PAGINA 61.

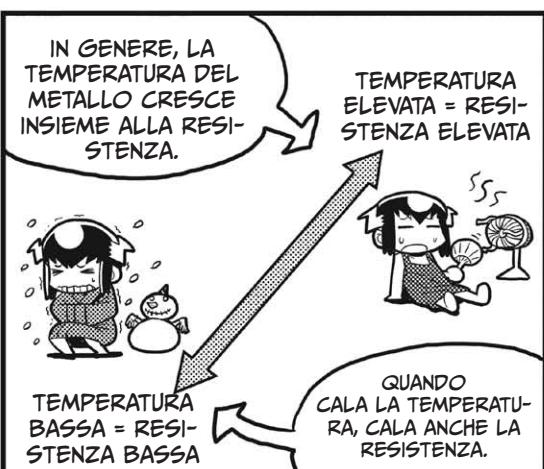
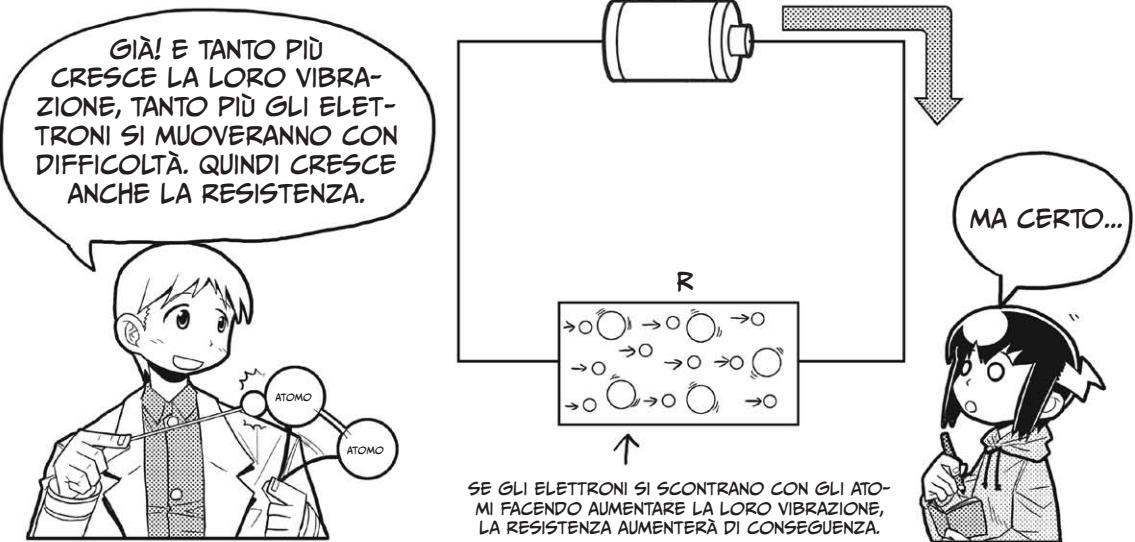
A TEMPERATURA AMBIENTE, I CAVI ELETTRICI HANNO UNA RESISTENZA... ANCHE SE È MOLTO BASSA.



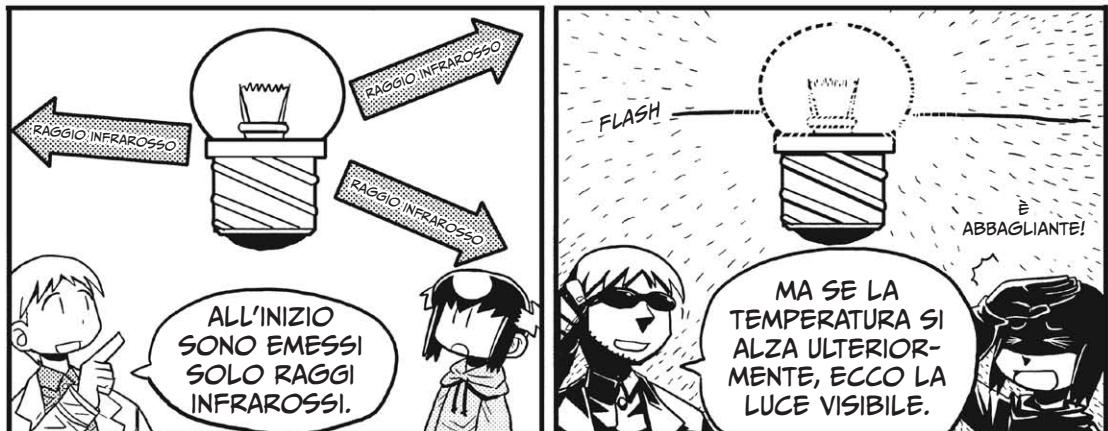
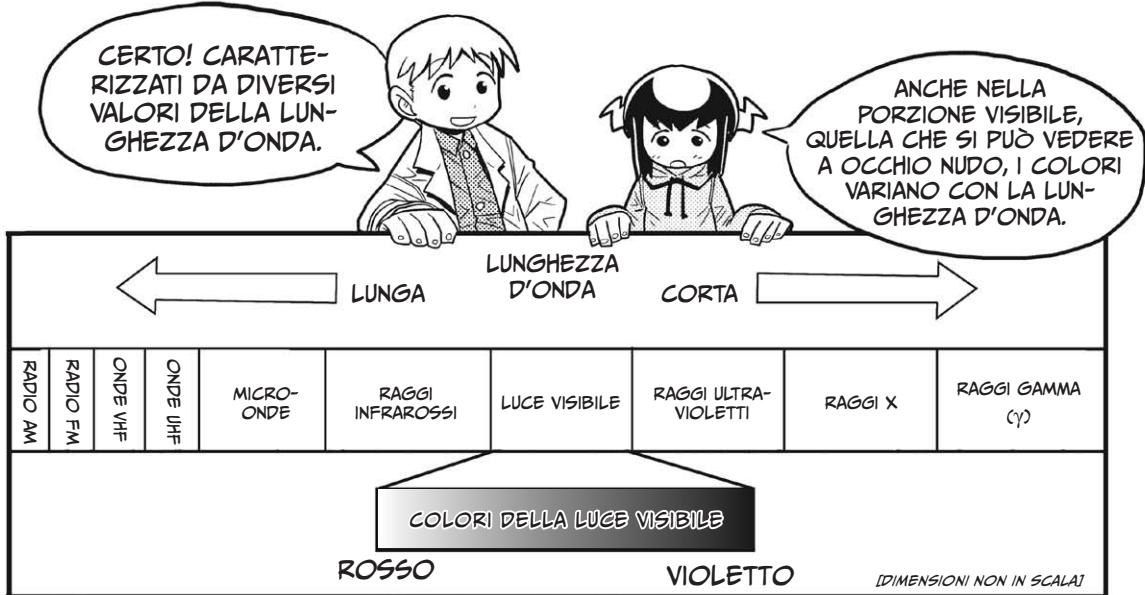
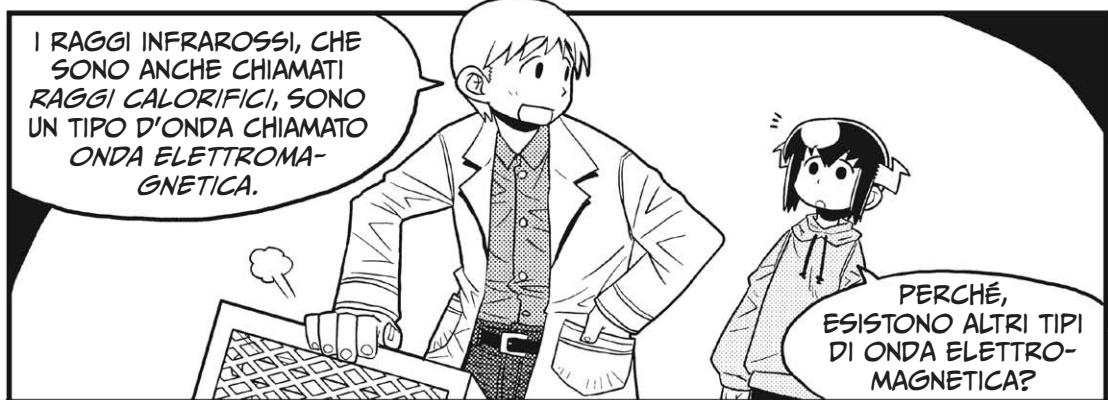
QUANDO LA TEMPERATURA DI ALCUNI MATERIALI, PER ESEMPIO L'ALLUMINIO, SCENDE IN PROSSIMITÀ DELLO ZERO ASSOLUTO, GLI ATOMI RAGGIUNGONO UNO STATO DI RIPOSO. A QUESTO PUNTO GLI ELETTRONI POSSONO MUOVERSI LIBERAMENTE SENZA SCONTRARSI CON GLI ATOMI. IN PRATICA, LA RESISTENZA È NULLA.

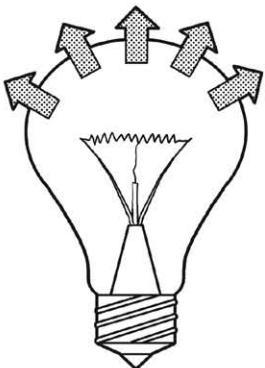
QUESTO FENOMENO PRENDE IL NOME DI SUPERCONDUTTIVITÀ.









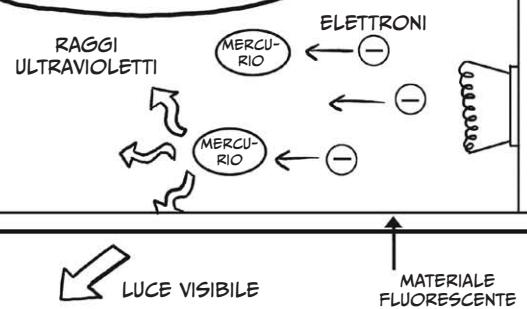


SONO PIÙ EFFICIENTI, PERCHÉ LA DISPERSIONE DOVUTA AL CALORE È MINORE.



IN PRIMIS, GLI ELETTRONI ESCONO DAL FILAMENTO.

SI SCONTRANO CON GLI ATOMI DI MERCURIO, CHE EMETTONO RAGGI ULTRAVIOLETTI. QUESTI RAGGI UV COLPISCONO LO STRATO FLUORESCENTE CHE RIVESTE L'INTERNO DEL TUBO, CHE A SUA VOLTA EMETTE LUCE VISIBLE.



A PARITÀ DI CONSUMO, UNA LAMPADA FLUORESCENTE EMETTE IL QUADRUPLO DELLA LUCE DI UNA NORMALE LAMPADINA, E ANCHE DI PIÙ.



BE', DOVREMMO USARLE DAPPER-TUTTO!



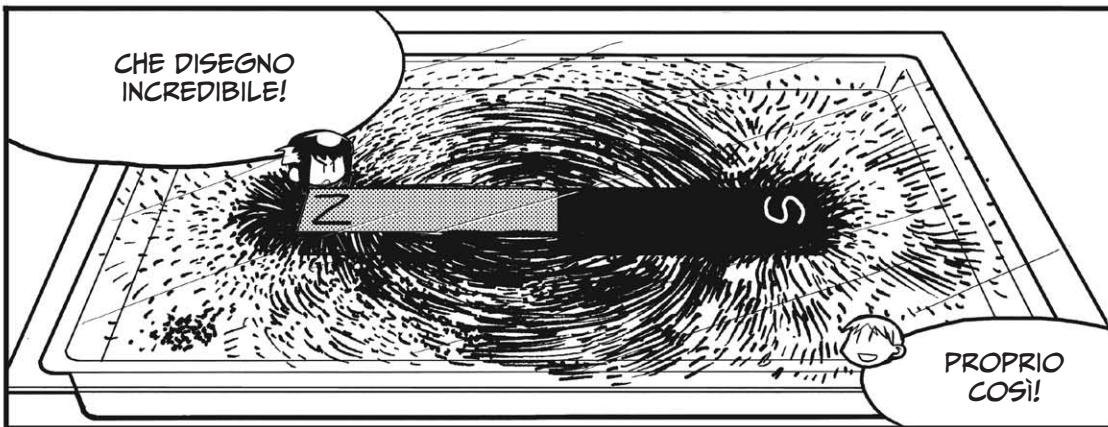
QUINDI HAI IMPARATO CHE TRA I FENOMENI LUMINOSI ESISTONO LA RADIAZIONE TERMICA...

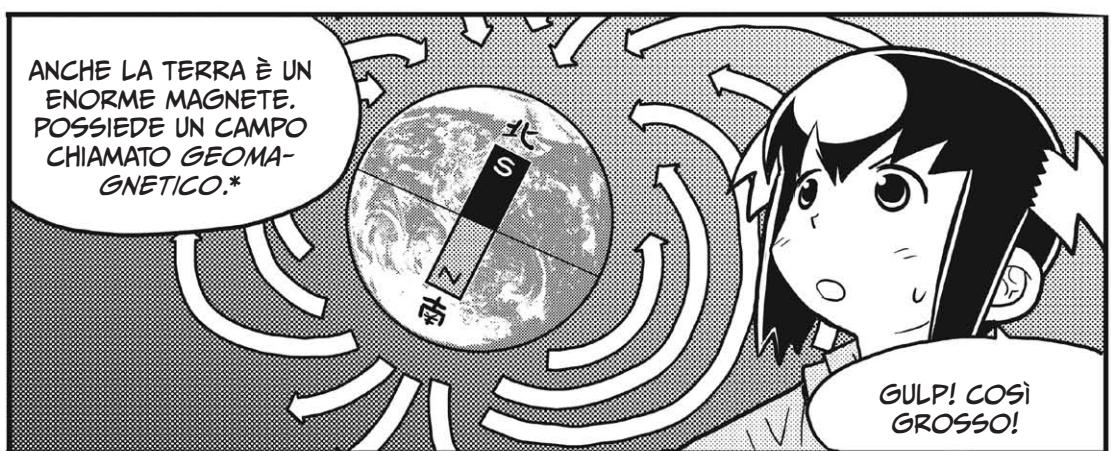
...E LA LUMINESCENZA. TUTTO CHIARO?

CHIARISSIMO!



## LA CORRENTE E I CAMPI MAGNETICI





\* DAL PUNTO DI VISTA MAGNETICO, IL POLO NORD MAGNETICO È QUELLO POSTO IN PROSSIMITÀ DEL POLO SUD GEOGRAFICO E VICEVERSA.



I CAMPI MAGNETICI SI GENERANO QUANDO LA CORRENTE SCORRE LUNGO UN CAVO.



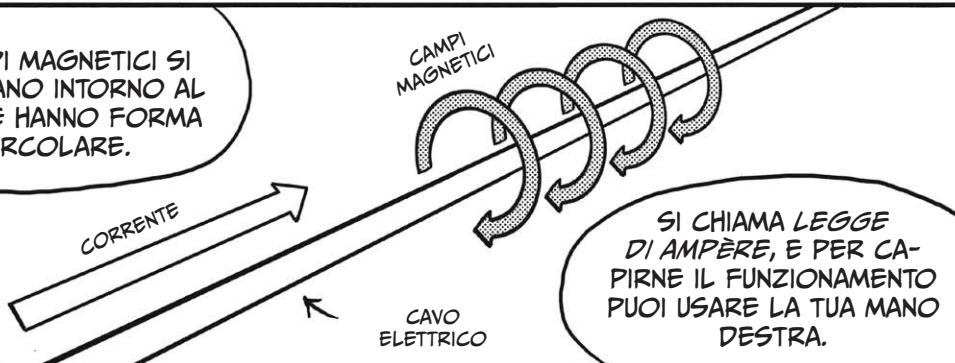
QUESTO È UN FENOMENO ESTREMAMENTE IMPORTANTE, E VIENE SFRUTTATO DA MOLTI DISPOSITIVI ELETTRICI!

SCRIB SCRIB

BELLO!

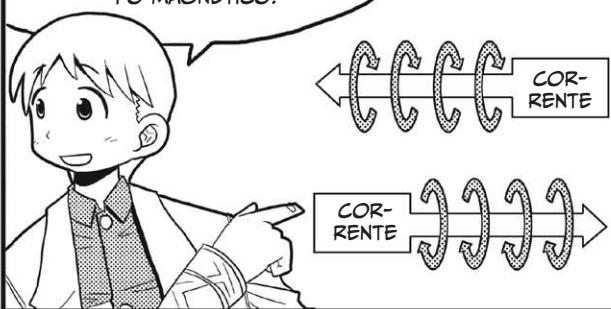


I CAMPI MAGNETICI SI GENERANO INTORNO AL CAVO, E HANNO FORMA CIRCOLARE.

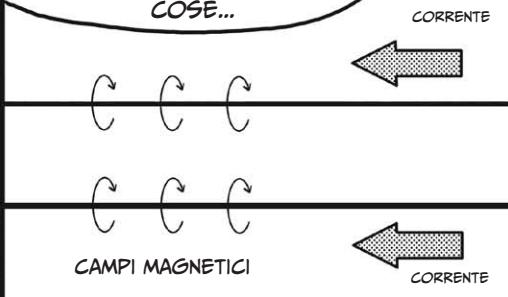


SE PUNTO IL POLLICE NELLA DIREZIONE DELLA CORRENTE LE MIE DITA SI CHIUDERANNO NELLA DIREZIONE DEL CAMPO MAGNETICO GENERATO.

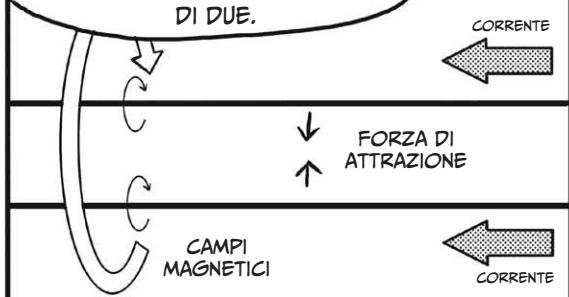
L'INTENSITÀ DEL CAMPO MAGNETICO VARIA A SECONDA DELL'INTENSITÀ DI CORRENTE. INOLTRE, SE IL VERSO DELLA CORRENTE CAMBIA, CAMBIA ANCHE IL VERSO DEL CAMPO MAGNETICO.



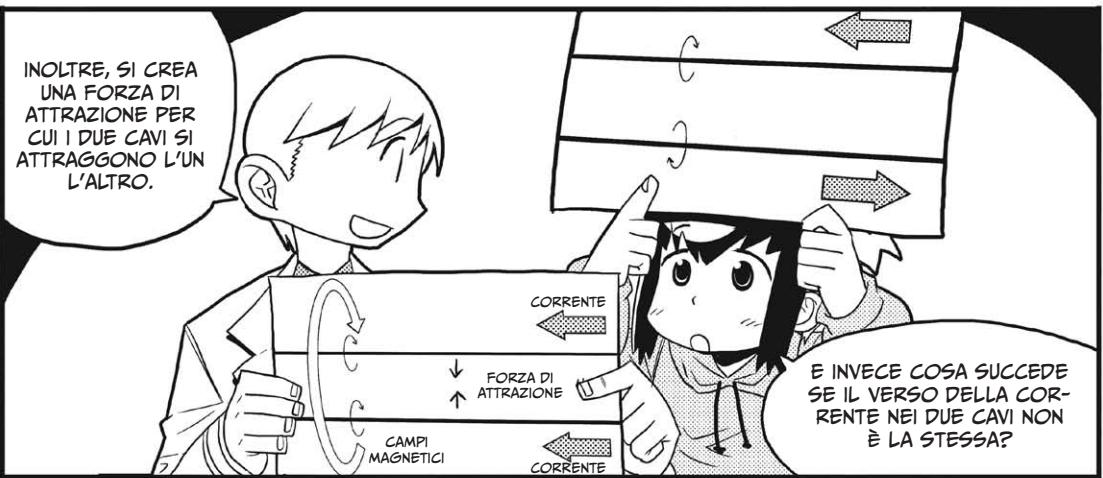
SE DUE CAVI SISTEMATI UNO DI FIANCO ALL'ALTRO SONO ATTRAVERSATI DA UNA CORRENTE CHE VA NELLA STESSA DIREZIONE SUCCEDONO DUE COSE...



...I CAMPI MAGNETICI GENERATI DAI DUE CAVI SI COMBINANO PER FORMARE UN CAMPO MAGNETICO PIÙ GRANDE. QUESTO OVVIAEMENTE VALE ANCHE SE I CAVI SONO PIÙ DI DUE.



INOLTRE, SI CREA UNA FORZA DI ATTRAZIONE PER CUI I DUE CAVI SI ATTRAGGONO L'UN L'ALTRO.



IN QUEL CASO SI CREA UNA FORZA DI REPULSIONE, E I DUE CAMPI MAGNETICI SI ANNULLANO A VICENDA.



NON CI VEDO...

OH! SE I CAMPI MAGNETICI SI ANNULLANO, IN PRATICA SCOMPAIONO!



LA REGOLA DELLA MANO  
SINISTRA DI FLEMING  
(PER I MOTORI IN CONTINUA)



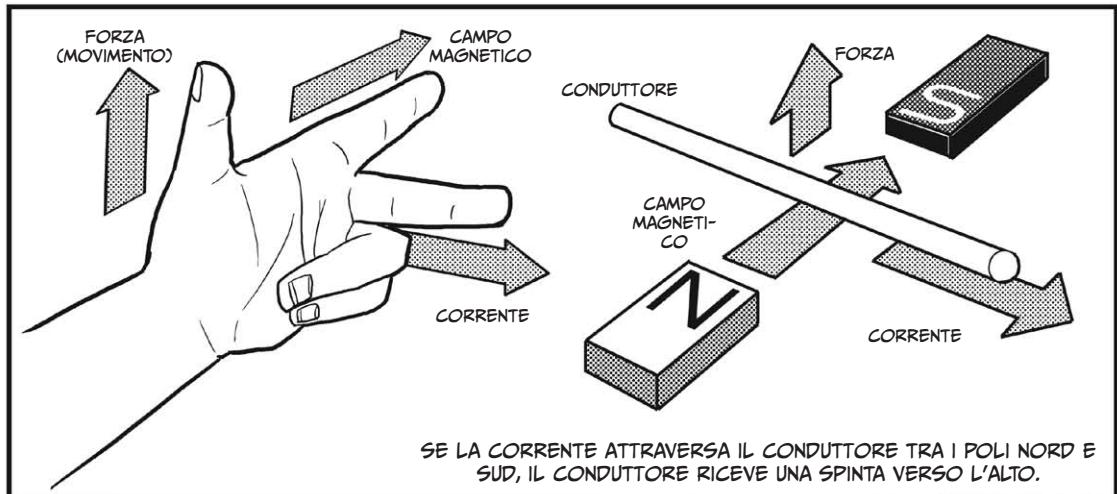
SE UN CONDUTTORE VIENE POSTO ALL'INTERNO DI UN CAMPO MAGNETICO ED È ATTRAVERSATO DALLA CORRENTE, IL CONDUTTORE RICEVE UNA SPINTA NELLA DIREZIONE INDIVIDUATA GRAZIE ALLA REGOLA DELLA MANO SINISTRA DI FLEMING.



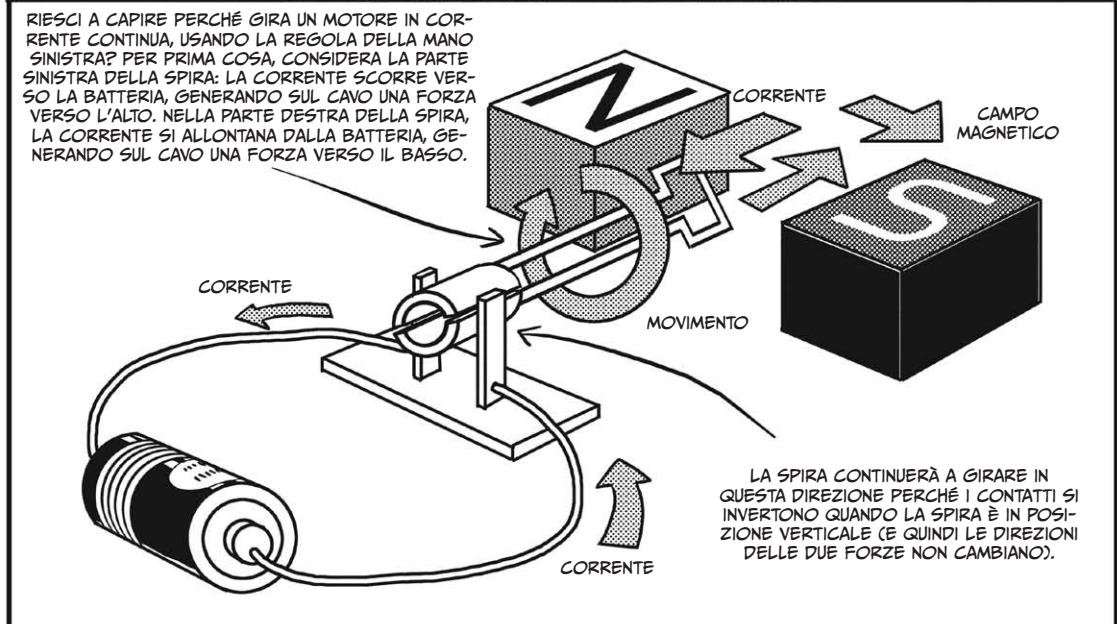
DEVI PIEGARLA IN QUESTO MODO...

IL CONDUTTORE SI MUOVE IN QUESTA DIREZIONE





SE LA CORRENTE ATTRAVERSÀ IL CONDUTTORE TRA I POLI NORD E SUD, IL CONDUTTORE RICEVE UNA SPINTA VERSO L'ALTO.

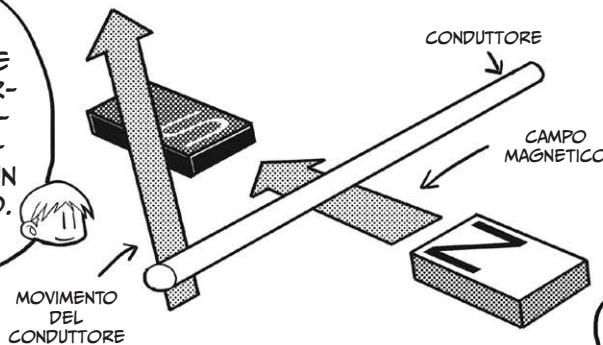


## LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DI FLEMING (PER I GENERATORI)

ESISTE ANCHE UNA REGOLA DELLA MANO DESTRA!

E COSA DICE?

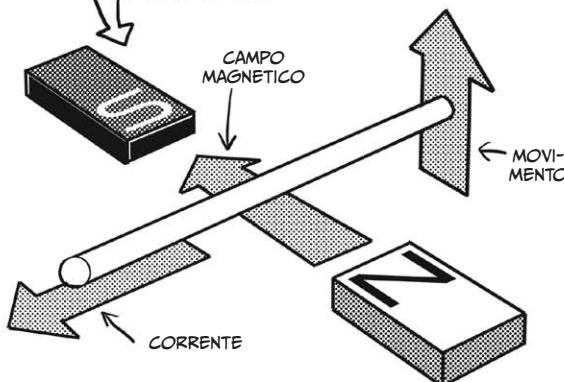
SE UN CONDUTTORE SI MUOVE ATTRAVERSO I POLI DI UN MAGNETE, STA ATTRAVERSANDO ANCHE UN CAMPO MAGNETICO.



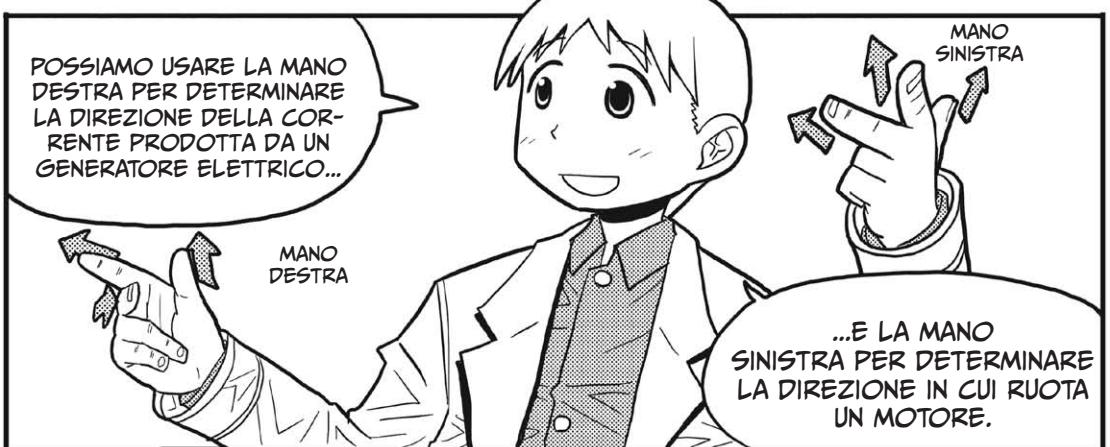
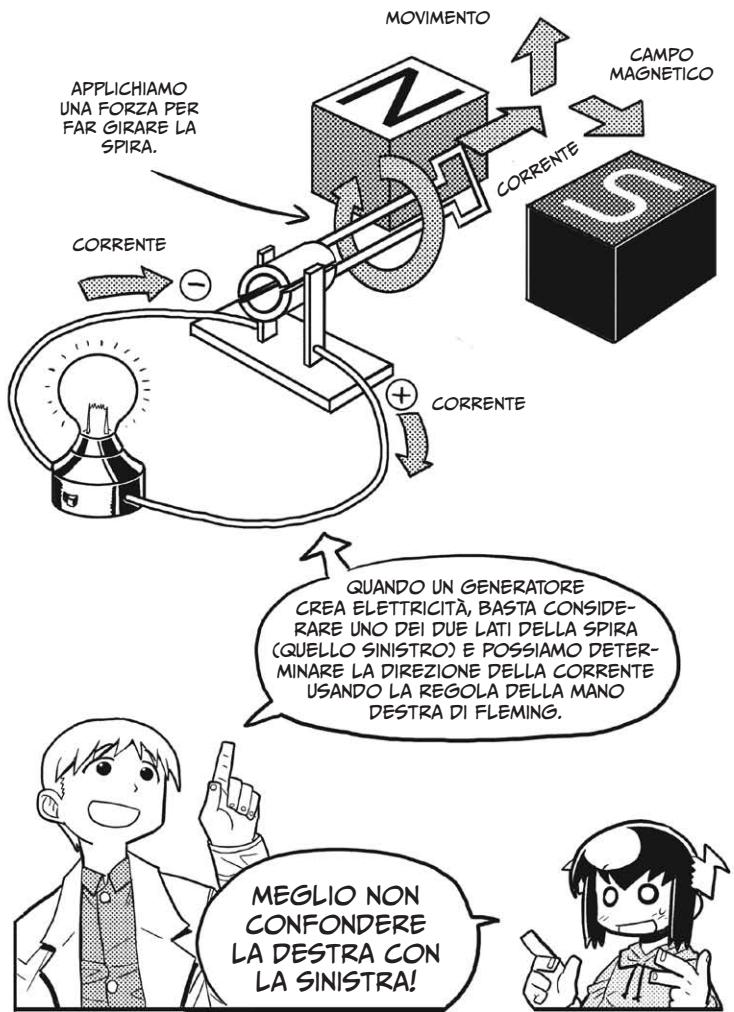
UN'AZIONE CHE PROVOCÀ UN MOTO DI CARICHE, ANCHE CHIAMATA FORZA ELETTROMOTRICE, SI GENERA ALL'INTERNO DEL CONDUTTORE, E QUINDI SI GENERA ANCHE UNA CORRENTE.

IL CAMPO MAGNETICO (DA N A S) PUNTA IN QUESTA DIREZIONE

IL CONDUTTORE SI MUOVE IN QUESTA DIREZIONE.



LA CORRENTE SI MUOVE NELLA DIREZIONE DEL DITO MEDIO DELLA MANO DESTRA, LA DIREZIONE DEL CAMPO MAGNETICO CORRISPONDE ALLA DIREZIONE DEL DITO INDICE MENTRE IL POLMONE INDICA LA DIREZIONE IN CUI SI MUOVE IL CAVO ELETTRICO.

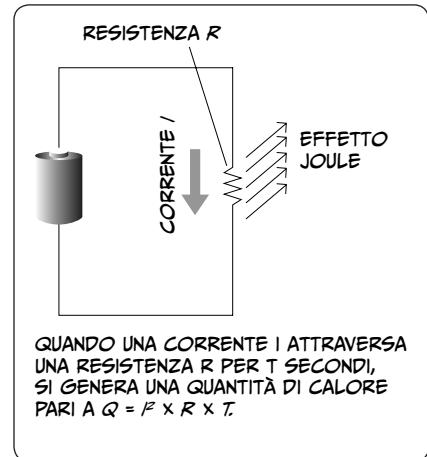






## L'EFFETTO JOULE

Il passaggio della corrente in una resistenza elettrica genera calore per l'*effetto Joule*. Per esempio, la quantità di calore generata dalla corrente  $I$  che attraversa una resistenza  $R$  per un tempo  $t$  può essere calcolata grazie all'equazione  $I^2 \times R \times t$ . La quantità di calore è espressa dal simbolo  $Q$  e si misura in *joule* (J), dal nome del fisico inglese James Prescott Joule. Un joule corrisponde a un consumo elettrico di 1Ws (watt secondo), e come unità di misura è equivalente a  $\text{kg} \times \text{m}^2 / \text{s}^2$ . La quantità di calore necessaria a portare la temperatura di un grammo d'acqua distillata da 14,5 °C a 15,5 °C, alla pressione di 1 atmosfera è di circa 4,2J che corrispondono a 1 *caloria (cal)*.



Resistenza ed effetto Joule.

## LA VIBRAZIONE TERMICA

Cos'è il calore? Gli atomi che compongono una sostanza sono in costante vibrazione, un effetto che prende il nome di *vibrazione termica*. L'ampiezza della vibrazione termica in una sostanza è direttamente collegata alla temperatura in cui si trova. La vibrazione degli atomi è quindi all'origine del calore. Se gli atomi in una sostanza non vibrano, significa che ci troviamo alla temperatura chiamata dello *zero assoluto*, pari a -273,15°C.

Anche in un cavo di rame, materiale normalmente utilizzato per i collegamenti elettrici in virtù della sua bassa resistenza, a temperatura ambiente la vibrazione degli atomi intralciava il passaggio degli elettroni, creando un surplus di calore e un'ulteriore resistenza.

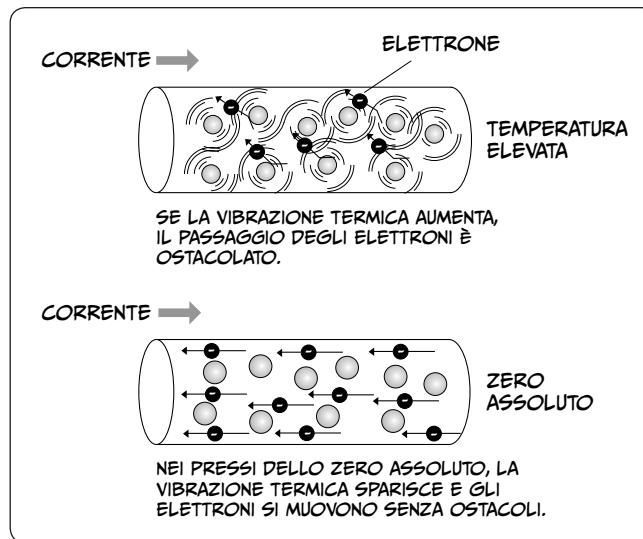
Comunque, se la temperatura in un materiale si avvicina allo zero assoluto, le vibrazioni atomiche si riducono notevolmente. In questa condizione gli elettroni possono viaggiare molto più facilmente o, in altre parole, la resistenza del materiale cala. In alcuni materiali, come l'alluminio, a temperature sufficientemente



Vibrazione termica in funzione della temperatura.

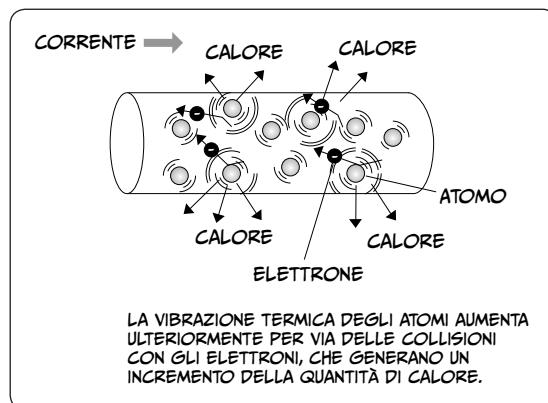
basse gli elettronni possono muoversi senza ostacoli! Quando la resistenza di un materiale si azzerà, siamo in presenza del fenomeno che prende il nome di *superconduttività*.

Molti materiali, se opportunamente raffreddati, presentano naturalmente caratteristiche di supercondutività, ma per la maggior parte bisogna raggiungere una temperatura prossima allo zero assoluto. In concreto, visto che è molto difficile abbassare la temperatura di una sostanza così tanto, le ricerche si stanno orientando sullo studio di fenomeni di supercondutività che si verificano a temperature molto più alte dello zero assoluto. Questi materiali sono chiamati *superconduttori ad alta temperatura*. Un giorno, materiali come questi potranno essere utilizzati per fornire energia elettrica alle abitazioni senza dispersioni dovute al riscaldamento per effetto joule.



*Superconduttività e corrente.*

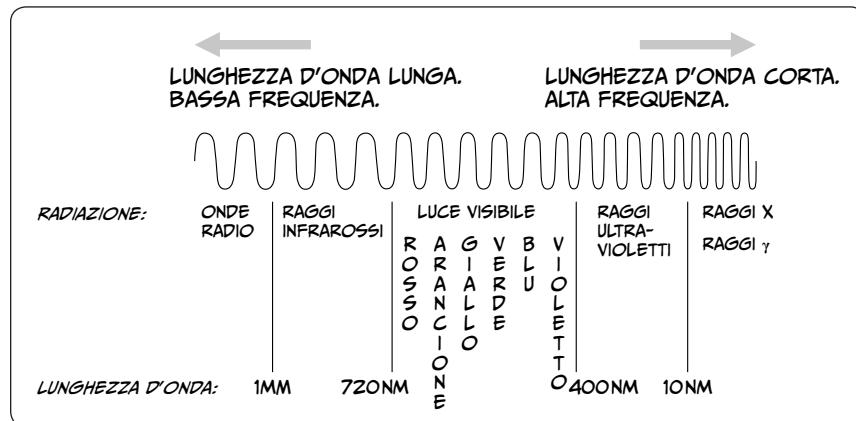
A temperatura ambiente, gli elettronni nei cavi si scontrano violentemente con gli altri atomi, generando un ulteriore aumento della vibrazione termica, e quindi del calore. Quando il cavo si scalda, la sua resistenza aumenta. Viceversa, quando la sua temperatura diminuisce, diminuisce anche la sua resistenza elettrica.



*Collisioni tra elettroni e atomi e generazione di calore.*

# LE ONDE ELETTRONAGNETICHE

Quando la corrente attraversa una resistenza e la temperatura cresce, si genera calore. Al principio, questo provoca l'emissione di raggi infrarossi, che non sono visibili a occhio nudo. I *raggi infrarossi* sono un tipo di *onda elettromagnetica* (un'onda caratterizzata da un'energia termica). Le onde elettromagnetiche (in ordine di lunghezza d'onda decrescente) includono per esempio le onde radio, i raggi infrarossi, la luce visibile, i raggi ultravioletti e i raggi X. Le onde radio vengono usate per le trasmissioni radio-televisive, o per le comunicazioni tra navi. Il colore della luce varia invece a seconda della lunghezza d'onda: la luce rossa è associata a una lunghezza d'onda più lunga, laddove la luce viola è associata a una lunghezza d'onda più breve.



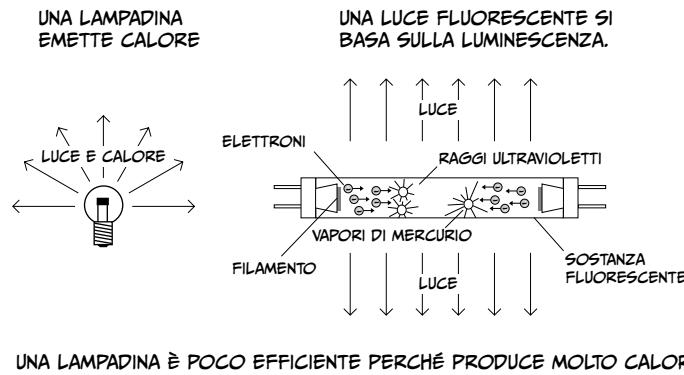
Classificazione delle onde elettromagnetiche sulla base della lunghezza d'onda.

Se la temperatura all'interno di un oggetto continua a crescere, dopo i raggi infrarossi assisteremo all'emissione di luce visibile. Il fenomeno per cui l'energia termica si traduce in un'onda elettromagnetica col variare della temperatura all'interno di una sostanza prende il nome di *radiazione termica*. È il principio alla base del funzionamento di una lampadina.

La radiazione termica produce luce rossa a basse temperature, mentre il colore arriva a un colore bianco-azzurrino quando la temperatura cresce.

La luce prodotta dalla radiazione termica si disperde per lo più in calore, quindi si tratta di un metodo poco efficiente di illuminazione. Un altro genere di emissione, in cui l'oggetto non ha bisogno di venire riscaldato, è la *luminescenza*. Si tratta del principio alla base delle lampade al neon. La luce fluorescente si ottiene quando elettroni che escono dal filamento entrano in collisione con il vapore di mercurio contenuto all'interno del tubo fluorescente: i raggi ultravioletti che si generano vanno a eccitare la sostanza fluorescente di cui è rivestita la superficie interna del tubo e si trasformano in radiazione luminosa. La luce emessa da una lampada fluorescente è molto efficiente, a parità di consumo elettrico questa è in grado di emettere una luce quattro volte più intensa di una normale lampadina.

Riassumiamo qui sotto i due fenomeni appena descritti, la radiazione termica e la luminescenza.



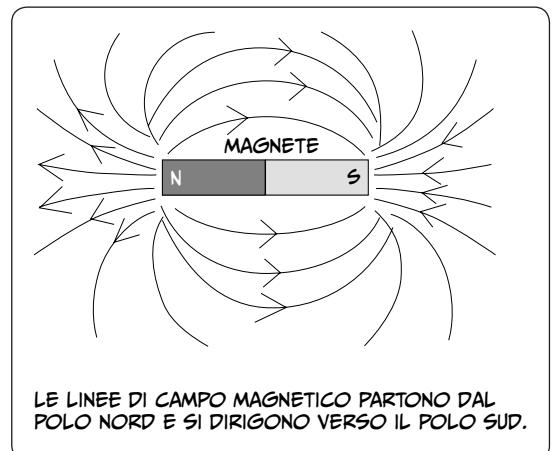
L'emissione di luce nella lampadina e nel tubo fluorescente.

## ELETTRICITÀ E MAGNETISMO

Se spargi della limatura di ferro su un foglio di carta appoggiato sopra a una barretta magnetica, i granelli si disporranno formando linee che partono dal polo nord (N) e terminano nel polo sud (S). Queste linee si chiamano *linee di campo magnetico*, e ci permettono di visualizzare il campo magnetico generato dalla barretta.

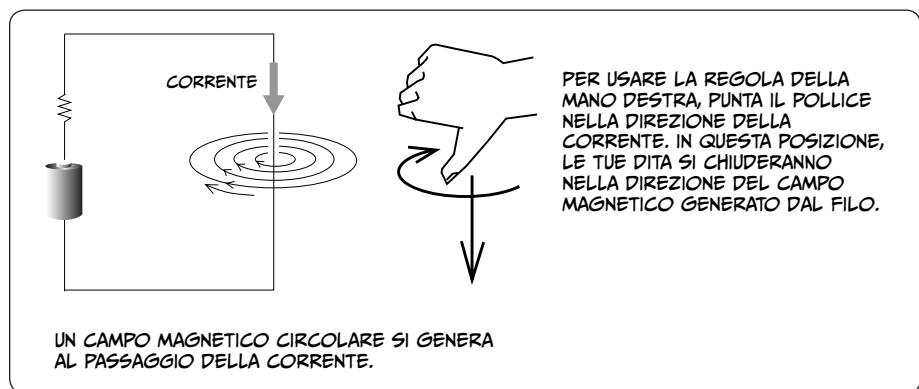
I campi magnetici si generano anche in presenza di corrente elettrica. Questo è un fenomeno estremamente importante, sfruttato ad esempio da molti dispositivi elettrici di uso comune.

Quando un cavo elettrico è percorso da corrente, si genera intorno a esso un campo magnetico avente forma circolare. Questo succede in accordo alla *legge di Ampère*. L'ampiezza del campo magnetico varia con l'intensità della corrente. Se il verso della corrente cambia, di conseguenza si modifica anche il verso del campo magnetico.

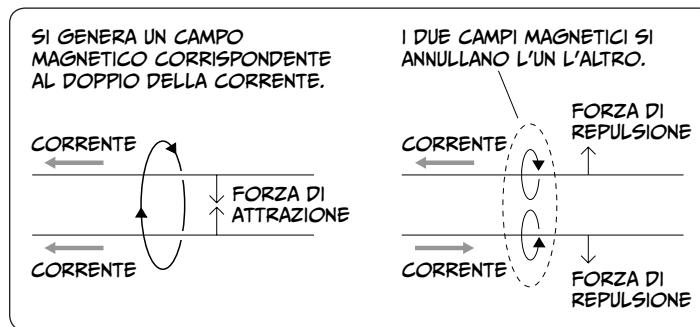


Un magnete e il suo campo magnetico.

Se una corrente della stessa intensità attraversa nello stesso verso due cavi elettrici messi uno di fianco all'altro, i campi magnetici dei due cavi si combinano per generare un campo magnetico pari al doppio della corrente intorno ai due conduttori. Allo stesso tempo viene a crearsi una forza d'attrazione tra i due cavi elettrici. Se invece la corrente scorre in verso opposto nei due cavi si genererà una forza repulsiva tra di essi. In questo caso, i campi magnetici intorno ai cavi si annullano tra di loro.



Legge di Ampère.

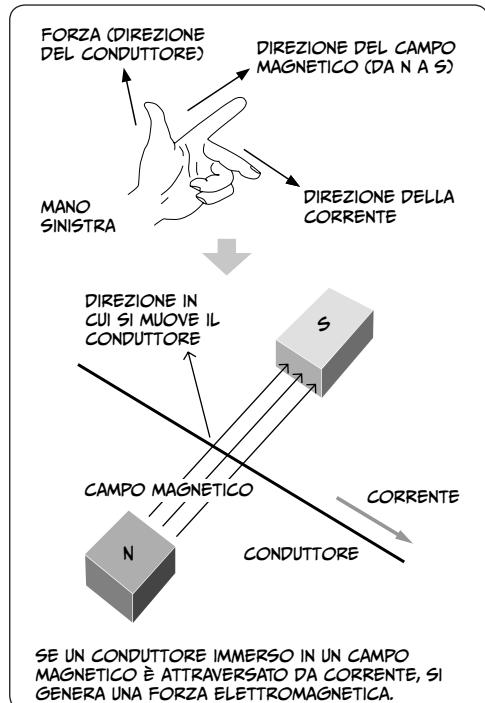


Forze che si generano quando la corrente attraversa due conduttori.

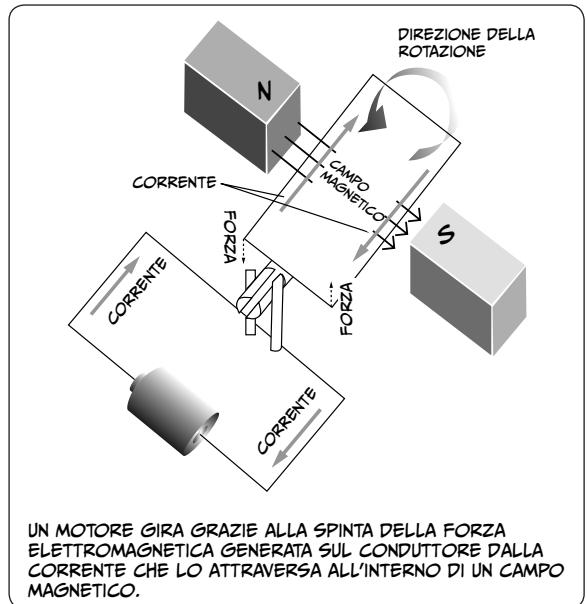
La proprietà additiva dei campi magnetici vale anche se i cavi sono più di due (per esempio, in una spira). È uno dei modi per ottenere campi magnetici di grande intensità.

# LA REGOLA DELLA MANO SINISTRA DI FLEMING E I MOTORI IN CONTINUA

Se un conduttore immerso in un campo magnetico è attraversato da corrente, su di esso si genera una *forza elettromagnetica*. La *regola della mano sinistra di Fleming* fornisce un metodo intuitivo e mnemonico per collegare le direzioni del campo magnetico, della corrente e del moto del conduttore. Questa regola afferma che apriamo pollice, indice e medio della mano sinistra in modo che siano perpendicolari tra loro, l'indice punterà nella direzione del campo magnetico, il medio nella direzione della corrente e il pollice nella direzione in cui si muove il conduttore (che equivale alla direzione della forza elettromagnetica). Questa regola deve il suo nome al suo scopritore, l'ingegnere elettrico inglese John Ambrose Fleming. Puoi determinare la direzione in cui ruota un motore usando la regola della mano sinistra.



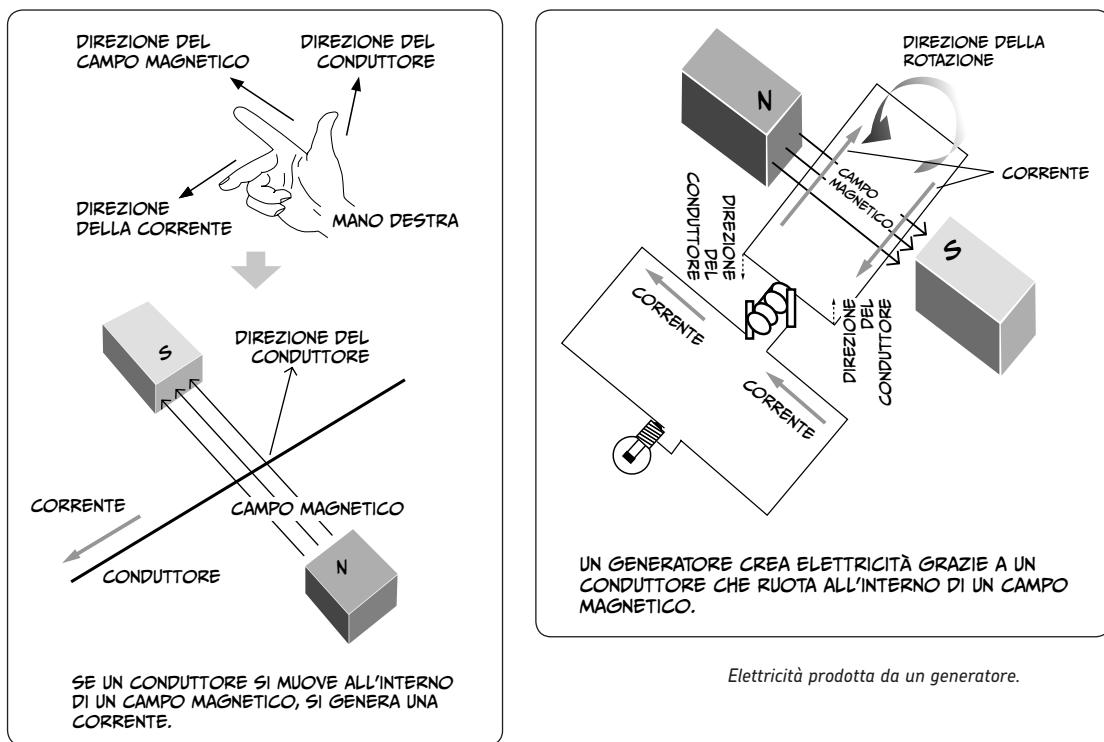
Regola della mano sinistra di Fleming.



Rotazione del motore.

## LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DI FLEMING E I GENERATORI

Puoi determinare la direzione della forza elettromotrice creata da un generatore elettrico usando la *regola della mano destra di Fleming*. Quando un conduttore si muove tra i poli di un magnete, il conduttore attraversa un campo magnetico rivolto da un lato al polo nord (N) e dall'altro al polo sud (S) del magnete. Si genera così una forza elettromotrice nel conduttore e la corrente passa. La *regola della mano destra* fornisce un metodo intuitivo e mnemonico per collegare le direzioni del campo magnetico, della corrente e del moto del conduttore. Questa regola afferma che apriamo pollice, indice e medio della mano destra in modo che siano perpendicolari tra loro, l'indice punterà nella direzione del campo magnetico, il medio nella direzione della corrente e il pollice nella direzione in cui si muove il conduttore.



Regola della mano destra di Fleming.

Elettricità prodotta da un generatore.

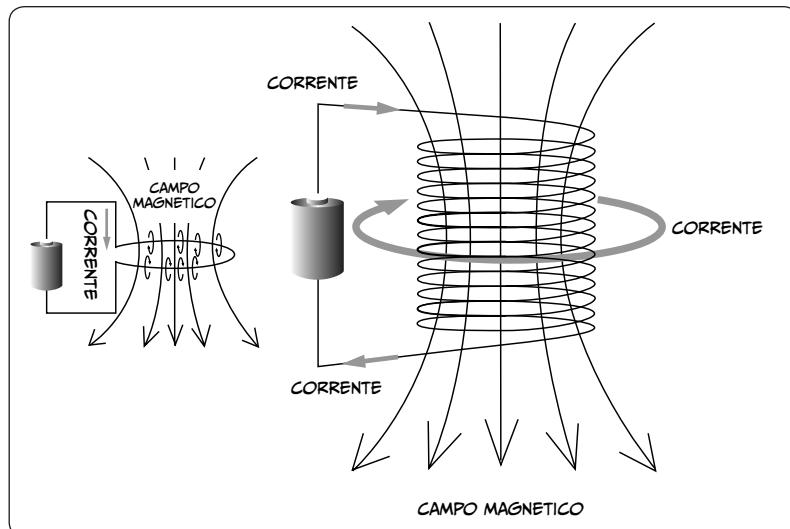
Per mantenere la rotazione della spira, nel campo magnetico dev'essere applicata una forza. Può essere generata dalla caduta dell'acqua, come nel caso di un generatore idroelettrico, o dalla forza del vapore, come in una centrale a carbone.

Ma sulla base di quali principi funzionano le regole di Fleming? Per capire meglio come funzionano i generatori e i motori, dobbiamo approfondire la relazione tra magnetismo ed elettricità.

# L'ELETTRICITÀ E GLI INDUTTORI

Un cavo elettrico avvolto in spire si chiama *bobina* o *induttore*. Se facciamo scorrere una corrente attraverso il cavo, si genera un campo magnetico parallelo all'asse della bobina e interno alla stessa. Se poi inseriamo un nucleo di ferro nell'avvolgimento, il campo magnetico si concentra nel nucleo e la bobina diventa un potente elettromagnete.

La potenza di un elettromagnete è direttamente proporzionale al prodotto tra la corrente e il numero delle spire. Se si inverte il verso della corrente, anche la polarità dell'elettromagnete si invertirà di conseguenza. Se la corrente smette di circolare la forza magnetica dell'elettromagnete scompare.



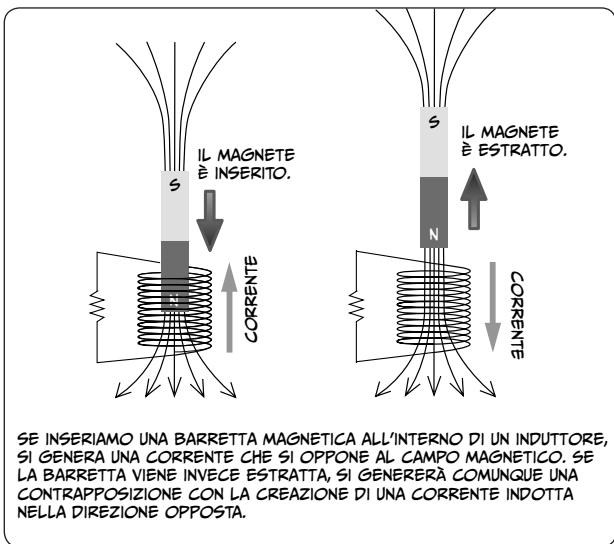
Campo magnetico creato da un avvolgimento di cavo elettrico.

Con la mano destra puoi stabilire l'orientamento del campo magnetico indotto da una bobina. Basta avvolgere le dita nella direzione del flusso della corrente nell'induttore, il pollice punterà verso il polo nord del campo magnetico indotto.

## GLI INDUTTORI E L'INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

Quando una barretta magnetica si muove all'interno di una bobina, in quest'ultima scorre una corrente che si oppone alla variazione del campo magnetico. Se cambia il verso in cui si muove la barretta, cambierà anche il verso della corrente nel cavo. Questo fenomeno prende il nome di *induzione elettromagnetica* e la differenza di potenziale che si genera nel processo viene chiamata *forza elettromotrice indotta*. La corrente generata viene chiamata invece *corrente indotta*.

La legge di Lenz, scoperta dal fisico russo Heinrich Friedrich Emil Lenz, afferma che la corrente dovuta all'induzione elettromagnetica segue una direzione tale per cui il campo magnetico prodotto da quella corrente contrasta il movimento del magnete.

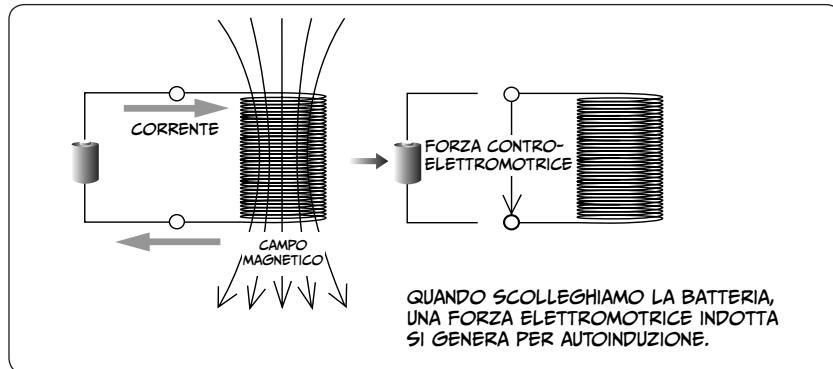


*Induzione elettromagnetica.*

## GLI INDUTTORI E L'INDUTTANZA

Se colleghiamo una bobina a una batteria e la corrente comincia quindi a scorrere, crescendo d'intensità fino a raggiungere il valore a regime, il campo magnetico generato cresce nello stesso modo e l'avvolgimento diventa un elettromagnete. In questa transizione, il campo magnetico crescente – e quindi variabile – genera nella bobina una forza elettromotrice indotta. Questo fenomeno prende il nome di *autoinduzione* o, più semplicemente, di *induttanza*.

Quando si interrompe il flusso di corrente, il campo magnetico scompare progressivamente e si genera una forza elettromotrice indotta in opposizione alla variazione di corrente nella bobina. Questo fenomeno prende il nome di *forza controelettromotrice* ed è un fenomeno molto semplice da verificare: quando si collega una batteria a un induttore provocando il passaggio della corrente, si genera un campo magnetico. Quando la corrente è costante la forza controelettromotrice non è presente, ma quando scolleghiamo la batteria e la corrente si interrompe, il campo magnetico che si era generato si riduce. Come conseguenza, ai capi della bobina si rileva una tensione dovuta alla forza controelettromotrice.



*Autoinduzione di una bobina.*

## GLI INDUCTORI E LA CORRENTE ALTERNATA

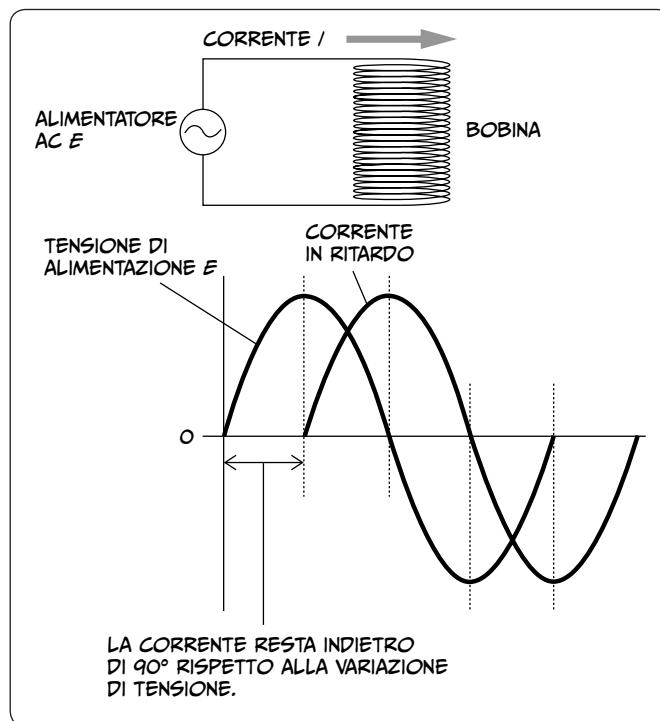
L'ampiezza della corrente alternata varia continuamente. Se un induttore viene attraversato da corrente alternata, al suo interno si genera una forza elettromotrice indotta nella direzione che si oppone alle variazioni del flusso della corrente e la corrente scorre in modo da rimanere indietro di un quarto di ciclo rispetto alla tensione di alimentazione. Questa corrente viene anche definita *in ritardo* e scorre nei dispositivi elettrici, come per esempio i motori con bobina. Il ritardo temporale prende il nome di *differenza di fase*. La bobina si comporta da resistenza nei confronti della corrente come descritto sopra. Questo fenomeno prende il nome di *reattanza induttiva* e il suo valore è direttamente proporzionale alla frequenza della corrente alternata.

Il consumo di energia elettrica è rappresentato dal prodotto tra la tensione e la corrente. Quando la tensione e la corrente sono in fase si ottiene il 100% del lavoro. In altre parole, "il fattore di potenza è 100%". Se la corrente è in ritardo, il fattore di potenza sarà inferiore al 100% e il circuito avrà un "basso fattore di potenza."

Quando il fattore di potenza è basso, la potenza elettrica introdotta dall'alimentazione non si convertirà al 100% in lavoro e quindi sarà necessario un alimentatore più potente. Il rapporto tra la potenza consumata e la potenza erogata è il *fattore di potenza*.

$$\text{Fattore di potenza} = \frac{\text{Potenza consumata}}{\text{Potenza erogata}}$$

Un basso fattore di potenza indica che una frazione della corrente ritorna verso l'alimentatore senza svolgere alcun lavoro.



Corrente in ritardo attraverso un induttore.

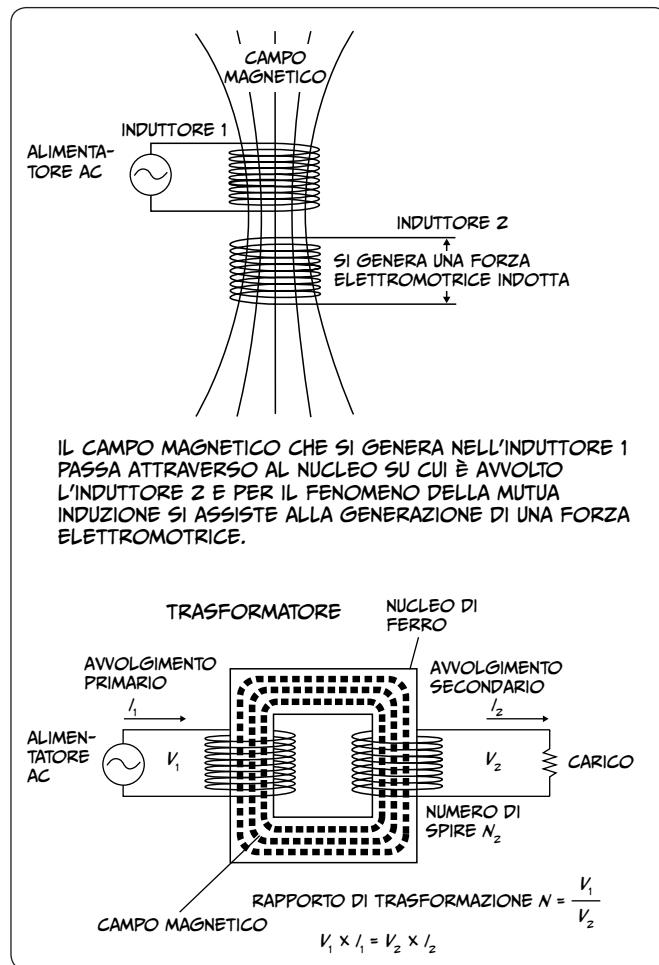
## GLI INDUCTTORI E I TRASFORMATORI

Se collegiamo un alimentatore AC a un induttore 1, si genera un campo magnetico.

Quando questo campo magnetico varia all'interno di un induttore 2, in esso si genera una forza elettromotrice indotta. Questo fenomeno si chiama *mutua induzione*. Un *trasformatore* è un dispositivo elettrico che sfrutta questo fenomeno per variare la tensione.

Se due bobine sono avvolte intorno a un nucleo di ferro e un alimentatore AC viene collegato all'induttore 1, si genera un campo magnetico che passa all'interno del nucleo di ferro. Visto che l'induttore 2 è avvolto intorno allo stesso nucleo, il campo magnetico varierà all'interno dell'induttore 2, generando una forza elettromotrice.

L'induttore collegato all'alimentatore viene chiamato *avvolgimento primario*, mentre quello collegato al carico è l'*avvolgimento secondario*. La tensione che si genera sull'avvolgimento secondario è determinata dal rapporto fra il numero di spire dell'avvolgimento primario ( $n_1$ ) e il numero di spire dell'avvolgimento secondario ( $n_2$ ). Per esempio, se il numero di spire dell'avvolgimento secondario è doppio rispetto al numero di spire dell'avvolgimento primario, sul secondario si genererà una tensione doppia rispetto a quella ai capi del primario. La corrente che attraversa l'avvolgimento secondario sarà invece



*Mutua induzione in un trasformatore.*

la metà rispetto a quella che scorre nell'avvolgimento primario. L'equazione che descrive questa relazione è la seguente:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

Il rapporto tra la tensione primaria ( $V_1$ ) e la tensione secondaria ( $V_2$ ) viene chiamato *rapporto di trasformazione*, mentre il prodotto tra la tensione e la corrente primarie sarà identico al prodotto tra la tensione e la corrente secondarie. In altre parole, un trasformatore modifica solamente la tensione, non altera la potenza.

## I CONDENSATORI

Quando inseriamo un isolante tra due piastre di metallo e le collegiamo a una batteria, gli elettroni si muovono dal polo negativo della batteria sino alla piastra inferiore caricandola.

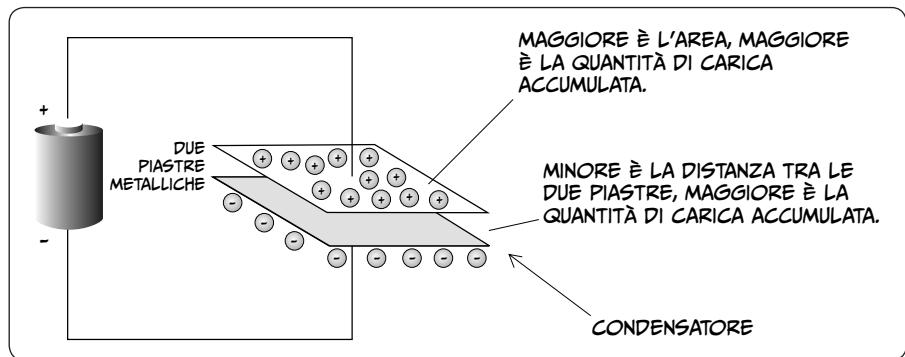
Visto che gli elettroni dalla piastra superiore si muovono verso il polo positivo della batteria, la piastra superiore si caricherà invece positivamente. Quindi le cariche si accumuleranno sulle due piastre. Un oggetto che accumula carica in questo modo viene chiamato *condensatore*.

La corrente comincia a scorrere nell'istante in cui viene collegata la batteria, ma in seguito gli elettroni smetteranno di muoversi, a mano a mano che le piastre si caricano.

In altri termini, se un alimentatore DC è collegato a un condensatore, la corrente comincia inizialmente a scorrere, per poi calare quando il condensatore si carica. Se a questo punto la batteria viene scollegata, la carica resta comunque immagazzinata nel condensatore. Se adesso collegiamo la batteria nel verso opposto, il condensatore tenderà a invertire la polarità, accumulando la stessa quantità di carica ma di segno opposto.

La proprietà per cui un condensatore può accumulare carica prende il nome di *capacità*: il suo valore è direttamente proporzionale alla superficie delle piastre metalliche e inversamente proporzionale alla distanza tra le due piastre.

La capacità si misura in *Farad* (F).



Carica accumulata in un condensatore.

## I CONDENSATORI E LA CORRENTE ALTERNATA

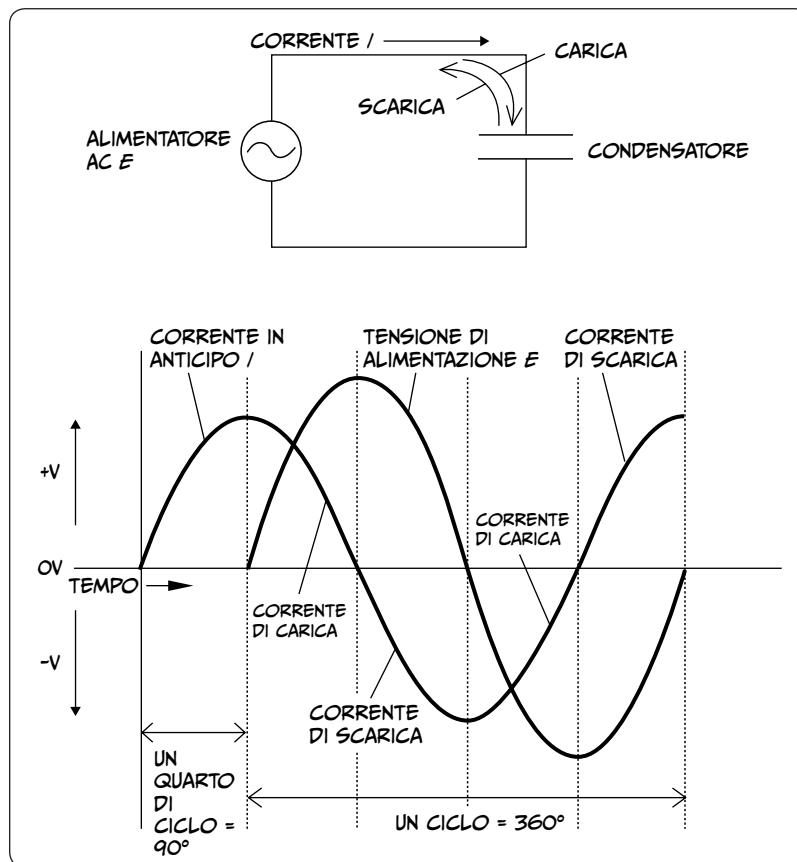
Se si applica una tensione AC a un condensatore, la corrente scorrerà finché la tensione di alimentazione non avrà raggiunto il suo picco (partendo da 0V). La corrente è nulla in corrispondenza del valore massimo della tensione di alimentazione. Quando la tensione si allontana dal picco, il condensatore comincia a scaricarsi e la corrente di scarica

raggiunge il suo massimo quando la tensione di alimentazione è 0V. A questo punto avviene un'inversione della polarità della tensione di alimentazione e la corrente continua a scorrere. La carica del condensatore si fermerà quando la tensione avrà nuovamente raggiunto il picco (stavolta nella polarità opposta) e a quel punto ripartirà la scarica. Se un condensatore è collegato a un alimentatore AC, la variazione della corrente è in anticipo di 90 gradi rispetto alla variazione della tensione di alimentazione. Questa corrente prende il nome di *corrente in anticipo*.

Un condensatore si comporta come una resistenza nei confronti della corrente alternata. Questo fenomeno prende il nome di *reattanza capacitiva* e il suo valore è inversamente proporzionale alla frequenza.

Se un circuito AC comprende un induttore, la corrente è in ritardo e il fattore di potenza diminuisce. Collegando anche un condensatore al circuito la corrente verrà anticipata provocando un aumento del fattore di potenza.

In un circuito AC, condensatori e induttori si comportano come resistenze e vengono chiamati *impedenze*.



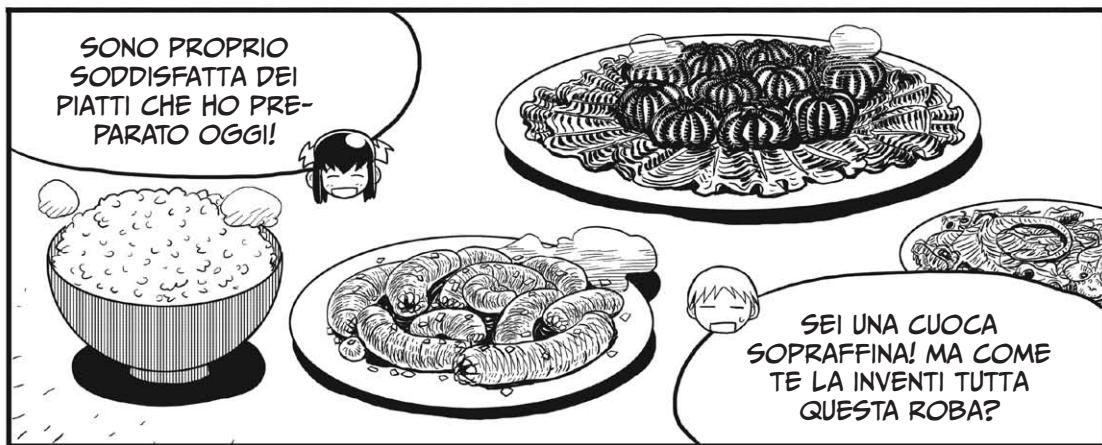
*Corrente in anticipo all'interno di un condensatore.*

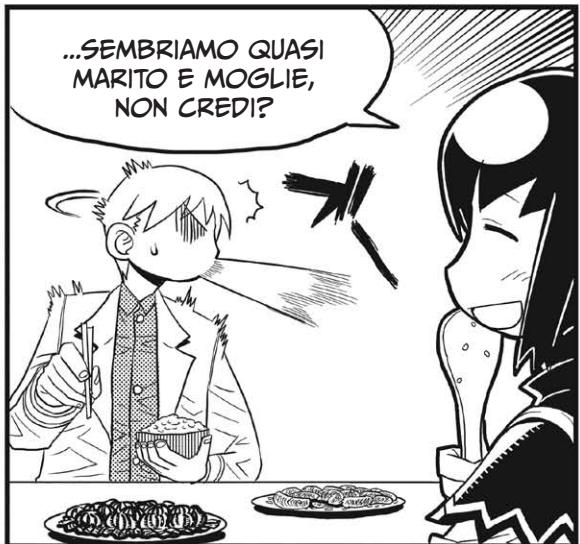
4

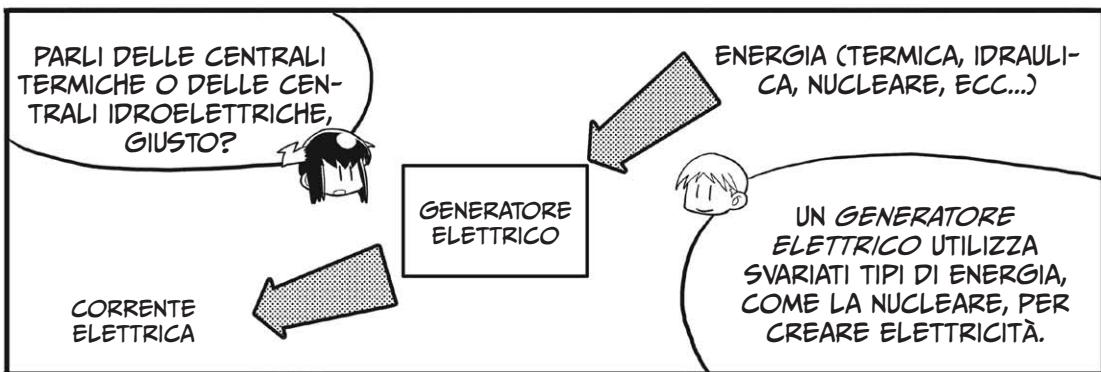
## COME SI CREA L'ELETTRICITÀ?



## I GENERATORI





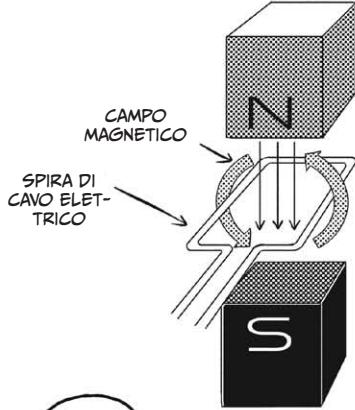


COME FA UN GENERATORE DI POTENZA A CREARE L'ELETTRICITÀ?

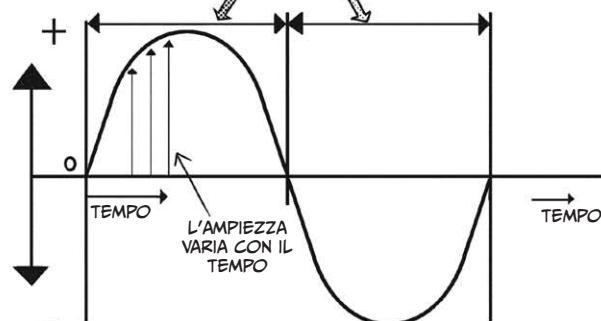
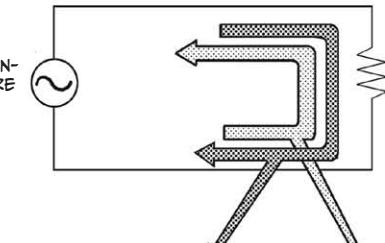
PRIMA PARLIAMO DELL'ELETTRICITÀ CHE VIENE CREATA DA UN GENERATORE ELETTRICO. L'ALTRO GIORNO ABBIAMO PARLATO DELL'ELETTRICITÀ CHE SI CREA SECONDO LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DI FLEMING.



SÌ! È QUESTA, GIUSTO?



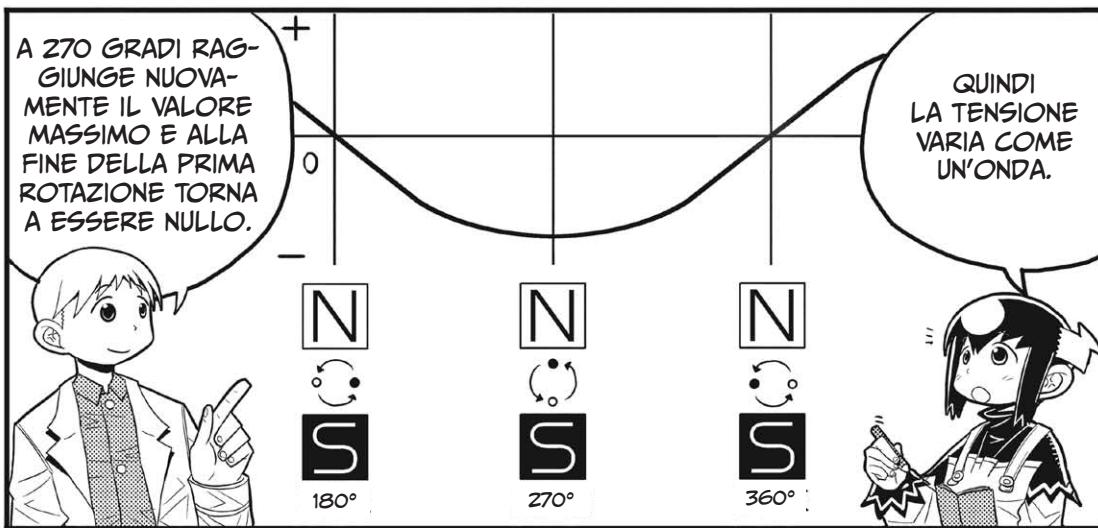
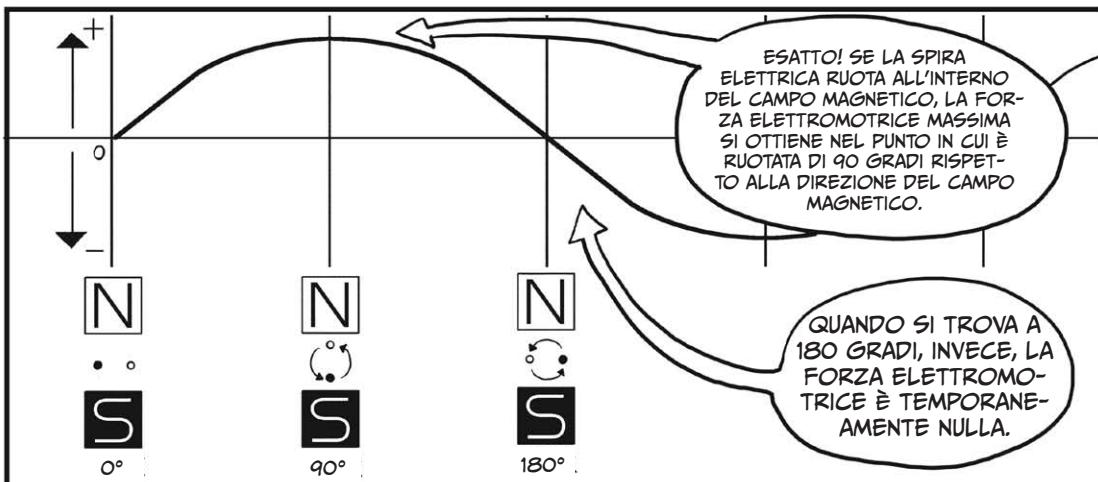
ALIMENTATORE AC



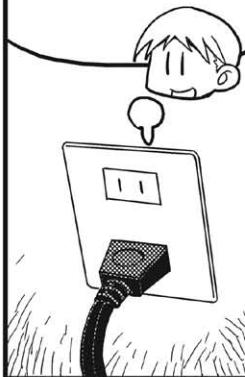
SÌ, MA IN REALTÀ, VISTO CHE LA SPIRA RUOTA ALL'INTERNO DEL CAMPO MAGNETICO, L'ELETTRICITÀ CHE SI CREA HA UN'INTENSITÀ E UN VERSO CHE VARIANO CICLICAMENTE, COME IN UN'ONDA.

QUESTA È LA CORRENTE ALTER-NATA, GIUSTO?





LA TENSIONE DI UN COMUNE ELETTRODOMESTICO È 230V AC.

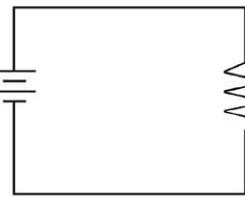


QUESTO VALORE PRENDE IL NOME DI TENSIONE EFFICACE, È IL VALORE DI TENSIONE PER CUI LA QUANTITÀ DI CALORE CHE SI GENERA QUANDO UN ALIMENTATORE AC È COLLEGATO A UNA RESISTENZA È PARI ALLA QUANTITÀ DI CALORE CHE SI GENERA QUANDO UN ALIMENTATORE DC SI COLLEGA ALLA STESSA RESISTENZA.



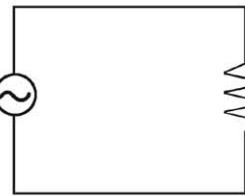
CORRENTE CONTINUA + (DC)

230V



CORRENTE ALTERNATA (AC)

230V

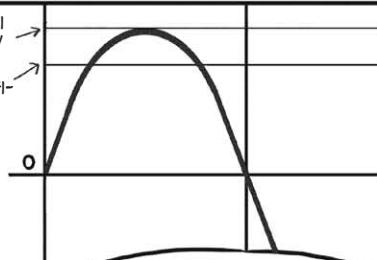


LA QUANTITÀ DI CALORE CHE SI GENERA È LA STESSA

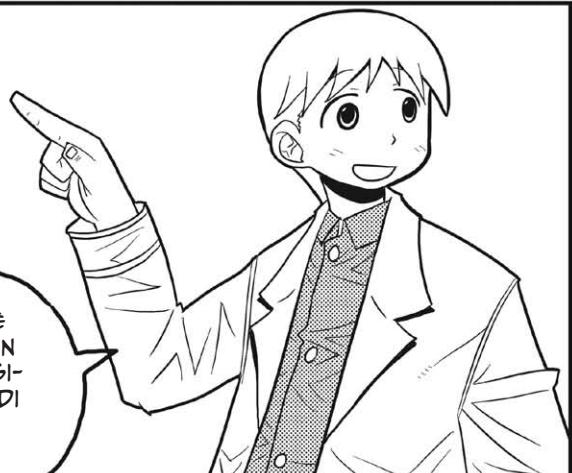
QUINDI STAI DICENDO CHE QUANDO COLGO ALLA STESSA RESISTENZA UN ALIMENTATORE 230V DC E UN ALIMENTATORE 230V AC SI GENERA LA STESSA QUANTITÀ DI CALORE?

SÌ, MA LA CORRENTE ALTERNATA È UN'ONDA...

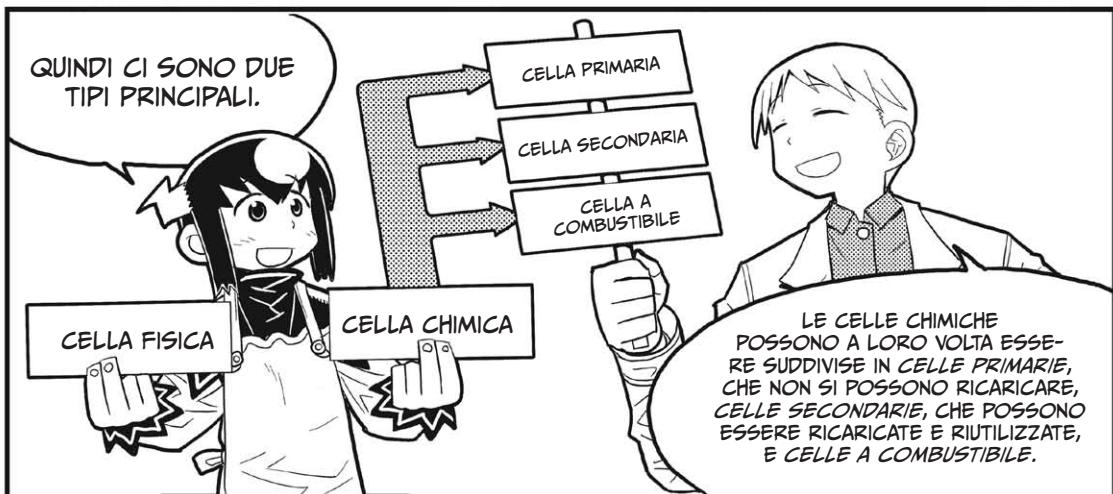
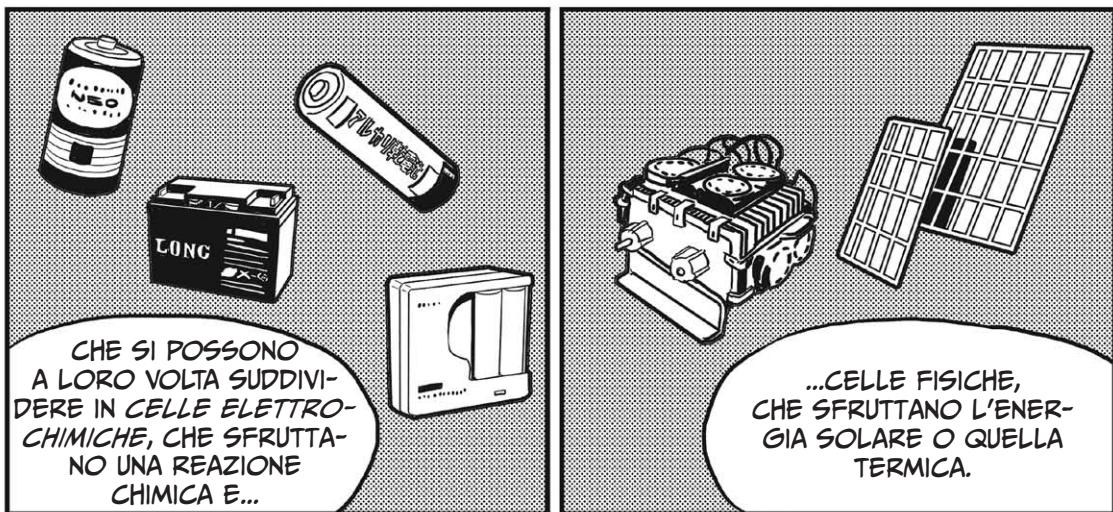
TENSIONE DI PICCO 325V  
TENSIONE EFFICACE 230V

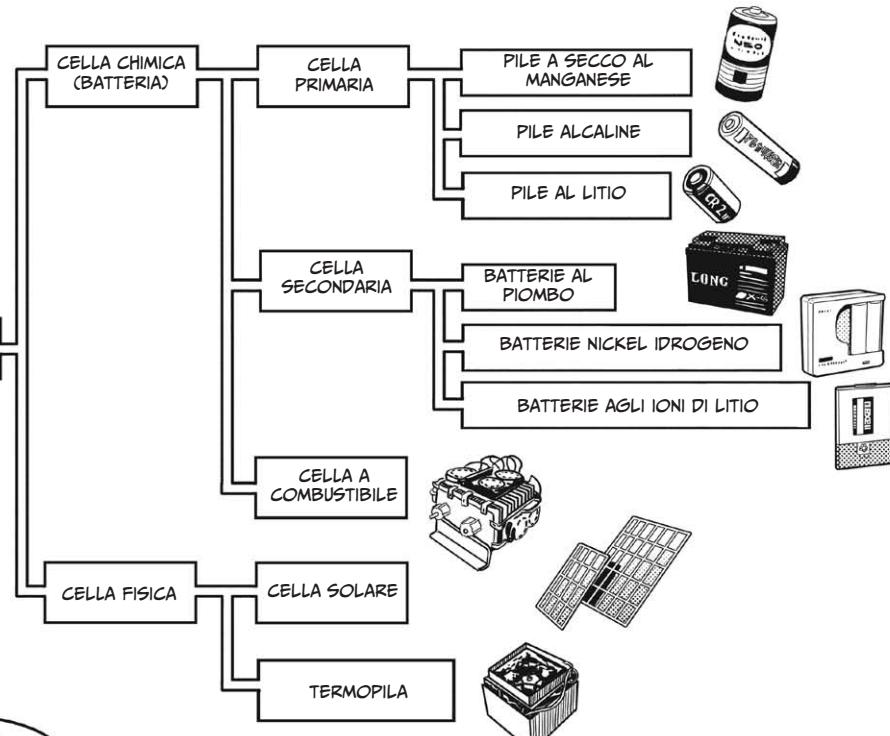
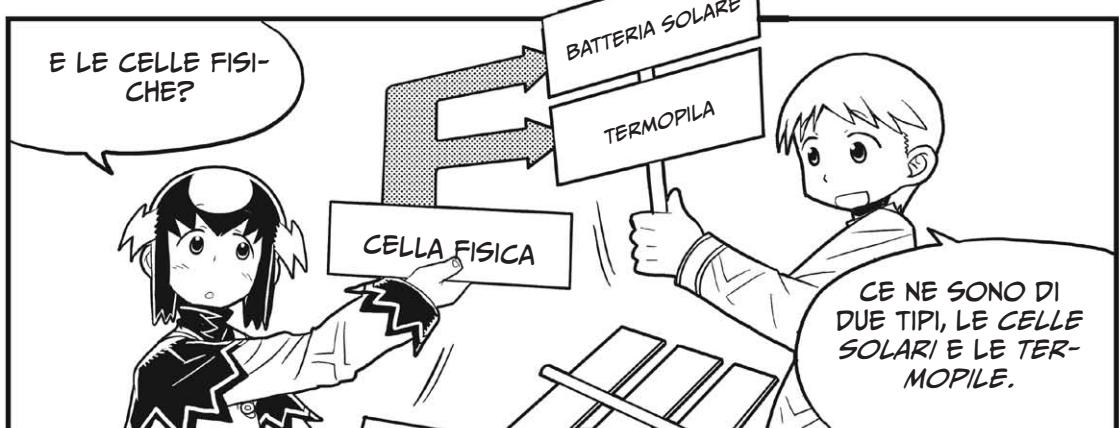


ANCHE SE LA TENSIONE (EFFICACE) DEL DISPOSITIVO È 230V, LA TENSIONE NEL PUNTO IN CUI L'ONDA RAGGIUNGE LA MASSIMA AMPIEZZA PRENDE IL NOME DI TENSIONE DI PICCO E HA UN VALORE DI CIRCA 325V.

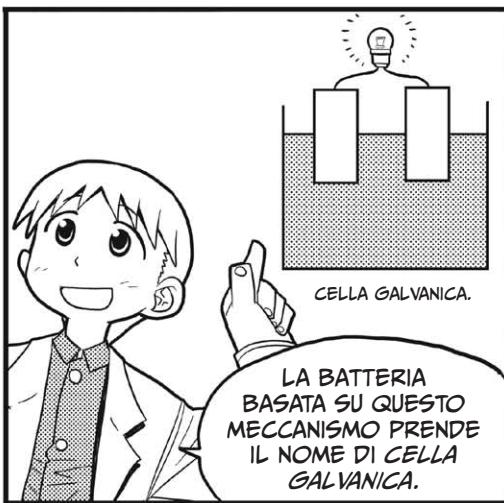
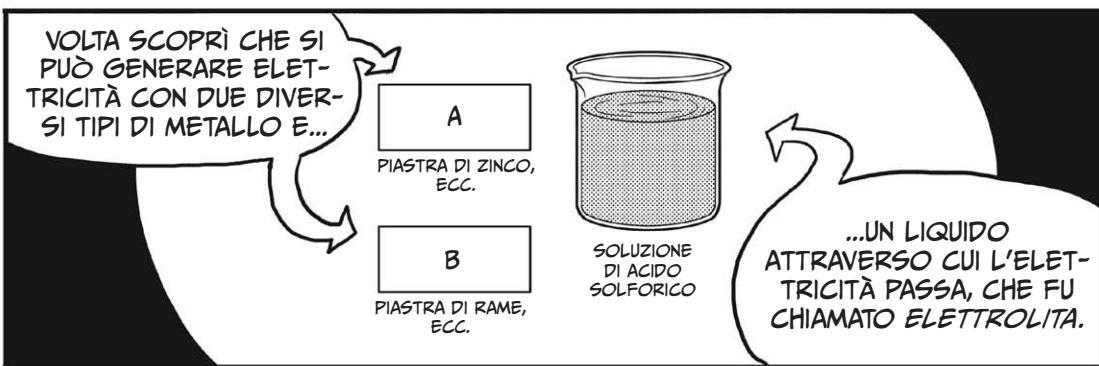


## LE BATTERIE E ALTRE SORGENTI DI ELETTRICITÀ





## LE CELLE CHIMICHE

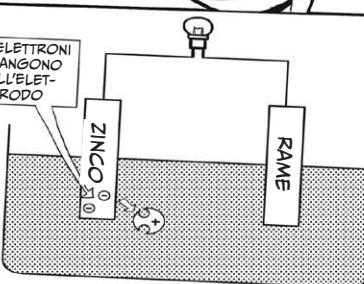


PRENDIAMO UNA LASTRA DI ZINCO E UNA DI RAME, LE IMMERGIAMO IN UNA SOLUZIONE DI ACIDO SOLFORICO E LE COLLEGHIAMO TRAMITE UN CONDUTTORE. LE DUE PIASTRE SONO CHIAMATE ELETTRODI.

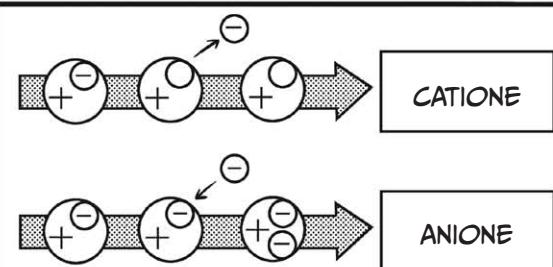


VISTO CHE LO ZINCO SI IONIZZA PIÙ FACILMENTE DEL RAME, GLI ATOMI DI ZINCO RILASCIANO ELETTRONI SULLA PIASTRA DI ZINCO I quali DIVENTANO IONI DI ZINCO ( $Zn^{2+}$ ), MENTRE LO ZINCO SI SCIOLGE NELLA SOLUZIONE DI ACIDO SOLFORICO.

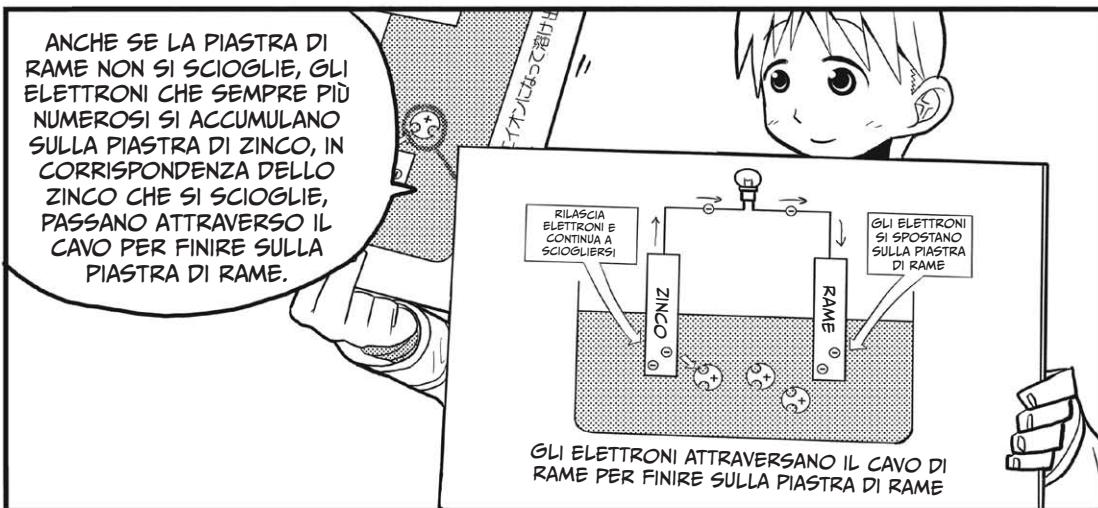
GLI ELETTRONI  
RIMANGONO SULL'ELET-  
TRODO



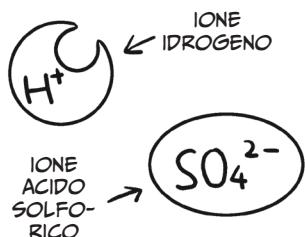
COS'È UNO IONE?



SE LO IONE È  
POSITIVO VIENE CHIAMATO  
CATIONE, SE È NEGATIVO  
VIENE CHIAMATO ANIONE.

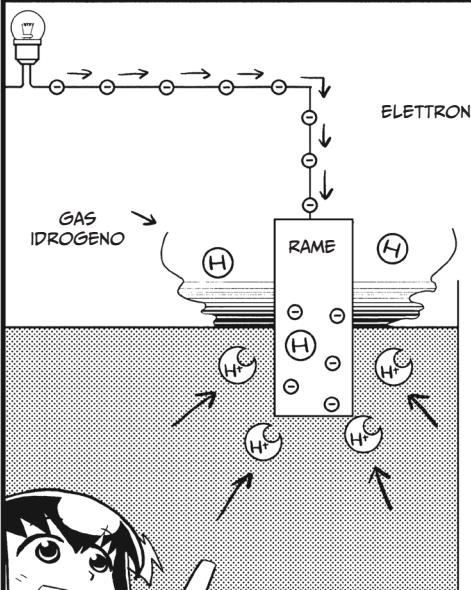
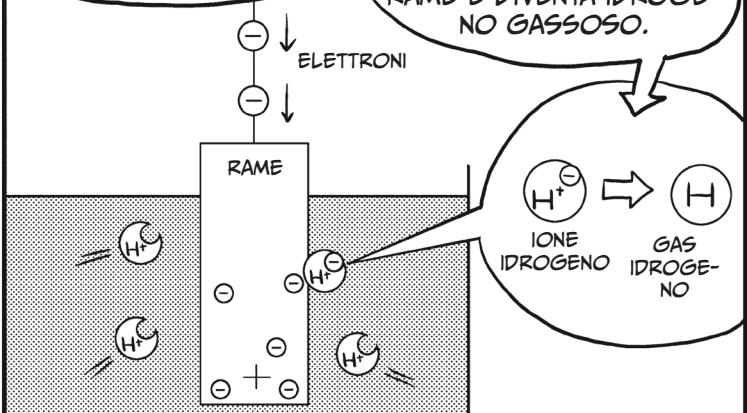


NELLA SOLUZIONE DI ACIDO SOLFORICO ESISTONO IONI IDROGENO  $H^+$  E IONI ACIDO SOLFORICO  $SO_4^{2-}$ ...



SE SI PRODUCONO IONI DI ZINCO L'IDROGENO, CHE HA UNA TENDENZA A IONIZZARSI MINORE DELLO ZINCO...

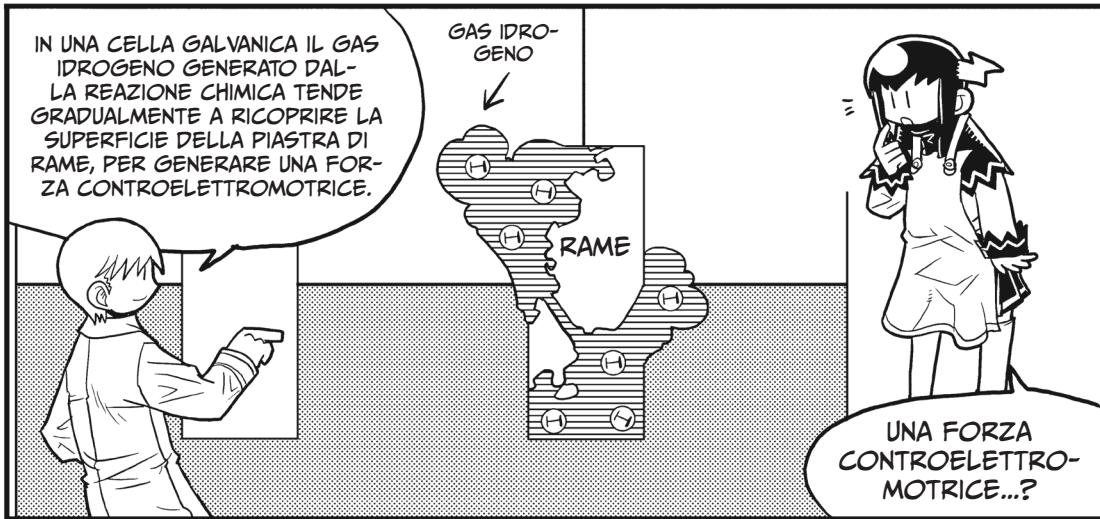
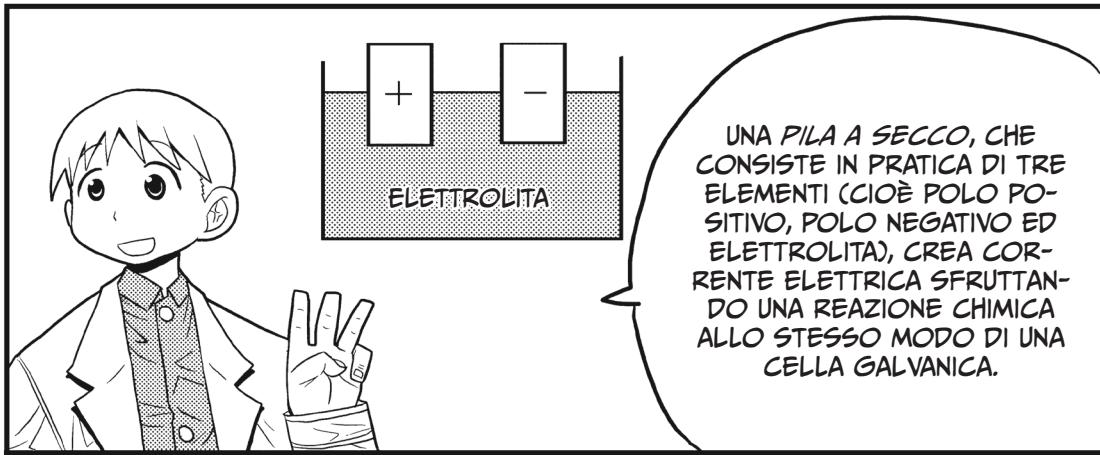
...SI UNISCE AGLI ELETTRONI CHE SI SONO TRASFERITI SULLA PIASTRA DI RAME E DIVENTA IDROGENO GASSOSO.

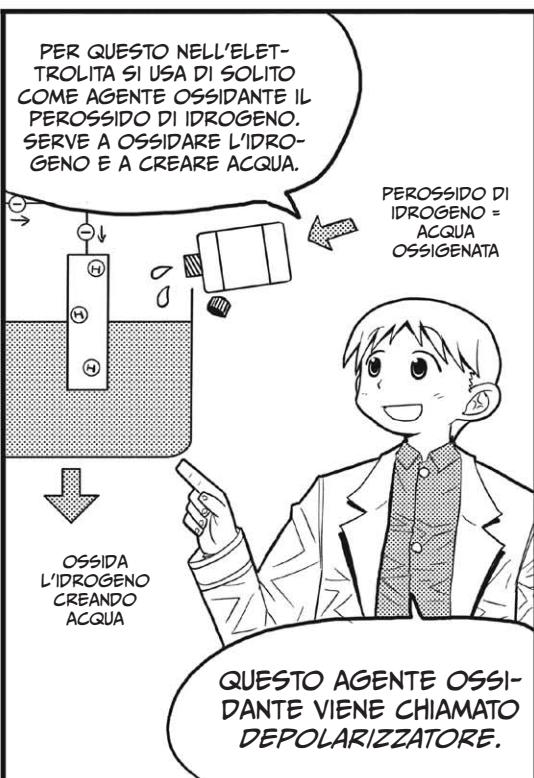


SE GLI ELETTRONI VENGONO CONSUMATI IN QUESTO MODO...

...ALTRI ELETTRONI SI TRASFERISCONO DALLA PIASTRA DI ZINCO A QUELLA DI RAME...







UN MATERIALE CHE PROVOCÀ UNA REAZIONE ELETTROCHIMICA VIENE CHIAMATO MATERIALE ATTIVO.



PIÙ TECNICAMENTE, UNA CELLA CHIMICA CREA ELETTRICITÀ ATTRAVERSO UNA REAZIONE DI OSSIDORIDUZIONE (REDOX) DEL POLO NEGATIVO E DEL POLO POSITIVO.



OSSIDORIDUOME?

LE COSE SI FANNO DIFFICILI, EH?

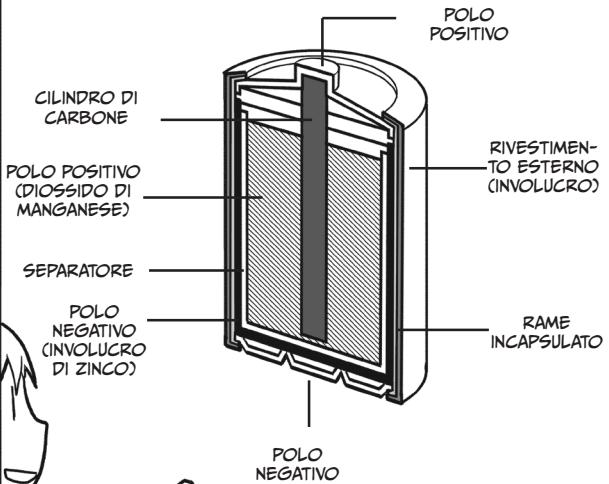
### CHE COSA SUCCIDE IN UNA PILA A SECCO?

MA ORA VEDIAMO COM'È FATTA UNA PILA A SECCO ALL'INTERNO.

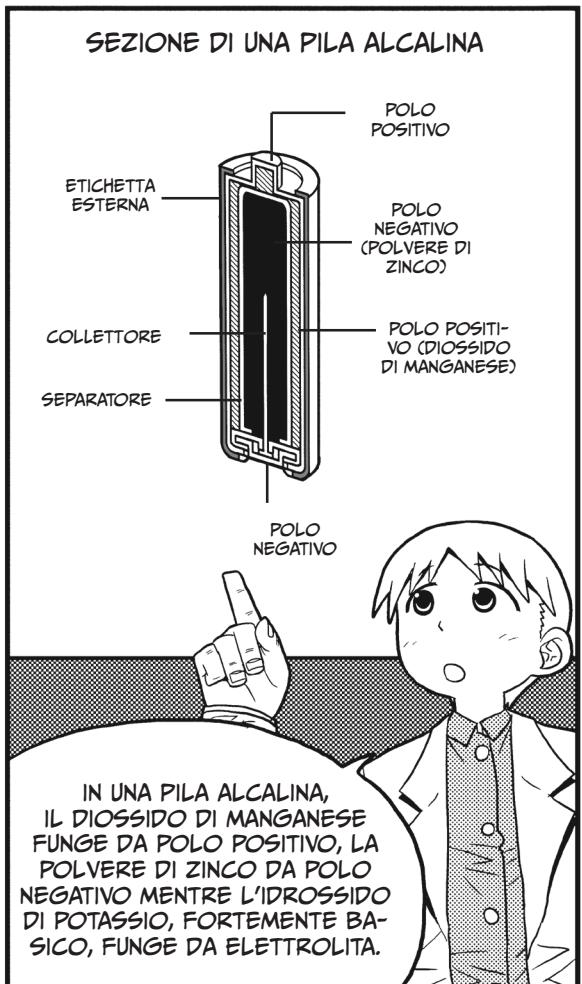
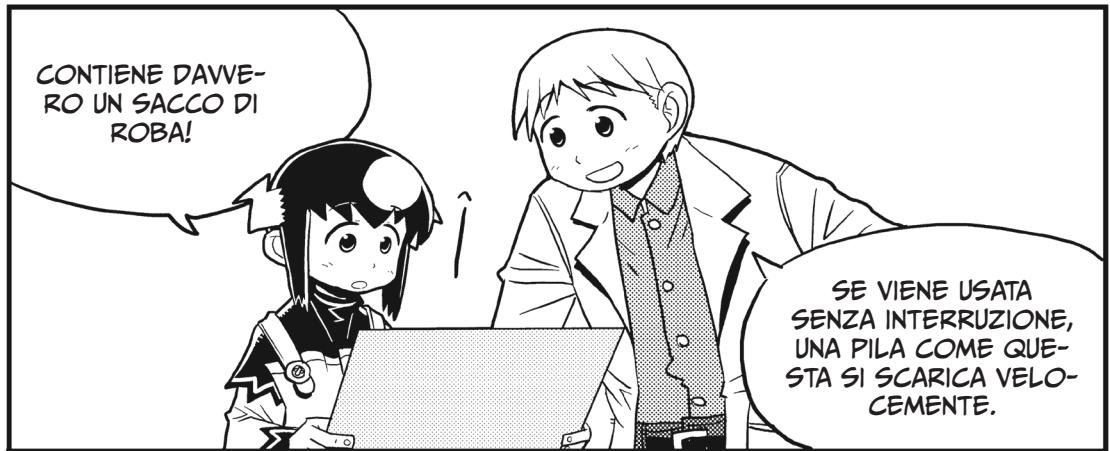


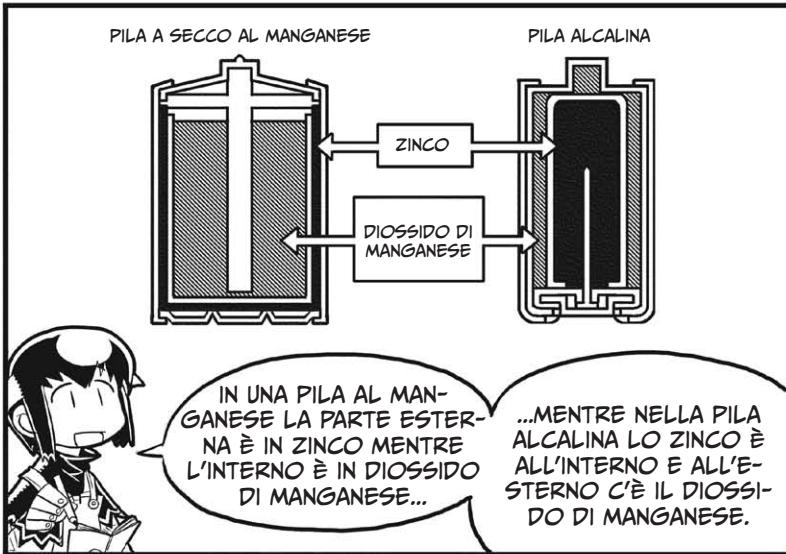
VISTO CHE UN'ANALISI REALE È PIUTTOSO PERICOLOSA, MI LIMITERÒ ALL'USO DELLE FIGURE.

### SEZIONE DI UNA PILA A SECCO AL MANGANESE



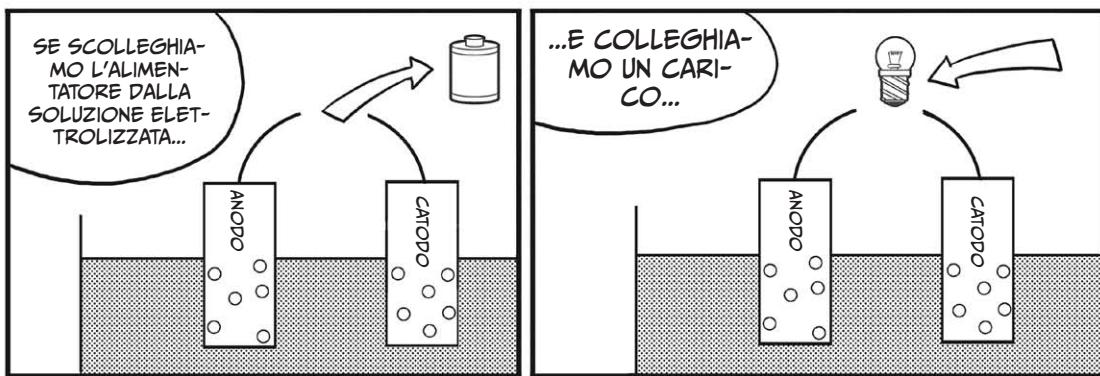
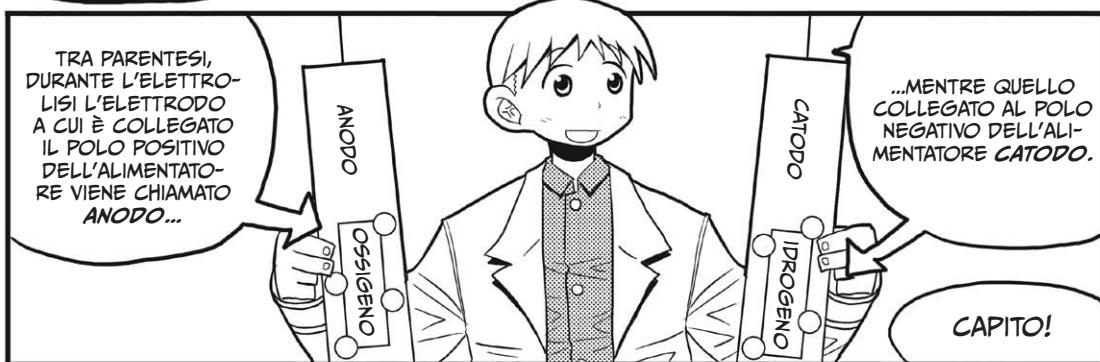
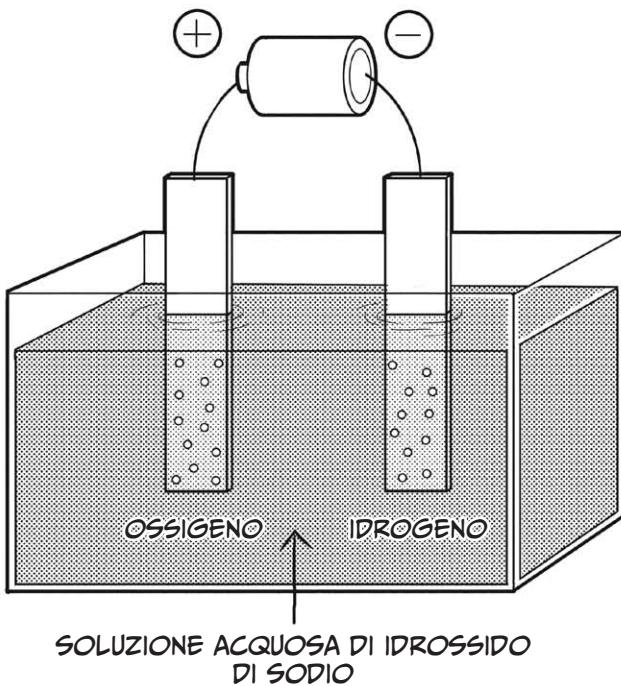
UNA PILA A SECCO AL MANGANESE CONSISTE DI UN POLO POSITIVO IN DIOSSIDO DI MANGANESE, DI UNA SOLUZIONE DI CLORURO DI ZINCO CHE FUNGE DA ELETTROLITA E DA UN INVOLUCRO ESTERNO DI ZINCO CHE FUNGE DA POLO NEGATIVO.



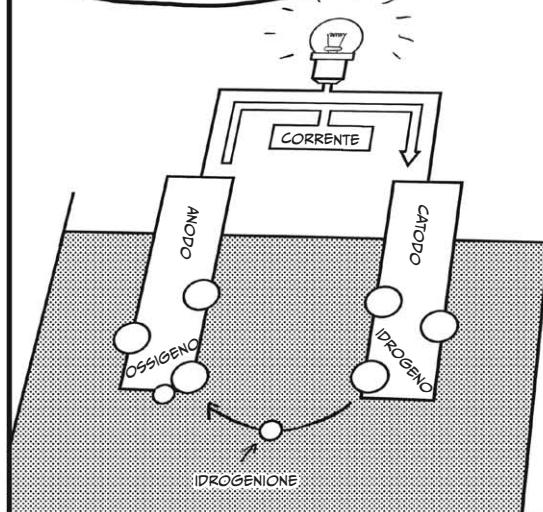


## L'ACQUA E LE CELLE A COMBUSTIBILE

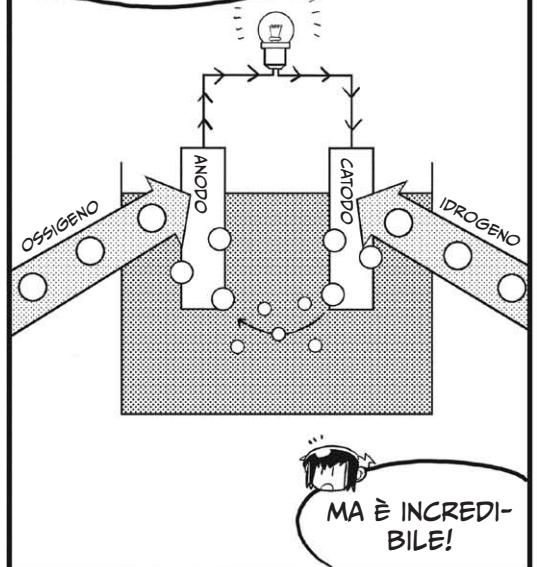




...L'IDROGENO E L'OSSIGENO RISULTANTI DALLA DECOMPOSIZIONE SI COMBINERANNO PER PRODURRE ELETTRICITÀ, ACQUA E CALORE. È IL PRINCIPIO SU CUI SI BASANO LE CELLE A COMBUSTIBILE.

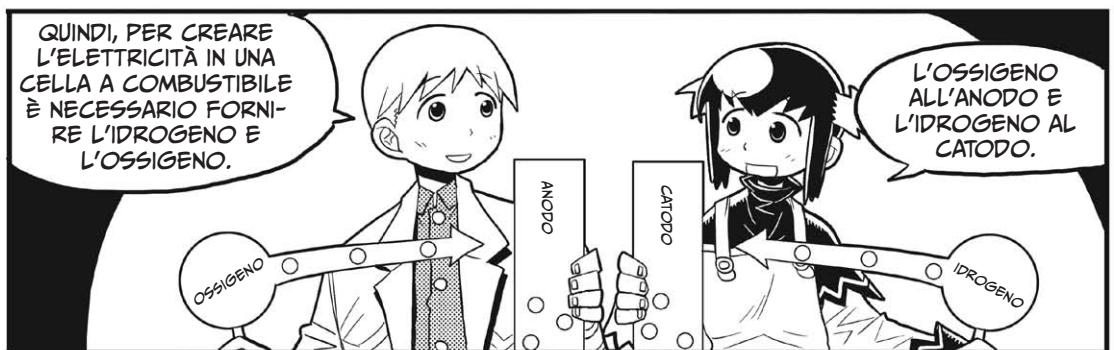


SE CONTINUAMO A FORNIRE IDROGENO E OSSIGENO, L'ELETTRICITÀ CONTINUERÀ A FORMARSI.



MA È INCREDIBILE!

QUINDI, PER CREARE L'ELETTRICITÀ IN UNA CELLA A COMBUSTIBILE È NECESSARIO FORNIRE L'IDROGENO E L'OSSIGENO.



L'OSSIGENO ALL'ANODO E L'IDROGENO AL CATODO.

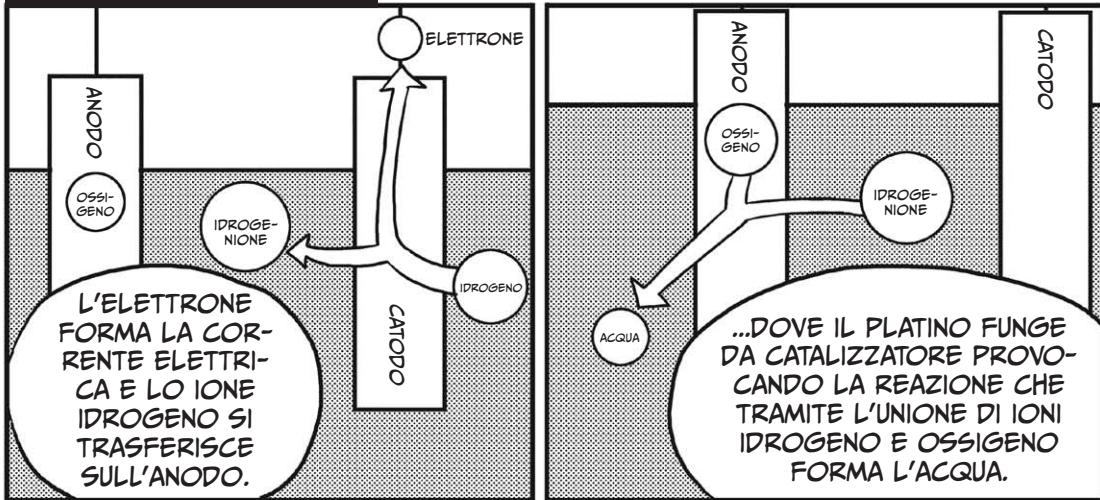
L'IDROGENO FORNITO...



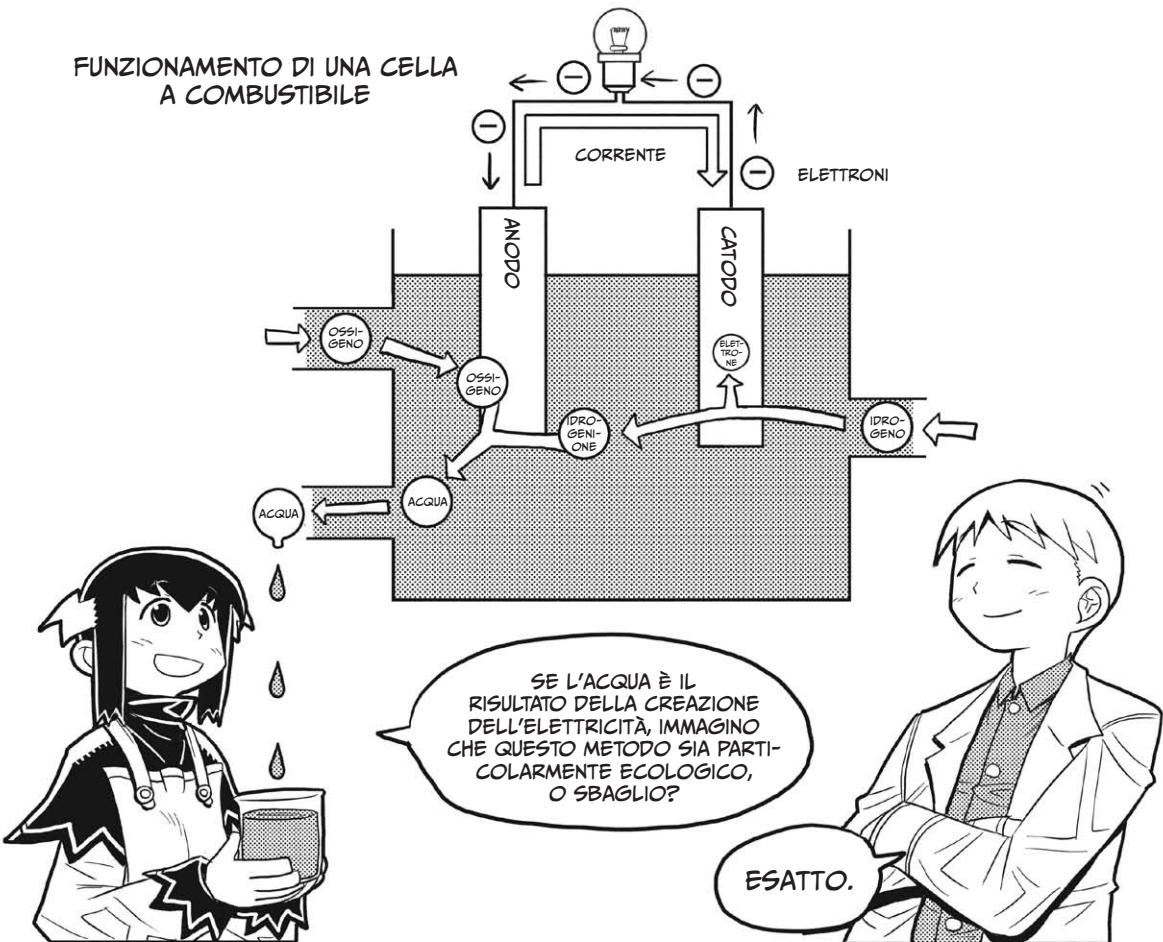
...SI SCOMPONE IN IONI IDROGENO ED ELETTRONI GRAZIE ALL'AZIONE DEL CATALIZZATORE DEL CATODO.



## ANODI E CATODI



## FUNZIONAMENTO DI UNA CELLA A COMBUSTIBILE



NON CI SONO VIBRAZIONI NÉ RUMORE E POSSIAMO UTILIZZARE UNO STRUMENTO CHIAMATO FUEL REFORMER (RIGENERATORE) PER ESTRARRE L'IDROGENO CHE CI SERVE DA GAS NATURALI O DA METANOLI, MENTRE PER L'OSSIGENO POSSIAMO UTILIZZARE L'ARIA.

INSOMMA NON CI SONO CONTROINDICAZIONI!!

ANCHE IL CALORE CHE SI GENERA PUÒ ESSERE UTILIZZATO. È MOLTO EFFICIENTE E VISTO CHE ESISTONO MOLTI MODI PER RECUPERARE L'IDROGENO, LE RISORSE SONO FACILMENTE DISPONIBILI.

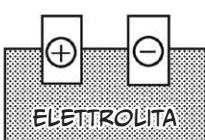
?  
MA... SE QUESTE BATTERIE SONO COSÌ FENOMENALI... PERCHÉ NON NE HO MAI VISTA UNA?

SONO ANCORA TROPPO COSTOSE, MA TRA NON MOLTO TEMPO DIVENTERANNO SICURAMENTE DI USO COMUNE.

VUOI DIRE CHE IN FUTURO SARANNO USATE DA MOLTI?

ESATTO.

## CREA LA TUA PILA A BOTTONI



UNA VOLTA CHE SAPPIAMO COME FUNZIONA LA REAZIONE CHIMICA IN UNA PILA, POSSIAMO REALIZZARNE UNA IN MODO SEMPLICE.

DAVVERO?

CI BASTA TROVARE DUE METALLI DIVERSI E UN ELETTROLITA. POSSIAMO ANCHE UTILIZZARE GLI OGGETTI DI USO COMUNE CHE ABBIAMO A DISPOSIZIONE.



...QUESTI SONO PIÙ CHE SUFFICIENTI!

ACQUA

SALE DA CUCINA

THE  
HOT  
SOUP

MONETA

FOGLIO DI ALLUMINIO

WOW!

MONETA  
(+)

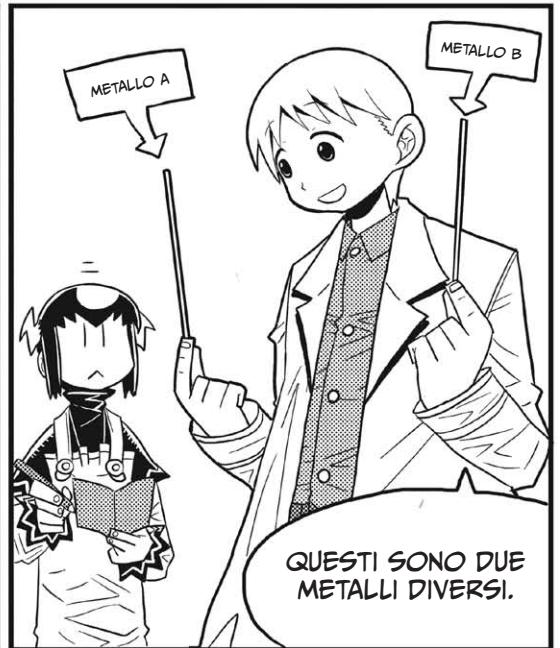
ALLUMINIO  
(-)

FAZZOLETTINO BAGNATO CON ACQUA SALATA





## LE TERMOPILE



SE CREIAMO UN CIRCUITO ANNODANDO I METALLI ALLE DUE ESTREMITÀ E FACENDO IN MODO CHE LE DUE ESTREMITÀ ABBIANO TEMPERATURE DIVERSE, OTTERREMO UN PASSAGGIO DI CORRENTE.

METALLO A

TEMPERATURA BASSA

CORRENTE

METALLO B

TEMPERATURA ALTA

È DAVVERO SEMPLICE!



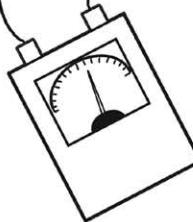
VEDIAMOLO IN CONCRETO.  
SE AVVOLGIAMO UN FILO DI RAME INTORNO AI DUE CAPI DI UN CHIODO DI FERRO E RISCALDIAMO UNO DEI DUE ESTREMI CON UN ACCENDINO, AVREMO IL PASSAGGIO DI UNA PICCOLA QUANTITÀ DI CORRENTE.

CHIODO DI FERRO

FILO DI RAME

ACCENDINO

WOW!  
SEMBRA QUASI UNA MAGIA!



AMPEROMETRO



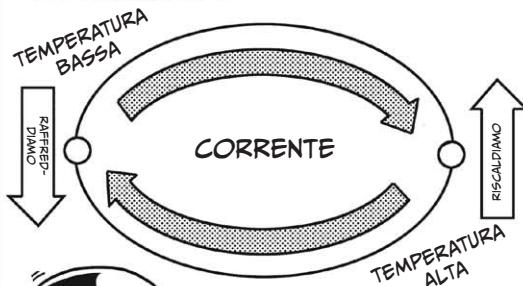
QUESTO FENOMENO SI CHIAMA EFFETTO SEEBECK.

UNA TERMOPILA È UN DISPOSITIVO CHE SFRUTTA QUESTO PARTICOLARE FENOMENO.



EH?

SE AUMENTA LA DIFFERENZA DI TEMPERATURA TRA I DUE ESTREMI, AUMENTERA' DI CONSEGUENZA ANCHE LA QUANTITA' DI CORRENTE ELETTRICA. E QUEST'ULTIMA CONTINUERA' A SCORRERE FINCHÉ ESISTERÀ UNA DIFFERENZA DI TEMPERATURA TRA LE DUE ESTREMITÀ.



A-HA!

LE GIUNZIONI FATTE IN QUESTO MODO TRA I DUE METALLI SI CHIAMANO TERMOCOPPIE.



L'AMPEROMETRO, IN QUESTA MODALITÀ, PUÒ ANCHE ESSERE UTILIZZATO COME UN TERMOMETRO.

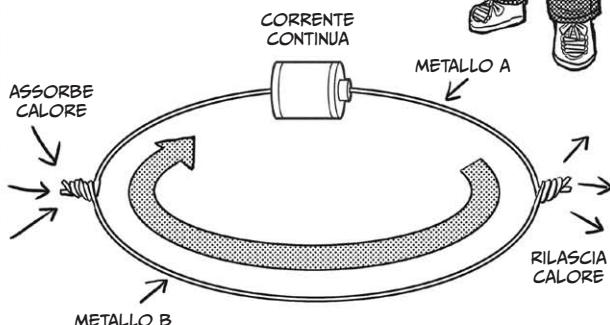


FICO!

QUESTO PERCHÉ POSSIAMO RICAVARE LA TEMPERATURA DELLA TERMOCOPIA DAL VALORE DELLA CORRENTE, GIUSTO?



ESISTE ANCHE IL FENOMENO OPPOSTO ALL'EFFETTO SEEBECK: SE UN GENERATORE DI CORRENTE CONTINUA VIENE APPLICATO AL CIRCUITO DELLE TERMOCOPIE, LA CORRENTE FARÀ SÌ CHE UNA DELLE GIUNZIONI ASSORBA CALORE, MENTRE L'ALTRA LO RILASCIÀ.



WOW... QUINDI GRAZIE A QUESTO FENOMENO POSSIAMO RISCALDARE O RAFFREDDARE GLI OGGETTI, GIUSTO?

GIUSTO! SI CHIAMA EFFETTO PELTIER.

IL LATO DI UNA CELLA DI PELTIER (UN DISPOSITIVO A SEMICONDUTTORE) CHE ASORBE CALORE, VIENE USATO PER ESEMPIO NEI FRIGORIFERI DI PICCOLE DIMENSIONI CHE NON HANNO BISOGNO DI UN MOTORE.

FENOMENI COME L'EFFETTO SEEBECK O L'EFFETTO PELTIER VENGONO ANCHE CHIAMATI FENOMENI TERMOELETTRICI.

CAPITO.

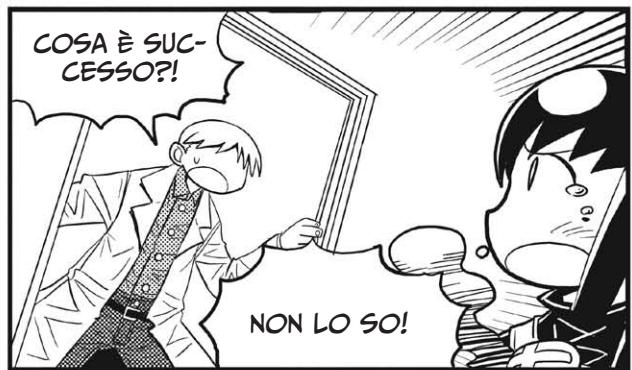
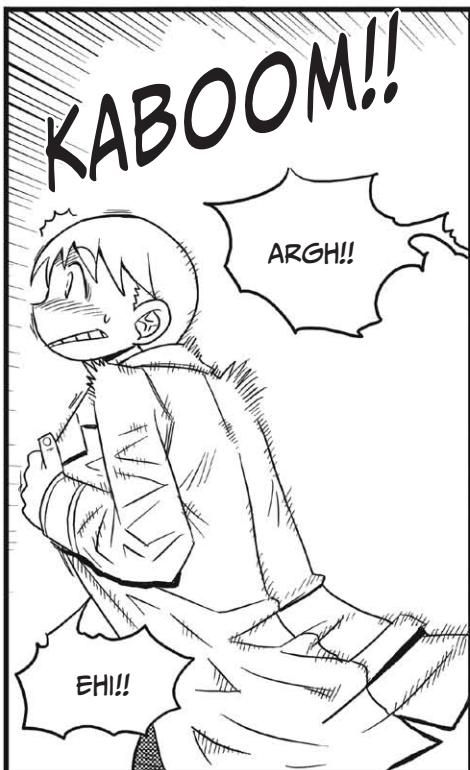
GRAZIE... PER OGGI ABBIAMO FINITO.

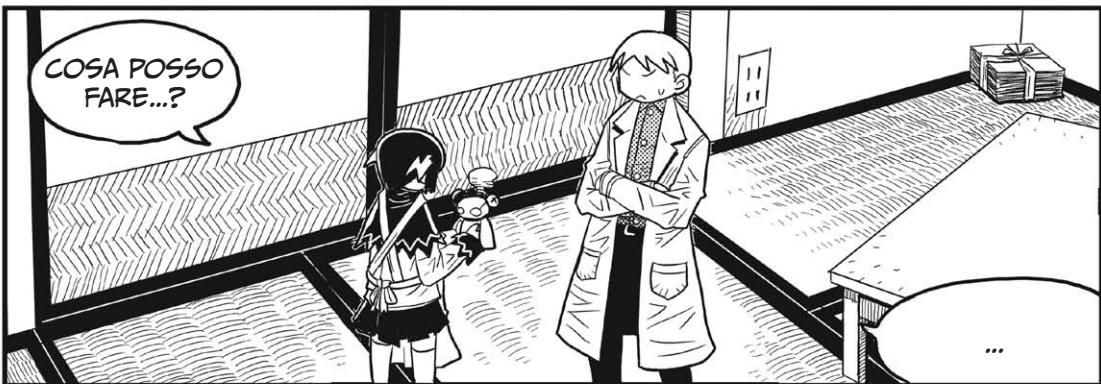
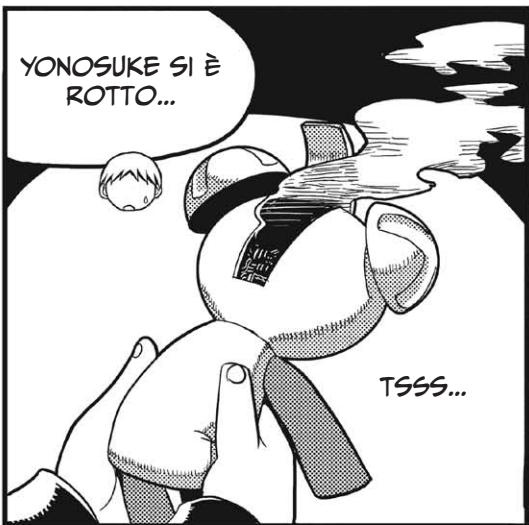
BENE, HO IMPARATO UN SACCO DI COSE!

RING,  
RING

AH! SENSEI TETEKA STA CHIAMANDO.

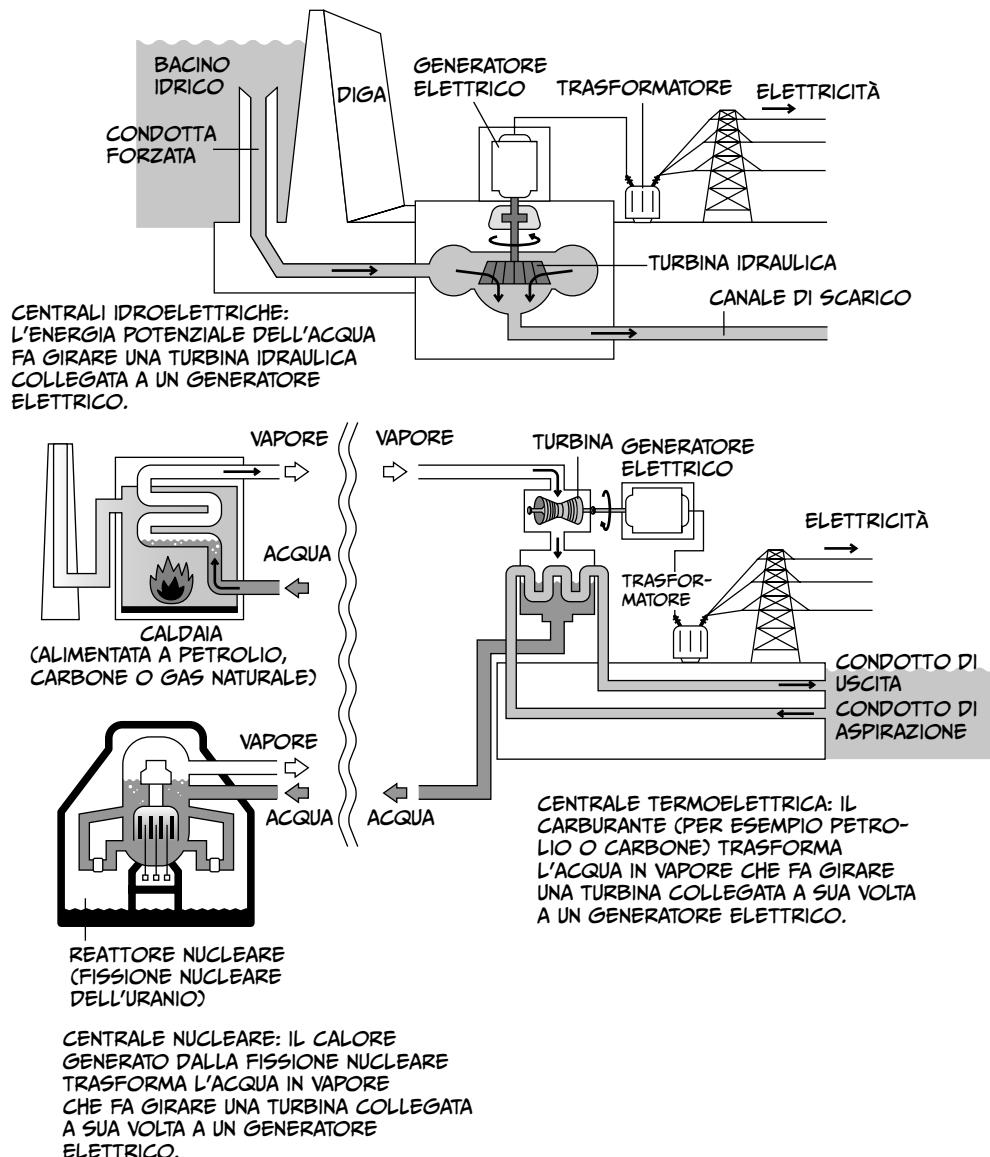
RING,  
RING





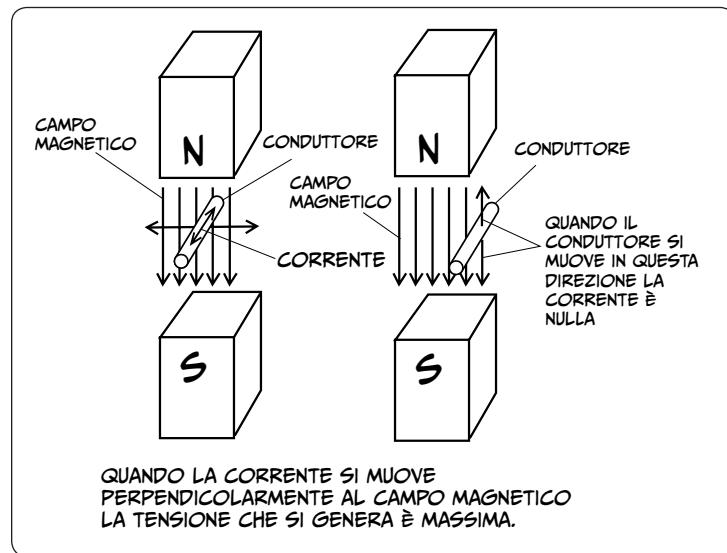
## L'ELETTRICITÀ CREATÀ DA UNA CENTRALE ELETTRICA

Nelle centrali elettriche l'elettricità si genera a partire dalla rotazione di una turbina, che può essere alimentata in vari modi.

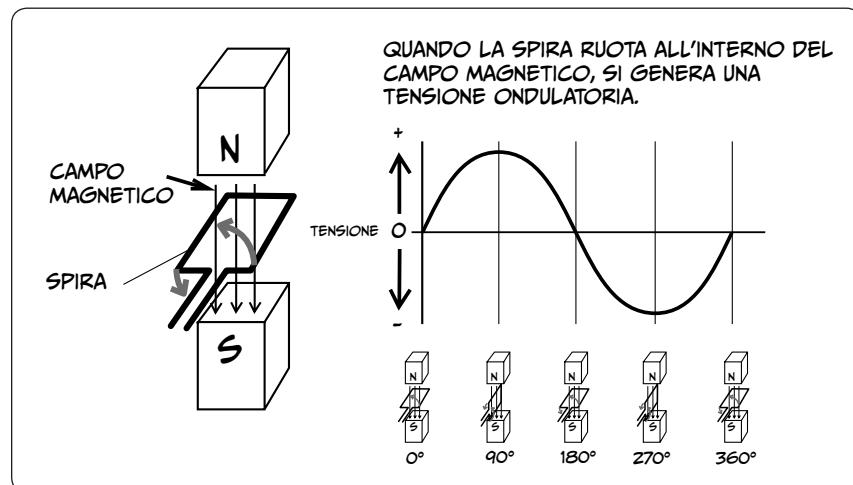


L'elettricità creata da una centrale elettrica.

Un generatore elettrico crea elettricità secondo la regola della mano destra di Fleming. Visto che il conduttore sta ruotando all'interno del campo magnetico, la quantità e la direzione della corrente elettrica variano in modo ondulatorio. La tensione massima si ottiene quando la spira intercetta le linee del campo magnetico ad angolo retto, mentre quando le due direzioni (del campo magnetico e della spira) sono uguali la tensione è nulla.



Elettricità generata in un conduttore.

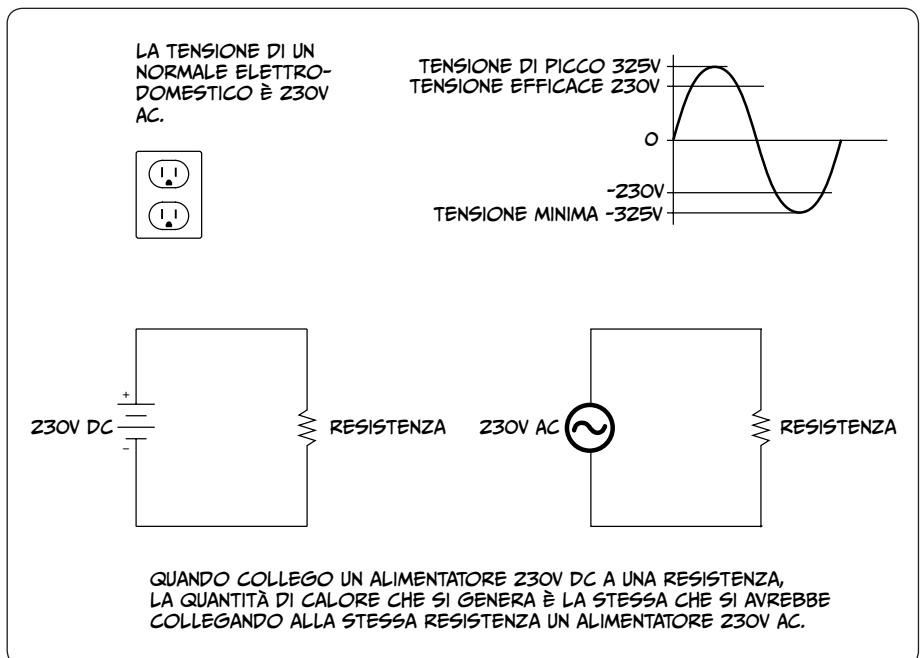


Elettricità creata da un generatore elettrico.

La corrente elettrica che si crea tramite questo processo viene chiamata *corrente alternata (AC)*. Si tratta della corrente che esce dalle prese elettriche domestiche.

Un'onda corrisponde a una rotazione del conduttore all'interno del campo magnetico, se il conduttore ruota 50 volte al secondo, si producono 50 onde al secondo. La corrente elettrica in questo caso ha una frequenza di 50 hertz (Hz).

La tensione di un comune elettrodomestico è di 230V AC. La *tensione di picco* dell'onda è invece pari all'incirca a 325V. Il valore di 230V rappresenta la *tensione efficace*, il valore cioè per cui una corrente continua (DC) svolgerebbe lo stesso lavoro: in altre parole, la quantità di calore generata da una tensione di 230V AC collegata a una resistenza è identica alla quantità di calore generata da una tensione di 230V DC collegata alla stessa resistenza.



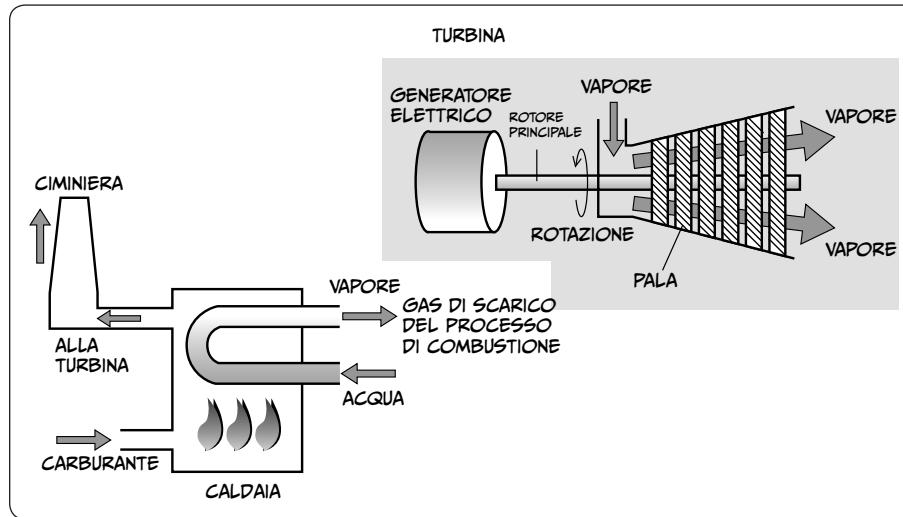
*Tensione AC e tensione efficace.*

## LE CENTRALI TERMOELETTRICHE

Le centrali termoelettriche si possono suddividere a seconda delle modalità in centrali con turbine a vapore, a combustione interna, a gas e a ciclo combinato.

Le *centrali a vapore* sono alimentate a petrolio, carbone o con gas naturale liquefatto (GNL) che bruciano all'interno di una caldaia che produce vapore ad alta temperatura e ad alta pressione. La forza del vapore fa girare una turbina collegata a un generatore elettrico che produce elettricità.

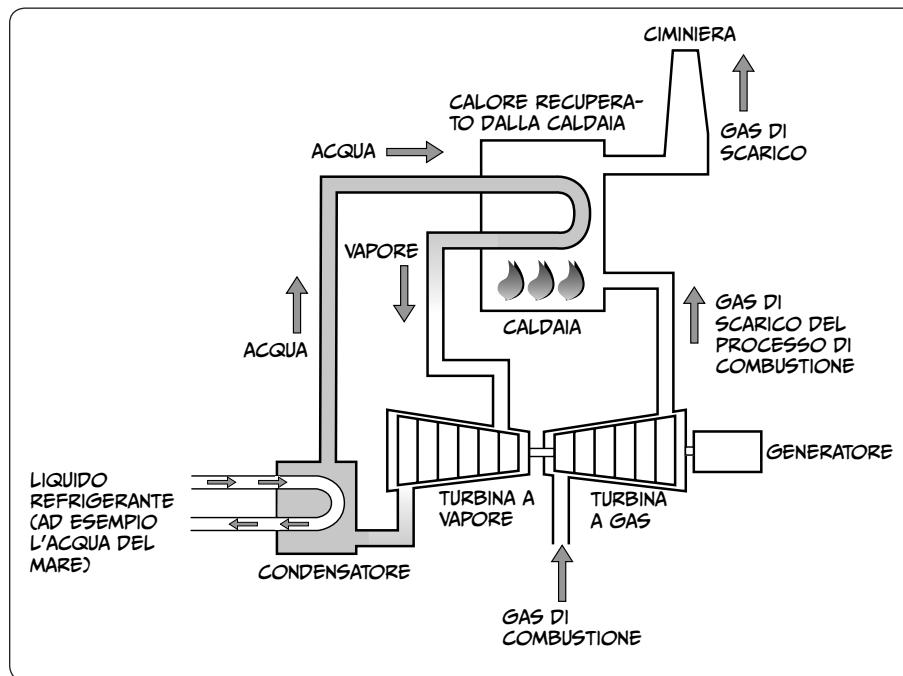
Il vapore usato per creare l'elettricità viene poi raffreddato all'interno di un *condensatore*. Una volta restituita alla forma liquida, l'acqua viene rispedita alla caldaia per un nuovo ciclo.



Turbina di una centrale termoelettrica.

Le centrali a combustione interna utilizzano un motore a combustione interna (un motore diesel, per esempio) per generare elettricità.

Le centrali a gas sfruttano come combustibile il cherosene o il gasolio per far ruotare la turbina e creare elettricità.



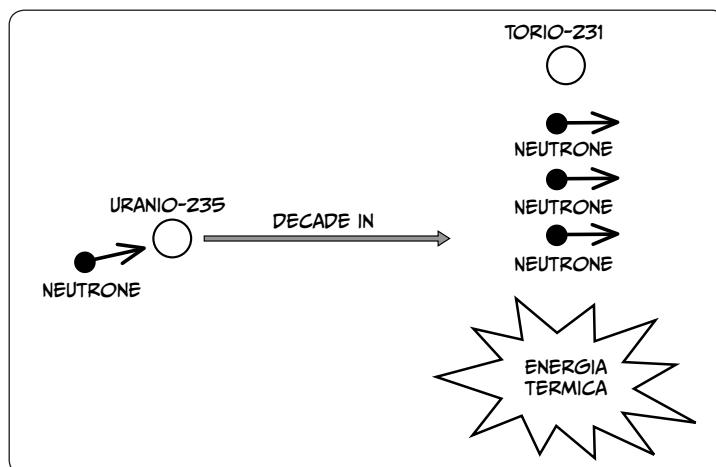
Centrale a ciclo combinato.

Le centrali a ciclo combinato funzionano come due centrali combinate, una a vapore e una a gas. L'elettricità viene generata da una turbina a gas e il calore del gas di scarico viene a sua volta usato per creare vapore che serve ad azionare una turbina a vapore che genera ulteriore elettricità. Si tratta di un metodo efficiente per produrre l'elettricità.

## LE CENTRALI NUCLEARI

Una centrale nucleare sfrutta il calore che si genera durante il processo di fissione dell'uranio in un reattore nucleare per produrre vapore ad alta temperatura e ad alta pressione che serve a far girare una turbina e a produrre elettricità. Quando un neutrone si scontra con l'uranio-235, quest'ultimo decade fino a diventare torio-231. Al calore è associata anche l'emissione di neutroni. I neutroni successivamente si scontrano con altri nuclei di uranio-235 causando la *fissione nucleare* e generando una grande quantità di energia termica.

Le centrali nucleari sfruttano questo calore per creare il vapore che serve a far girare la turbina e creare elettricità, con modalità molto simili alle centrali termoelettriche. Le *barre di regolazione*, che assorbono i neutroni, e un *moderatore*, che riduce la velocità dei neutroni, vengono usati nel reattore nucleare per controllare il processo di fissione e regolare la produzione del reattore.

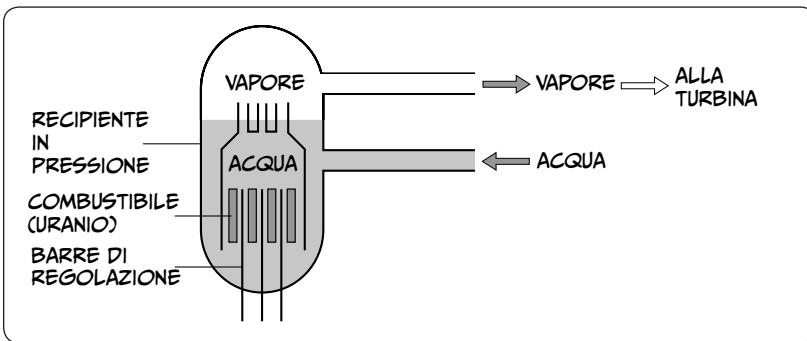


La fissione nucleare dell'uranio-235 produce altri neutroni che possono colpire altri atomi di uranio-235 innescando una reazione a catena.

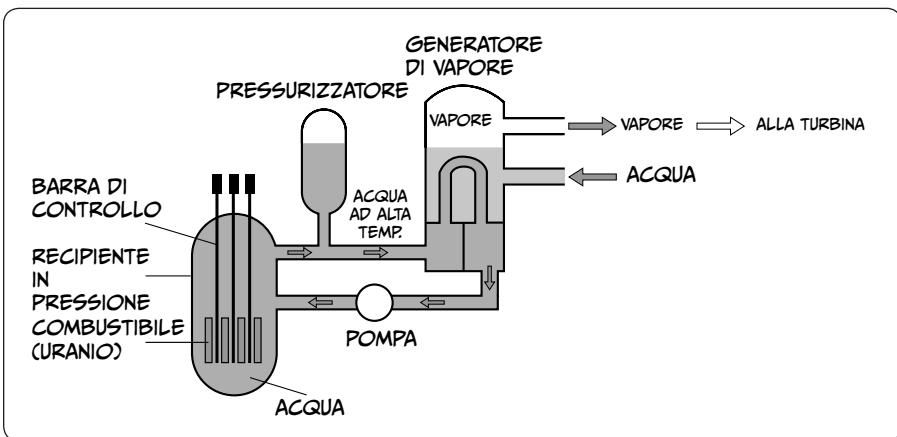
Esistono diversi tipi di reattore nucleare. Quello più utilizzato al momento si chiama *reattore ad acqua leggera* e utilizza l'acqua leggera (la classica  $H_2O$ ) come moderatore e refrigerante. Esempi di reattori ad acqua leggera sono i reattori ad acqua bollente e i reattori ad acqua pressurizzata.

I *reattori ad acqua bollente* mandano il vapore generato in un recipiente in pressione direttamente verso la turbina. Dopo che è stato utilizzato per far girare la turbina, il vapore viene convogliato in un condensatore dove torna liquido e può essere riutilizzato. Il *condensatore* usa l'acqua marina o dell'oceano per raffreddare il vapore e favorire appunto la condensa.

I *reattori ad acqua pressurizzata* mandano l'acqua bollente generata nel recipiente in pressione direttamente al generatore di pressione, dove l'acqua viene trasformata in vapore da un sistema separato. Il vapore a questo punto viene inviato alla turbina.



Reattore ad acqua bollente.



Reattore ad acqua pressurizzata.

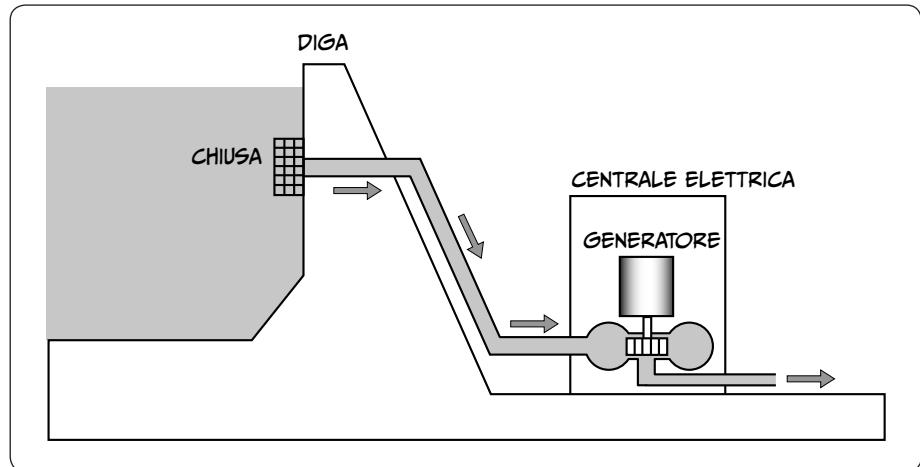
## LE CENTRALI IDROELETTRICHE

Una centrale idroelettrica sfrutta l'energia potenziale dell'acqua per generare elettricità.

Nelle centrali a bacino l'acqua viene conservata in bacini sopraelevati e convogliata fino ad azionare una turbina collegata a un generatore elettrico che produce l'elettricità.

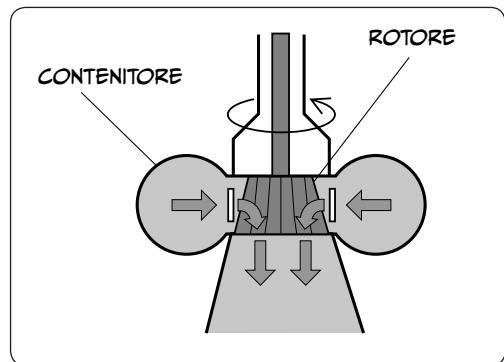
Visto che nelle centrali idroelettriche (rispetto alle centrali nucleari o termoelettriche) è più facile attivare, interrompere o regolare la produzione di corrente, queste centrali possono calibrare l'erogazione di corrente rispetto al consumo richiesto. Inoltre, durante i periodi di bassa richiesta, mediante pompaggio è possibile riportare l'acqua nel bacino sopraelevato per reinserirla nel ciclo.

Per un utilizzo più efficiente dell'energia dell'acqua sono stati studiati diversi tipi di turbina a seconda degli scopi, avendo come variabili il *salto* (ovvero la differenza di altitudine dei bacini) e la *portata* (metri cubi d'acqua al secondo).



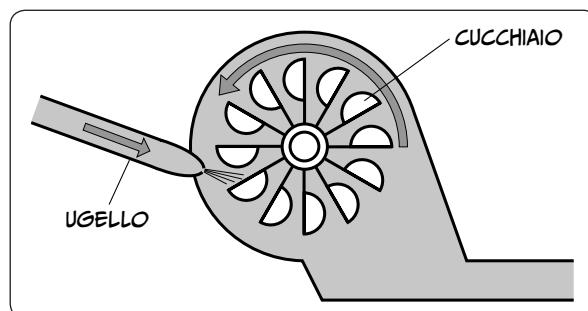
*Centrale a bacino.*

La *turbina Francis* viene impiegata quando la portata è molto grande e il salto è medio/alto. Questo tipo di turbina è usato all'incirca nel 70 percento delle centrali idroelettriche giapponesi. L'acqua viene fatta entrare da tutte le direzioni perpendicolarmente rispetto all'asse della turbina, le pale cambiano la direzione dell'acqua (che a questo punto procede parallela all'asse) e la turbina può ruotare grazie alla spinta idraulica.



*Turbina Francis.*

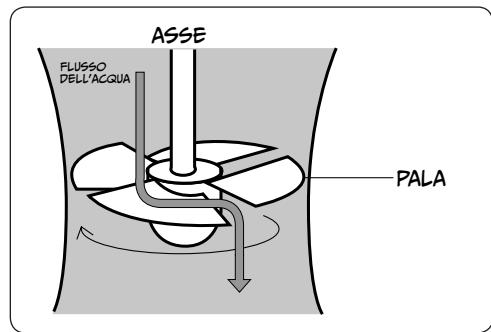
Una *turbina Pelton* è una turbina ad acqua che ruota grazie all'urto dell'acqua sulle pale, che hanno una forma a cucchiaio. È molto efficiente nei casi in cui il salto è alto.



*Turbina Pelton.*

Una *turbina Kaplan* è una turbina ad acqua che ruota grazie a diverse pale collegate a un unico asse (la struttura è simile a quella di un'elica). L'angolazione delle pale può cambiare per adattarsi alla portata dell'acqua incidente. Questo tipo di turbina è molto utile quando il salto è basso. Una turbina Kaplan con pale fisse viene chiamata *turbina a elica*.

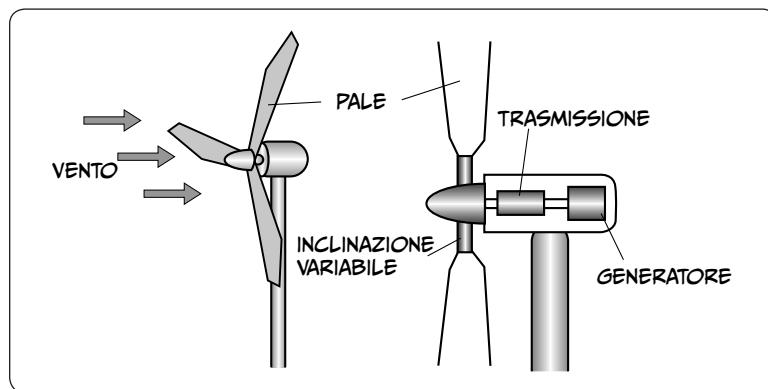
Anche se solo il 10 percento della corrente elettrica in Giappone è generato da centrali idroelettriche, si tratta comunque di un metodo molto valido per le nazioni che possiedono scarse risorse combustibili.



Turbina Kaplan.

## LE CENTRALI EOLICHE

Una centrale eolica sfrutta la potenza del vento per azionare la turbina. La turbina a sua volta è collegata a un generatore per la produzione dell'elettricità.



Meccanismo di funzionamento della centrale eolica (turbina eolica elicoidale).

Esistono diversi tipi di turbine eoliche. La *turbina eolica elicoidale*, che sfrutta l'energia del vento in modo molto efficiente, è una delle più comuni. Quando il vento colpisce le pale della turbina si crea una rotazione, la cui velocità viene amplificata dal moltiplicatore di giri collegato al generatore. Un *anemoscopio* (a banderuola) o un *anemometro* (un misuratore di vento) servono a tenere sotto controllo costante le condizioni del vento. La direzione in cui gira il rotore e l'angolazione delle pale possono variare per ottimizzare l'impatto del vento.

L'elettricità che si crea dipende molto dalla velocità e dalla direzione del vento e il rumore provocato dalla rotazione delle pale può talvolta rappresentare un problema, ma questo è sicuramente un metodo ecologico e pulito per generare elettricità. Non richiede alcun tipo di combustibile e non produce gas di scarico.



5

I MILLE USI DELL'ELETTRICITÀ!



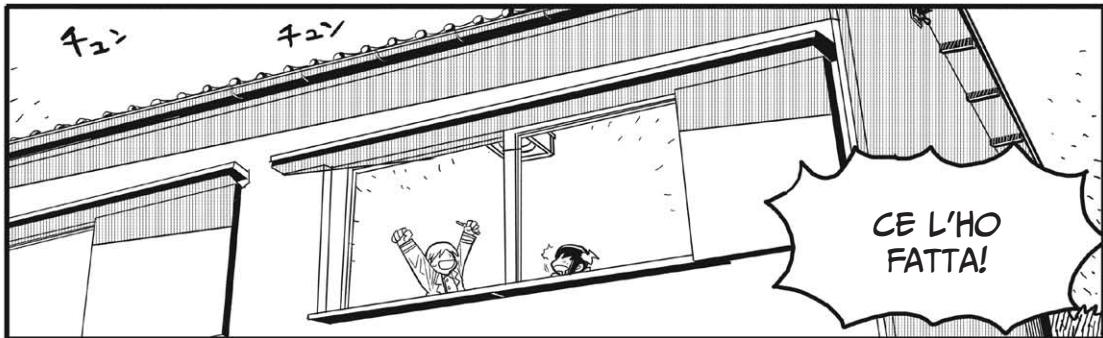
PER FORTUNA HIKARU È RIUSCITO A RIPARARE IL GUASTO DI YONOSUKE UTILIZZANDO GLI STRUMENTI TECNOLOGICI DISPONIBILI SULLA TERRA.

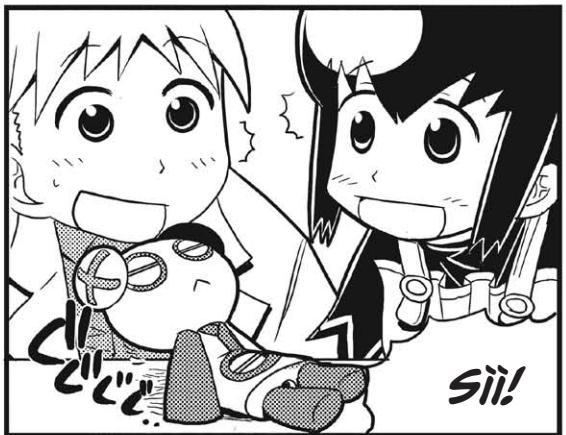
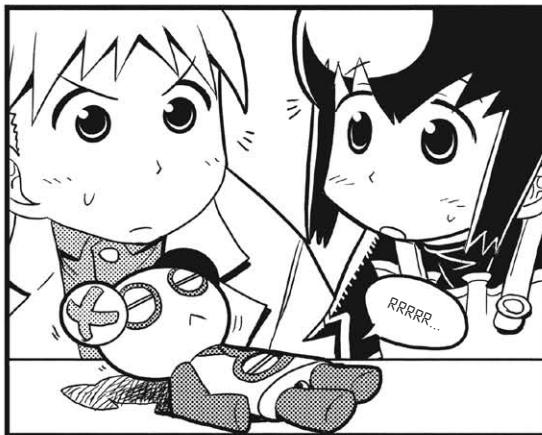


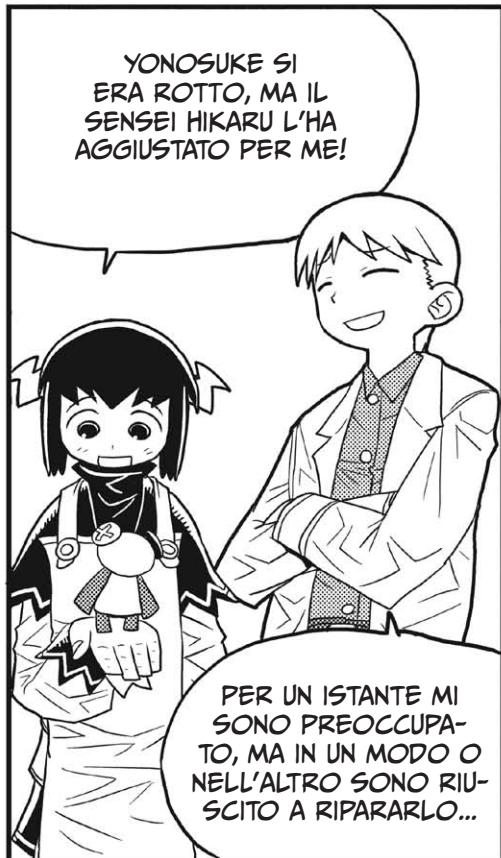
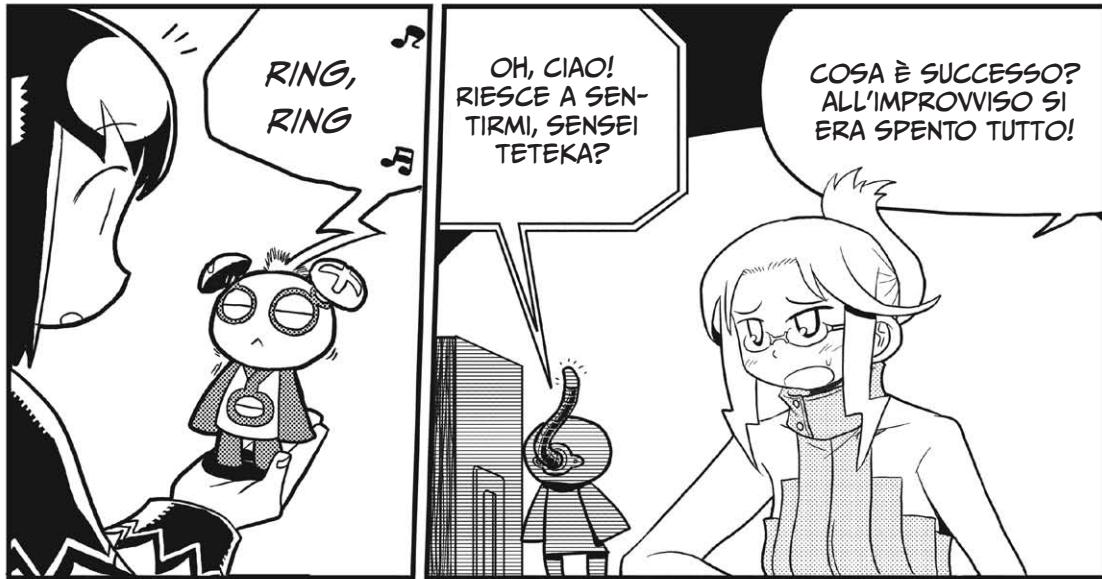
LAVORANDO TUTTE LE NOTTI...

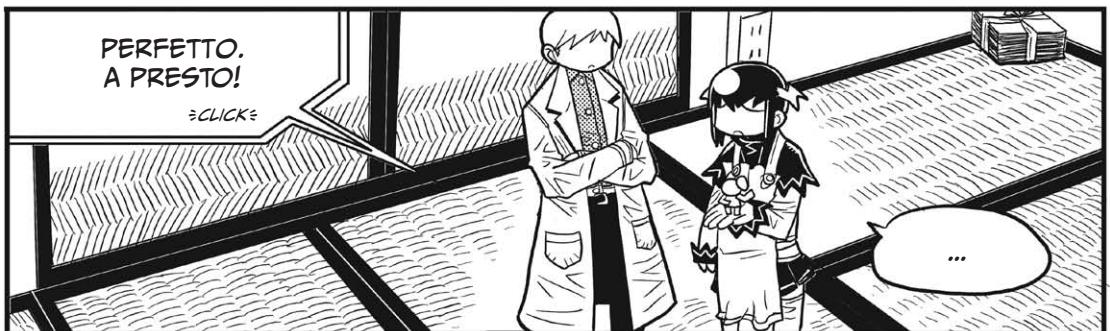


E MOLTI GIORNI DOPO...



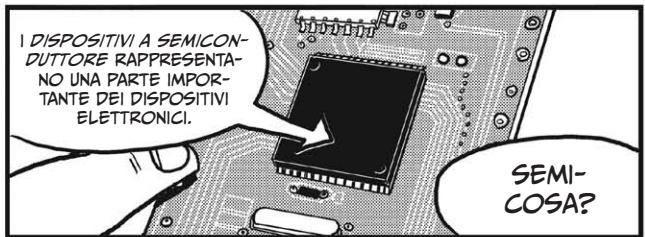


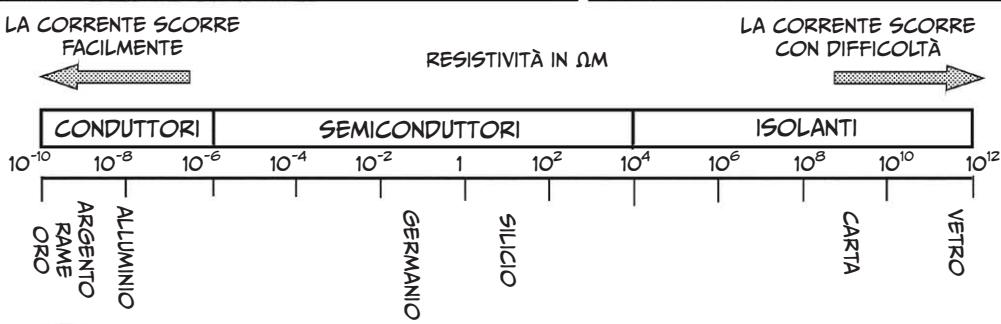
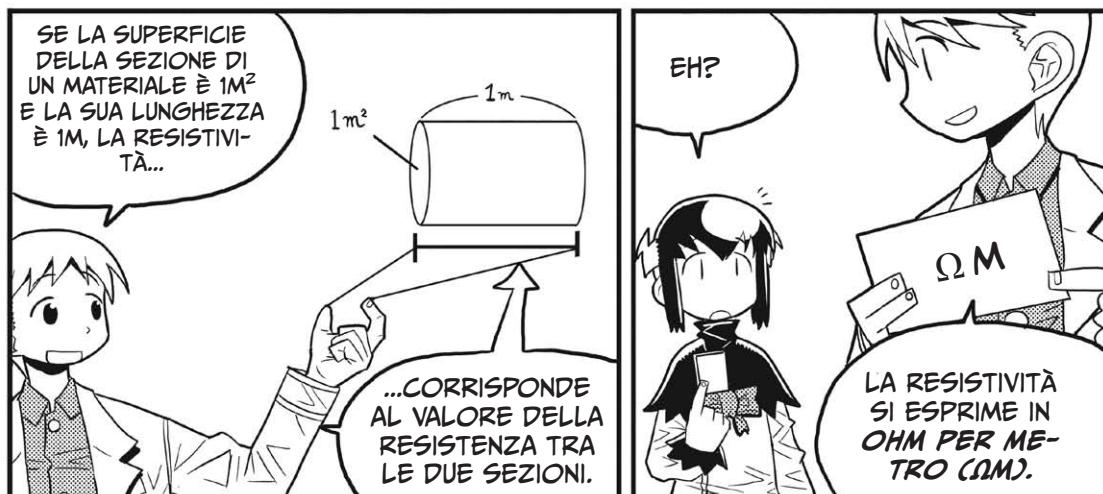






## COSA SONO I SEMICONDUTTORI?





IN PARTICOLARE, I SEMICONDUTTORI SONO MATERIALI LE CUI CARATTERISTICHE ELETTRICHE POSSONO CAMBIARE PER EFFETTO DEL CALORE, DELLA LUCE O DELL'APPLICAZIONE DI CAMPI ELETTRICI.

CHE COSA STRANA!

I SEMICONDUTTORI POSSONO ESSERE COSTITUITI DA SOSTANZE COME IL SILICIO O IL GERMANIO.

### SIMBOLI CHIMICI

Ge

GERMANIO

Si

SILICIO



DIODI



TRANSISTOR

I DIODI E I TRANSISTOR, CHE SONO PRODOTTI USANDO I SEMICONDUTTORI, VENGONO PER QUESTO CHIAMATI DISPOSITIVI A SEMICONDUTTORE.

MESSA COSÌ, È PIUTTOSTO SEMPLICE DA CAPIRE!

Gre

Si

SILICIO E GERMANIO SONO ELEMENTI, MA...

...UN SEMICONDUTTORE REALIZZATO A PARTIRE DA DUE O PIÙ ELEMENTI, COME L'ARSENIURO DI GALLIO, VIENE CHIAMATO SEMICONDUTTORE COMPOSITO.

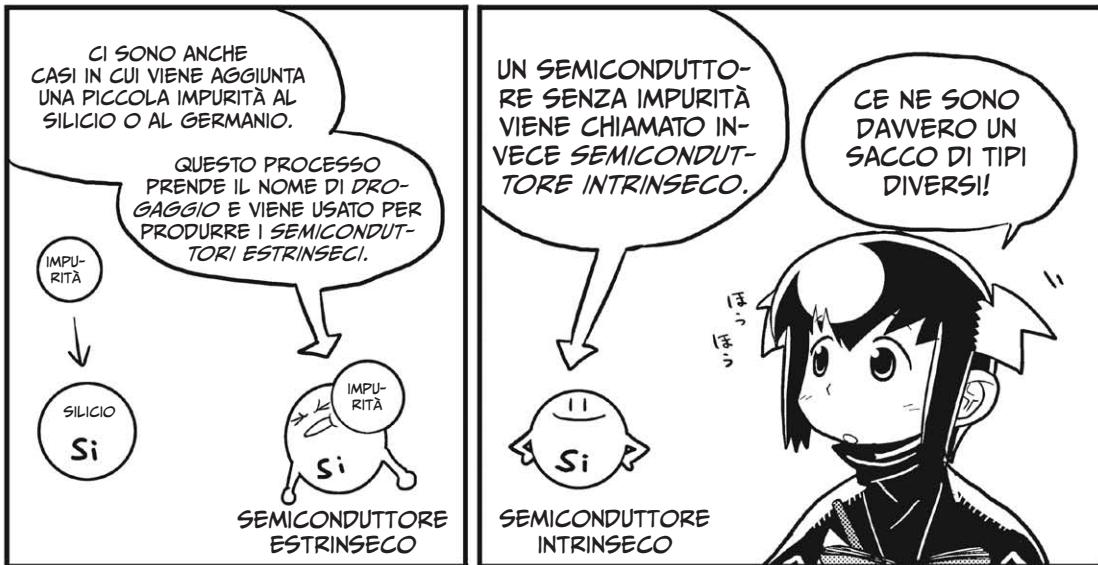
GALLIO + ARSENICO  
= ARSENIURO DI GALLIO

BOINK

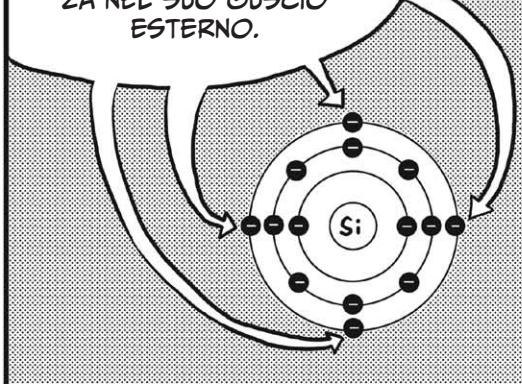
Ga

As

È CHIARO!



L'ATOMO DEL SILICIO POSSIEDE QUATTRO ELETTRONI DI VALENZA NEL SUO GUSCIO ESTERNO.



QUESTI QUATTRO ELETTRONI SI LEGANO A QUATTRO ATOMI ADIACENTI DI SILICIO PER FORMARE UN CRISTALLO REGOLARE.



FICO!

\* BEN FORMATO

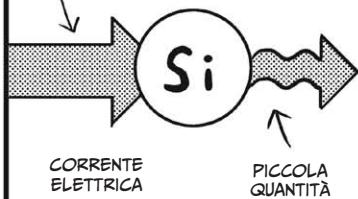
È COME SE SI STRINGESSERO LA MANO COSÌ!

STRIZZ!

S-SÌ... EHM... PROPRIO COSÌ.

UN CRISTALLO DI SILICIO NON POSSIEDE ELETTRONI LIBERI DI MUOVERSI, QUINDI LA CORRENTE ELETTRICA LO ATTRAVERSERÀ CON FATICA.

GROSSA QUANTITÀ

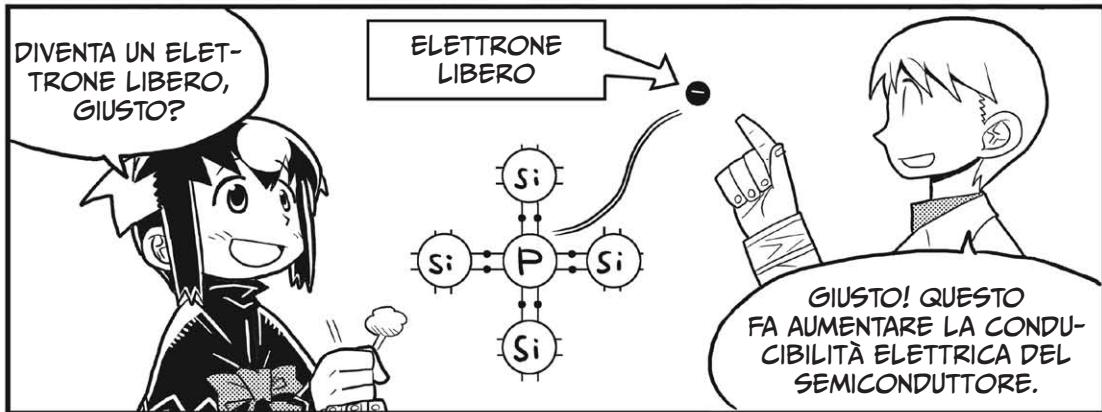
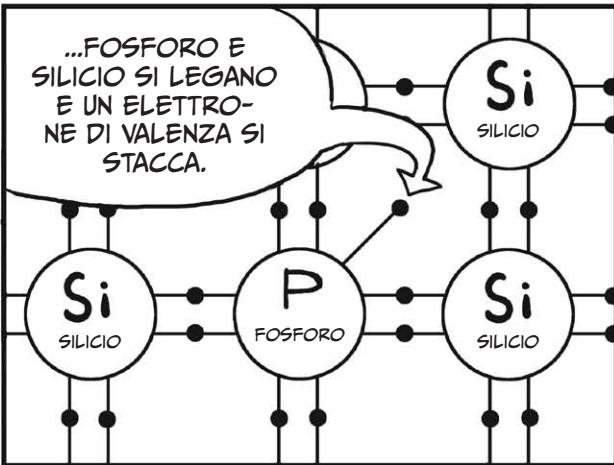
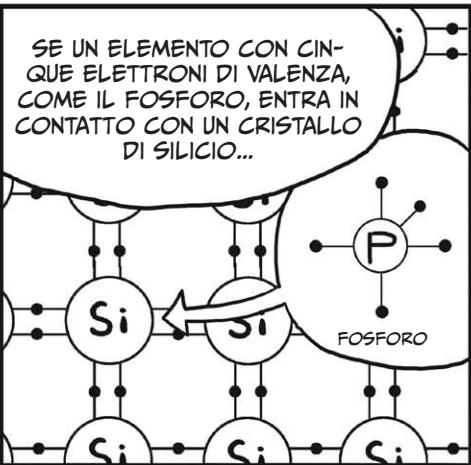


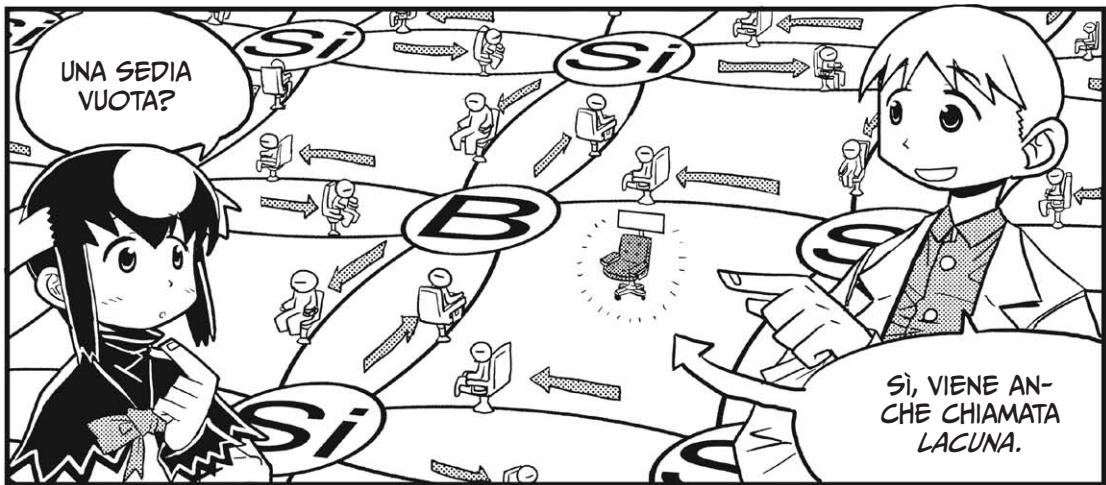
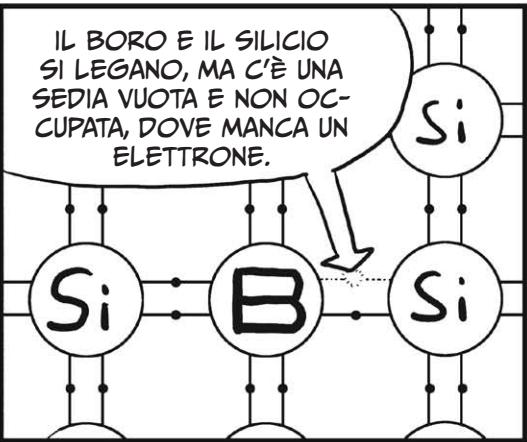
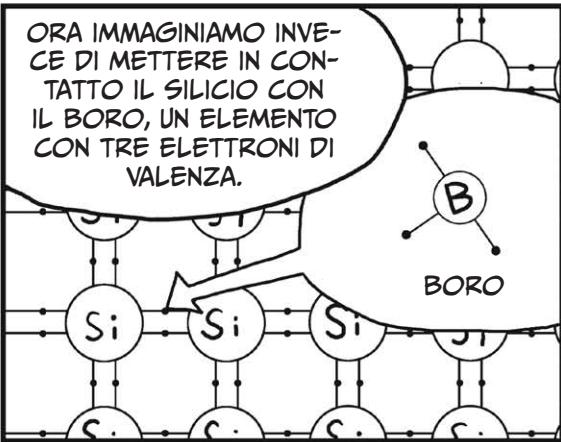
QUESTO PERCHÉ GLI ELETTRONI DI VALENZA DEGLI ATOMI DI SILICIO SI STRINGONO LA MANO!

ELETTRICITÀ

SLAP

ESATTO!





QUINDI, ANCHE IN QUESTO SEMICONDUTTORE LA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA CRESCЕ.

CORRENTE

SEMICONDUTTORI DI QUESTO TIPO SONO CHIAMATI SEMICONDUTTORI DI TIPO P PER VIA DELLA LACUNA, CHE POSSIEDE UNA CARICA ELETTRICA POSITIVA E CONTRIBUISCE ALLA CORRENTE.

E LA P STAREBBE PER...

COS'È L'OPPOSTO DI NEGATIVO?

L'OPPO-  
STO...

LA P STA  
PER POSITIVO,  
GIUSTO?

ESATTO!

LA SOSTANZA CHE SI FORMA MESCOLANDO ELEMENTI COME IL BORO O IL FOSFORO INSIEME A UN CRISTALLO DI SILICIO SI CHIAMA SEMICONDUTTORE ESTRINSECO.



TIPO N

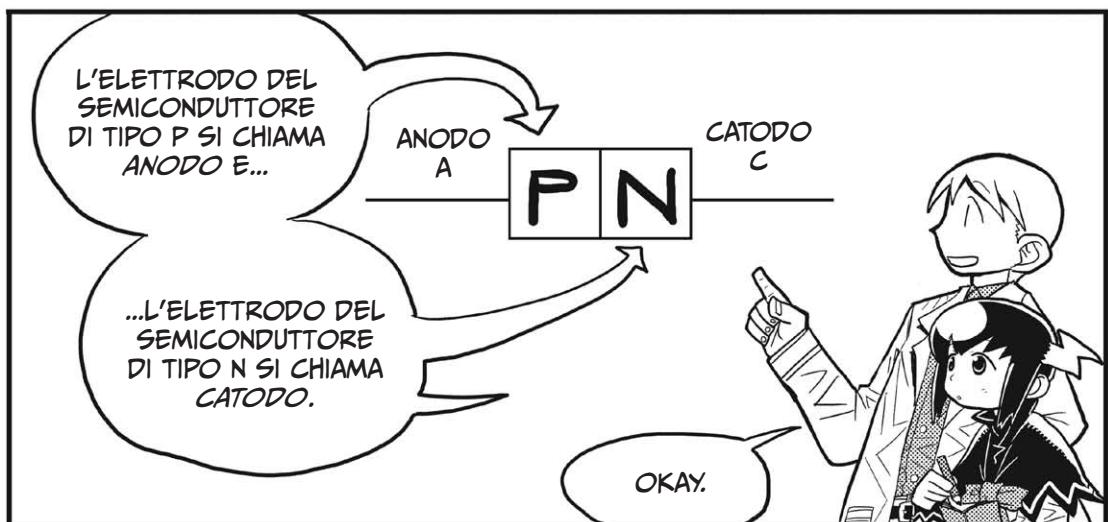
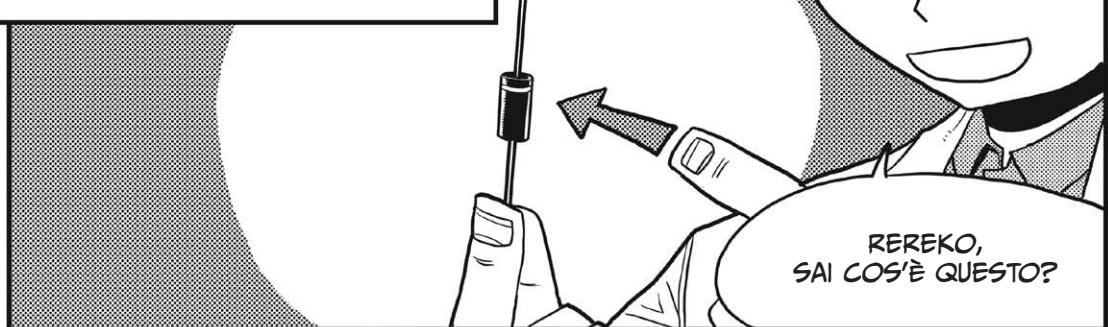


TIPO P

SEMICONDUTTORE ESTRINSECO

HO CAPITO!

## DIODI E TRANSISTOR



CHE CARATTERISTICHE POSSIEDE UN DIODO?

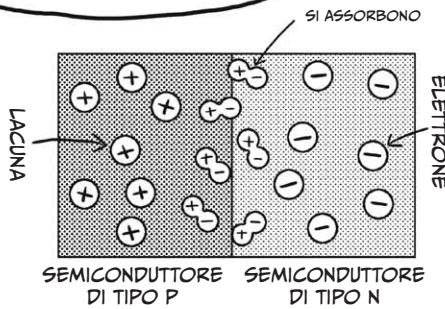


CONSENTITO

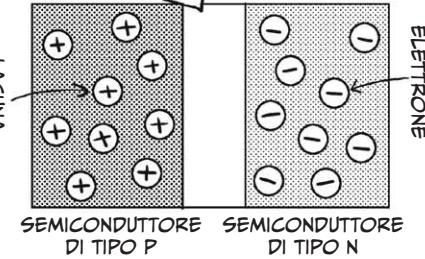


UN DIODO POSSIEDE UNA PROPRIETÀ CHIAMATA RETTIFICAZIONE, CHE CONSENTE ALLA CORRENTE DI PASSARE IN UN UNICO VERSO.

IN CORRISPONDENZA DELLA GIUNZIONE P-N GLI ELETTRONI LIBERI DEL SEMICONDUTTORE DI TIPO N SONO ASSORBITI DALLE LACUNE DEL SEMICONDUTTORE DI TIPO P...



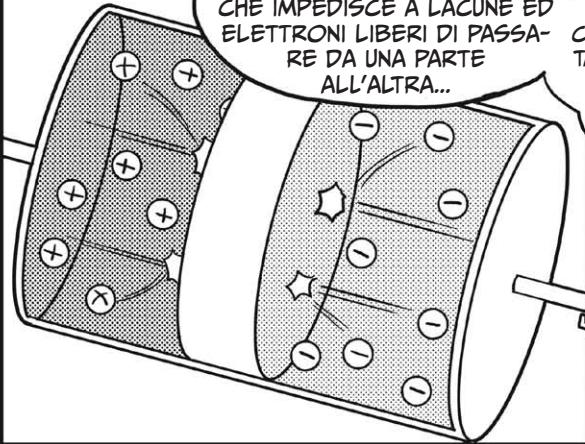
...E FORMANO COSÌ UNA SEZIONE PRI-VA DI LACUNE E DI ELETTRONI.

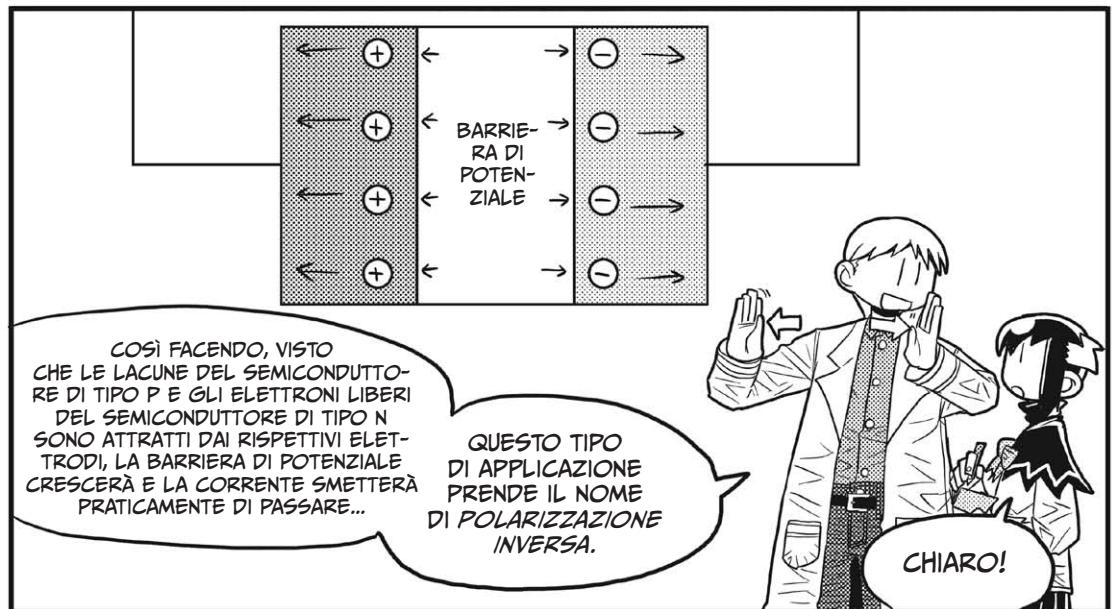
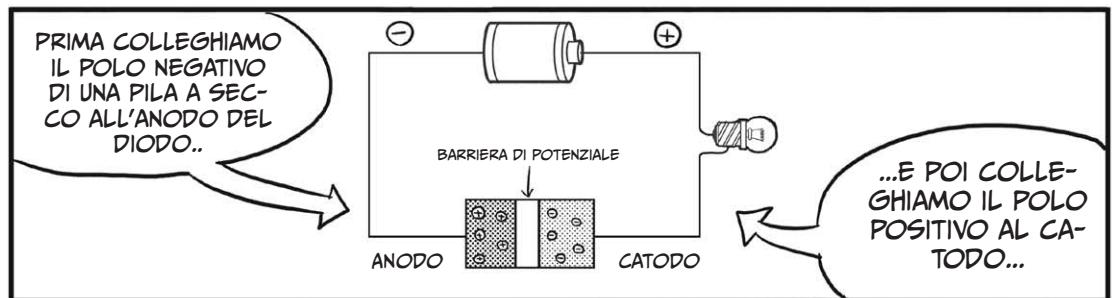
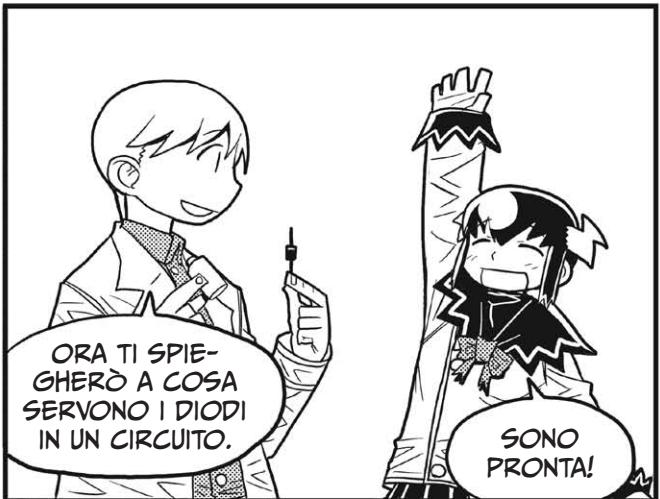


LA GIUNZIONE DIVENTA IN PRATICA UNA BARRIERA CHE IMPedisce A LACUNE ED ELETTRONI LIBERI DI PASSARE DA UNA PARTE ALL'ALTRA...

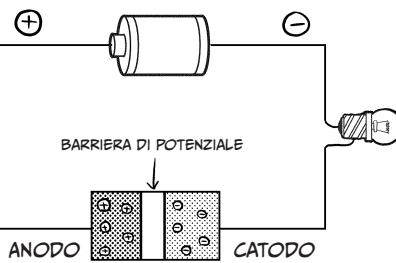
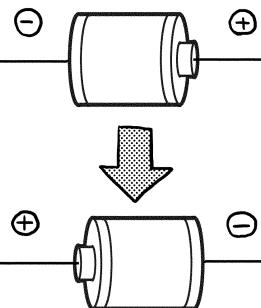
UNA COSA COSÌ È CHIAMA-TA BARRIERA DI POTENZIALE.

C'È UNA BARRIERA, MA IL TRAFFICO PUÒ MUOVERSI A SENSO UNICO?





E ORA, PROVIA-  
MO A INVERTIRE  
IL VERSO DELLA  
PILA.

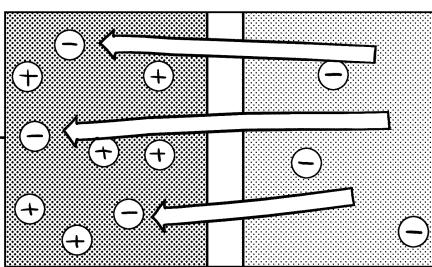


IL POLO POSITIVO È  
COLLEGATO ALL'ANODO  
MENTRE IL POLO NEGA-  
TIVO È COLLEGATO AL  
CATODO, GIUSTO?

GIA!

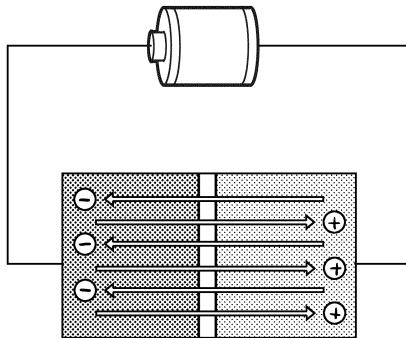


IN QUESTO CASO GLI ELETTRONI  
LIBERI DEL SEMICONDUTTORE DI  
TIPO N VENGONO SPINTI DAGLI  
ELETTRONI CHE PROVENGONO  
DAL POLO NEGATIVO DELLA PILA  
A SECCO, SUPERANO LA BARRIERA  
DI POTENZIALE E PASSANO  
NELL'ANODO.

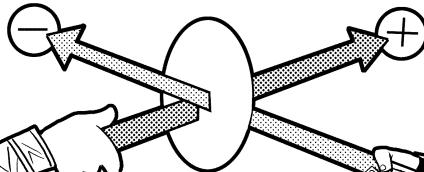
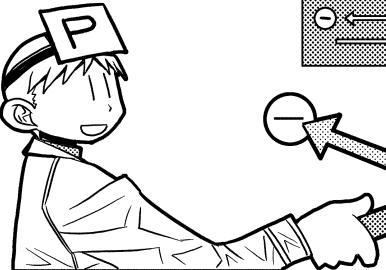


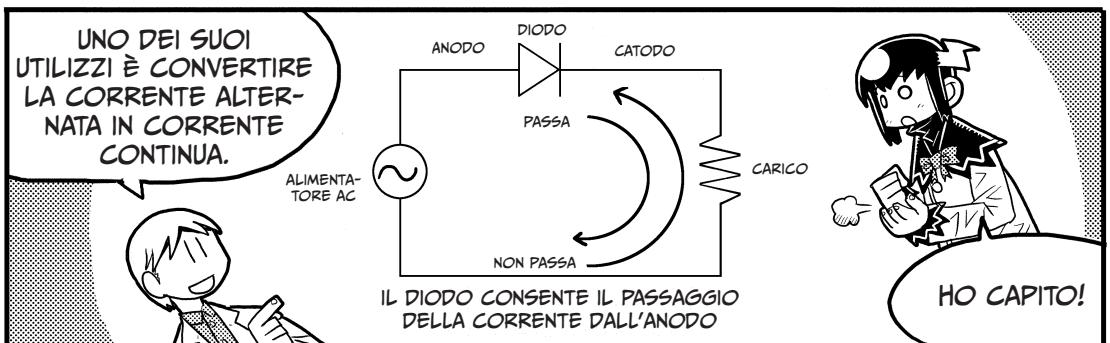
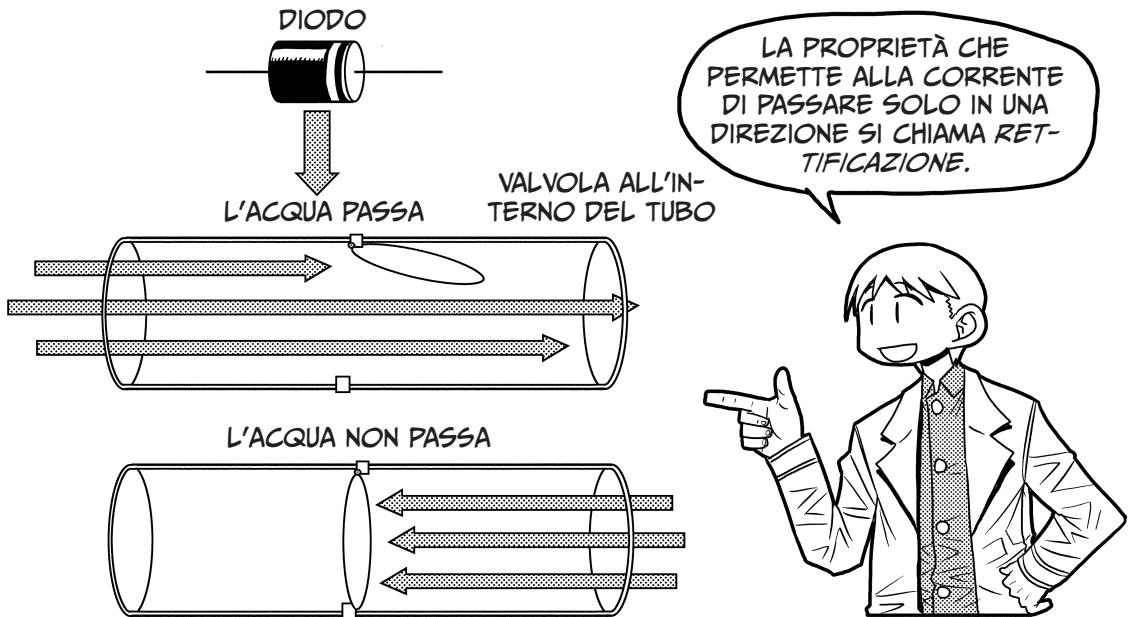
MM...

LE LACUNE DEL  
SEMICONDUTTORE DI  
TIPO P SONO ATTRATTATE  
A LORO VOLTA VERSO  
IL POLO NEGATIVO E  
SI DIRIGONO VERSO IL  
SEMICONDUTTORE DI  
TIPO N.

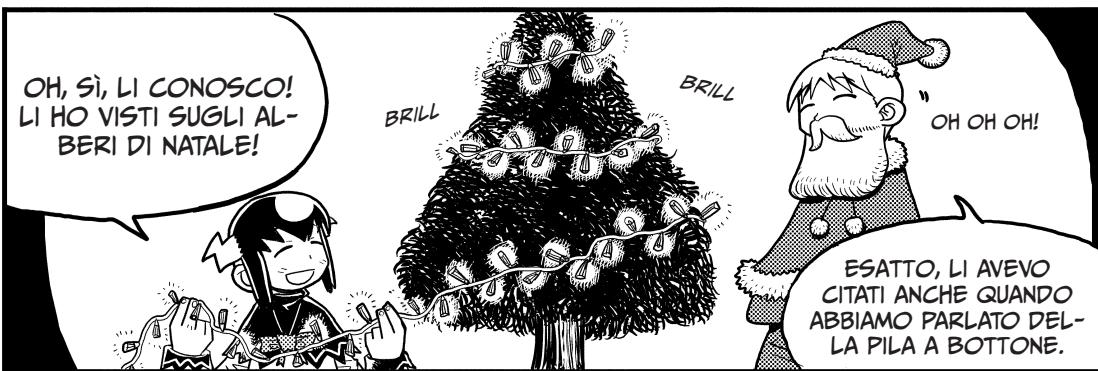


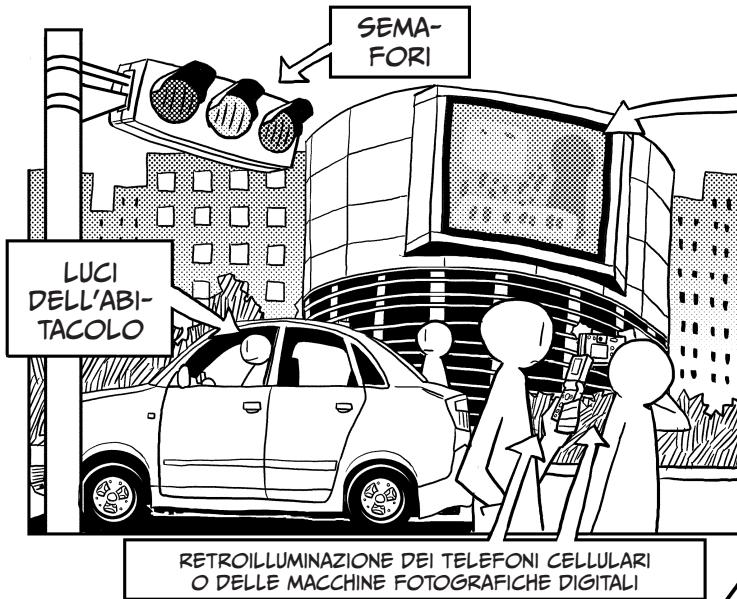
E QUESTO  
PERMETTE ALLA  
CORRENTE DI  
PASSARE!

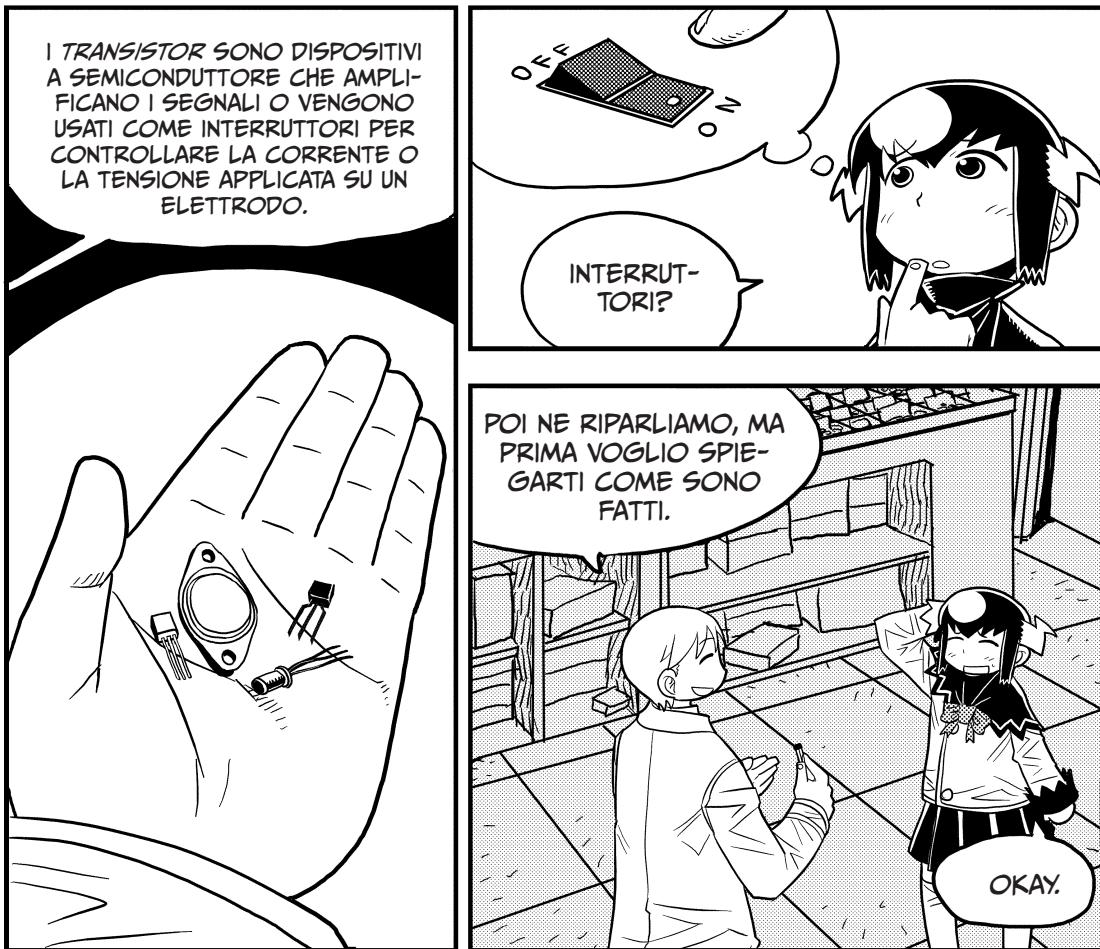
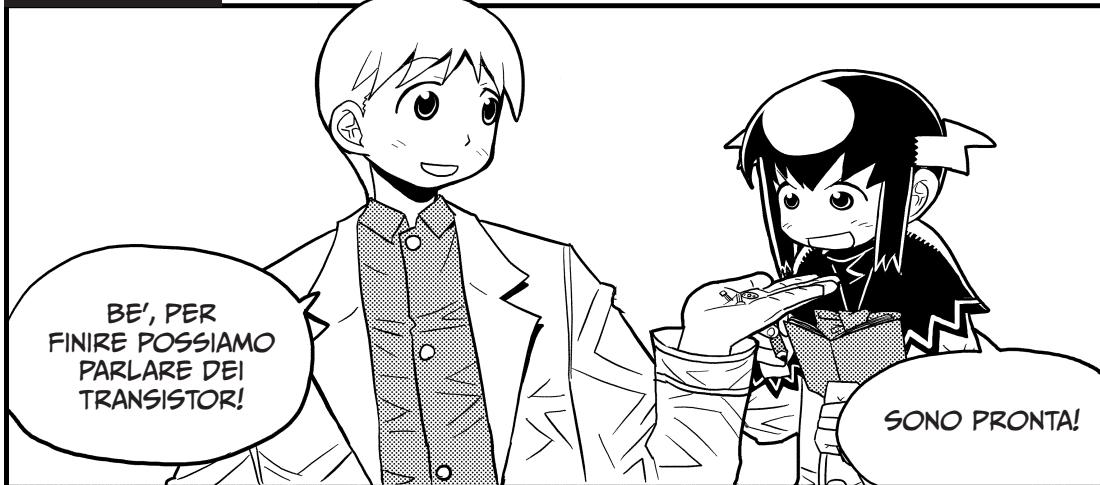




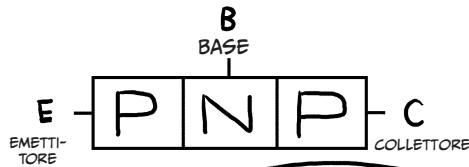
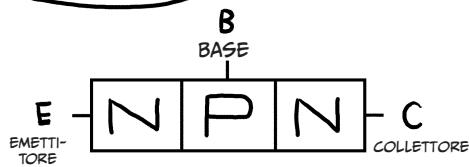
## DIODI CHE EMETTONO LUCE







DUE TIPI DI TRANSISTOR SONO GLI NPN E I PNP.



HANNO TRE ELETRODI CHE VENGONO CHIAMATI B (BASE), C (COLLETTORE) ED E (EMETTITORE).

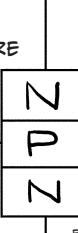
HANNO UN ELETRODO IN PIÙ DEI DIODI!



COLLETTORE

BASE

SE COLLEGHIA-  
MO UN TRANSIS-  
TOR NPN COSÌ...

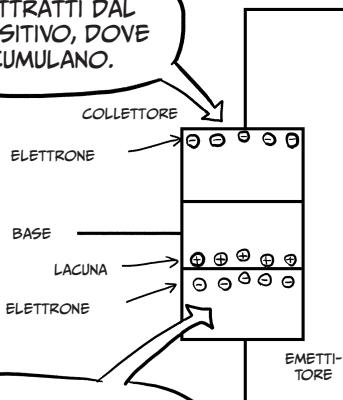


EMETTITORE

RESISTENZA

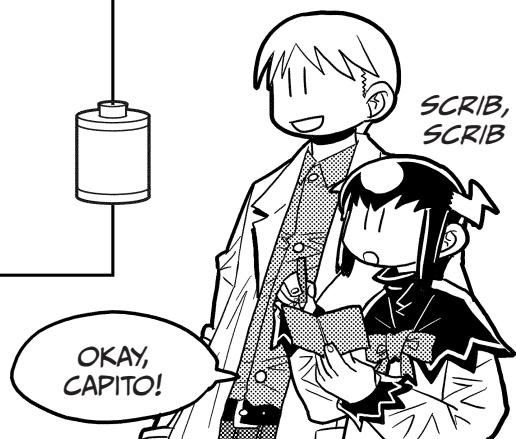
SCRIB,  
SCRIB

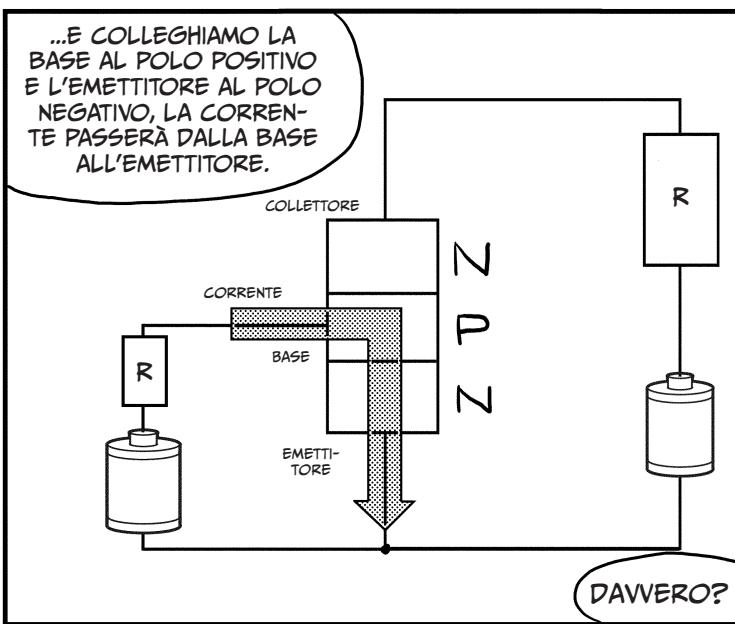
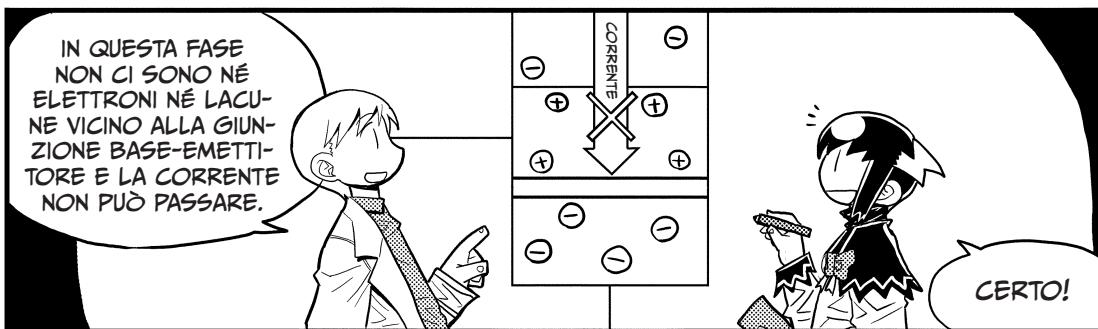
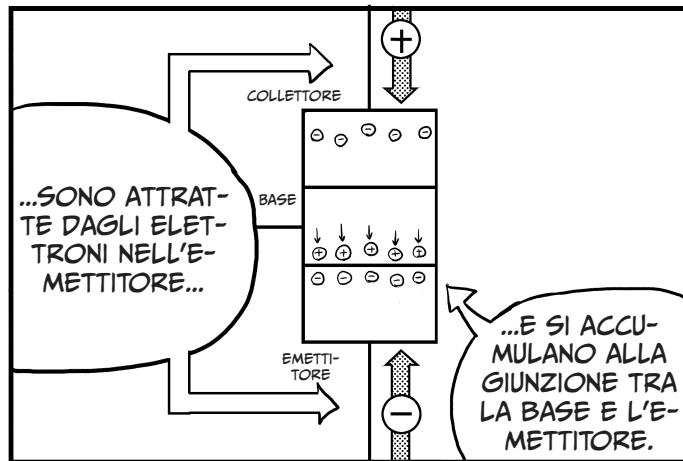
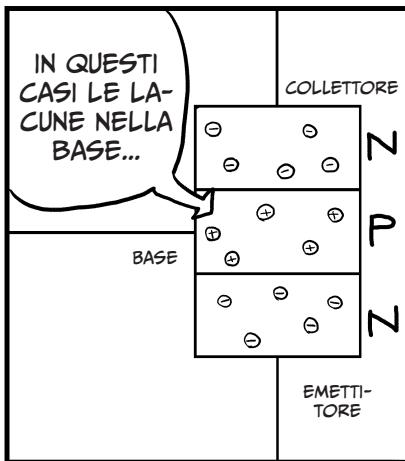
...GLI ELETTRONI  
NEL COLLETTORE  
SONO ATTRATTI DAL  
POLO POSITIVO, DOVE  
SI ACCUMULANO.

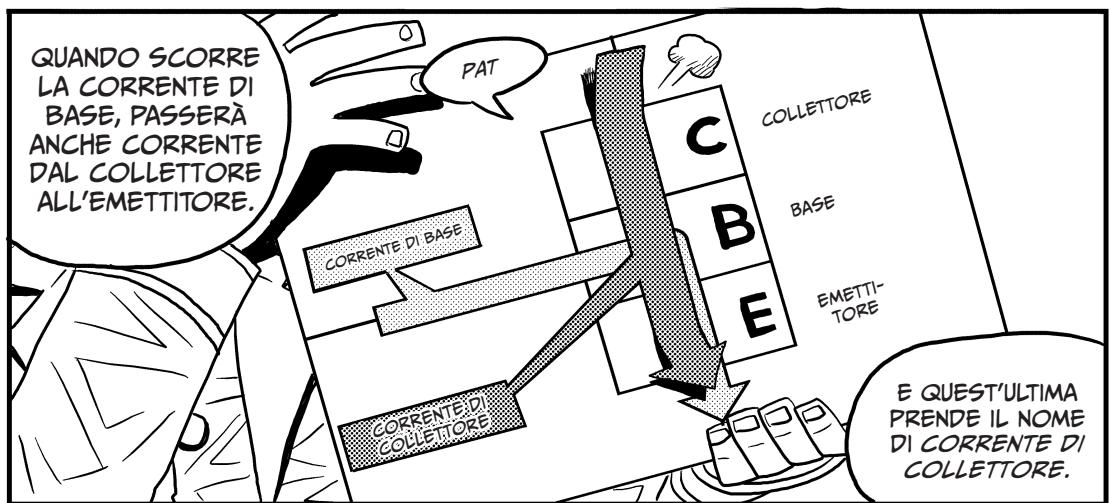
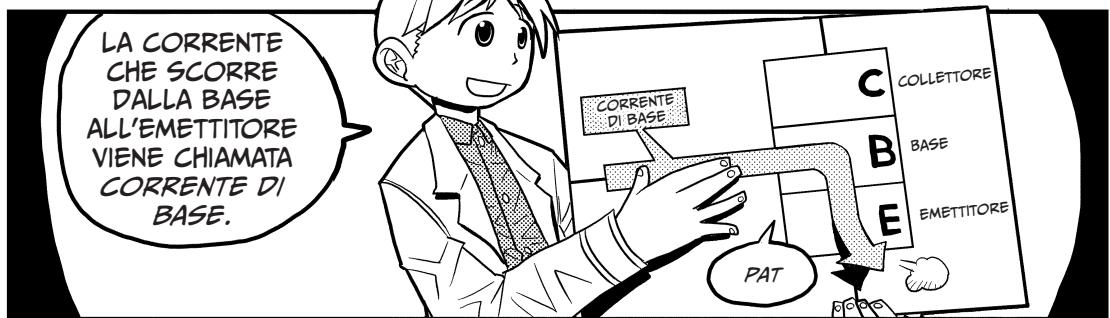
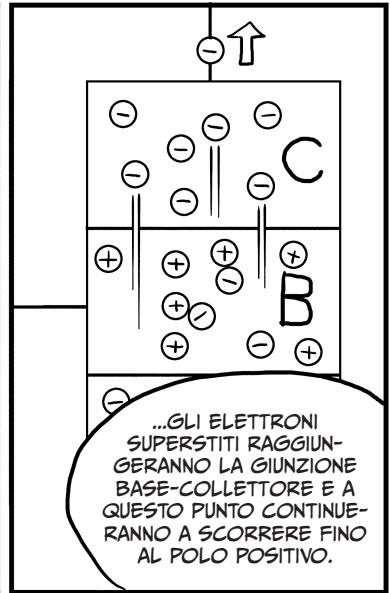
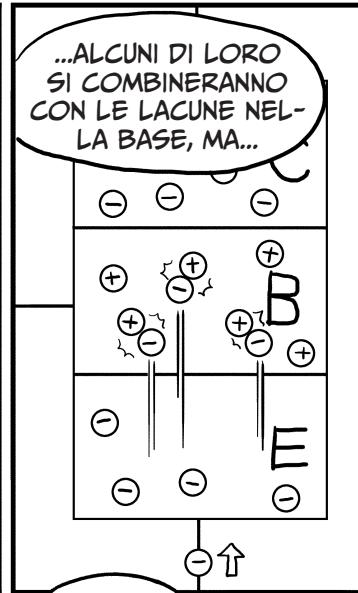
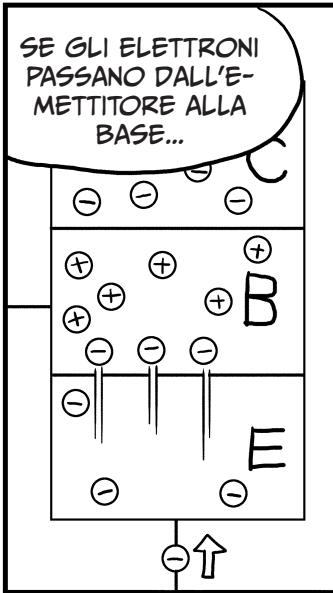


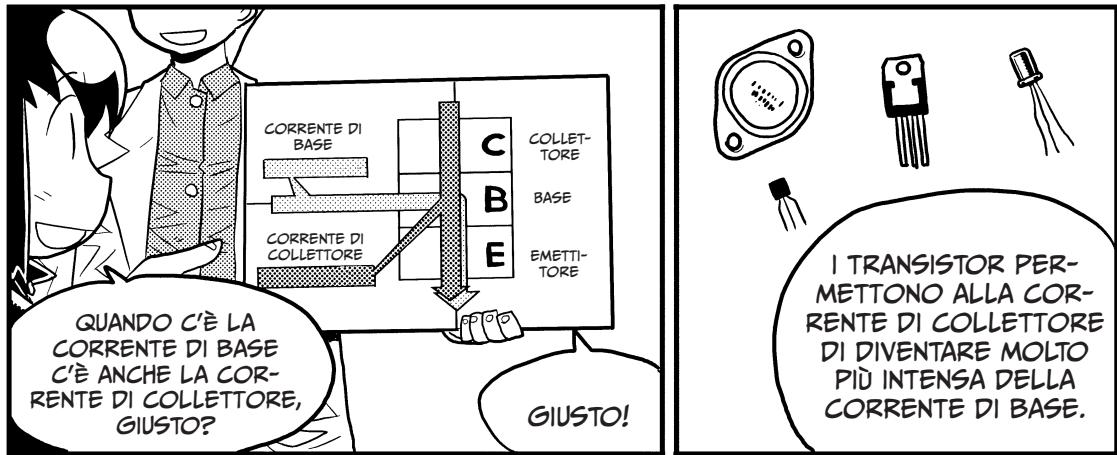
MENTRE GLI ELETTRONI  
NELL'EMETTITORE SONO  
SPINTI VERSO IL POLO  
NEGATIVO E SI ACCUMU-  
LANO VICINO ALLA GIUNZIONE  
BASE-EMETTITORE.

OKAY,  
CAPITO!

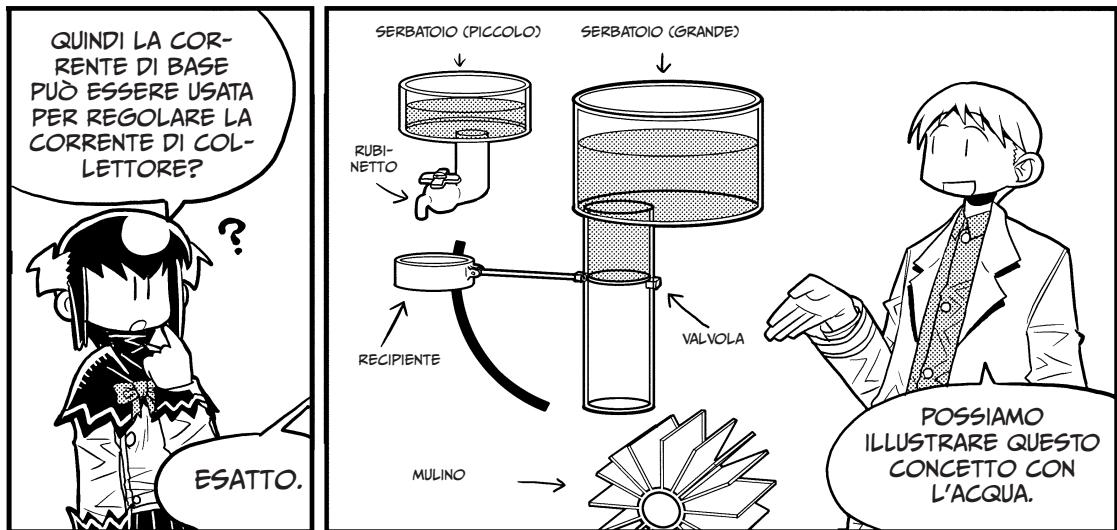
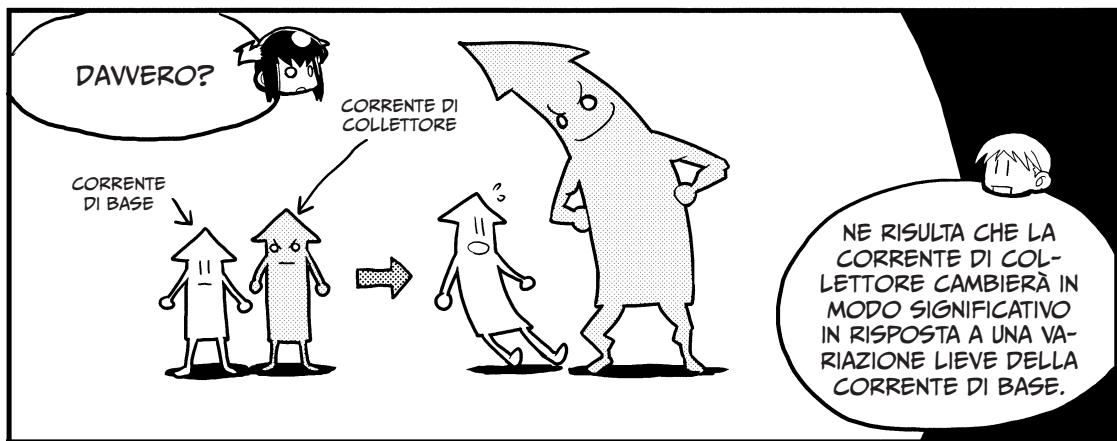


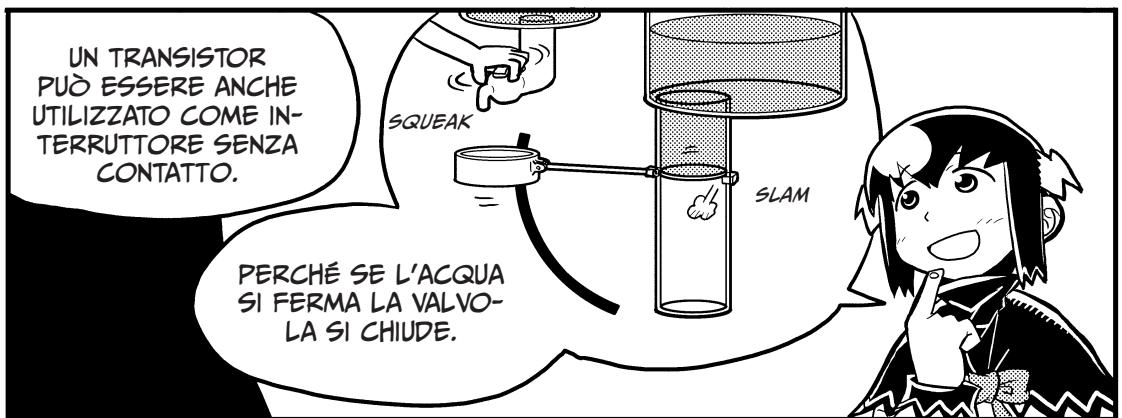
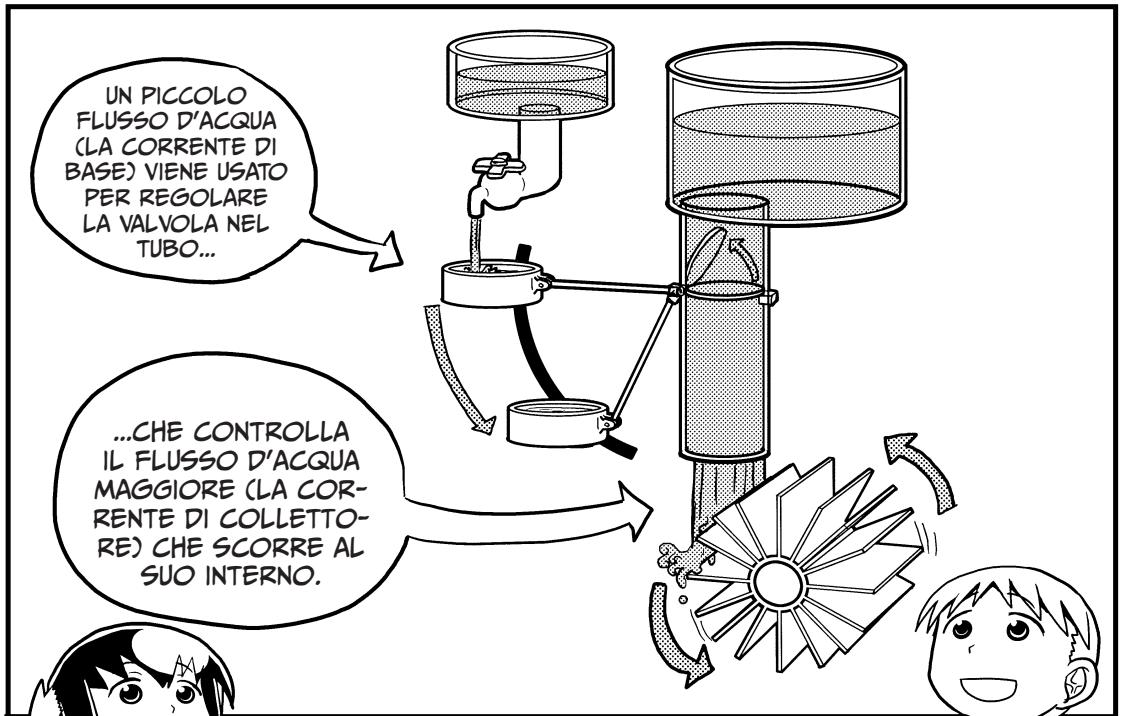




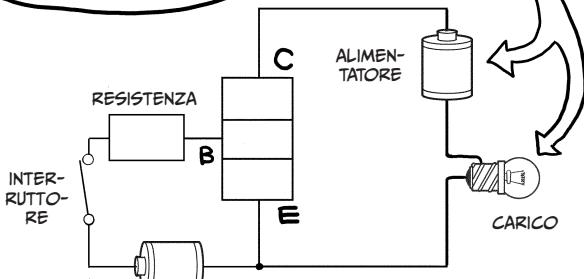


I TRANSISTOR PERMETTONO ALLA CORRENTE DI COLLETTORE DI DIVENTARE MOLTO PIÙ INTESA DELLA CORRENTE DI BASE.



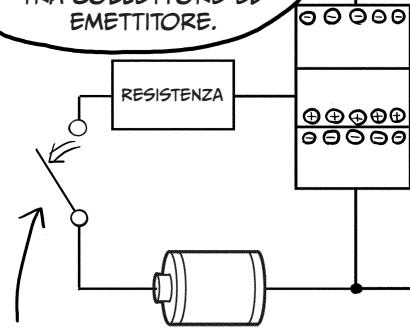


SE COLLEGHIAMO UN CARICO E UN ALIMENTATORE TRA IL COLLETTORE E L'EMETTORE...



...E USIAMO IL PERCORSO TRA BASE ED EMETTORE INVECE DI UN INTERRUTTORE...

...POSSIAMO USARE LA PICCOLA CORRENTE DI BASE PER CONTROLLARE LA GRANDE CORRENTE TRA COLLETTORE ED EMETTORE.



QUANDO L'INTERRUTTORE È APERTO, NON C'È PASSAGGIO DI CORRENTE TRA COLLETTORE ED EMETTORE.

MA QUESTO A COSA SERVE?

CLICK

L'INTERRUTTORE TRADIZIONALE NON BASTA?

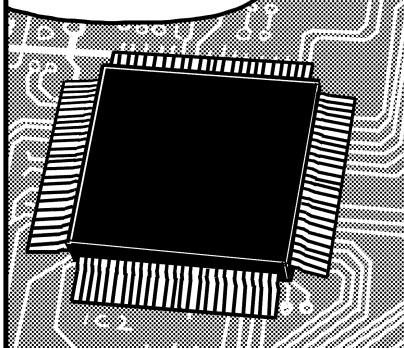
A DIFFERENZA DEGLI INTERRUTTORI TRADIZIONALI NON C'È CONTATTO FISICO, QUINDI NON C'È RISCHIO DI USURA E SONO PIÙ AFFIDABILI.

E POI, VISTO CHE L'ACCENSIONE E LO SPENNAMENTO SONO MOLTO RAPIDI, PERMETTONO UN CONTROLLO MOLTO PRECISO.

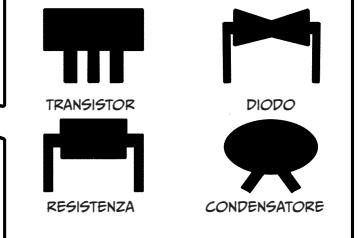
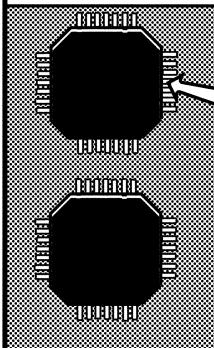
CLICK

OH! I VANTAGGI SONO DAVVERO EVIDENTI!

I COMPONENTI CHIAMATI CIRCUITI INTEGRATI (IC) SONO USATI IN MOLTI DISPOSITIVI ELETTRONICI, PER ESEMPIO LE TV E I COMPUTER.



UN IC CONTIENE UN NUMERO MOLTO ELEVATO DI ELEMENTI COME TRANSISTOR, DIODI, RESISTENZE E CONDENSATORI... SONO CIRCUITI COMPLICATI CHE POSSONO ESEGUIRE OPERAZIONI IN LOGICA DIGITALE.



MM...

BE', ABBIAMO PASSATO IN RASSEGNA I CONCETTI DI BASE DEI DISPOSITIVI A SEMICONDUTTORE...

CLAP CLAP

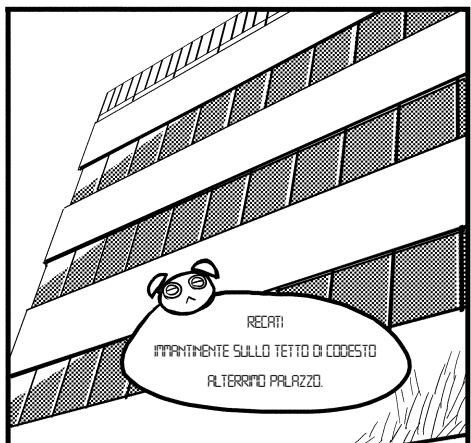
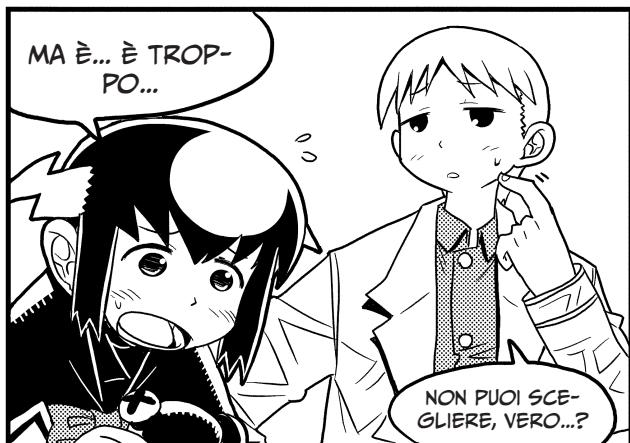
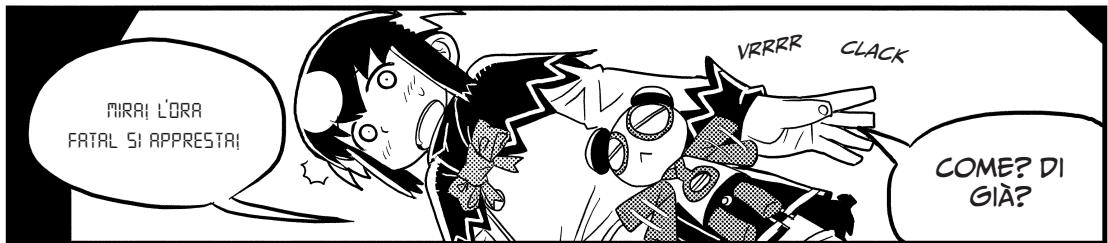
...STAI DICENDO CHE...

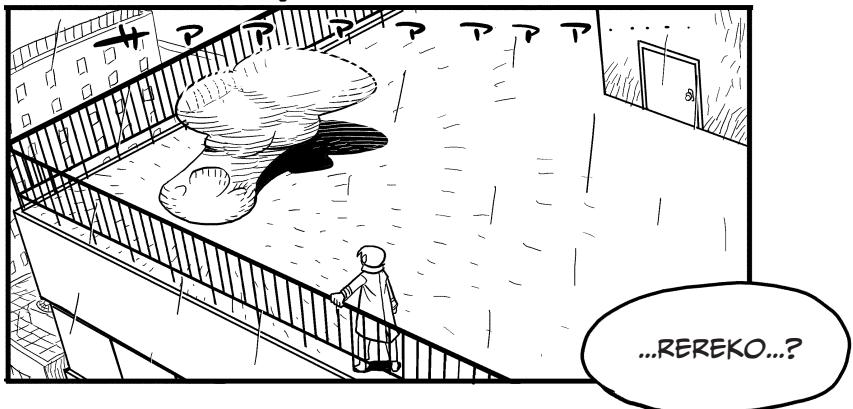
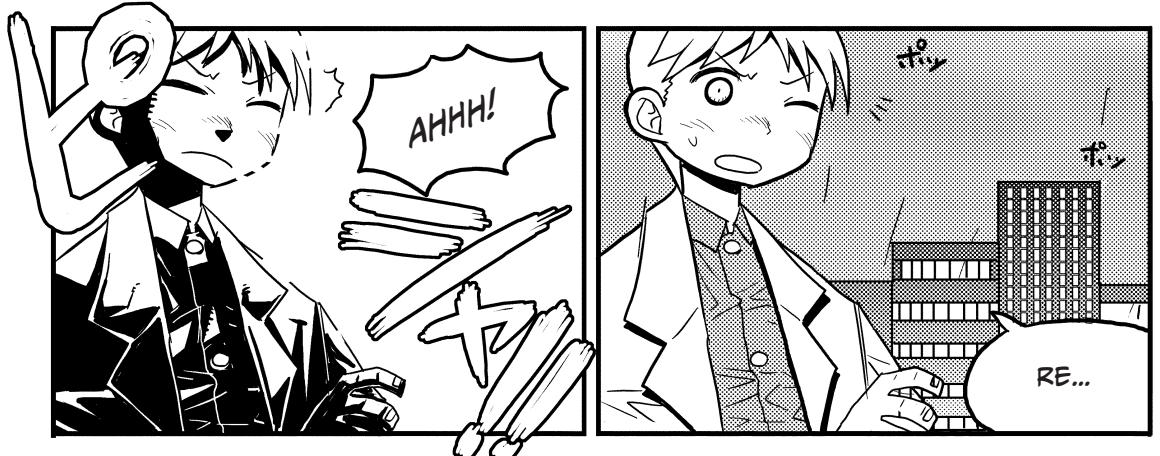
I TUOI STUDI SONO FINITI! GRAZIE PER L'IMPEGNO CHE CI HAI MESSO!



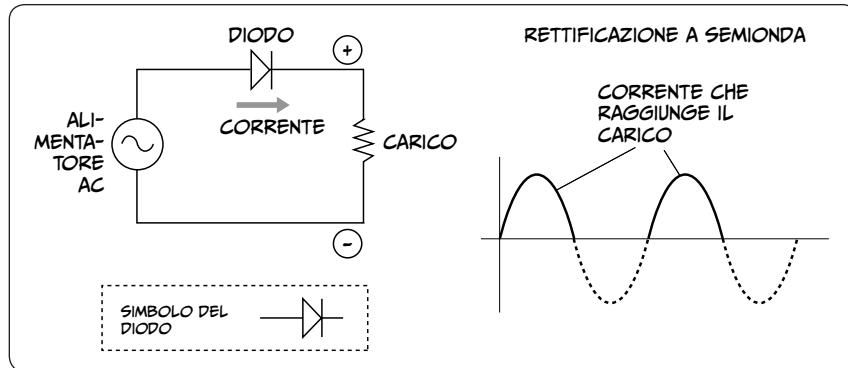
VISTO CHE NON SEI STAATA ANCORA CHIAMATA, CHE NE DICI DI FARE DUE PASSI CON ME?





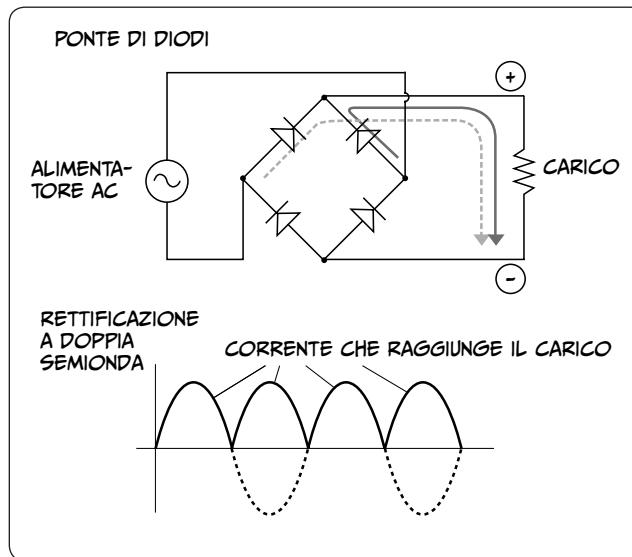


Quando collegiamo un diodo a un alimentatore AC, la corrente attraversa il carico in un solo verso per via della rettificazione. La rettificazione, che consente il passaggio solamente di metà dell'onda della corrente alternata, è per questo chiamata *rettificazione a semionda*. La corrente quindi attraversa il carico in un solo verso, come nel caso della corrente continua. Ma visto che passa soltanto metà della corrente erogata, si tratta di una rettificazione poco efficiente.



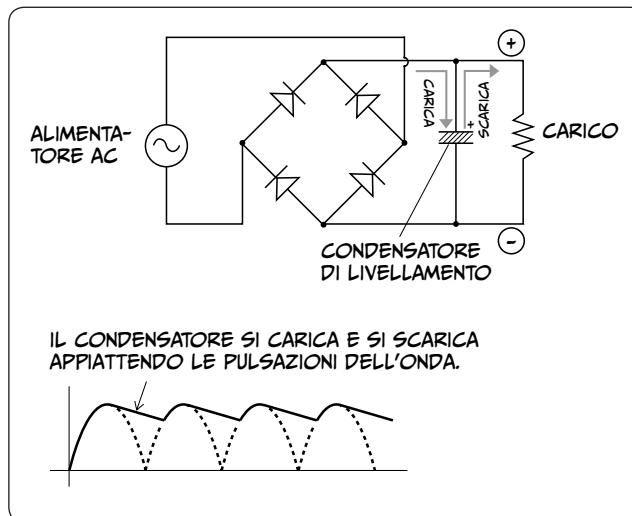
Rettificazione a semionda.

Quando adottiamo quattro diodi disposti in una configurazione a ponte e collegiamo un alimentatore AC, l'intera onda diventa positiva e raggiunge il carico. Questo tipo di rettificazione viene chiamata *rettificazione a doppia semionda* e i diodi collegati in questo modo formano un *ponte di diodi*. La rettificazione a doppia semionda permette all'intero ciclo di alimentazione alternata di essere utilizzato come corrente continua.



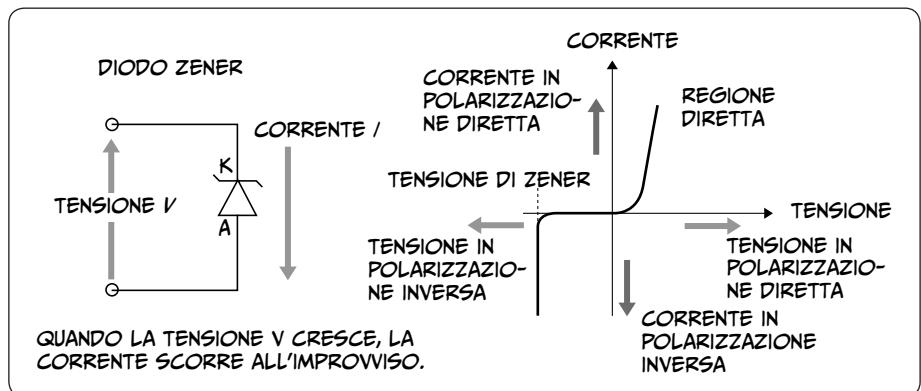
Rettificazione a doppia semionda.

Anche se si tratta di una modalità più efficiente della rettificazione a semionda, l'onda presenta comunque grosse variazioni in ampiezza. Inserendo però in uscita un condensatore elettrolitico, questo, caricandosi e scaricandosi, può appiattire le pulsazioni della corrente trasformando l'onda in una corrente quasi continua. Il condensatore usato per trasformare l'onda di corrente in questo modo è chiamato *condensatore di livellamento*.



*Condensatore di livellamento.*

Quando viene applicata una tensione inversa a un *diodo Zener* (o *diodo a tensione costante*) e il valore della tensione viene fatto crescere, la corrente passerà solo al raggiungimento di uno specifico valore di tensione. Questo fenomeno prende il nome di *tensione di breakdown* e quando la tensione sale più del necessario, la corrente comincerà a scorrere dal catodo all'anodo per contrastarne l'aumento. Questa caratteristica tipica dei diodi Zener viene usata nei circuiti in cui la tensione dev'essere stabilizzata.



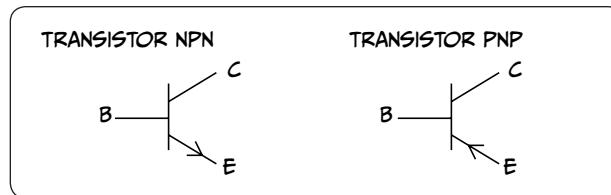
*Caratteristiche di un diodo Zener.*

Se usiamo un diodo tradizionale al posto di un diodo Zener, questo rischierà di rompersi perché la corrente di Zener e la tensione di breakdown si concentreranno localmente all'interno del diodo.

## TRANSISTOR

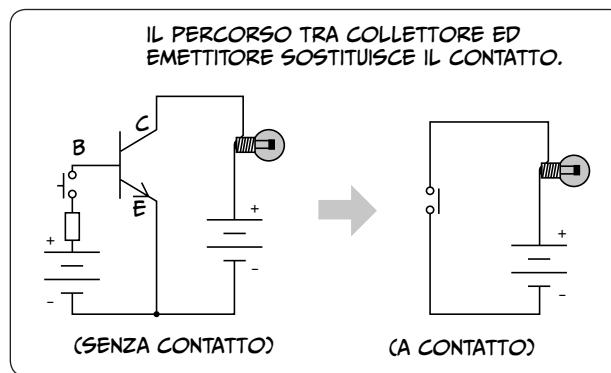
Un *transistor* è un dispositivo a semiconduttori che amplifica i segnali o funge da interruttore regolando la tensione o la corrente applicata su un elettrodo.

Un transistor che regola il passaggio di grandi correnti elettriche viene chiamato *transistor di potenza*. In genere, si tratta di transistor di tipo NPN.



Simboli dei transistor.

L'interruttore basato sui transistor non ha contatti che rischiano di usurarsi e questo riduce i guasti. Inoltre le transizioni on-off sono molto rapide, consentendo un maggiore controllo dei dispositivi.

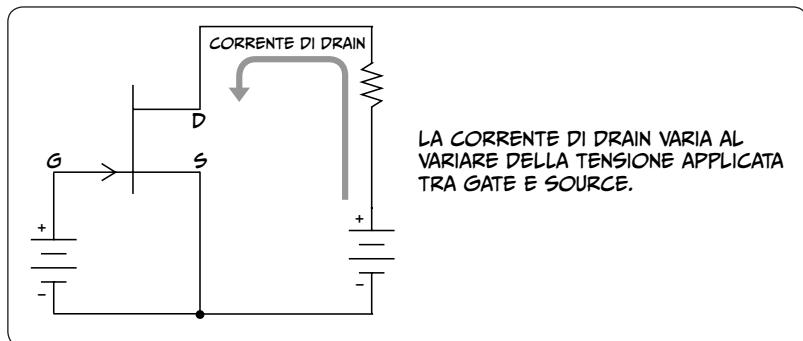


Transistor che agisce come interruttore.

## TRANSISTOR A EFFETTO DI CAMPO

Un transistor in cui la corrente di collettore è regolata dalla quantità di corrente immessa nella base viene chiamato *transistor a giunzione bipolare*. Invece, un transistor in cui la regolazione non avviene tramite la corrente, ma attraverso la sola tensione applicata viene chiamato *transistor a effetto di campo* (*field-effect transistor*, o *FET*).

I transistor a effetto di campo sono molto utili perché consumano poca potenza e hanno tempi di risposta molto veloci (visto che non c'è immissione di corrente). Un transistor a effetto di campo possiede tre terminali chiamati *G* (gate), *D* (drain) e *S* (source), che sono simili rispettivamente alla base, al collettore e all'emettitore del transistor bipolare visti prima. Un transistor a effetto di campo regola la corrente di drain in funzione della tensione applicata al gate.



*Transistor a effetto di campo (a canale N).*

Un *circuito integrato (IC)* è un dispositivo in cui un numero elevato di elementi quali transistor o resistenze sono contenuti in un unico componente. I circuiti integrati sono usati in vari dispositivi elettronici, come i televisori e i computer. Nei circuiti integrati viene spesso usato un amplificatore chiamato *MOSFET* (*transistor metallo-ossido-semiconduttore a effetto di campo*), in cui il gate è isolato da uno strato sottile di silice.

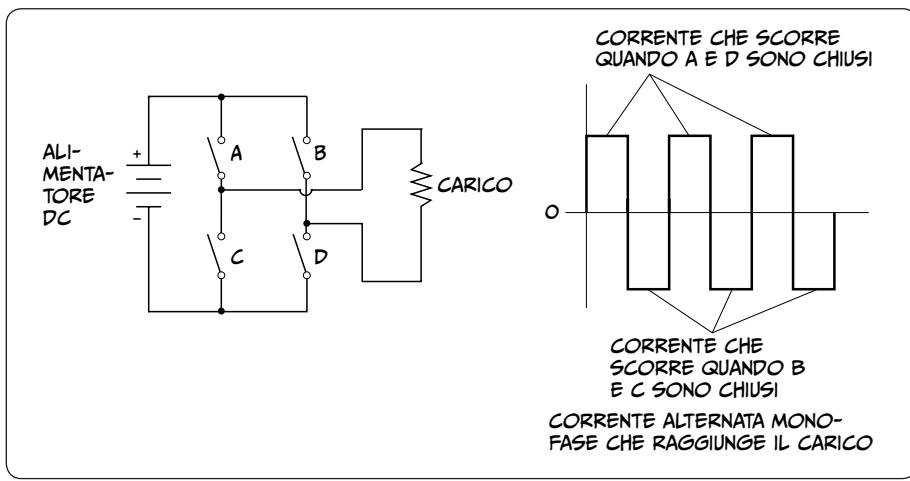
## CONVERTITORI E INVERTER

I dispositivi che convertono corrente alternata in continua grazie a un diodo sono chiamati *convertitori*, mentre i dispositivi che convertono corrente continua in alternata sono chiamati *inverter*.



*Convertitori e inverter.*

L'inverter sfrutta un interruttore a semiconduttore (per esempio un transistor) per svolgere la funzione dell'interruttore. Collegando quattro interruttori a semiconduttore e chiudendo e aprendo A, D, B e C (come mostrato nella figura seguente) possiamo ottenere una corrente alternata monofase. La frequenza della corrente alternata monofase può essere cambiata a piacimento variando la velocità di azionamento degli interruttori.



Corrente alternata monofase creata da un inverter.

La velocità di rotazione di un *motore a induzione* è direttamente proporzionale alla frequenza dell'alimentatore. Se quest'ultima è costante, sarà costante anche la velocità di rotazione.

In un climatizzatore che deve raffreddare l'aria, il motore deve azionare un compressore che comprimerà il gas refrigerante. Se la velocità di rotazione del motore fosse costante, ci sarebbe uno spreco di corrente elettrica nei casi in cui fosse richiesta solo una ridotta quantità d'aria.

Quindi, per ottenere una riduzione degli sprechi si può utilizzare un inverter per creare una corrente alternata la cui frequenza può variare a seconda delle esigenze capacitive del motore e del sistema.

Un motore DC azionato da un alimentatore DC è integrato nei più recenti climatizzatori a inverter. Per modificare la velocità di rotazione del motore DC bisogna poter variare anche la tensione e a questo scopo viene utilizzato un interruttore a semiconduttore.

Oltre che nei climatizzatori, gli inverter sono utilizzati in molti elettrodomestici di uso comune, nell'illuminazione interna dei frigoriferi e persino nei vagoni ferroviari.

## SENSORI

Nelle apparecchiature elettriche vengono utilizzati diversi sensori che sostituiscono le percezioni dei nostri sensi. Per esempio, i termostati utilizzano un sensore di temperatura per rilevare la temperatura e regolare l'accensione o lo spegnimento dei caloriferi. Questo ci evita di dover accendere o spegnere il riscaldamento di persona.

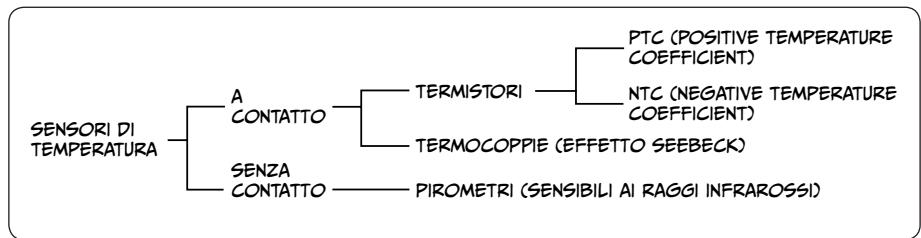
Visto che i sensori convertono, per esempio, informazioni luminose o termiche in informazioni elettriche, se vengono integrati in un circuito elettrico possono permettere a un dispositivo di operare automaticamente. Esistono anche sensori in grado di rilevare il magnetismo (che non possiamo percepire grazie ai nostri sensi) o i raggi infrarossi (invisibili a occhio nudo).

### SENSORI DI TEMPERATURA

Un *sensore di temperatura (resistivo)* è un dispositivo che modifica la sua resistenza elettrica a seconda della temperatura che rileva. I sensori di temperatura possono essere a contatto e rilevare quindi la temperatura toccando direttamente il materiale di cui vogliamo misurare

la temperatura, oppure senza contatto e percepire l'emissione termica del materiale senza toccarlo direttamente.

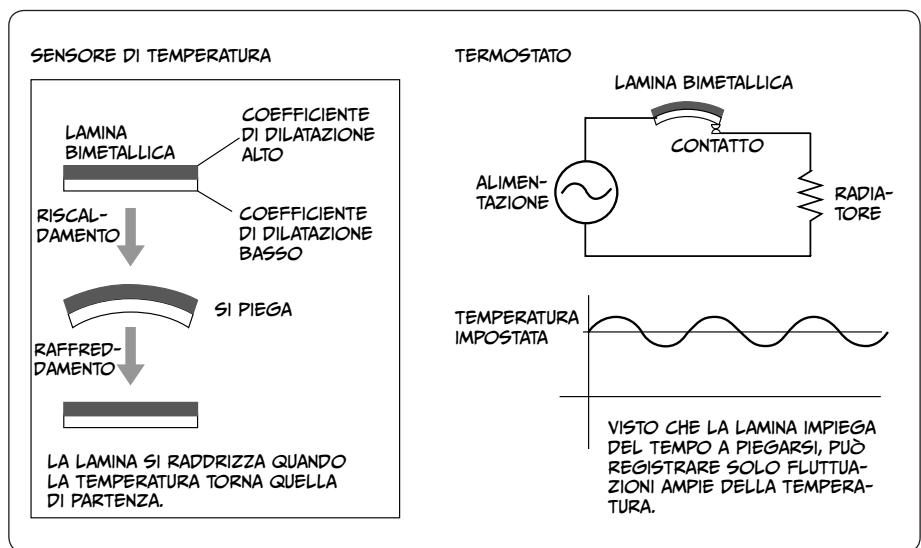
Esempi di sensori di temperatura a contatto sono i termostati, i termistori e le termocoppie. Sensori di temperatura senza contatto sono ad esempio i sensori a infrarosso.



Il più semplice sensore di temperatura è il termostato bimetallico. Utilizza una lamina bimetallica composta da due tipi di metallo aventi diversi coefficienti di dilatazione termica.

La lamina si curva quindi in modo diverso a seconda della variazione di temperatura.

Anche se vengono usati nelle coperte elettriche, visto che il radiatore si accende e si spegne direttamente a contatto, questi termostati possono regolare soltanto variazioni di temperatura ampie. Un sensore di temperatura che integra una lamina bimetallica viene usato anche negli interruttori automatici dei quadri elettrici.



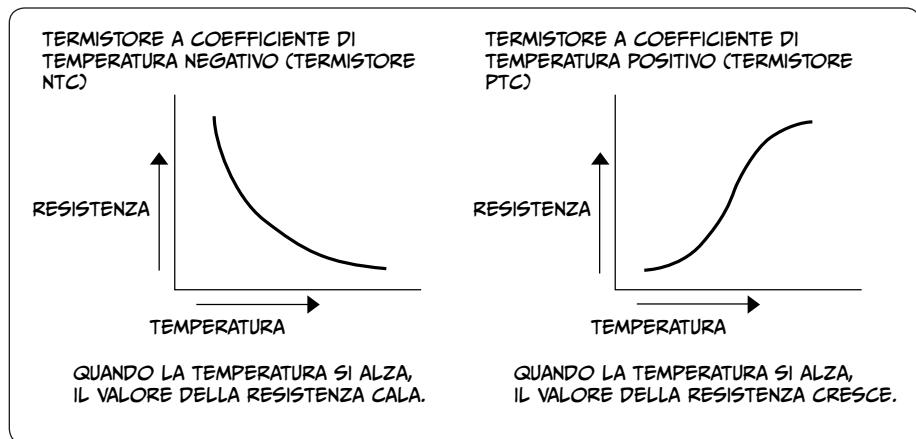
Controllo della temperatura con un termostato bimetallico.

Un *termistore* è un sensore di temperatura la cui resistenza elettrica varia in funzione della variazione della temperatura. In generale, in tutti i metalli la resistenza elettrica varia con la temperatura.

Comunque la resistenza dei termistori cambia in modo significativo anche in presenza di piccole variazioni di temperatura. Visto che i termistori non sono attraversati da correnti molto elevate, di solito vengono associati a un circuito elettrico per il controllo della temperatura.

I termistori si dividono in *termistore a coefficiente di temperatura positivo (PTC)*, in cui la resistenza cresce quando si alza la temperatura, e *termistore a coefficiente di temperatura negativo (NTC)*, in cui la resistenza cala quando si alza la temperatura.

I climatizzatori e i frigoriferi di ultima generazione utilizzano i termistori come sensori di temperatura, combinati con circuiti elettrici che sfruttano i dispositivi a semiconduttore per consentire un controllo accurato della temperatura.

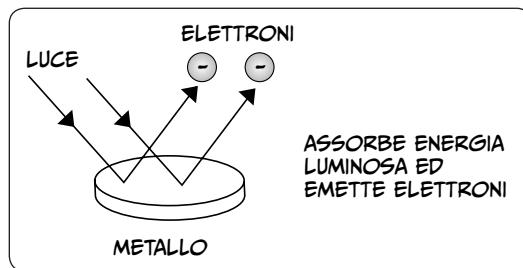


*Comportamento di un termistore al variare della temperatura.*

## SENSORI OTTICI

Un sensore ottico percepisce la luce come i nostri occhi. Questi sensori sono usati per azionare, ad esempio, i lampioni quando scende il buio e permettono ai dispositivi elettronici di ricevere il segnale di un telecomando a infrarossi.

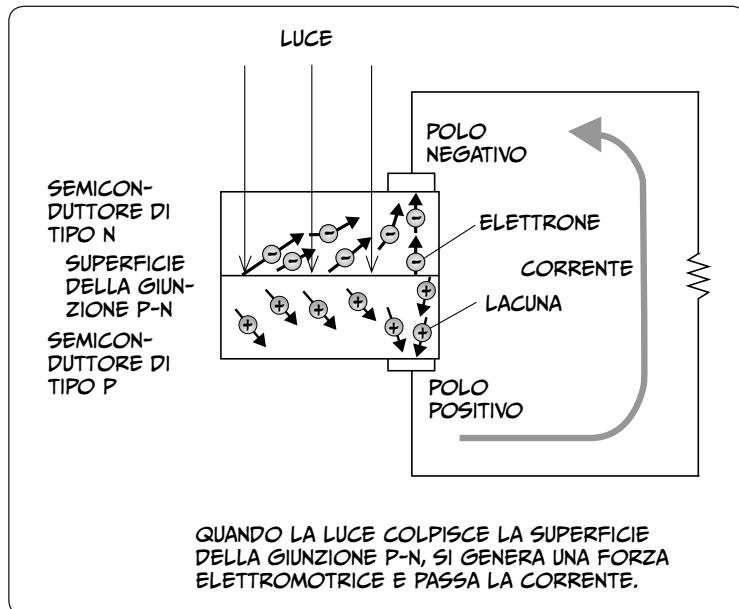
Un sensore ottico converte l'energia luminosa in un segnale elettrico. Il fenomeno per cui un materiale (ad esempio un metallo) assorbe energia luminosa ed emette elettroni è chiamato *effetto fotoelettrico*.



*Effetto fotoelettrico.*

Il fenomeno che descrive il generarsi di una tensione alla giunzione di un semiconduttore grazie all'effetto fotoelettrico si chiama *effetto fotovoltaico*. I sensori ottici che sfruttano l'effetto fotovoltaico sono per esempio i *fotodiodi* e i *fototransistor*. Anche i pannelli solari usati nelle centrali fotovoltaiche per produrre energia elettrica sfruttano l'effetto fotovoltaico.

Un *pannello solare* genera una forza elettromotrice quando l'energia della luce del sole colpisce la superficie della giunzione p-n, spingendo le lacune e gli elettroni a muoversi rispettivamente verso il polo positivo e il polo negativo. Collegando un carico a un pannello solare, si ottiene passaggio di corrente.

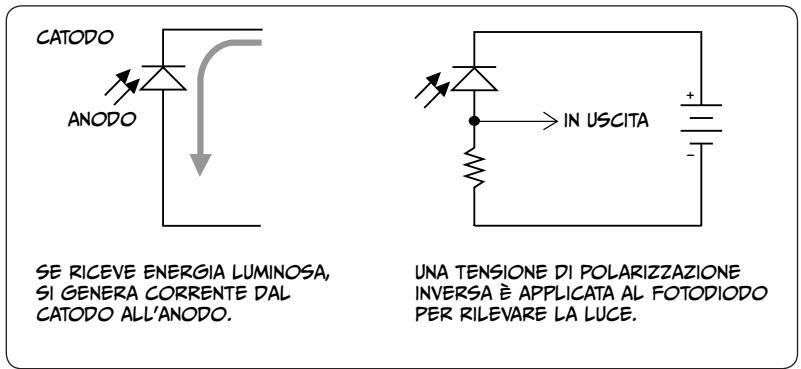


*Effetto fotovoltaico in un pannello solare.*

Il fenomeno per cui un portatore di carica come l'elettrone si genera per effetto fotovoltaico, modificando di conseguenza la resistenza interna di un materiale, viene chiamato *fotoconducibilità*. Una *cella al solfuro di cadmio (CdS)* è una cella solare che sfrutta la fotoconducibilità.

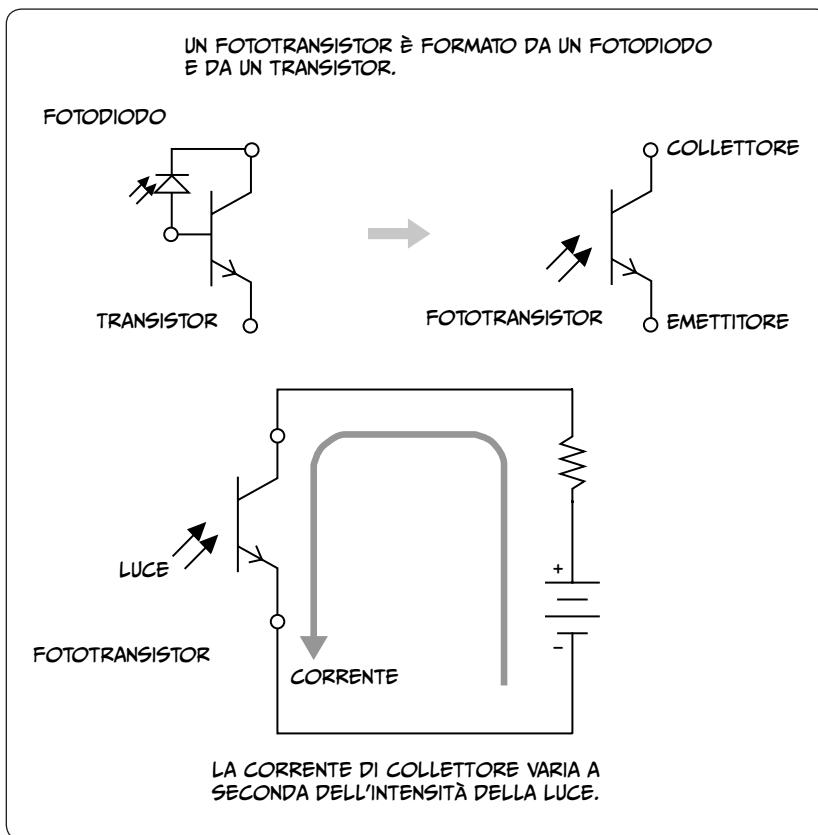
Un *fotodiodo* è un dispositivo a semiconduttore in cui la corrente scorre dal catodo all'anodo per effetto fotovoltaico quando è colpito dalla luce o da raggi infrarossi. La corrente che passa varia al variare dell'intensità della luce e il fotodiodo può misurare questa variazione.

La corrente in gioco è molto piccola e viene usata in genere applicando una tensione di polarizzazione inversa.



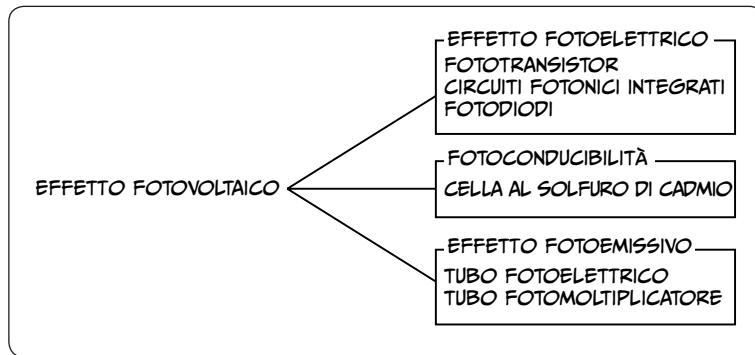
Fotodiodo.

Un fotodiodo associato a un transistor viene chiamato *Fototransistor*. Anche se in un fototransistor non c'è la base, la corrente di collettore scorre in presenza di luce in un modo simile al passaggio della corrente di base in un transistor. La corrente nel collettore varia al variare dell'intensità della luce.



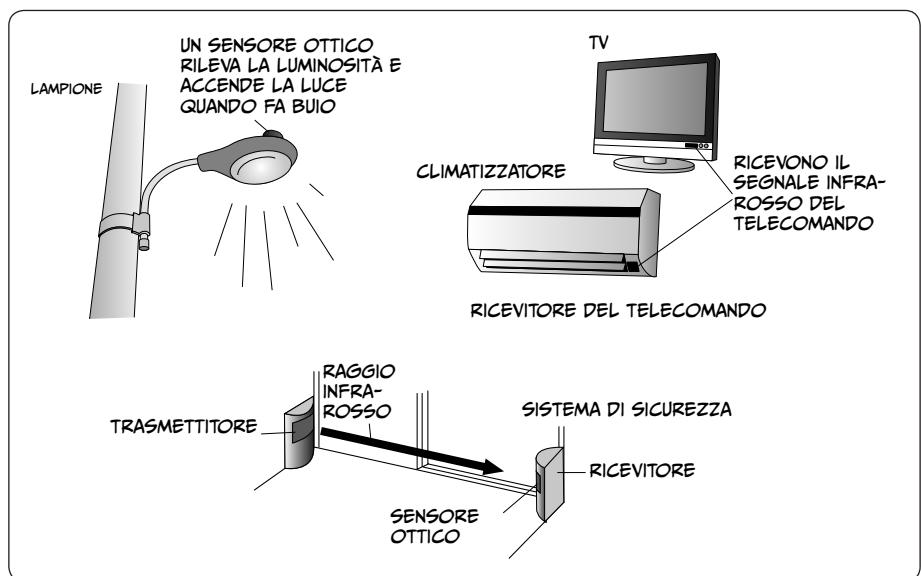
Fototransistor.

I sensori ottici come i fototransistor vengono utilizzati per determinare la posizione o la presenza di un oggetto senza bisogno di toccarlo.



*Effetto fotoelettrico e sensori ottici.*

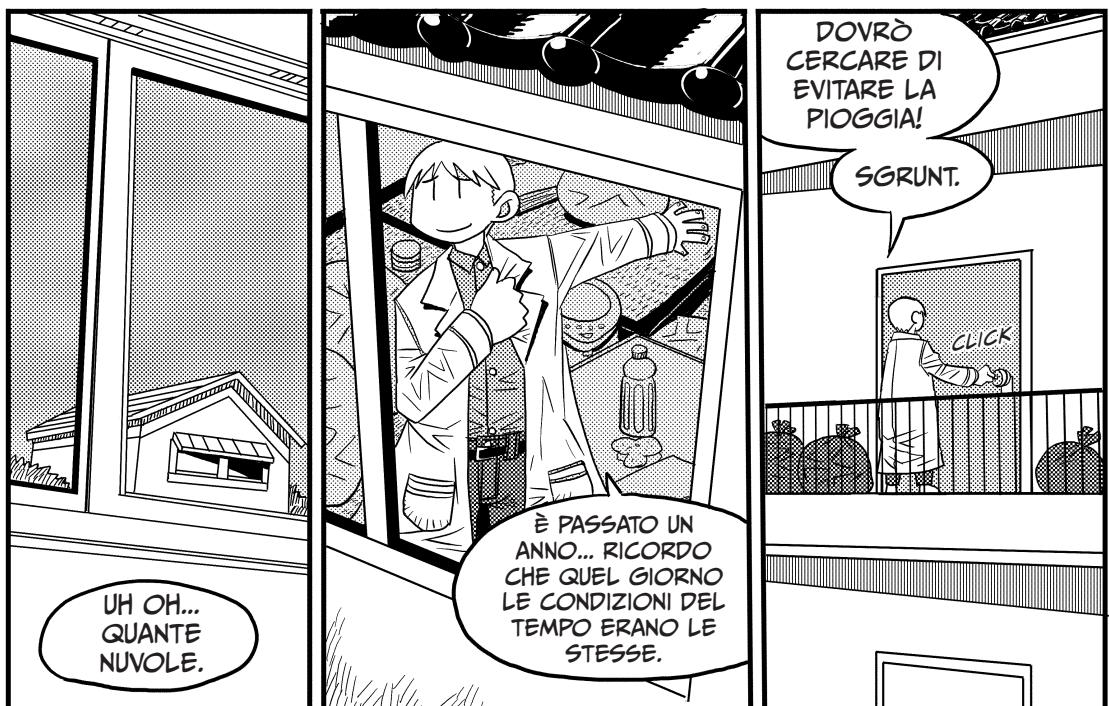
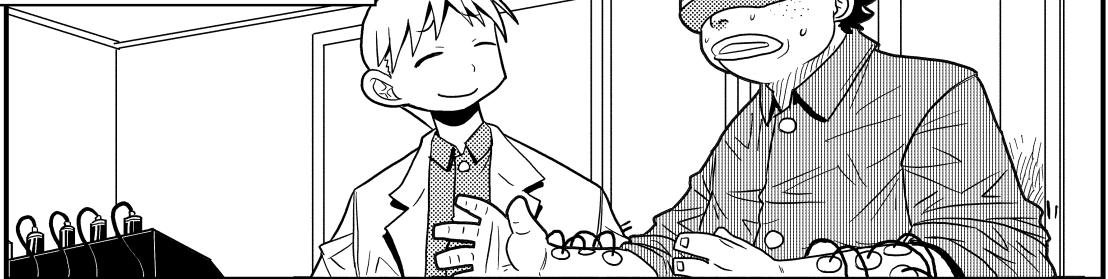
I sensori ottici hanno molti utilizzi nella vita di tutti i giorni. Possono rilevare la luminosità e azionare lampade a intensità regolabile, per esempio. I sensori ottici possono essere utilizzati anche nei sistemi di sicurezza, per rilevare il movimento (inteso come variazione di luce).

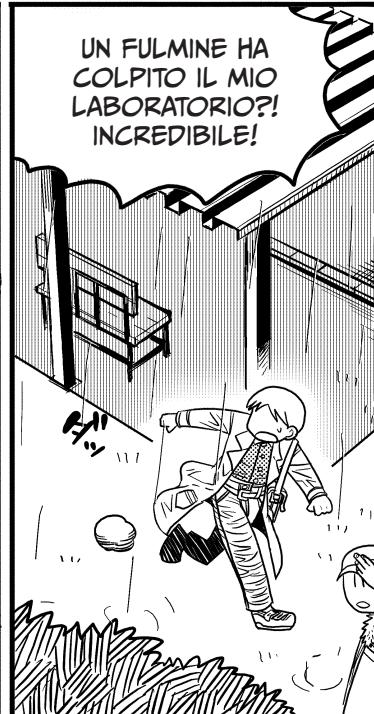
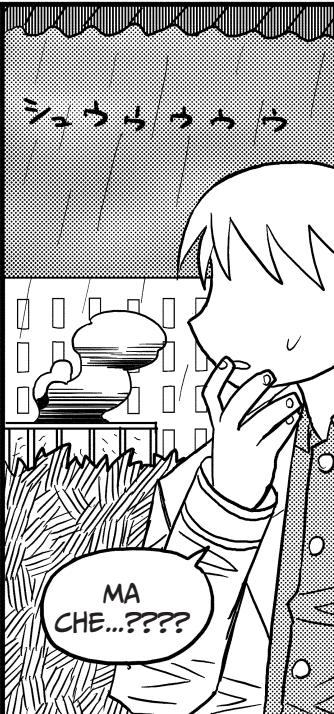
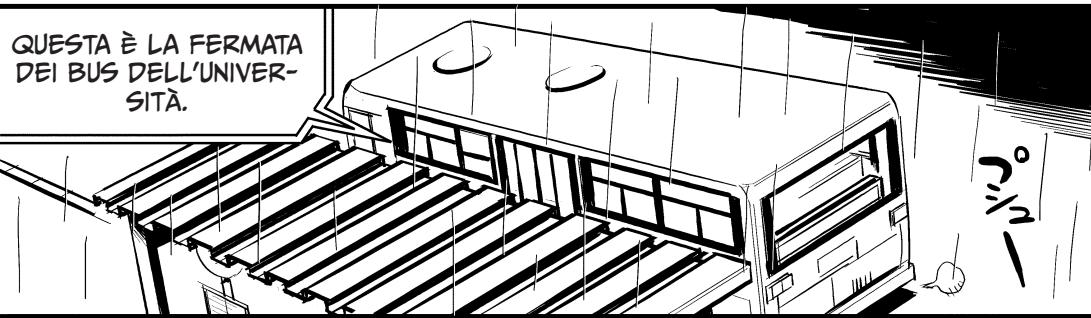


*Vari usi dei sensori ottici.*

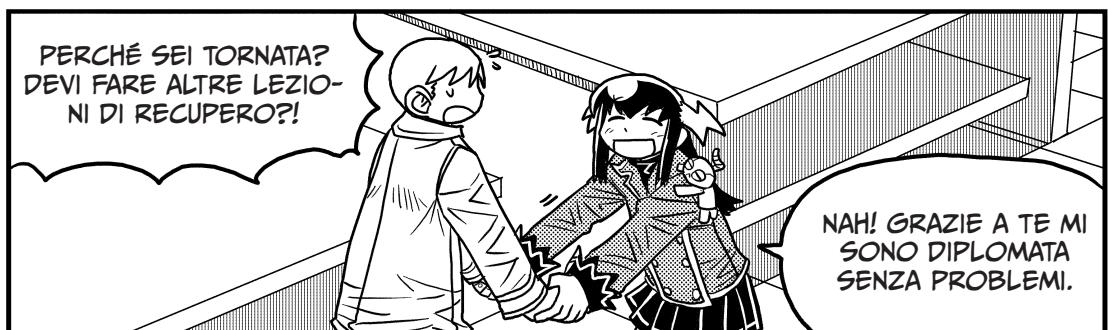
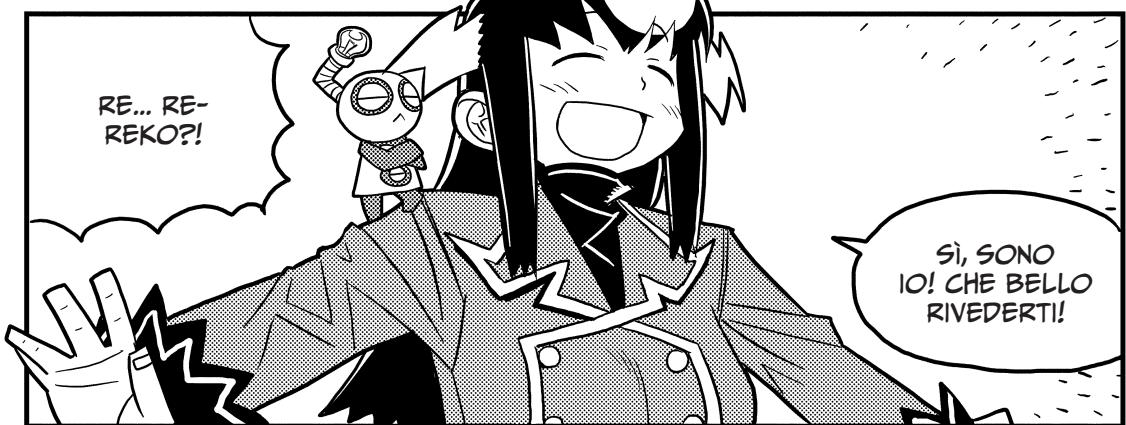
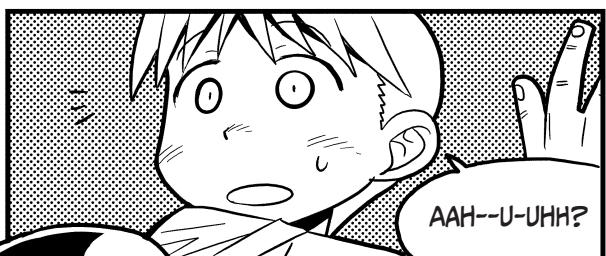


DOPÒ LA PARTENZA DI REREKO  
SONO TORNATO ALLA VITA DI SEMPRE E TRASCORRO QUASI TUTTO IL  
MIO TEMPO AL LABORATORIO.





LABORATORIO









# INDICE

## A

AC, (v. corrente alternata)  
acciaio, 41–42, 51  
acido solforico, 127, 129  
agente ossidante, 131  
alcalina, pila, (v. pila alcalina)  
ambra, 25  
Ampère, André Marie, 45  
ampere/amp (A), 16, 45, 68  
Ampère, legge di, 96, 107–108  
amperometro, 142–143  
anemometro/anemoscopio, 154  
anione, 127  
anodo, 136–139, 169, 171, 193  
applicazioni elettriche, (v. elettricità, applicazioni)

arseniuro di gallio, 163  
assoluto, zero,  
(v. zero assoluto)  
atomo, 26–28, 34–35, 47, 127, 165  
attrazione, forza di, 25, 49–50, 97, 108  
autoinduzione, 112  
avvolgimento,  
- primario, 114  
- secondario, 114

## B

barra di regolazione, 151  
barriera di potenziale, 170–171  
base, corrente di  
(v. corrente di base)  
base-collettore, giunzione, 179  
base-emettitore, giunzione, 177–178  
batterie, 45, 59–60  
- AA, 46–47, 74  
- come fonte di energia, 63–64, 124–125  
- creare la tua, 140–141  
- induttori, 112  
- litio, 125  
- moneta, 140–141, 174  
- pila a secco, 125, 130, 131, 132–134, 171–172, 178  
- reazioni chimiche, 120

- serie, 47  
- solare, 125  
- tensione, 46–47  
- tipi di, 125  
- torcia, 59, 73  
bimetallico, termostato  
(v. termostato bimetallico)  
bipolare, transistor,  
(v. transistor a giunzione bipolare)  
bollitore, 14, 18, 22  
boro, 167, 168  
breakdown, tensione di, 187

**C**

cadmio, cella al solfuro di (CdS), 193  
caldaia, 147  
calore, generazione, 85–93, 104–105, 123, 143–144  
caloria, 85, 86, 104  
campo magnetico, 94–98, 100, 107–109, 111, 114, 121, 148  
capacità, 115  
capelli, 41–42, 51  
carbone, 147, 149  
carica, 29  
- accumulo, 115  
- attrazione e repulsione, 25, 49–50, 97, 108  
- misurazione, 49  
- negativa/positiva, 27–29, 30–33, 36–39, 42, 47–48, 50–52, 166  
- polarità, 41  
- scarica elettrica, 31–33, 51  
carico, 61, 62, 73, 136, 182, 187  
carta, 41–42, 51  
catione, 127, 128  
catodo, 136–139, 169, 171, 193  
CdS (cella al solfuro di), 193  
cella, 124–132  
- a combustibile, 124–125, 135–138  
- acqua, 135–137

- al solfuro di cadmio, 193  
- chimica, 124–132  
- elettrochimica, 124–132  
- fisica, 124–125  
- galvanica, 126, 130  
- primaria, 124–125  
- secondaria, 124–125  
- solare, 125, 193  
- voltaica, 125  
cella chimica, reazioni, 124–132, 137, 138  
centrale elettrica, 20, 120, 147–154  
centrale, tipi di,  
- a bacino, 152–153  
- eolica, 154  
- idroelettrica, 120, 147  
- nucleare, 120, 147, 151–152  
- termica, 120, 147, 149–152  
ciclo combinato, 149, 150–151  
circuito elettrico,  
- applicazioni, 56–58  
- chiuso, 61, 73  
- componenti elettriche, 61–66, 73  
- corrente alternata, 75–76  
- corrente diretta, 64, 74–75  
- creare il tuo, 141, 142  
- diodo, 171  
- integrato (ICs), 183  
- interruttore, 19, 21  
- parallelo, 79  
- simboli grafici, 73, 74  
- tipi di collegamento, 69–72, 78–80  
climatizzatore, 192  
collegamento,  
- elettrico, 69–72, 78–80  
- in parallelo, 69–72, 79–80  
- in serie, 69–72, 78–80  
collettore, 177–181, 182, 188  
combustibile  
(petrolio, carbone, gas), 147, 149, 150  
combustione interna, 149, 150  
condensatore, 115–116, 149, 151, 187  
conduttanza (G), 77

- conduttività, 34–35, 77, 135, 166, 168  
 - fotoconducibilità, 193, 195  
 - superconduttività, 88, 105  
 conduttore, 30–31, 98–100, 108–110, 127, 148, 161, 162  
 consumo elettrico, 17–18  
 controelettromotrice, forza, 112  
 convertitore, 189–190  
 corrente (I), 16, 45, 51, 128  
 - acqua, 181  
 - alternata, 64–66, 75–76, 113–116, 121, 123, 149, 173, 189–190  
 - base, 178, 179–181, 182  
 - chiusa, 61  
 - collettore, 179–181  
 - collettore-emettitore, 182, 188  
 - continua, 64, 66, 74–75, 123, 149, 173, 189–190  
 - di base, 178, 179–181, 182  
 - direzione, 33, 51–52, 63–66, 75, 96–97, 98–101  
 - drain, 189  
 - fissata, 63, 74  
 - flusso, 15–17, 20–24, 58, 61, 63–68, 73–78, 96, 108–109, 128  
 - in anticipo, 116  
 - indotta, 111  
 - in ritardo, 113  
 - intensità, 52  
 - limitatore, 21  
 - misurazione, 16, 143  
 - nominale, 23  
 - temperatura, 142–143  
 - velocità, 53  
 - verso, 33, 51–52, 63–66, 75, 96–97, 98–101  
 corrente alternata (AC), 64–66, 75–76, 113–116, 121, 123, 149, 173, 189–190  
 - alimentazione, 114, 121, 123, 186  
 - circuiti, 75–76  
 - monofase, 189–190  
 corrente continua (DC), 64, 66, 74–75, 123, 149, 173, 189–190  
 - circuito, 64, 74–75  
 - alimentazione, 74  
 cotone, 41–42, 51  
 Coulomb, Charles Augustine, 49  
 Coulomb, forza di, 29, 43, 49–50  
 coulomb (Q), 45, 49–50, 104
- D**
- DC. (v. corrente continua)  
 depolarizzatore, 131  
 differenza di potenziale, 15–16  
 diodo, 163, 169–171, 173, 177, 183, 186–188, 189  
 - a emissione di luce, 141, 174–175  
 - a tensione costante, 187  
 - fotodiodo, 193–194  
 - ponte, 186  
 - Zener, 187–188  
 droggaggio, 164  
 drain, corrente,  
     (v. corrente drain)
- E**
- elettrica/o,  
 - cavo, 74, 77, 88, 96, 107, 108, 148  
 - collegamento, 69–72, 78–80  
 - corrente, 101, 110, 120–123, 147–149, 152–154  
 - dispositivo, 23–24, 63–64, 123, 149  
 - elettrodomestico, 19, 24, 45, 46, 56–58, 71–72, 96, 123, 190  
 - potenza, 17–18, 19, 45, 46  
 - potenziale, 46–47  
 - resistenza, (v. resistenza) (R)  
 - scarica, 31–33, 51  
 - scossa, 40, 66  
 - stufa, 62, 74  
 elettricità,  
     - applicazioni, 19, 24, 45, 46, 56–58, 71–72, 96, 123, 190  
     - natura della, 25–29  
     - per strofinio, (v. triboelettricità)  
 elettricità statica, 25, 29, 32, 36–40, 49–53  
 - forza elettrostatica, 29, 43, 49–50
- F**
- farad, 115  
 fase, differenza, 113  
 fattore di potenza, basso, 113  
 FET (field-effect transistor),  
     (v. transistor a effetto di campo)

Fleming, John Ambrose, 109  
Fleming,  
- regola della mano sinistra, 98–99, 109  
- regola della mano destra, 100–101, 110, 121, 148  
fluorescente, luce, 92–93, 106–107  
flusso di corrente, (v. corrente, flusso)  
forza,  
- di attrazione, 25, 49–50, 97, 108  
- di repulsione, 49–50, 97  
- elettrostatica, 29, 43, 49–50  
fosforo, 168  
fotocamera digitale, 175  
fotoconduttività, 193, 195  
fotocopiatore, 43  
fotodiodo, 193–194  
fotoelettrico, effetto, 192, 195  
fotoemissione, effetto, 195  
phototransistor, 193, 195–196  
fotovoltaico, effetto, 193  
Francis, turbina, 153  
frequenza, 65, 75, 122  
frigorifero, 190, 192  
fuel reformers, (v. rigeneratore)  
fusibile, 19

## G

galvanica, cella, (v. cella galvanica)  
gamma, raggi, (v. raggi gamma)  
gas,  
- centrali elettriche, 149, 150  
- combustibile, 147, 149, 150  
- naturale liquefatto (GNL), 149  
gate, 189  
generatore, 101, 110, 120–123, 147–149, 152–154  
geomagnetismo, 95  
germanio, 163–164  
Giappone, 45, 65, 153, 154  
giga-, 46  
giunzione P-N, 169, 170, 174, 193  
gomma, 41–42, 51

H  
hertz (Hz), 65, 75, 122, 149  
I  
ICs (integrated circuits), (v. circuito integrato)  
idroelettrica, energia,  
- centrale, 110, 152–154  
- produzione, 120, 147  
idrogeno,  
- gas, 129, 130, 131  
- ione, 129, 137, 138, 139  
idrossido di sodio, 135–136  
impedenza, 116  
indotta,  
- corrente, 111  
- forza elettromotrice, 111, 114  
induttanza, 112  
induttiva, reattanza, (v. reattanza induttiva)  
induzione,  
- elettromagnetica, 111–112  
- elettrostatica, 40, 50  
- motore, 190  
- mutua, 114  
intensità, 45  
interruttore, 59, 60–61, 73, 74, 176, 181–182  
- a contatto, 60, 61, 73, 188  
- di sicurezza, 21–23  
- senza contatto, 181–182  
inverter, 189–190  
ione, 127, 129  
- negativo, 127  
- positivo, 127  
ionizzazione, 129  
isolante, 30, 32, 161, 162  
  
J  
Joule, James Prescott, 104  
joule (J), 45, 46, 104  
joule, effetto, 86, 104  
  
K  
Kaplan turbine, 154  
kilo-, 46  
kilowatt ora (kWh), 18–19, 46

L  
lacuna, 167, 170, 174, 177–178  
lana, 41–42, 51  
LED (light-emitting diode), 141, 174–175  
legno, 41–42, 51  
Lenz, Heinrich Freidrich Emil, 111  
Lenz, legge di, 111  
lampadina, 59, 60–62, 71–72, 73  
- collegamento in serie, 79, 80  
- emissione di luce, 92–93, 106–107  
linea elettrica, 20  
litio, batterie, 125  
luce,  
- fluorescente, 92–93, 106–107  
- rossa, 91, 106  
- violetta, 91, 106  
- visibile, 91, 93, 106  
luminescenza, 90–93, 106–107, 175  
- elettrica, 175, 190  
lunghezza d'onda, 91, 106

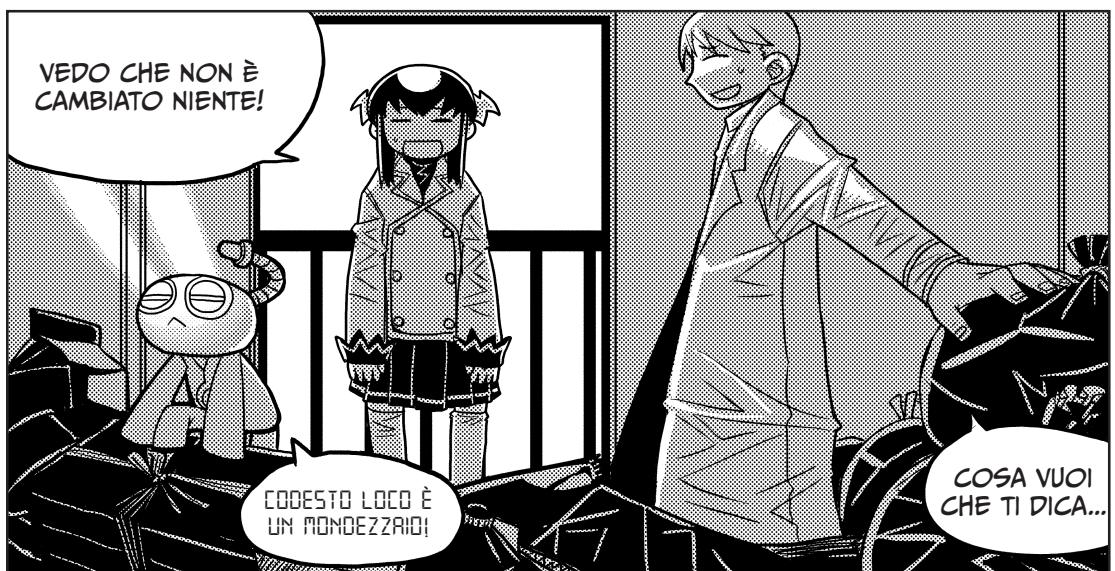
## M

magnete, 94, 107, 110, 111  
magnetico, campo, (v. campo magnetico)  
magnetismo, 94–97, 107–108, 110, 111  
manganese,  
- diossido, 132, 134  
- pila a secco, 125, 131, 132, 134  
materiale attivo, 132  
mega-, 46  
metallo,  
- acciaio, 41–42, 51  
- alluminio, 88–89, 140  
- proprietà, 35  
- rame, 34–35, 41–42, 47–48, 51  
- termostato bimetallico, 191  
mho, (v. siemens per metro)  
micro-, 46  
milli-, 46  
moderatore, 151  
MOSFET (transistor metallo-ossido-semiconduttore a effetto di campo), 189

- moto, 73  
 motore, 98–99, 101, 109, 110, 190
- N**
- neutrone, 27, 47–48  
 newton (N), 49  
 NTC (termistore a coefficiente di temperatura negativo), 192  
 nucleare,  
   - fissione, 147, 151  
   - energia, 120, 147, 151–152  
   - reattore, 147, 151  
 nucleo, 26–27, 34–35, 47–48  
 numero atomico, 34  
 nylon, 41–42, 51
- O**
- Ohm, Georg Simon, 73  
 ohm ( $\Omega$ ), 62, 73, 77, 162  
 ohm, inverso, 77  
 Ohm, legge, 67–68, 76  
 onda,  
   - elettromagnetica, 91, 106–107  
   - radio, 91, 106  
   - UHF, 91  
   - VHF, 91  
 orbitale, 34–35, 47–48, 165  
   - esterno, 35, 47, 48, 165  
   - interno, 47  
 ossidoriduzione (redox), 132
- P**
- Peltier, effetto, 144  
 Pelton, turbina, 153  
 petrolio (carburante), 147, 149, 150  
 pico-, 46  
 pila,  
   - a bottone, 140–141, 174  
   - alcalina, 125, 133–134  
   - a secco, 125, 130, 131, 132–134, 171–172, 178  
 polarizzazione, 41, 131  
   - diretta, 173, 174  
   - corrente, 187  
 poliestere, 41–42, 51
- polietilene, 41–42, 51  
 polo,  
   - negativo, 46–47, 73, 132, 140, 171, 177–178  
   - nord magnetico, 94–95, 99, 100–101, 107, 110, 111, 121–122  
   - positivo, 46–47, 61, 73, 132, 171, 177–178, 179  
   - sud magnetico, 94–95, 99, 100–101, 107, 110, 121–122  
 potenza (P), 17–18, 19, 45, 46  
 potenza, fattore, 113  
 potenziale, 16, 46–47  
 presa elettrica,  
     23–24, 63–64, 123, 149  
 protone, 27, 29, 34, 47–48  
 PTC (termistore a coefficiente di temperatura positivo), 192  
 PVC (vinile), 37, 39, 41–42, 51
- Q**
- quadro elettrico domestico, 20–21
- R**
- radio, onde, 91, 106  
 raggi,  
   - calorifici, (v. raggi infrarossi)  
   - gamma, 91  
   - infrarossi, 90–91, 106  
   - ultravioletti, 91, 93, 106, 107  
   - X, 91  
 rame,  
   - atomo, 35  
   - cavo, 31, 104, 128  
   - piastra, 126, 127, 128, 130, 140  
 reattanza,  
   - capacitiva, 116  
   - induttiva, 113  
 reattore,  
   - ad acqua bollente, 151–152  
   - ad acqua leggera, 151  
   - ad acqua pressurizzata, 151–152  
   - nucleare, 147, 151
- repulsione, forza di, 49–50, 97
- resistenza (R), 61–62, 67–74, 76, 77, 79–80, 85, 88–89, 104, 105, 182  
 resistenza,  
   - all'alta temperatura, 89  
   - equivalente, 69–72, 78–80  
 resistenze, collegamenti, 69–72, 78–80  
 resistività ( $\rho$ ), 77, 162  
 resistore, 183  
 rettificazione, 170, 173  
   - a doppia semionda, 186–187  
   - a semionda, 186–187  
 rigeneratore, 139
- S**
- salvavita, 19, 21–23  
 scarica elettrica, 31–33, 51  
 Seebeck, effetto, 142–144  
 semiconduttore,  
     30, 163, 166–171, 172  
   - composito, 163  
   - dispositivi, 160–164, 161, 163, 169, 176, 183, 188–189  
   - di tipo N, 166, 169–171, 172  
   - di tipo P, 168, 169–171, 172  
   - estrinseco, 164, 168  
   - intrinseco, 164  
   sensore, 190  
   - a contatto, 191  
   - di temperatura, 191  
   - ottico, 192–195  
   - senza contatto, 191  
   - temperatura, 190–192  
 seta, 41–42, 51  
 SI, prefissi e unità, 46  
 Siemens, Ernst Werner von, 77  
 siemens al metro (S/m), 77  
 silicio, 163–166, 167  
   - cristallo, 165, 168  
   - silice, 164  
 simboli,  
   - ampere/amp (A), 16, 45, 68  
   - carica (Q), 49  
   - conduttanza (G), 77  
   - corrente (I), 16, 143  
   - coulomb (C), 45, 49–50, 104  
   - farad (F), 115  
   - giga- (G), 46  
   - hertz (Hz), 65, 75, 122, 149

- joule (J), 45, 46, 104
- kilo- (k), 46
- kilowattora (kWh), 18–19, 46
- micro- ( $\mu$ ), 46
- milli- (m), 46
- mega- (M), 46
- newton (N), 49
- ohm ( $\Omega$ ), 68, 73, 77, 162
- pico- (p), 46
- potenza (P), 17–18, 19, 45, 46
- resistenza (R), (v. resistenza)
- resistività ( $\rho$ ), 77, 162
- siemens al metro (S/m), 77
- tempo (t), 52
- tera- (T), 46
- unità di misura e prefissi SI, 46
- volt (V), 15, 17–18, 45, 68
- watt (W), 17, 45
- watt secondo (Ws), 46, 104
- simboli grafici**, 73–74
- Sistema internazionale di unità di misura (SI)**, 46
- solare**,
- batteria, 125
- cella, 125, 193
- energia, 124–125
- sorgente elettrica**,
- 63–64, 72, 182
- batteria, 63–64, 124–125
- corrente alternata, 114, 121, 123, 186
- corrente continua, 74
- tensione, 60–61, 62, 73–74, 78, 115
- spina**, 24, 63–64
- spira**, 99, 108, 111–115, 121, 122, 148
- Stati Uniti d'America**, **votaggio in**, 45
- struttura atomica**, 34–35
- stufa elettrica**, 62, 74
- suono**, 73
- superconduttività**, 88, 105
- superconduttore ad alta temperatura**, 105
  
- T**
- Talete**, 25
- temperatura**, **sensore**, 190–192
  
- tempo (t)**, 52
- tensione (V)**, 15, 45, 46–47
  - 100V, 14, 45
  - 120V, 22, 45, 72, 75, 76, 80, 123, 149
  - 170V, 75, 76, 149
  - 240V, 45
  - alimentazione, 60–61, 62, 73–74, 78, 115
  - differenze internazionali, 45
  - di picco, 75–76, 123, 149
  - efficace, 75–76, 123, 149
  - elettrodomestici, 19, 24, 45, 46, 71–72, 96, 123, 190
  - istantanea, 75–76
  - picco, 75–76, 123, 149
  - polarizzazione diretta, 173, 174
  - polarizzazione inversa, 171, 193
  - polo positivo/negativo, 46–47, 61, 73, 132, 171, 177–178, 179
  - potenziale, 46–47
  - primaria, 115
  - trasformazione, 20
- tera-**, 46
- termistore**, 191–192
  - a coefficiente di temperatura negativo (NTC), 192
  - a coefficiente di temperatura positivo (PTC), 192
- termocoppia**, 143
- termopila**, 125, 141–143
- termostato**, 191
  - bimetallico, 191
  - torcia, 58–61, 73
  - tostapane, 74
- transistor**, 163, 176–183, 183, 188–189
  - a effetto di campo, 188–189
  - a giunzione bipolare, 188
  - amplificatore, 181
  - di potenza, 188
  - fototransistor, 193, 195–196
  - metallo-ossido-semiconduttore a effetto di campo (MOSFET), 189
  - NPN, 177–178, 188
  - PNP, 177–178, 181, 188
- trasformatore**, 20, 114–115
  
- triboelettrica**, **serie**, 40–43, 51–53
- triboelettricità**, 38, 49, (v. anche elettricità statica)
- turbina**, 147, 149, 152, 153
  - eolica, 154
  
- U**
- UHF**, **onda**, 91
  
- V**
- valenza**, **elettrone**, 34–35, 48, 165–166, 167
- vapore**, 149, 150
- vetro**, 41–42, 51
- VHF**, **onda**, 91
- vinile (PVC)**, 37, 39, 41–42, 51
- volt (V)**, 15, 17–18, 45, 68
- Volta**, Alessandro, 45, 126
- voltaica**, **cella**, (v. cella voltaica)
  
- W**
- Watt**, James, 45
- watt (W)**, 14, 17, 19, 45
  - secondo (Ws), 46, 104
  
- X**
- X, raggi**, (v. raggi X),
  
- Z**
- Zener**, **diodo**, 187–188
- zero assoluto**, 87, 88, 104–105
- zinco**,
- cloruro, 132
- ione, 129
- piastra, 126, 127, 128
- polvere, 133





# NOTE

# NOTE





## L'AUTORE

Kazuhiro Fujitaki è docente presso il Centro per lo sviluppo vocazionale di Tokyo. Ha scritto molti libri sull'ingegneria elettrica e gestisce un sito internet che offre informazioni relative agli esami di ingresso alle scuole professionali per tecnici elettricisti in Giappone. Il sito (in giapponese) è all'indirizzo <http://www10.ocn.ne.jp/~denkou/>.

# UN'AFFASCINANTE GUIDA ALL'ELETTRONICA. A FUMETTI!



REREKO VIVE A ELECTOPIA, IL PAESE DELL'ELETTRONICA, E NON È RIUSCITA A PASSARE L'ESAME... DI ELETTRICITÀ! PER QUESTO È COSTRETTA A PASSARE L'ESTATE A STUDIARE SULLA TERRA CON IL SUO PAZIENTISSIMO INSEGNANTE, HIKARU, CHE È LÌ, PRONTO AD AIUTARLA.

UNISCITI A LORO NE "**I MANGA DELLE SCIENZE - ELETTRONICA**", DOVE REREKO È ALLE PRESE CON APPARECCHI ELETTRICI DI USO COMUNE COME TORCE ELETTRICHE, TERMOSIFONI E INTERRUTTORI, PER APPRENDERE IL SIGNIFICATO DI CONCETTI COME VOLTAGGIO, POTENZIALE, CORRENTE, RESISTENZA, CONDUTTIVITÀ E FORZA ELETTROSTATICA.

GLI ESEMPI TRATTI DAL MONDO REALE CHE TROVERETE IN QUESTE PAGINE VI INSEGNERANNO:

- » CHE COS'È L'ELETTRICITÀ, COME FUNZIONA, COME VIENE PRODOTTA E COME LA SI PUÒ UTILIZZARE;
- » IL RAPPORTO TRA VOLTAGGIO, CORRENTE E RESISTENZA (LA LEGGE DI OHM);
- » CONCETTI FONDAMENTALI COME INDUTTANZA E CAPACITÀ;
- » IL FUNZIONAMENTO DI COMPONENTI COMPLESSI COME TRASFORMATORI, SEMICONDUTTORI, DIODI E TRANSISTOR;
- » IN CHE MODO ESATTAMENTE PRODUCIAMO CALORE DALL'ELETTRICITÀ E IL RAPPORTO TRA CORRENTE E CAMPI MAGNETICI.

SE FINO AD OGGI I MISTERI DELL'ELETTRONICA VI FRIGGEVANO IL CERVELLO, "**I MANGA DELLE SCIENZE - ELETTRONICA**" VI INSEGNERÀ TUTTO QUELLO CHE C'È DA SAPERE IN MANIERA UNICA E DIVERTENTE.



la Repubblica Le Scienze



60008  
Pubblicazione settimanale da vendersi esclusivamente  
in abbinamento a la Repubblica oppure a Le Scienze.  
Supplemento al numero in edicola.

9,90 euro + il prezzo di Repubblica oppure di Le Scienze.