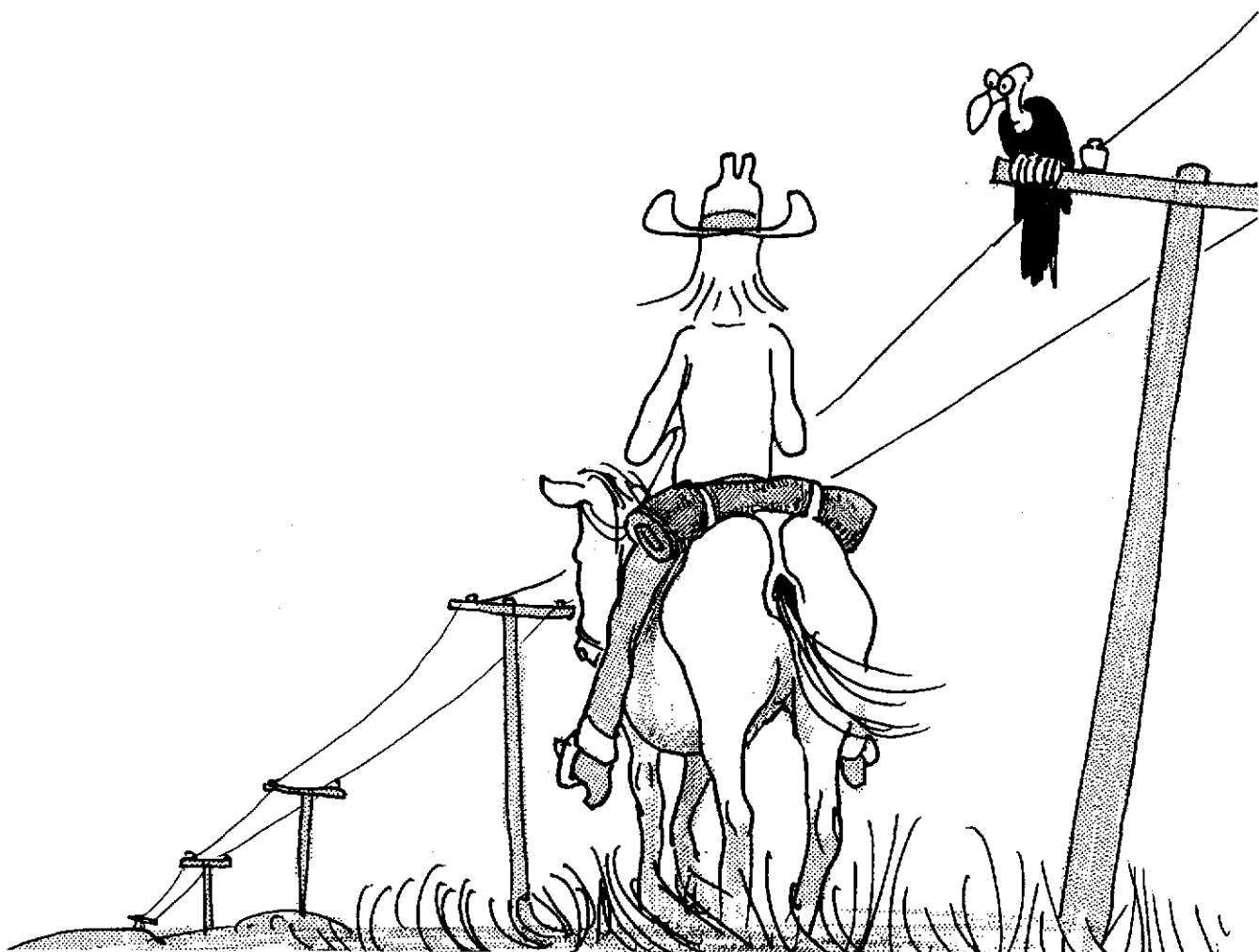


Per qualche ampère in più

Jean~Pierre Petit

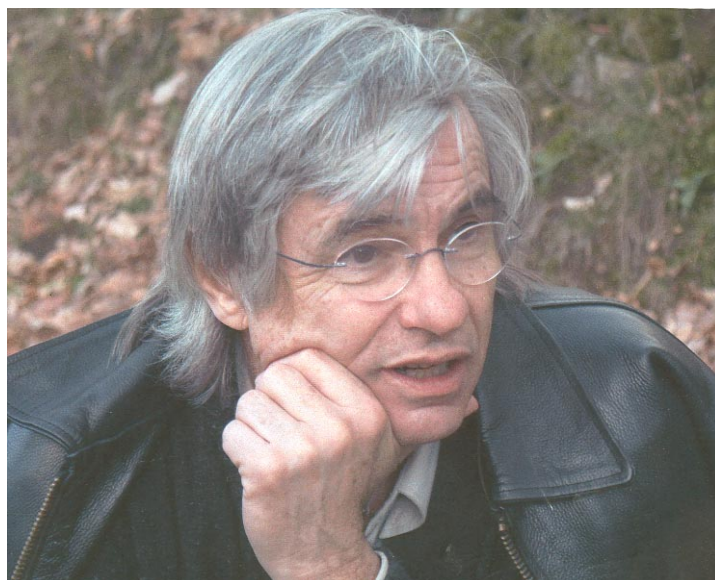
Tradotto da:
Claudia Soresini



Savoir sans Frontières

(Sapere senza Frontiere)
Association Loi de 1901 (ONLUS)

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Jean-Pierre Petit, Presidente dell'Associazione

Ex Direttore di Ricerca presso il CNRS, astrofisico e ideatore di un nuovo genere di pubblicazione: il fumetto scientifico. Nel 2005, crea con il suo amico Gilles d'Agostini l'associazione Savoir sans Frontières che si prefigge lo scopo di divulgare gratuitamente il sapere, anche scientifico e tecnico, nel mondo intero. L'associazione, il cui funzionamento è consentito dalle donazioni che riceve, retribuisce traduttori con un compenso di 150 Euro (nel 2007) facendosi carico delle spese bancarie relative all'incasso.

I molti traduttori fanno crescere ogni giorno il numero dei testi tradotti (nel 2007, 200 fumetti scaricabili gratuitamente da internet, in 28 lingue tra cui il Laoziano e lo Ruandese).

Il presente file pdf può essere duplicato e riprodotto liberamente, parzialmente o integralmente, nonché utilizzato da insegnanti nei loro corsi, purché tali operazioni non siano a scopo di lucro. Può essere inserito in biblioteche municipali, scolastiche ed universitarie, sia in forma stampata che in reti digitali di tipo Intranet.

L'autore intende completare questa raccolta di opere con testi maggiormente accessibili ai giovanissimi (ragazzi di 12 anni). Sono inoltre in preparazione dei fumetti "parlanti" per analfabeti, nonché altri "bilingue" destinati all'apprendimento di una lingua straniera partendo dalla propria lingua madre.

L'associazione cerca costantemente nuovi traduttori che traducano nella loro lingua madre e dispongano delle competenze tecniche e linguistiche idonee alla corretta traduzione dei fumetti.

Per contattare l'associazione, vedere la pagina iniziale del sito

Conoscenza senza frontiere

Associazione senza scopo di lucro creata nel 2005 e gestita da due scienziati francesi. Obiettivo: diffondere la conoscenza scientifica utilizzando la banda tracciata attraverso i PDF scaricabili gratuitamente. Nel 2020 sono state così realizzate 565 traduzioni in 40 lingue. Con oltre 500.000 download.



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini


L'associazione è totalmente volontaria. Il denaro è stato interamente donato ai traduttori.

Per effettuare una donazione, utilizzare il pulsante PayPal sulla home page:


<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



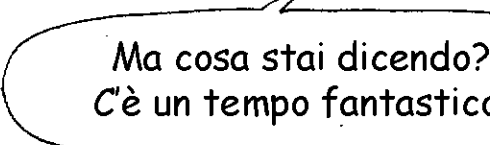
PROLOGO



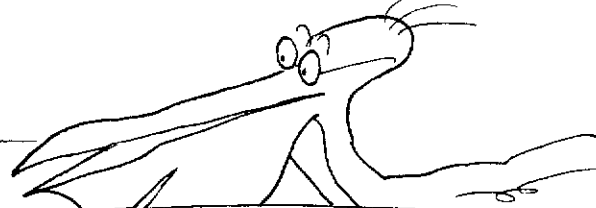
Piove, non c'è modo di uscire di casa




Carta, forbici, spago...
baggianate! Cosa posso fare con questa roba? Niente!




Ma cosa stai dicendo?
C'è un tempo fantastico!



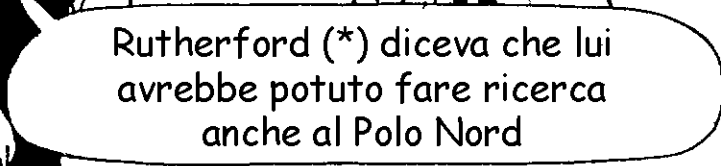
Eh già. Per fare qualcosa di interessante ci sarebbe bisogno di una vera attrezzatura da laboratorio. Un ciclotrone... un laser




Ma di cosa vi lamentate?
Avete tutto quello che serve!



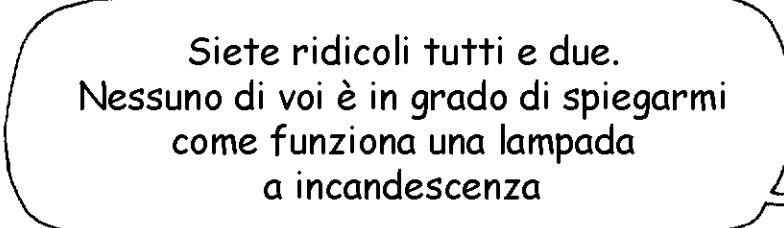
Non vorrai farmi credere che in questa casa abbiamo qualcosa che serva ad illustrare i grandi problemi scientifici!



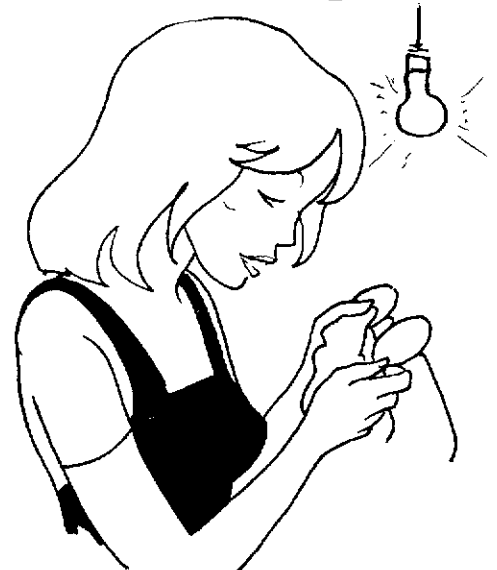
Rutherford (*) diceva che lui avrebbe potuto fare ricerca anche al Polo Nord



Ok, ma cosa possiamo fare noi qui?



Siete ridicoli tutti e due. Nessuno di voi è in grado di spiegarmi come funziona una lampada a incandescenza



(*) Fisico Neozelandese, scoprì l'atomo nel 1905.

Va bene, niente panico.
I filamenti si scaldano perché
sono attraversati da una
CORRENTE ELETTRICA

E cosa è
la corrente
elettrica?

Non va lete
niente!

Hmm, le cose
si complicano...

Perché il filamento si scalda?

INTENSITA'

Vediamo, penso che lo si
possa simulare con l'aiuto
di un analogo idraulico.

Un apparecchio per
lavaggi, recuperato in
solaio; un contatore per
l'acqua scollegato...

Ma non
stavano parlando
di elettricità?

Semplicissimo: il dislivello h
rappresenta la **DIFFERENZA
DI POTENZIALE**

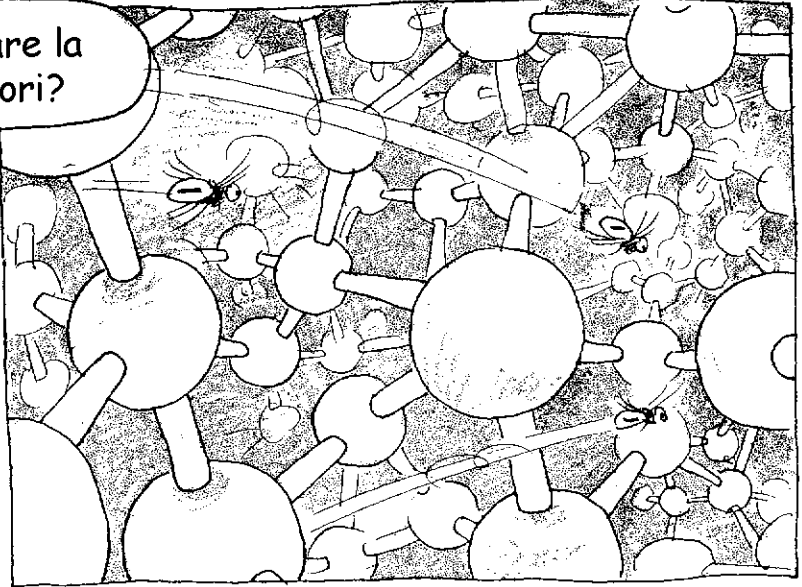
Il tubo rappresenta la
RESISTENZA ELETTRICA.
Se L è la sua lunghezza
e s la sezione, il getto è
proporzionale a hs/L

Se raddoppiamo
la lunghezza del
tubo, il getto sarà
ridotto alla metà

RESISTENZA

Sofia, che tipo di frizione può limitare la velocità degli elettroni nei conduttori?

Un filo di rame non è un tubo vuoto all'interno



Nei metalli, gli atomi sono fissi e formano una sorta di rete. A qualsiasi temperatura esistono degli elettroni liberi che possono spostarsi all'interno di questa rete. Gli scontri con gli atomi ne disturbano l'avanzata e si crea l'effetto di **RESISTENZA ELETTRICA**

Ma perché il metallo si scalda?



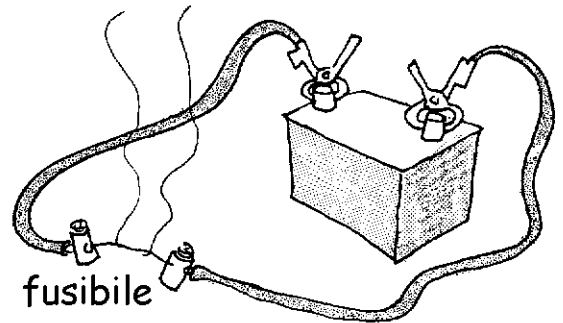
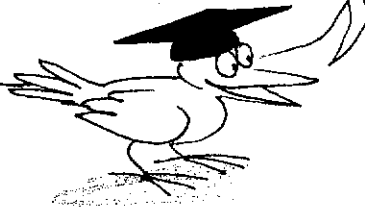
Le collisioni scuotono la struttura atomica e le scosse si propagano da un atomo all'altro creando l'effetto di **CONDUZIONE TERMICA**

Ah si, è quello che si chiama **EFFETTO JOULE**

Ora è più chiaro

ma questo non spiega perché il filamento di una lampada emette luce...

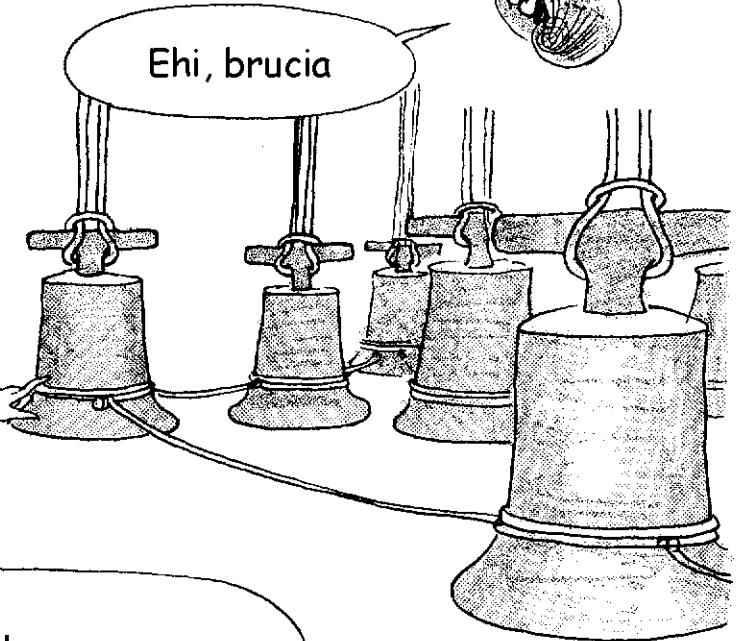
Le scosse possono anche spostare la rete e provocare una fusione



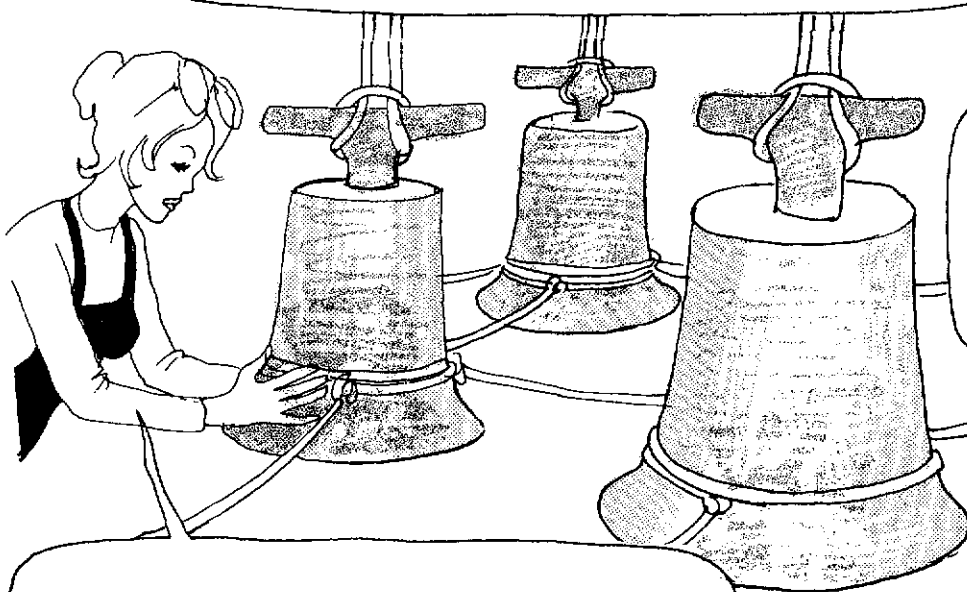
Ma quindi la luce da dove viene?



Ehi, brucia

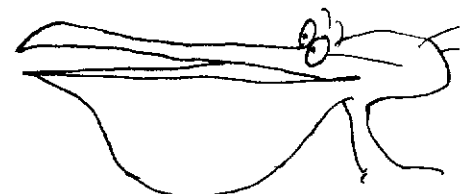


Immagina gli atomi come delle campane collegate una all'altra con degli elastici



Questa immagine dà una buona idea del fenomeno di conduzione termica in un solido

Se dai a queste "campane-atomo" una serie di piccole spinte, queste si propagheranno a tutta la struttura attraverso gli elastici



L'INCANDESCENZA

Ma se la spinta é più forte, o se si accumulano più spinte minori, allora la campana emetterà questa **ENERGIA** sotto forma di onde sonore

Ho capito:
nello stesso modo,
gli atomi del filamento
emettono energia a
partire da una certa
temperatura, per poter
espellere dell'energia in
eccedenza che la
conduzione non riesce
a dissipare.



Tanto più che l'ampolla é vuota per ridurre al minimo le perdite di calore per conduzione termica

L'emissione di energia per mezzo di radiazioni sarà più intensa man mano che la temperatura del solido si alza. Per questo per ottenere i filamenti usiamo materiali come il tungsteno, che resistono a temperature di 3000°C senza fondere

E' chiaro che i solidi scaldati emettono radiazioni. Ma perché questo ferro é **ROSSO**?



Perché é ad una temperatura piú bassa rispetto al filamento della lampada. Anche il ferro da stiro emette radiazioni.

Metti la testa in questa pentola cromata. Vedrai che riflette le radiazioni (*) emesse dalla tua pelle

Oh si, lo sento.

e anche tu ne emetti

Anche io emetto radiazioni?

Mia cara Tiresia, credo che in quanto animale a sangue freddo tu non emetta granché

Infatti, l'unico momento in cui gli atomi smettono di vibrare e di emettere radiazioni é quello in cui la temperatura é uguale allo **ZERO ASSOLUTO**, che é unno stato di energia minimale.

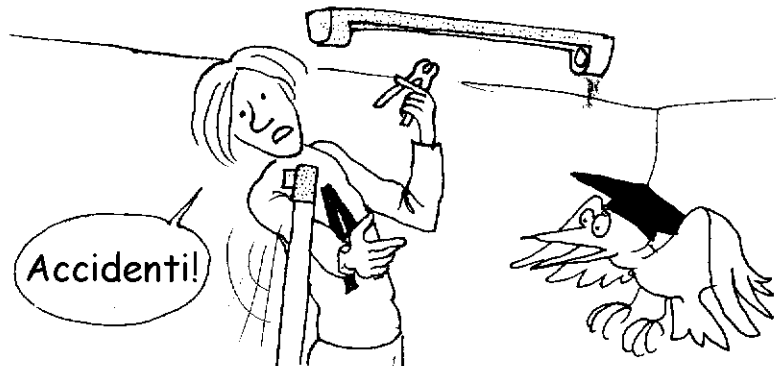
(*) Questo tipo di emissione di radiazioni invisibili emesse da corpi a temperature medio basse si chiama **INFRAROSSO**.

Bene, ora che sappiamo tutto sulle lampade a incandescenza penso che non ci siano più misteri in questa casa.



Anselmo, il neon della cucina si è bruciato. Puoi cambiarlo?

IL TUBO AL NEON

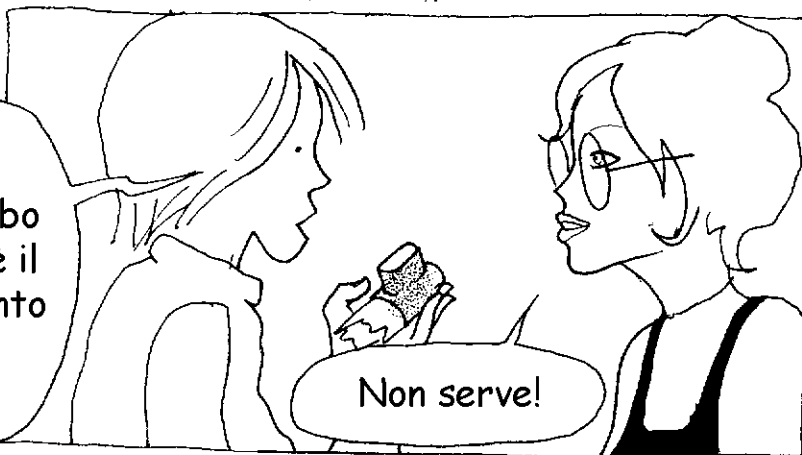


Accidenti!

Ma tu guarda!?



Nel tubo non c'è il filamento



Non serve!

...gli atomi del neon, che riempiono il tubo, restituiscono sotto forma di radiazioni l'energia che hanno ricevuta dall'impatto degli elettroni che si muovono nel tubo stesso.

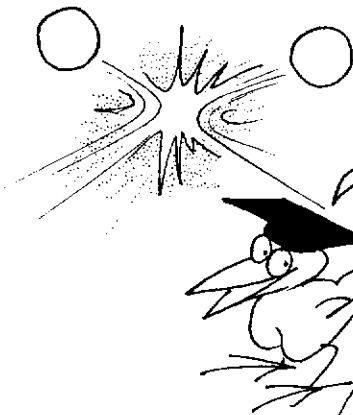
Ma certo.
Il gas, il fuoco, il sole,
come credi che funzionino?



Gli atomi di gas emettono luce?



Certamente

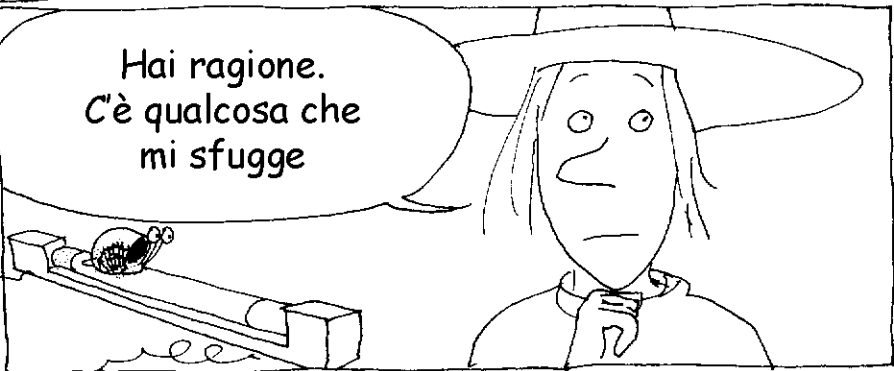
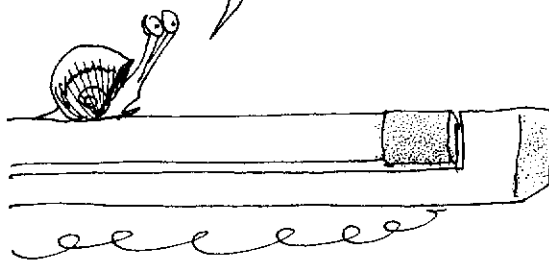


In un gas caldo l'emissione di luce é generata dalla collisione tra le molecole e dall'**AGITAZIONE TERMICA**

Non deve essere tanto complicato. Si dà tensione. La corrente passa. Il gas si scalda e emette la luce.



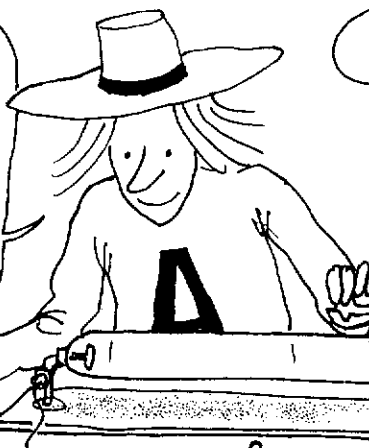
C'è solo una cosa che non mi torna Anselmo... il gas, quando il tubo é in funzione, rimane freddo



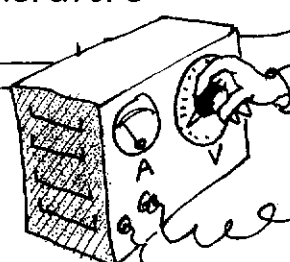
Hai ragione. C'è qualcosa che mi sfugge

LA CONDUTTIVITA' ELETTRICA

In questi casi la cosa migliore é sperimentare. Mettiamo del neon in un tubo. Alle due estremità ho messo due elettrodi collegati a un generatore



Adoro gli esperimenti



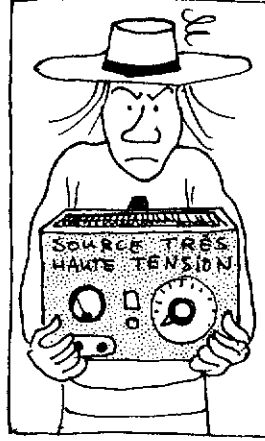
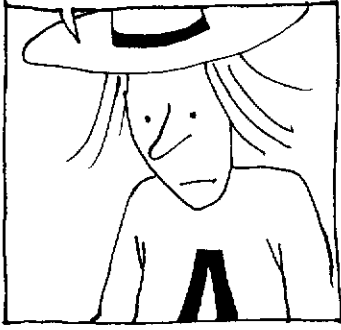
NEON

Poi metti il neon alla pressione atmosferica

220 volts: niente

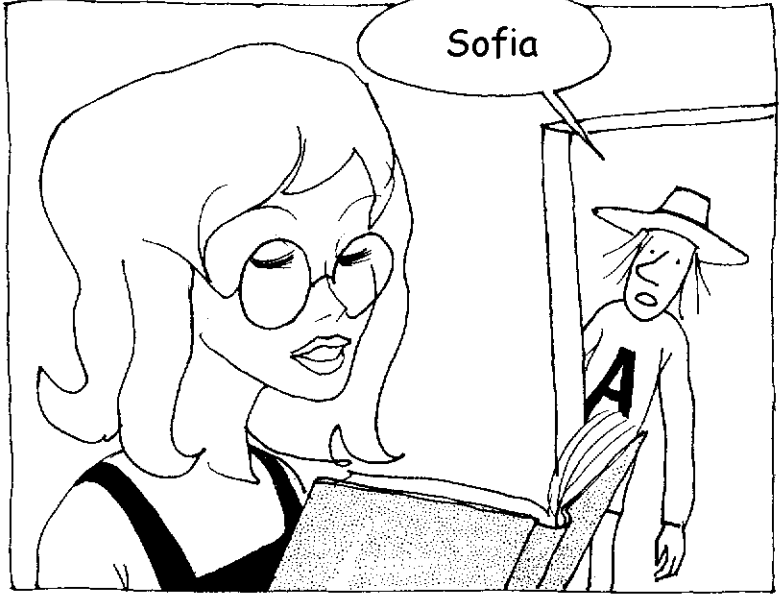
2000 volts: niente

20000 volts: NIENTE



Eppure il neon della cucina usa un ampère a 220 volt

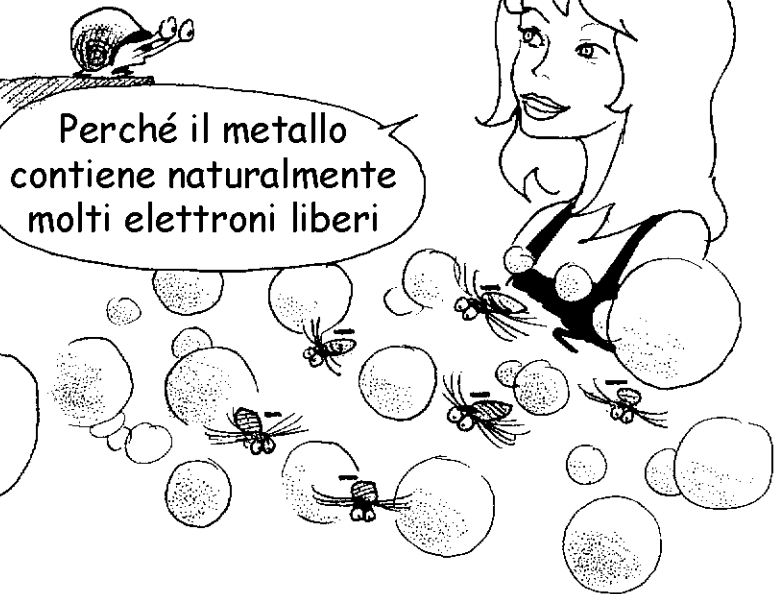
Sofia



Forse é questione di feeling?

In un **CONDUTTORE** il passaggio di corrente elettrica si verifica grazie a un movimento di **ELETTRONI LIBERI**.

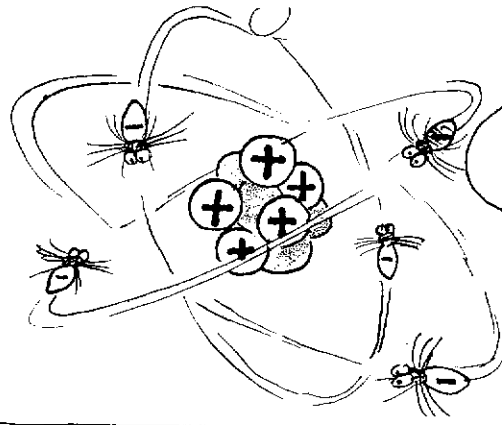
ma perché allora la corrente passa attraverso il metallo?



Perché il metallo contiene naturalmente molti elettroni liberi

Ora, in un neon a temperatura normale ce ne sono molto pochi

Vuoi dire che nei gas freddi non ci sono elettroni?

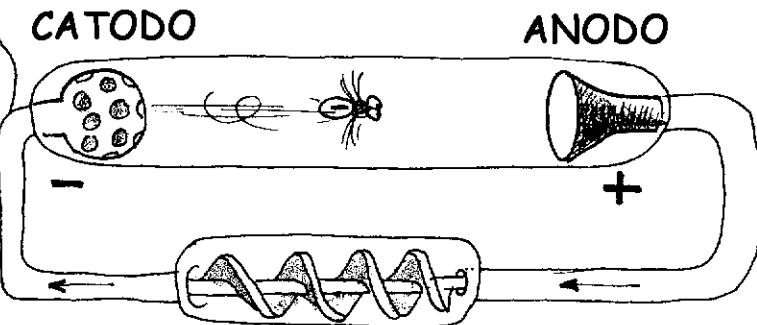


Ecco alcuni **ELETTRONI LEGATI**

No, ci sono ma sono tutti impegnati a girare sulla loro orbita intorno ai nuclei degli atomi

Cosa é che li fa girare ?

Il loro movimento inizia grazie al **GENERATORE** che agisce come una pompa



GENERATORE ELETTRICO

Bè, allora dove é il problema ?

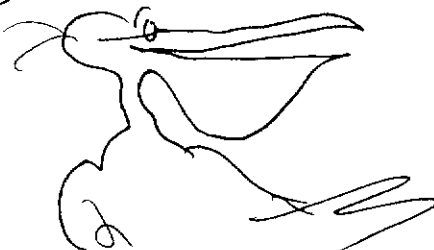
Grande! Funziona

Tiresia togliti di lì

Ouch!

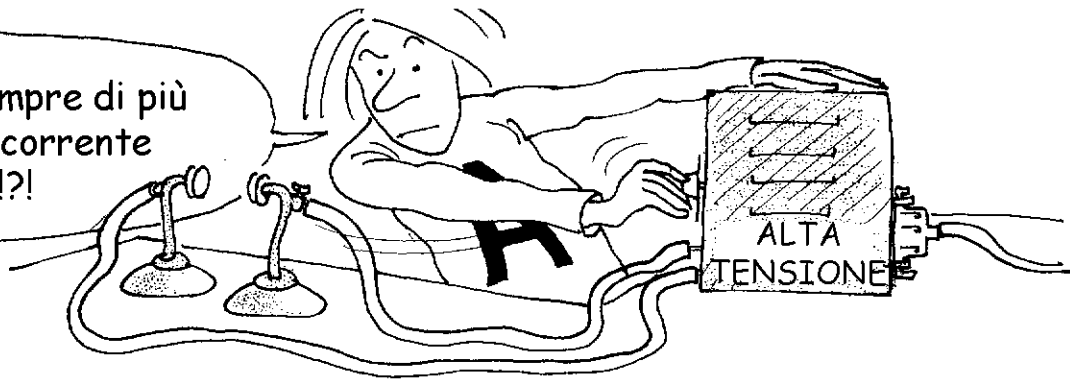
Anselmo ha trovato una **POMPA A ELETTRONI**

E' un generatore di corrente continua ad alta tensione

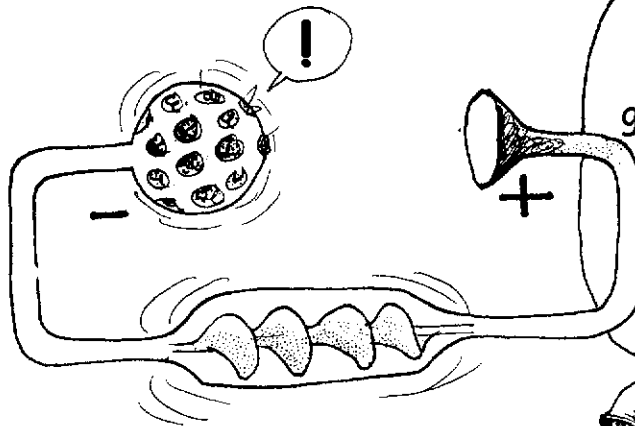


L'ARCO ELETTRICO

Che strano, alzo sempre di più la tensione ma la corrente non passa !?!

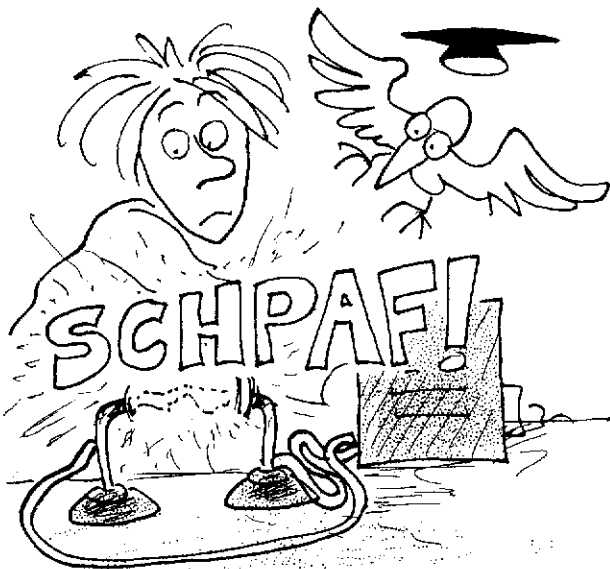
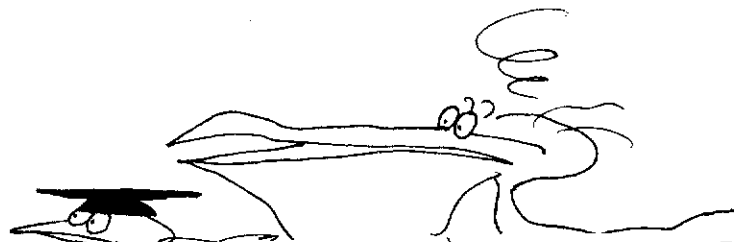
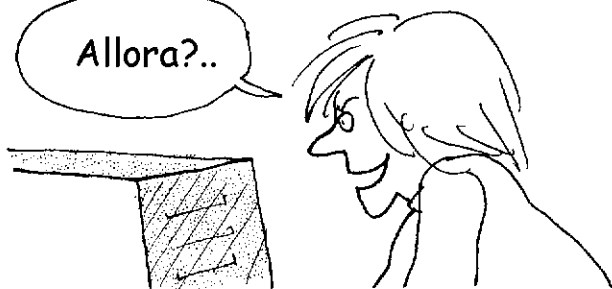


venti mila volt...
trenta mila...



Aumentando la tensione del generatore, Anselmo incrementa la "pressione elettronica" nel catodo

Allora?..



Si può sapere cosa é successo ?

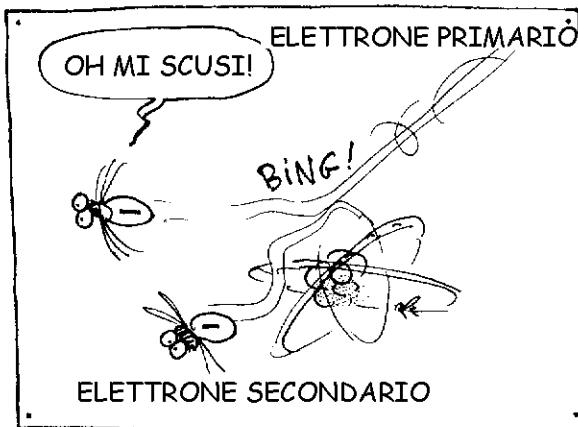
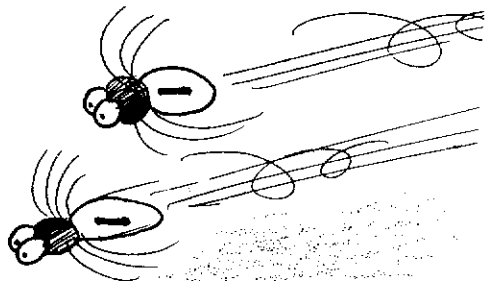


Ti sei fatto male ?

Puoi tornare, é finito

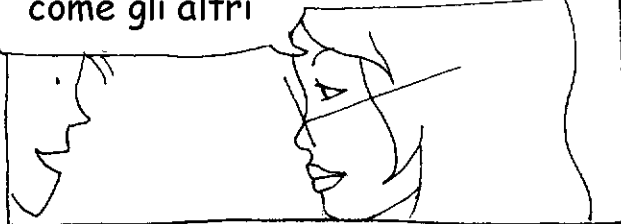
LA VALANGA ELETTRONICA

Un generatore elettrico crea un **CAMPO ELETTROCONDUTTORE** tra i suoi elettrodi. Campo che tende a muovere gli elettroni liberi. Anche nel gas a temperatura ambiente, c'è un piccolo numero di elettroni liberi che vengono attratti violentemente dal catodo all'anodo. Questi elettroni, che accelerano tra due collisioni con gli atomi e sono detti primari, acquisiscono abbastanza energia (cinetica) per poter staccare gli elettroni legati a questi atomi e trasformarli in nuovi elettroni liberi.

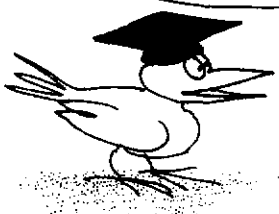
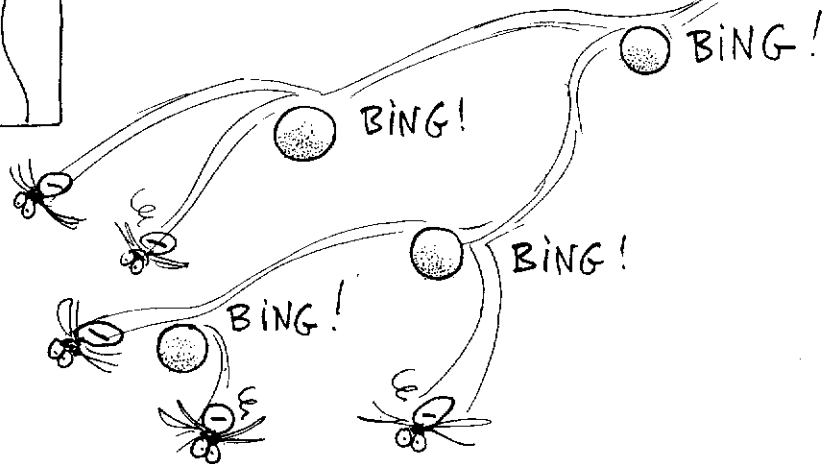


Ogni elettrone staccato diventa un **ELETTRONE LIBERO** che si mette subito ad accelerare come gli altri

Ogni elettrone iniziale, primario, può in questo modo far nascere un gran numero di nuovi elettroni secondari.



Questo si chiama
**VALANGA
ELETTRONICA**

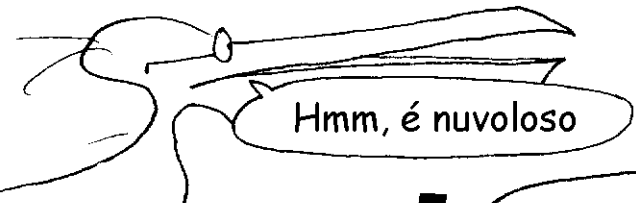




Nell'esperimento che abbiamo appena fatto, tutto questo si traduce in una crescita vertiginosa d'intensità del flusso di elettroni

In altre parole, il gas che si trova tra gli elettrodi diventa improvvisamente molto conduttivo. Il generatore, venutosi a trovare in **CORTO-CIRCUITO** si è bruciato.

Nell'aria, questo si verifica quando, a pressione atmosferica, la differenza di potenziale raggiunge i 30.000 volt per centimetro.



Hmm, é nuvoloso

BOUM!

Il **LAMPO** é un arco elettrico che si produce quando la differenza di potenziale tra una nuvola e il suolo supera una determinata soglia.



Come può l'elettricità fare così tanto rumore?



Nell'arco elettrico c'è una violenta emissione di calore che dà luogo a un'**ONDA D'URTO**

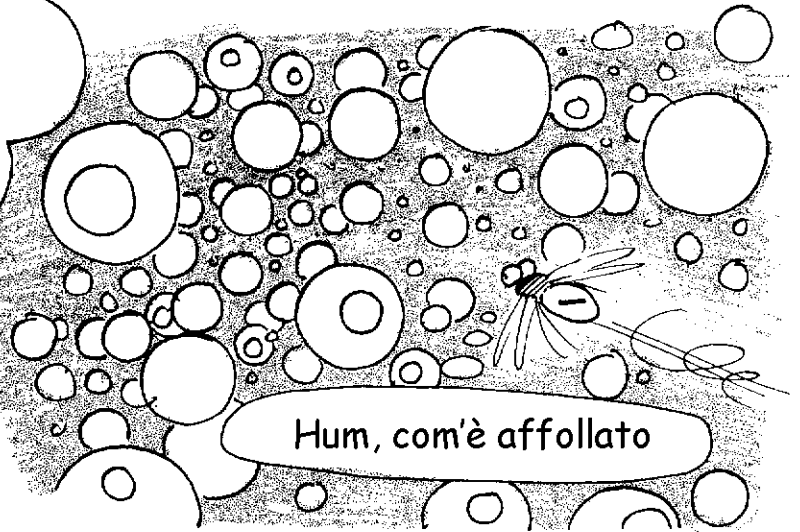


Ma tutto questo non risolve
il mio problema né spiega perché
la corrente elettrica passa
attraverso il tubo della cucina

Il mistero
rimane!

IL PERCORSO LIBERO MEDIO

Vediamo. La valanga elettronica
avviene quando l'elettrone riesce
ad acquisire abbastanza energia,
in relazione allo spazio,
sulla sua traiettoria...



Hum, com'è affollato

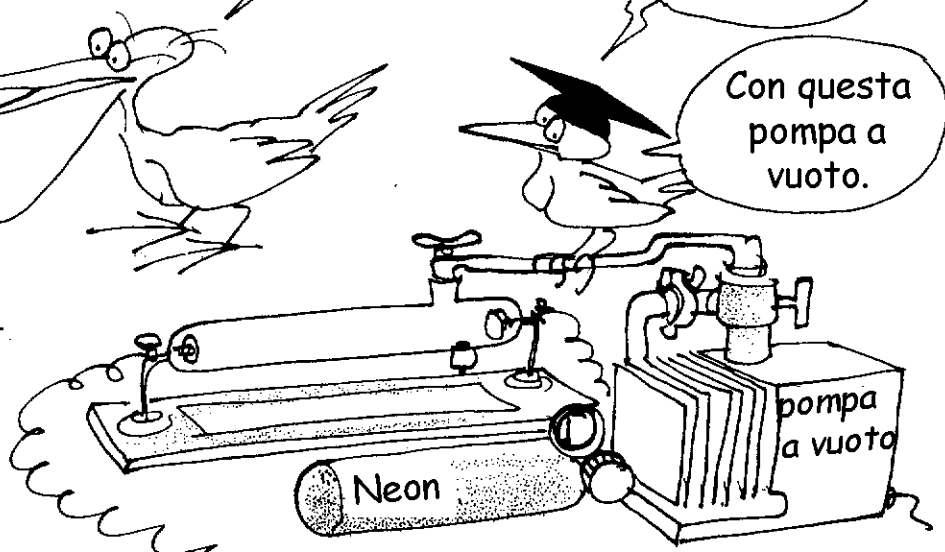
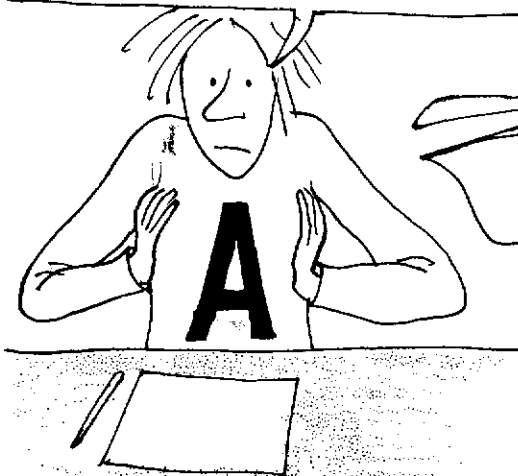
Questo si chiama
PERCORSO LIBERO MEDIO

mi sembra di capire che se io
aumentò il percorso libero medio
di un elettrone, lui accelererà più
a lungo e quindi acquisterà più
energia.

Ma... come
si può aumentare
il percorso libero?

E' semplice,
diminuisce
la densità
del gas.

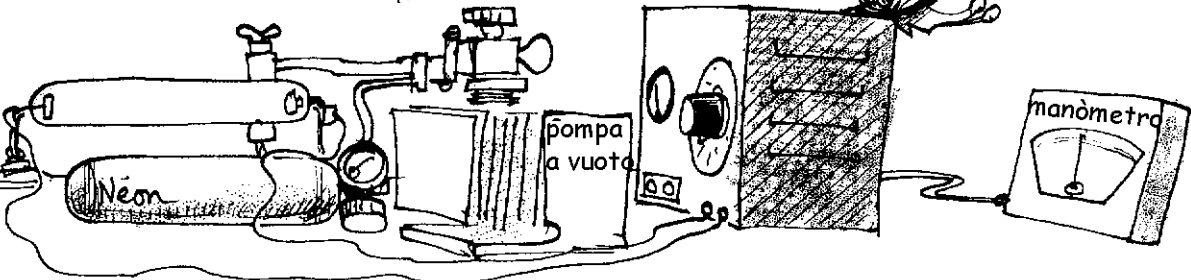
Con questa
pompa a
vuoto.



Metto due cento volt e pompo

PATAFLOUP
PATAFLOUP
PATAFLOUP

La pressione sta scendendo

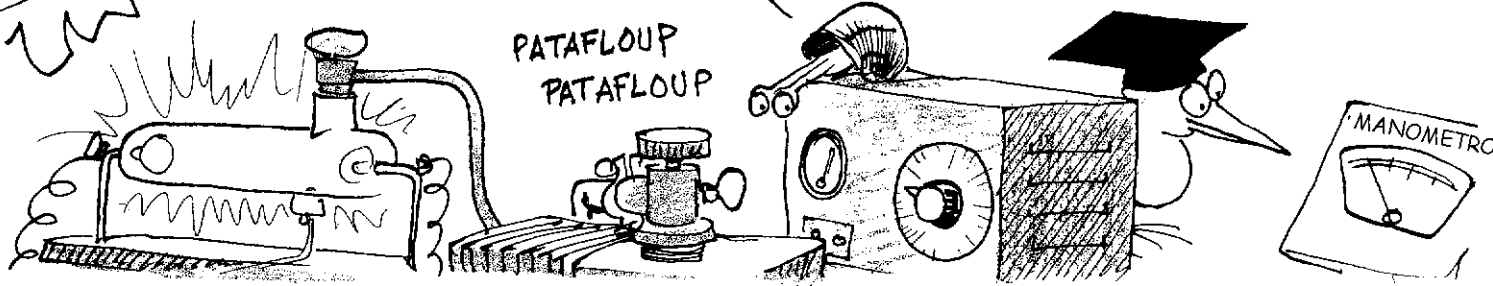


Yuppi!

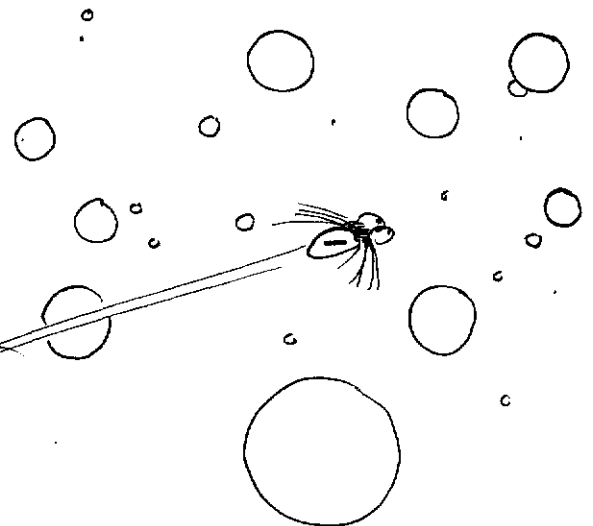
Sofia, il tubo si sta illuminando!

La pressione é scesa a un decimillesimo di atmosfera

la corrente passa!



Con una pressione e una densità così basse, una tensione di duecento volt, applicata a questo tubo di cinquanta centimetri, basta a creare la valanga elettronica.



IONIZZAZIONE

DE-IONIZZAZIONE

In questa... valanga di cui parla c'è una creazione continua di elettroni liberi. Ma... se si continua così alla fine non ci saranno più elettroni liberi, no?

Vedi Leon, ogni elettrone che si stacca da un atomo lascia una carica positiva orfana. L'atomo in questo caso viene chiamato **IONE**

Tutti gli atomi finiscono per ionizzarsi?

No

ma... le cariche di segno contrario si attraggono, no?

IONE

ELETTRONE



IONE



ATOMO NEUTRO

Giusto. Gli elettroni tendono continuamente a tornare verso gli ioni, neutralizzandoli. Questo è chiamato fenomeno di **DEIONIZZAZIONE**

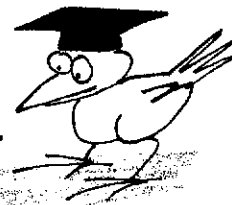
Mentre la creazione simultanea di elettroni e di ioni è il fenomeno di **IONIZZAZIONE**

Nella deionizzazione, un eventuale eccesso di energia cinetica viene dissipato sotto forma di radiazioni che contribuiscono perché il gas emetta luce.

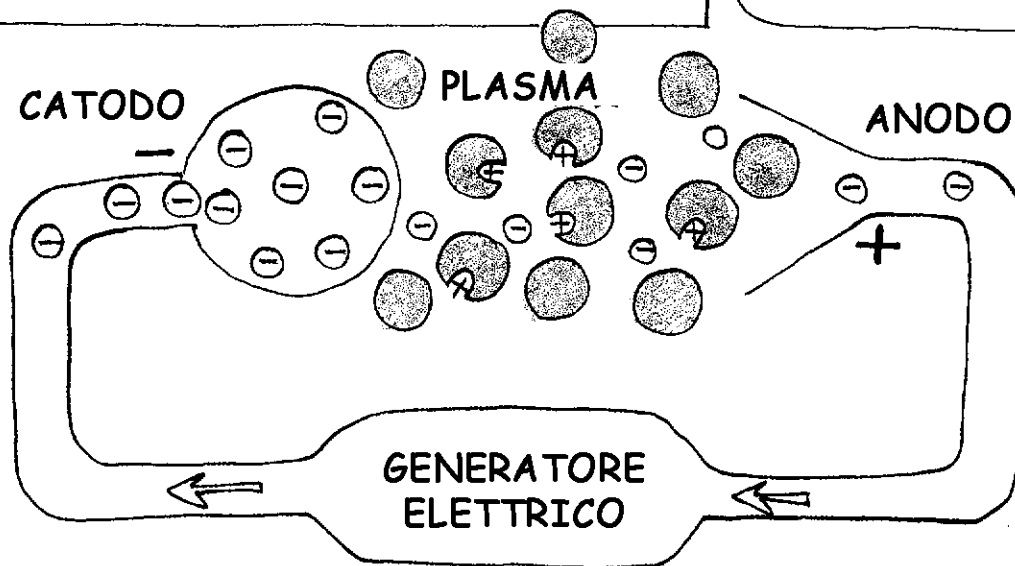
IL PLASMA

Riassumendo. Una specie di pompa a elettroni, chiamato generatore elettrico, arricchisce un **CATODO** di elettroni. Questa carica catodica agisce sugli elettroni del gas accelerandoli e creando senza sosta dei nuovi elettroni liberi per l'effetto della valanga elettronica.

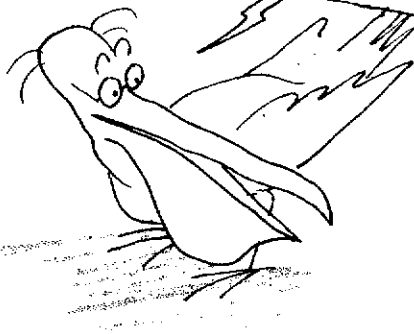
Quando i fenomeni di **IONIZZAZIONE** e **DEIONIZZAZIONE** si equilibrano, si ottiene un miscuglio di ioni, di elettroni e di atomi neutri che si chiama **PLASMA**, elettricamente neutro.



La corrente degli elettroni circola. Vengono emessi dal catodo e ricevuti dall'anodo.



PERDINCI. Quindi quando accendo un tubo al neon creo un **PLASMA**



E' pazzesco quello che si trova nelle case



Un plasma ?!

Un tubo al neon in funzione contiene un plasma. Max dice che anche il sole è un plasma, una grossa palla di gas ionizzato. Ma perché quello è caldo mentre il tubo al neon resta freddo?

In questo tipo di plasma 'freddo' è l'urto degli elettroni contro gli atomi che innesca la ionizzazione, mentre nel sole sono le collisioni tra atomi. Questi sono necessariamente in uno stato di agitazione, cosa che fa sì che il gas sia caldo

Nel tubo al neon si ha una **IONIZZAZIONE NON TERMICA**

Ma in questo plasma ci sono due tipi di carica: gli elettroni e gli ioni. In teoria, la forza elettrica agisce su entrambi, no?

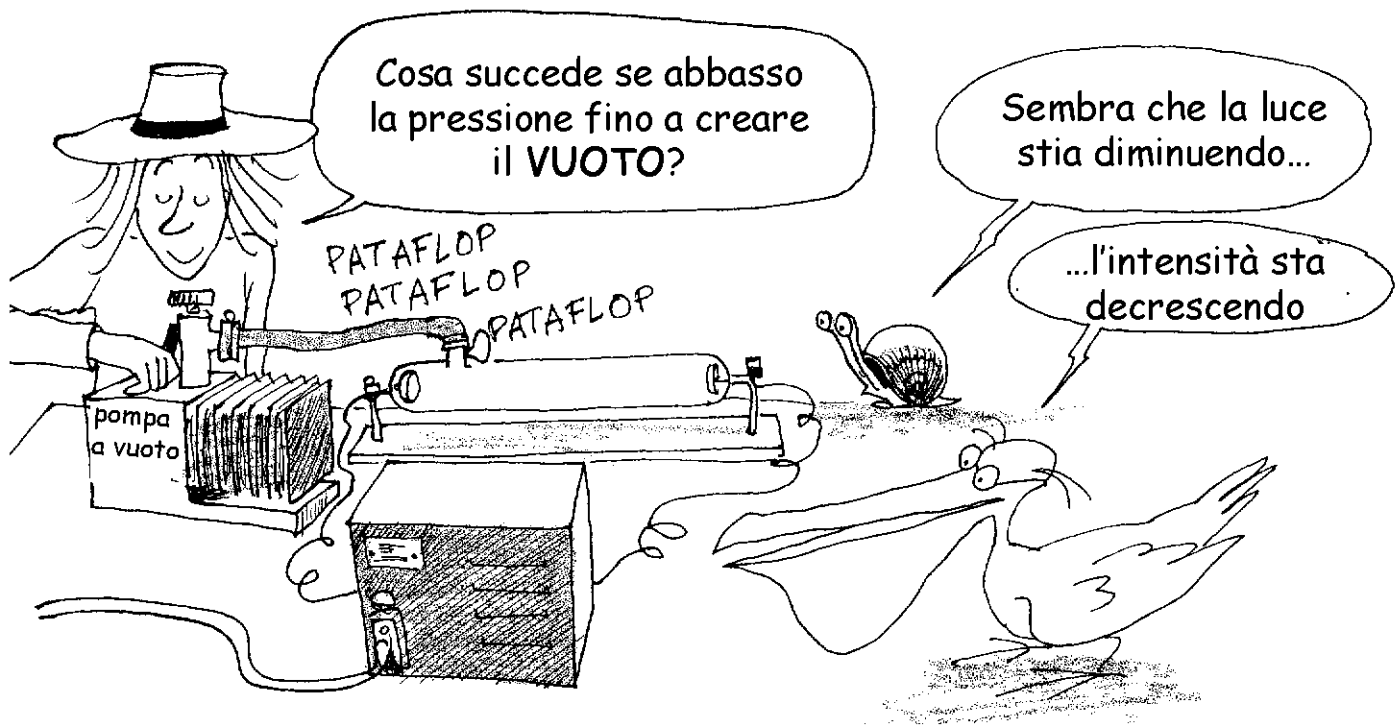
Sì. Il campo elettrico che si crea nel tubo e che mette in movimento le cariche attira gli elettroni in un senso e gli ioni in un altro.

Il campo è dovuto all'accumularsi degli elettroni nel catodo a causa della "pressione" elettronica

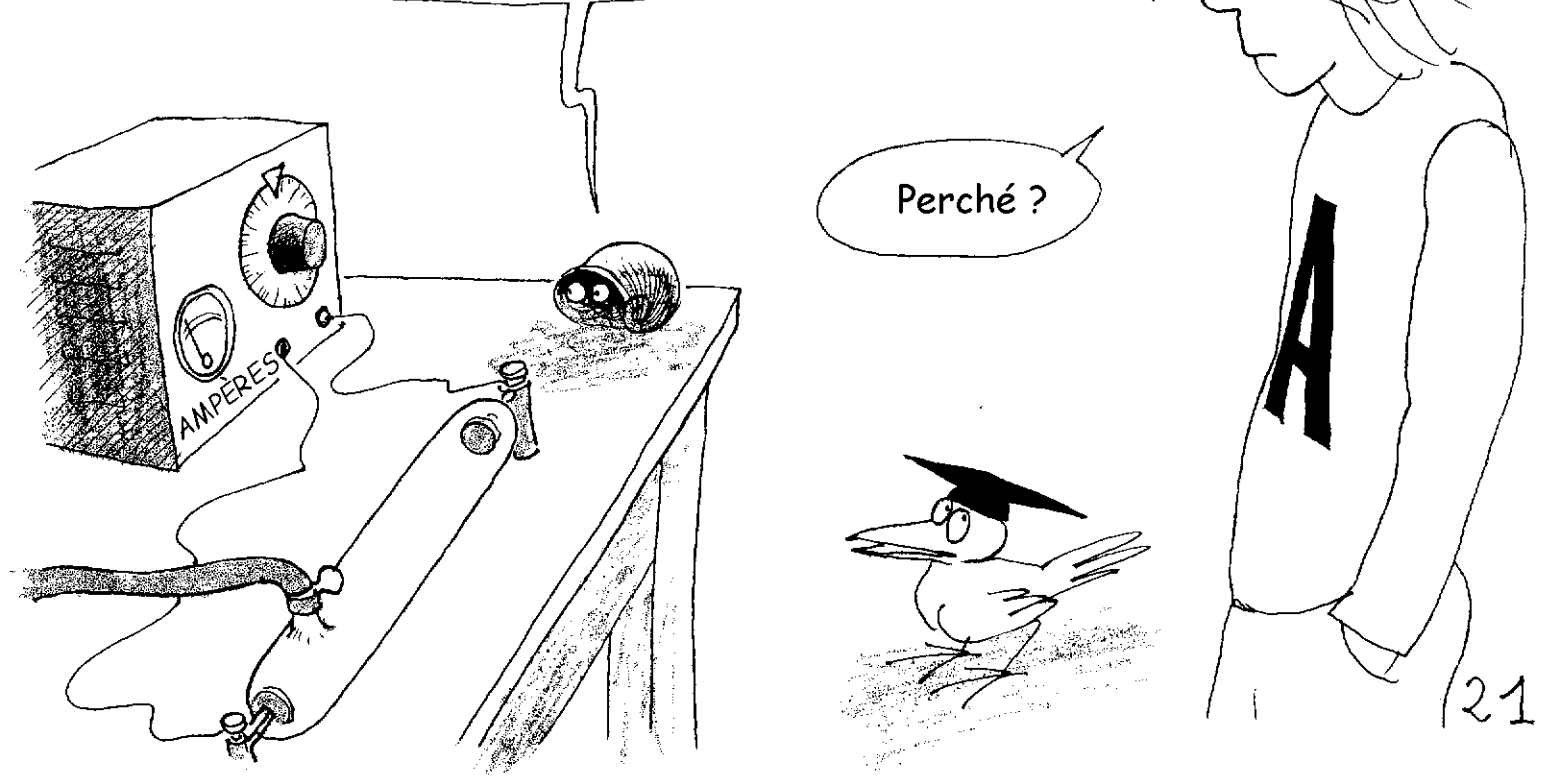
Le collisioni con gli atomi neutri frenano la progressione delle cariche. Solo gli elettroni, leggeri e mobili, riescono ad aprirsi un varco in questo disordine

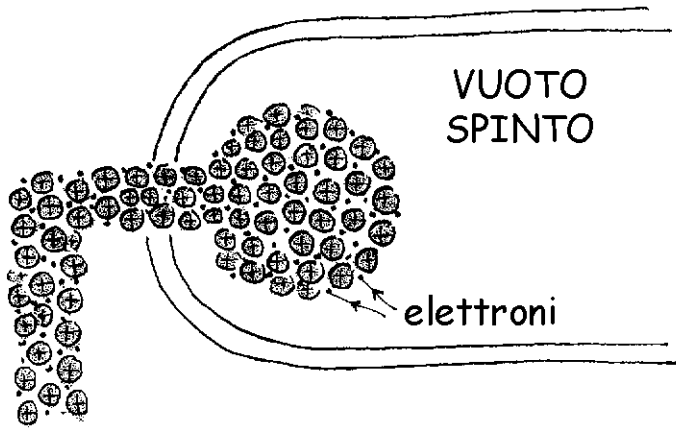
Questo significa che nel tubo al neon la **CORRENTE IONICA** resta molto inferiore alla **CORRENTE ELETTRICA**

EMISSIONE CATODICA

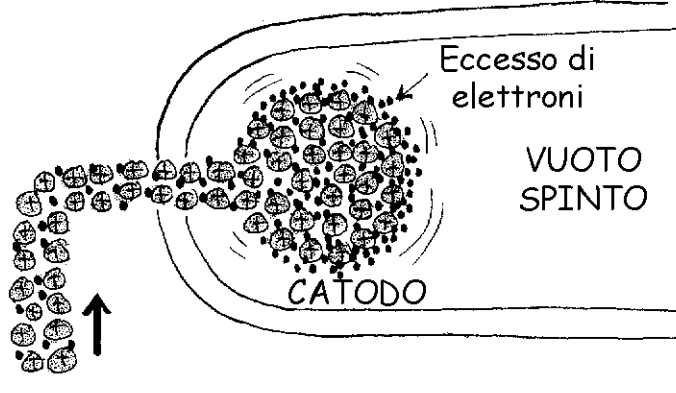


Non capisco. Ad alta pressione, non funzionava niente. Poi, a una pressione inferiore si é messo a funzionare. Ma adesso quando si continua ad abbassare la pressione la corrente precipita. Si direbbe che il catodo ha sempre più difficoltà a tirare fuori elettroni

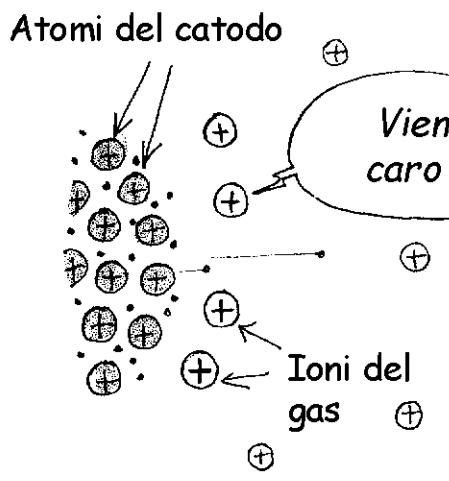




Il catodo é un pezzo di metallo costituito di nuclei di atomi, caricati positivamente, e di elettroni



Un generatore elettrico ha l'effetto di accumulare gli elettroni liberi del metallo nel catodo. Ma se la tensione è insufficiente questa pressione elettronica resta troppo debole per permettere agli elettroni di agganciarsi agli atomi del metallo

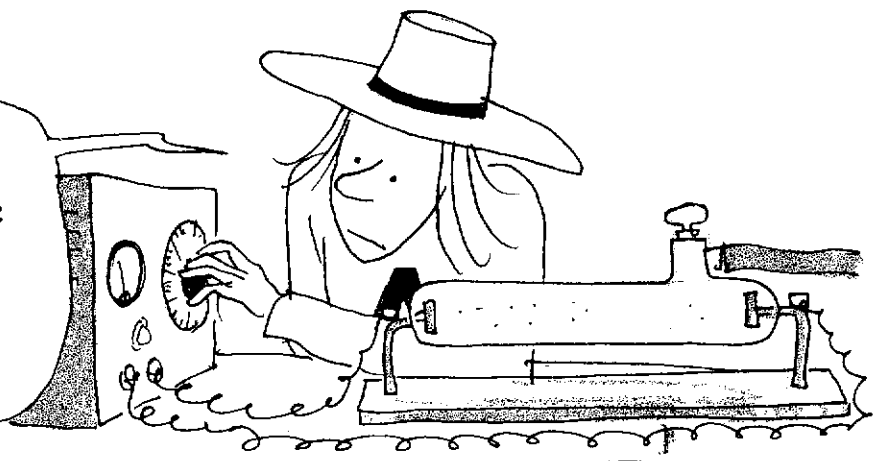


Però se ci sono atomi di gas ionizzati, questi aiutano la fuga degli elettroni

Ma se il gas é troppo denso, la corrente non riesce a passare. Questo fa si che ci sia una pressione ottimale (*)

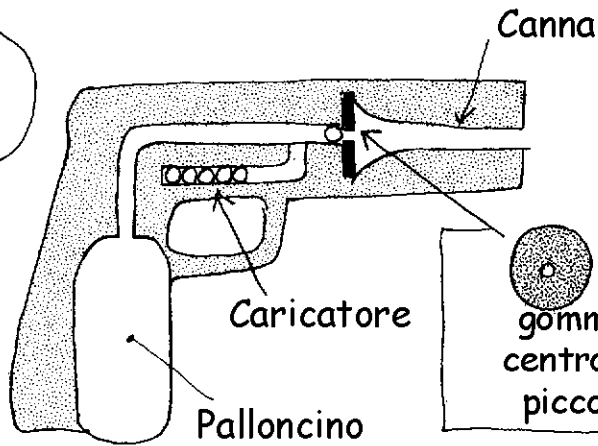
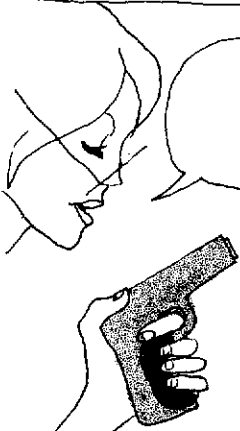
(*) Il minimo di Paschen.

Quando nel tubo abbiamo un vuoto spinto, bisogna applicare una tensione di molte migliaia di volt per far emettere pochissimi elettroni dal catodo.



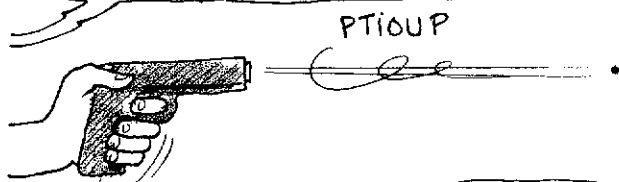
Questa tensione dipende dal metallo di cui é fatto il catodo

Ecco una vecchia pistola PNEUMASHOOT



Membrana in gomma con un buco al centro leggermente più piccolo del proiettile

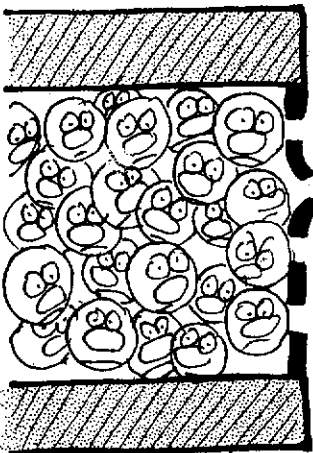
Premendo, la membrana si deforma e il proiettile viene espulso con forza



Proprio come quando sputiamo il nocciolo di una ciliegia

Attenzione là davanti!

FTIOUP!



Quando un catodo é in emissione, si comporta come una moltitudine di piccoli buchi attraverso i quali gli elettroni vengono espulsi violentemente da una "pressione elettronica"



L'EFFETTO PUNTA

ELETTRONI

FLOP!

Normalmente,
i proiettili-elettroni
attraversano più facilmente
la parete elastica là dove
questa é curva

In certe condizioni
meteorologiche, questo
produce in mare, alle
estremità degli alberi e
dei pennoni delle navi,
i cosiddetti **FUOCHI
DI SANTELMO**

...e questo spiega anche
perché i fulmini sono attratti
dai parafulmini

ELETTRONI

Torniamo alle scariche nei tubi a vuoto

Corrente che scalda il catodo

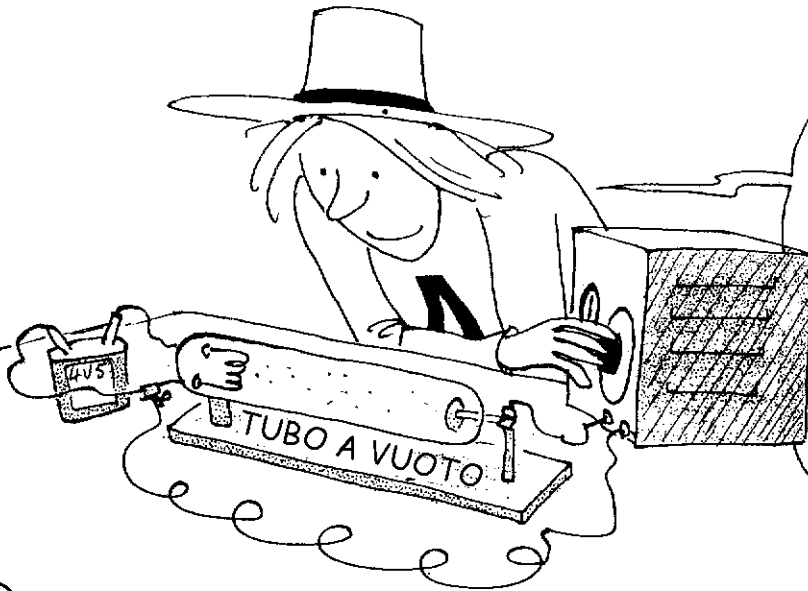
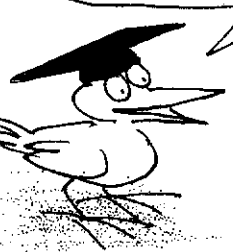
catodo scaldato

Si può facilitare enormemente questa emissione elettronica scaldando il catodo, per esempio facendovi circolare un po' di corrente, come in questo caso, con un generatore a bassa tensione (una semplice pila é sufficiente)

emissione termica di elettroni nel VUOTO

corrente di scarica nel tubo

pompa principale alta tensione



Wow! Funziona. Riesco a far passare della corrente nel tubo con meno di 100 volt.

Sofia, cosa stiamo facendo esattamente?

tutto questo gioco con gli elettroni...

Questo si chiama ELETTRONICA





Ma l'elettronica a cosa serve?

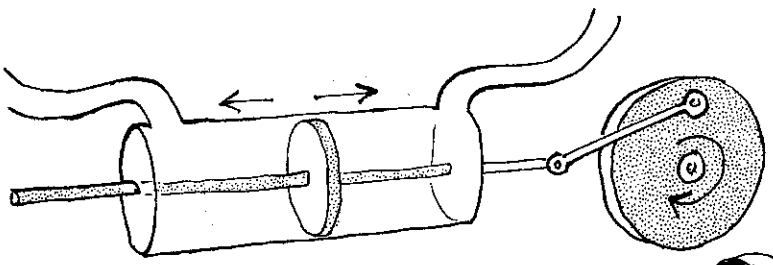
Buona domanda

ehi ragazzi, aspettate un attimo...

Fin dall'inizio abbiamo rappresentato i generatori elettrici come delle specie di pompe. Ma in casa per quel che ne so si va a corrente alternata

Cari miei, pensavate che in una casa tutto fosse evidente?

CORRENTE ALTERNATA



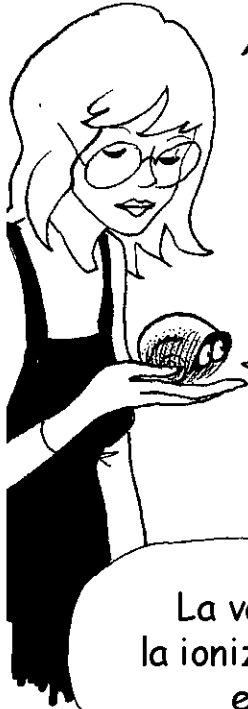
Ecco un altro tipo di generatore elettrico-pompa che funziona in modo diverso

Strana pompa!
Aspira e soffia alternativamente

Io non ci capisco più niente

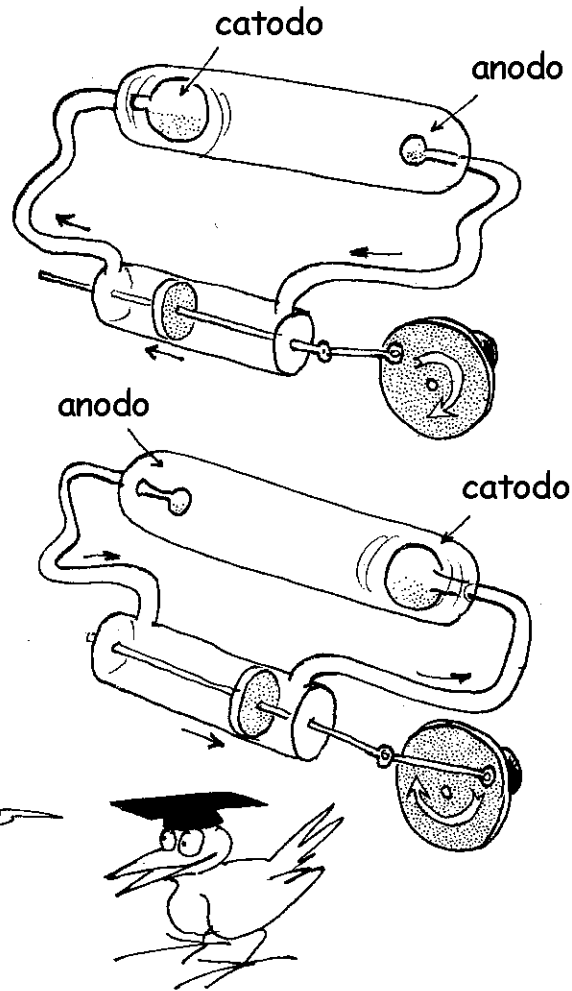
Ma dove mettiamo l'anodo e il catodo?

Gli elettrodi assumono i due ruoli alternativamente

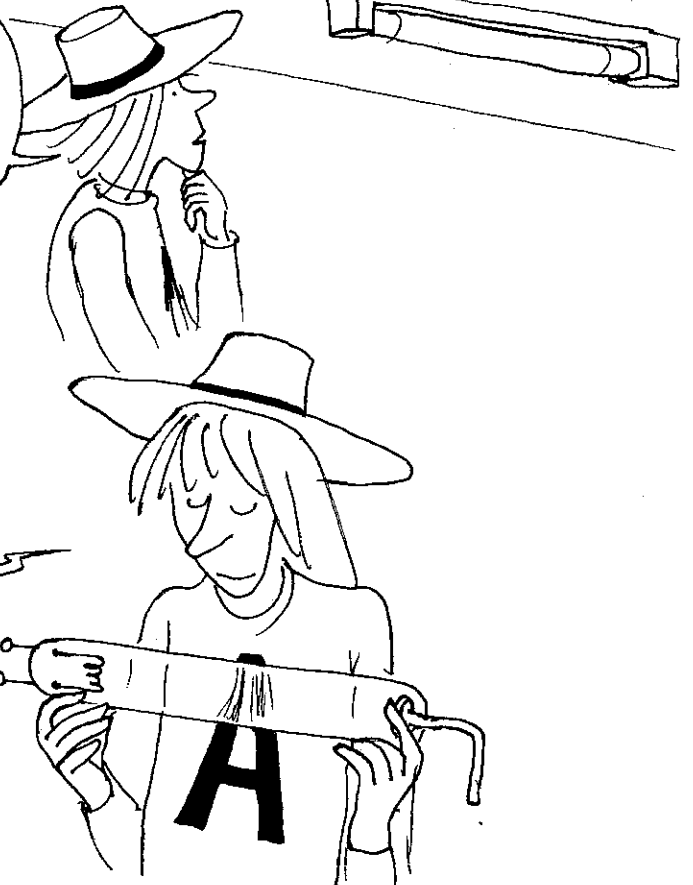


Quindi tutto quello che abbiamo detto prima può essere adattato

La valanga elettronica, la ionizzazione non termica e tutto il resto?



Certo, è logico, altrimenti non vedo come il tubo al neon della cucina potrebbe funzionare con 220V di corrente alternata



IL DIODO

Ma cosa succede se invio corrente alternata nel circuito con un elettrodo caldo e uno freddo?

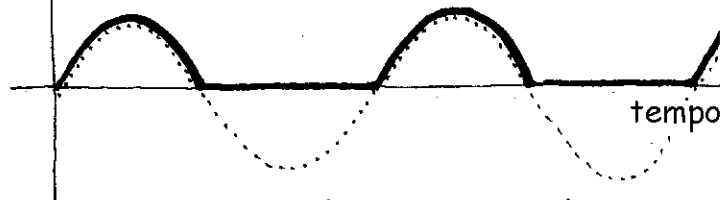


Quando l'elettrodo caldo viene usato come catodo, emette

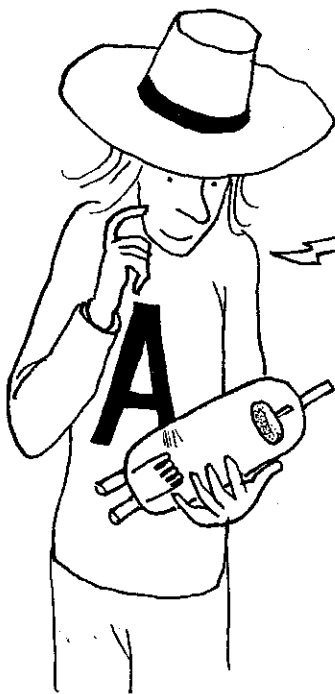
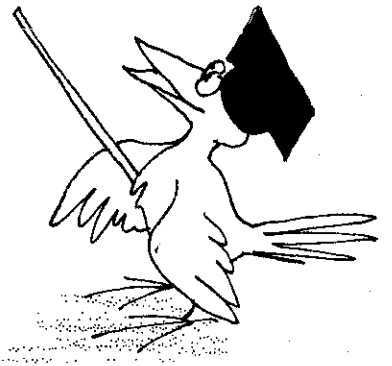
Ma quando vogliamo che a emettere sia l'elettrodo freddo non lo fa e la corrente non passa. Anselmo, hai fabbricato un **RETTIFICATORE DI CORRENTE**



↑ intensità della corrente



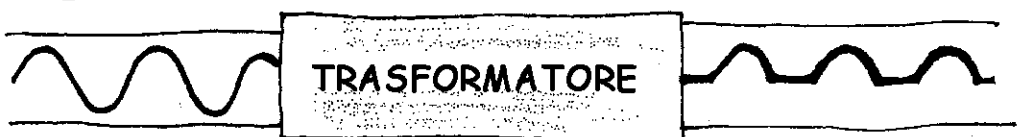
Le linee tratteggiate mostrano la 'pressione elettronica' nel catodo caldo e le linee nere gli elettroni emessi



Non so perché la casa sia alimentata a corrente alternata, ma è chiaro che questo **DIODO** può essere usato per trasformare la corrente alternata in corrente 'quasi' continua.

→ ENTRATA

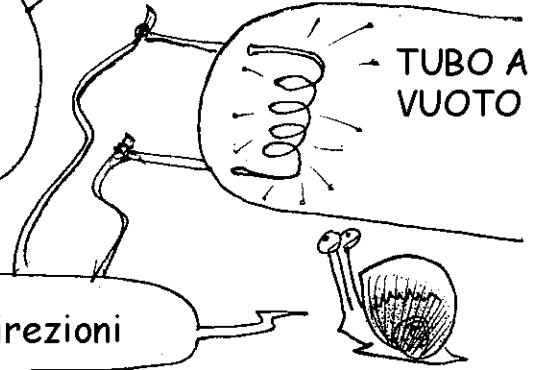
USCITA →



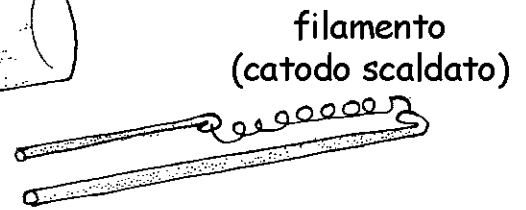
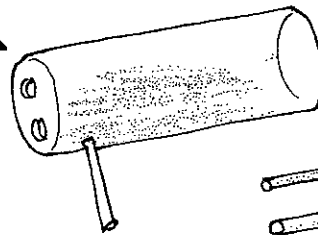
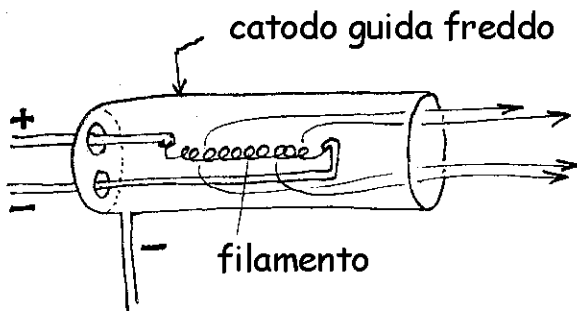
LE PISTOLE A ELETTRONI



Quindi ci sono due tipi di catodo e solo il catodo caldo è in grado di emettere elettroni, producendo corrente. Il catodo freddo è solo un portatore di carica negativa.



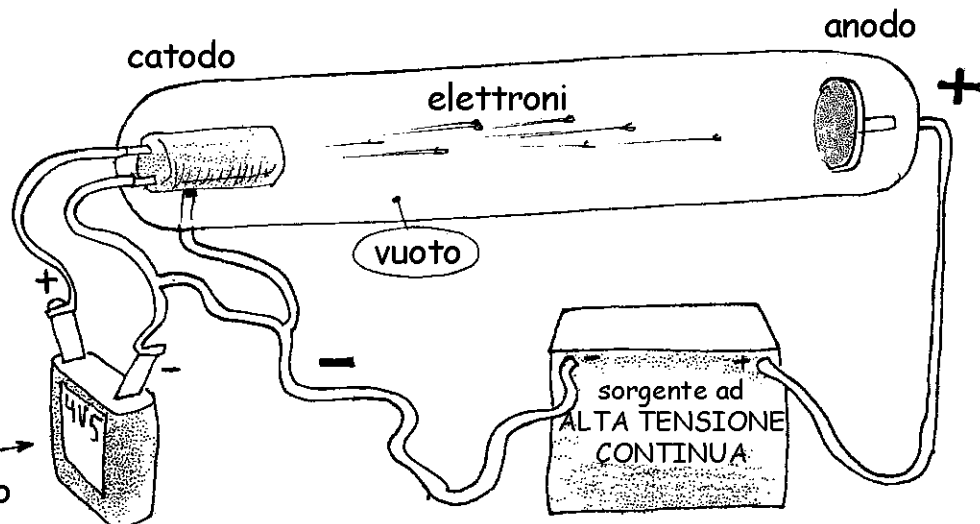
Il tuo catodo caldo emette elettroni in tutte le direzioni



Con questo catodo freddo, la cui emissione di corrente è infinitesimale, Anselmo obbliga gli elettroni emessi dal catodo caldo a uscire secondo l'asse di questa **PISTOLA A ELETTRONI** che è la loro unica via di uscita.

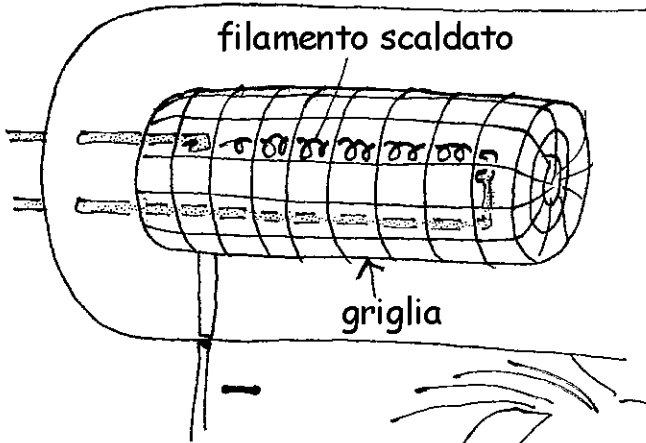


Ed ecco qua il tutto in un tubo a vuoto



sorgente a bassa tensione → che assicura il riscaldamento del filamento-catodo

IL TRIODO



Guarda, ho rinchiuso il mio catodo in questa sorta di gabbia. Quando la griglia non é carica, gli elettroni passano liberamente. Ma se la carico negativamente, respinge gli elettroni che tentano di attaccarsi al filamento facendoli cadere. In pratica annullo la corrente.

Hai fabbricato una **GRIGLIA DI COMANDO**

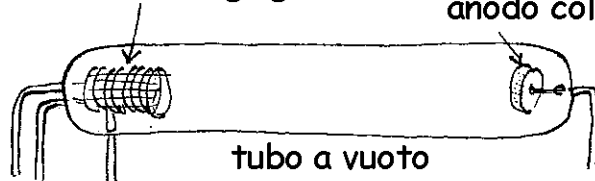
Modificando la carica elettrica della tua griglia, tramite il voltaggio, puoi modulare a tuo piacimento la corrente usando una piccolissima quantità di energia.



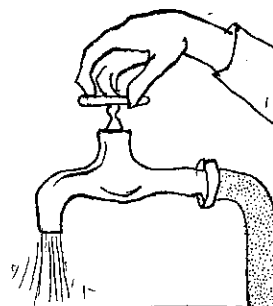
filamento nella griglia

anodo collettore

tubo a vuoto

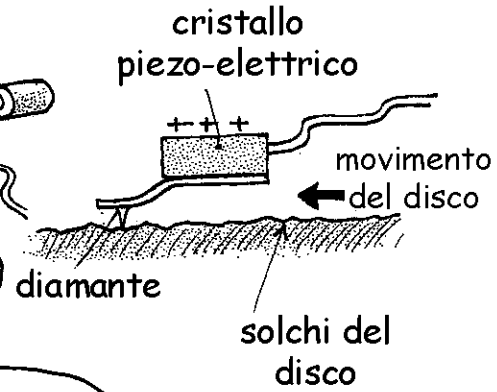
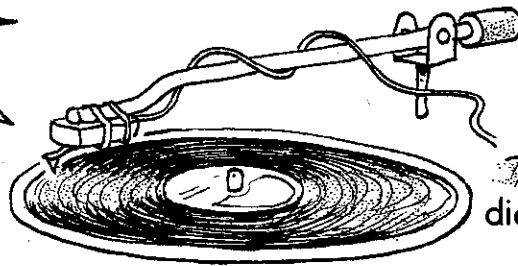
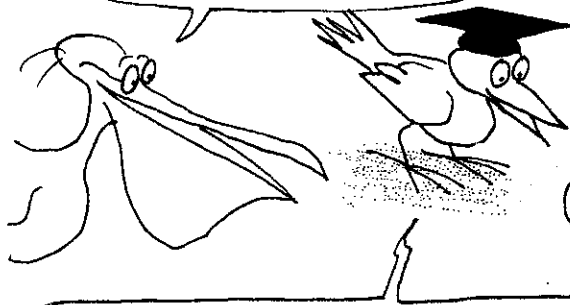


Ah si,
proprio come quando apriamo
o chiudiamo un rubinetto.



Il **TRIODO**, che ha tre elettrodi: il suo catodo caldo, il suo catodo collettore e la sua griglia, é la base degli **AMPLIFICATORI DI CORRENTE**

E quindi l'elettronica?



Ecco, guarda. I deboli impulsi elettrici creati da un cristallo piezo-elettrico attaccato all'ago della testina di questo giradischi servono a modulare la corrente prodotta da un triodo amplificatore



E' difficile immaginare la complessità delle leggi che agiscono in una cucina, un bagno o un soggiorno



Ecco, per esempio, come funziona un televisore?

Cosa é che illumina lo schermo?

Ecco un'altra domanda

Arrivo!

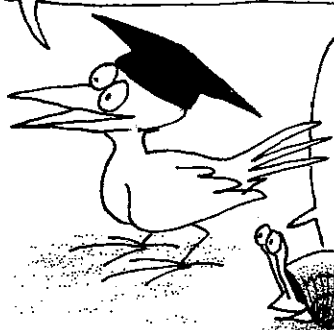


LA FLUORESCENZA

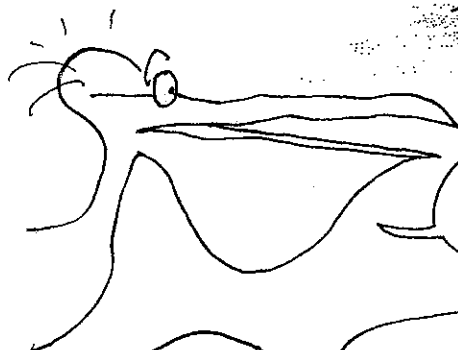


Alcune sostanze hanno la proprietà di assorbire radiazioni a determinate frequenze, e di emetterne altre.

Ah si, **FLUORESCINA** assorbe la luce bianca, che è l'insieme di tutti i colori del prisma e ha la proprietà di emettere solo il verde



Il nylon assorbe gli ultra-violetti e emette il blu. L'ho visto in un night-club. Tutti i colletti bianchi erano luminosi.



Tiresia!
Tu frequenti i night club?

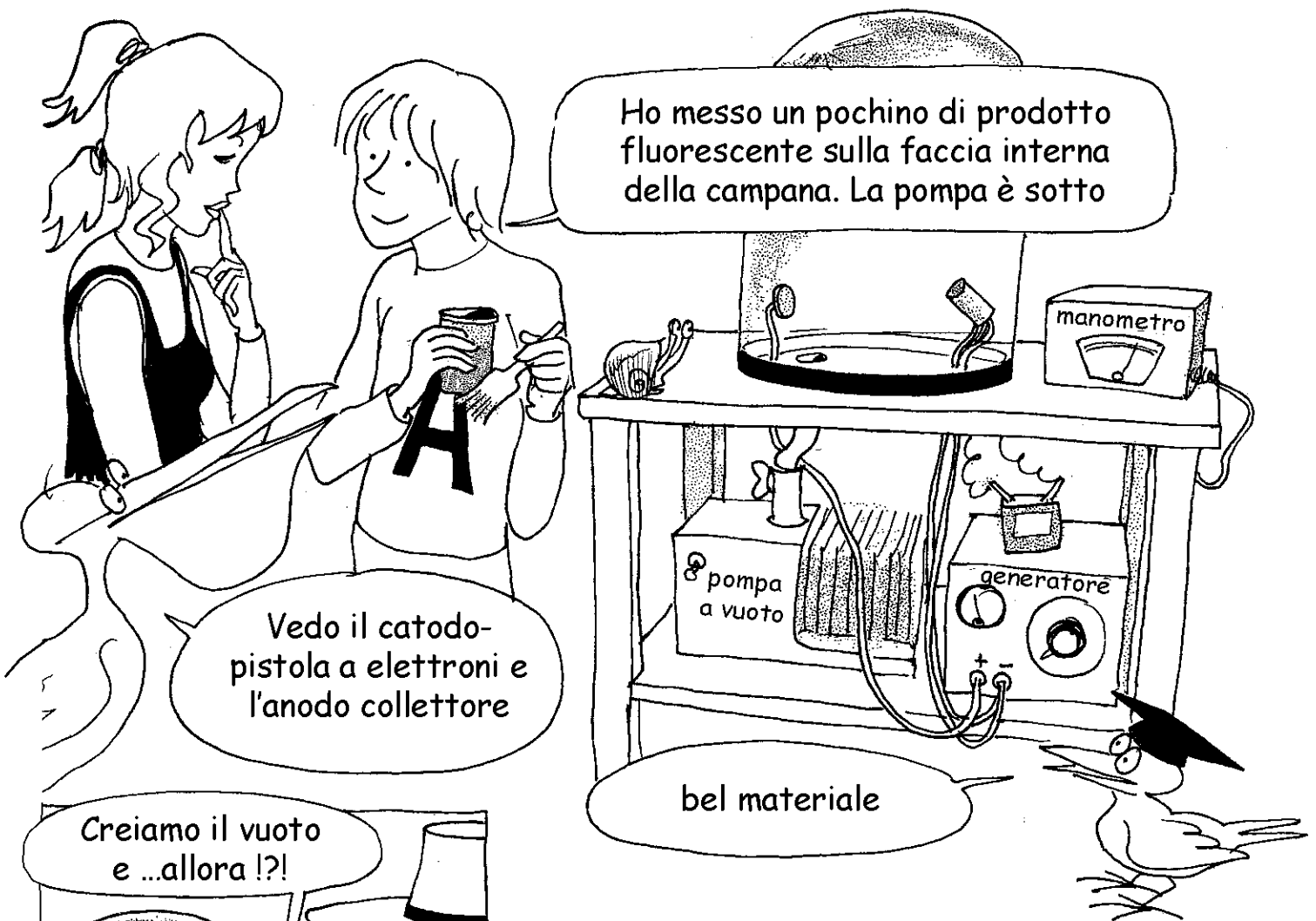


Il tubo al neon è rivestito internamente di una sostanza che agisca in modo opposto rispetto alla fluorescina. Assorbe la luce blu emessa dal neon ed emette luce bianca.



Ho trovato una campana da vuoto. Sarà più comoda per i nostri esperimenti rispetto al tubo.





Ho messo un pochino di prodotto fluorescente sulla faccia interna della campana. La pompa è sotto

Vedo il catodo-pistola a elettroni e l'anodo collettore

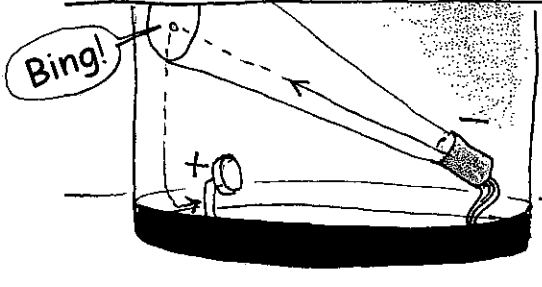
bel materiale

Creiamo il vuoto e ...allora !?!

Ricorda la pistola che abbiamo usato prima. Il catodo emette elettroni ad alta velocità e con grande energia cinetica, di fronte alle quali il potere di attrazione dell'anodo non é molto

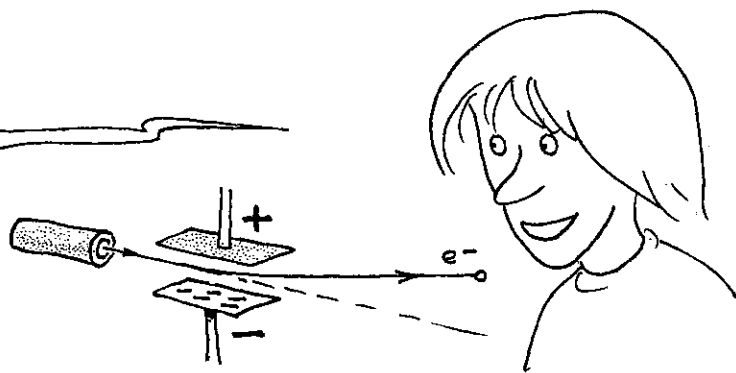
Sembra che gli elettroni si prendano gioco della posizione dell'anodo

Ma bisogna pur che questi elettroni siano raccolti dall'anodo!

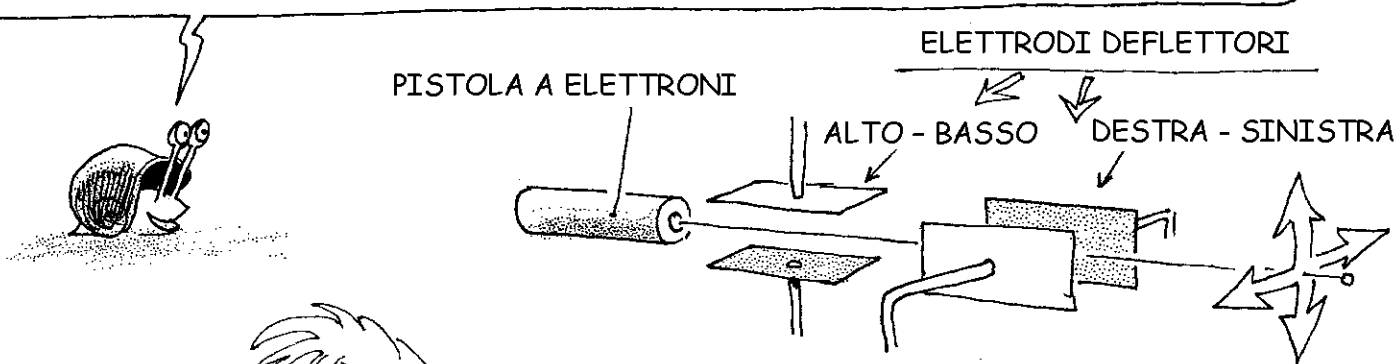


Andranno lentamente verso l'anodo dopo che avranno perso la loro energia colpendo il vetro.

Con la pistola a elettroni potevo canalizzare gli elettroni emessi da un filamento. Così i catodi freddi mi permettevano di far deflettere un sottile filo di elettroni



Con due serie di elettrodi si ha un controllo completo e preciso del nostro filo.



Questo televisore é l'adeguato adattamento della geometria della campana



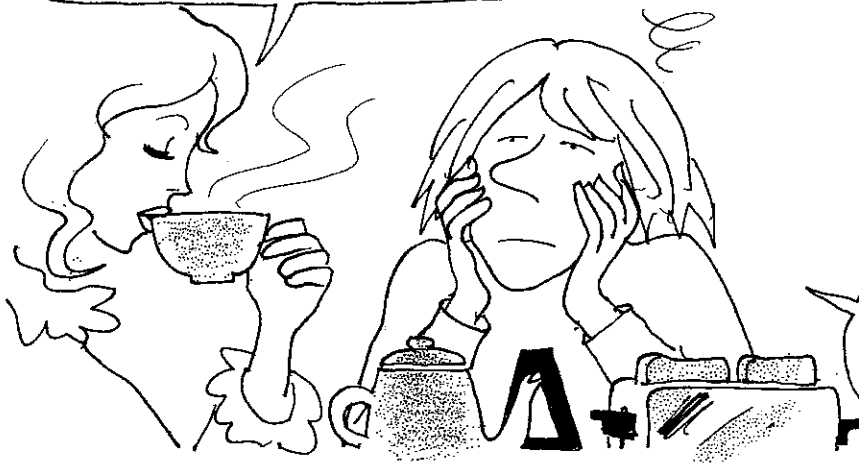
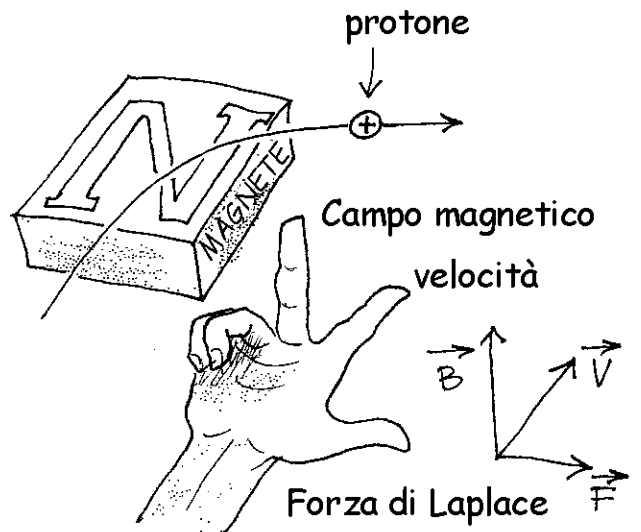
Sofia, devi assolutamente venire a vedere, é fantastico!..

Domani... sto dormendo



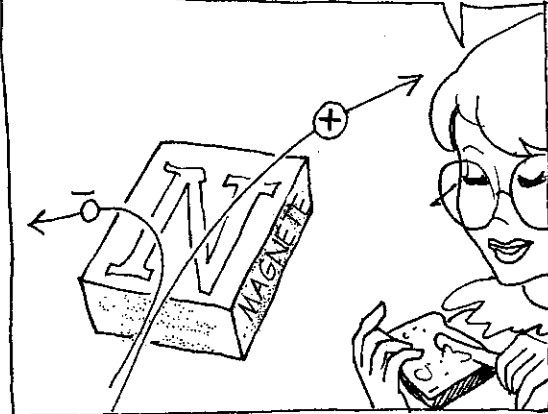
LA FORZA DI LAPLACE

E' semplice: qualsiasi particella carica che si muove e attraversa le linee di forza di un campo magnetico é soggetta a una forza corrispondente alla **REGOLA DELLE TRE DITA**

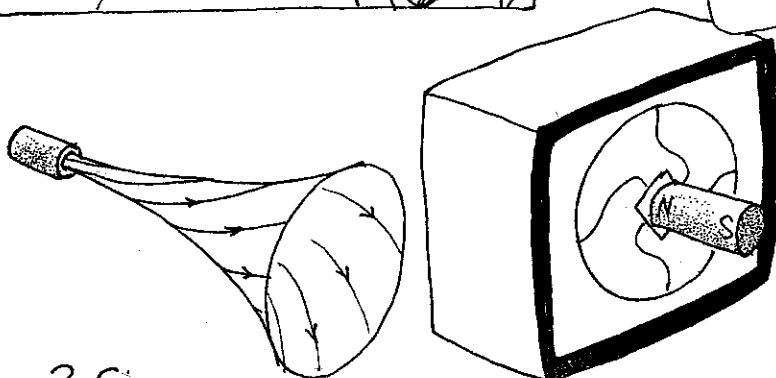
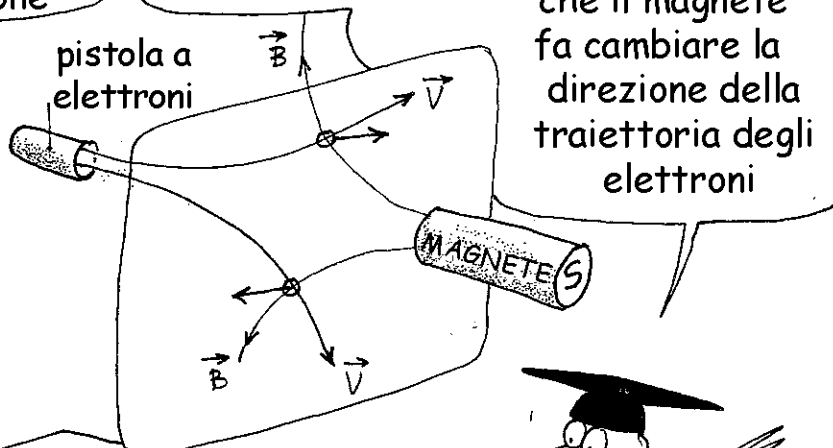


Ok, ma quando si tratta di elettroni carichi negativamente?

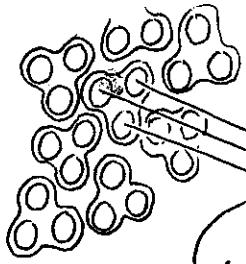
In quel caso la forza cambia direzione



applicato al televisore, vediamo che il magnete fa cambiare la direzione della traiettoria degli elettroni



... questo spiega la torsione dell'immagine sullo schermo



Lo schermo di un televisore a colori ha una serie di tre pigmenti che reagiscono quando vengono colpiti dagli elettroni ed emettono, rispettivamente, una luce blu, rossa e verde (*). Devono essere colpiti in modo molto preciso. Con il tuo magnete hai lasciato nei pigmenti un residuo magnetico che fa deviare gli elettroni creando l'effetto madreperla



Allora vuol dire che il tubo è irrimediabilmente rovinato



No, ma bisogna rimuovere il leggero residuo magnetico che hai lasciato sui pigmenti

e come si fa?



Misericordia! Cosa sta facendo??

Sofia sta creando un campo magnetico variabile per poi ridurlo allontanando la matita dallo schermo. Semplice!

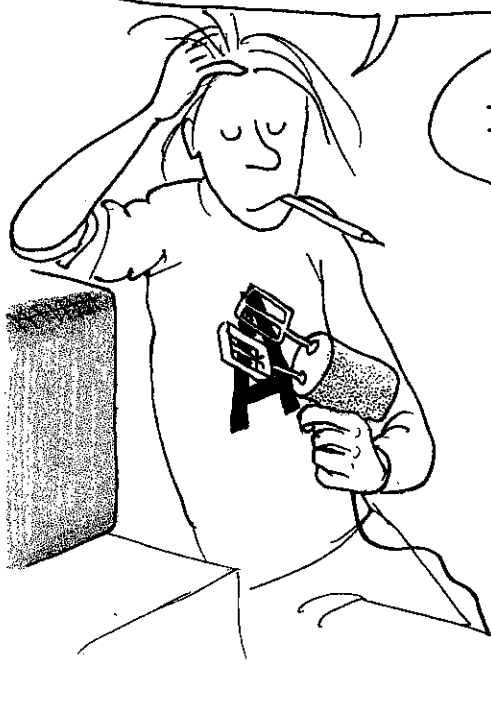


Semplice...

Questo fenomeno verrà spiegato più avanti.
La Direzione

(*) Combinandoli si possono ottenere tutti i colori dell'arcobaleno

OK, adesso lo schermo é pulito,
ma non capisco ancora com'è che
l'energia elettrica arriva nelle nostre
case, né come funziona una semplice
frusta elettrica.



Trova tu la risposta.
In casa hai tutto quello
che ti serve



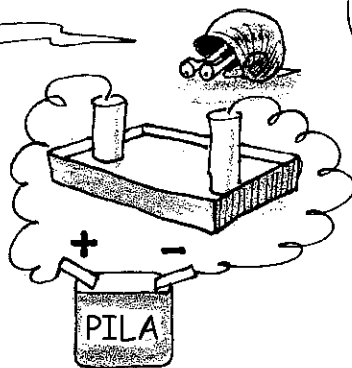
Le piace scherzare.
Cosa ho qui? Magneti, filo
elettrico, sale, acqua. Non c'è
nemmeno il necessario per
costruire una pila.



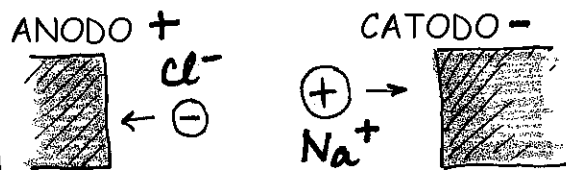
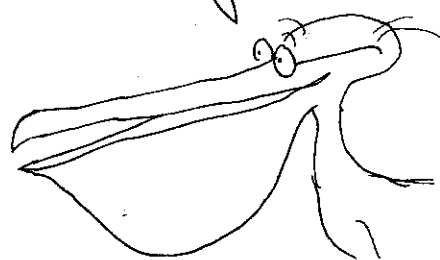
Già che ci siamo...
la corrente passa nei liquidi?

ELETTROLITI

Dunque, nei metalli c'è uno
sciame di elettroni liberi che
non chiedono altro che muoversi
liberamente. Per far sì che la
corrente passi, il gas deve
trasformarsi in plasma.
Ma nei LIQUIDI?



Suppongo che
anche lì ci siano degli
elettroni liberi



Quando sciogliamo in acqua del sale
da cucina, cloruro di sodio ClNa , i suoi atomi si
disperdono nel liquido e il cloro prende su di sé
un elettrone strappato al sodio. Questo **IONE**
cloro Cl^- si muove verso l'anodo, mentre lo ione
 Na^+ si muove verso il catodo.

La Direzione

Quindi, nei liquidi la corrente elettrica non é dovuta al movimento degli elettroni liberi, come nei metalli, ma al **TRASPORTO IONICO**



Cosa succede a questi ioni? Penetrano negli elettrodi?

No, lo ione cloro abbandona il suo elettrone all'anodo, mentre un altro elettrone emesso dal catodo neutralizza lo ione sodio

... e il cerchio si chiude

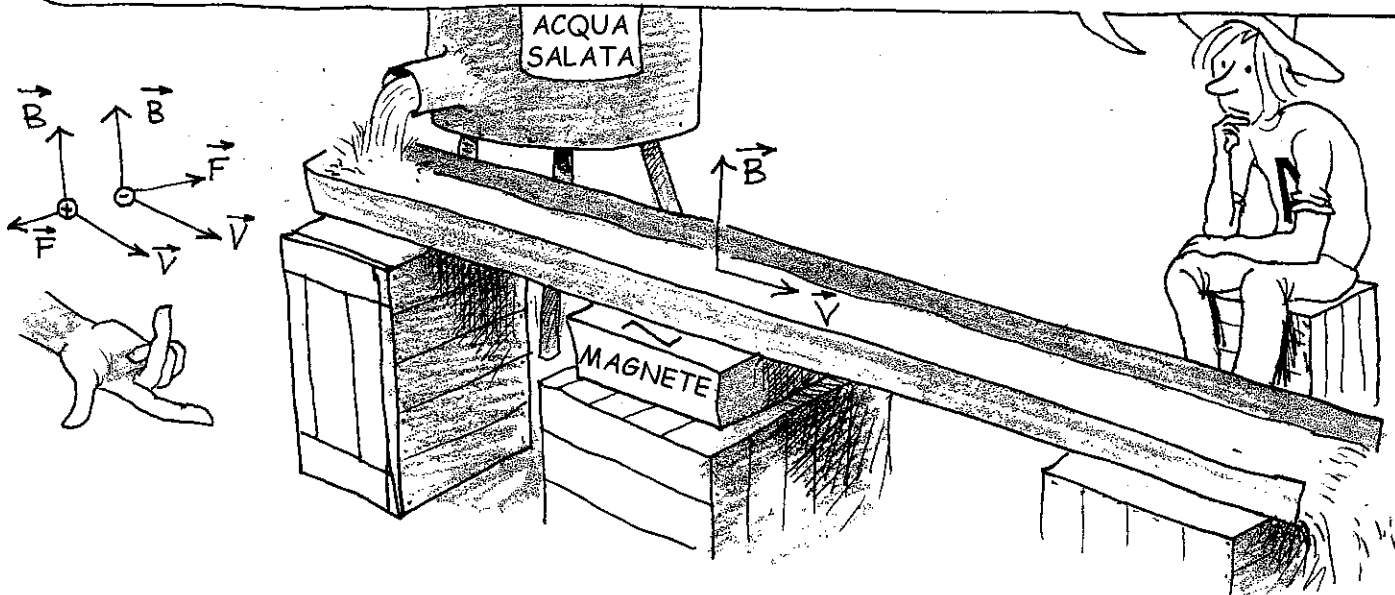
E cosa fa Lanturlu nel frattempo?

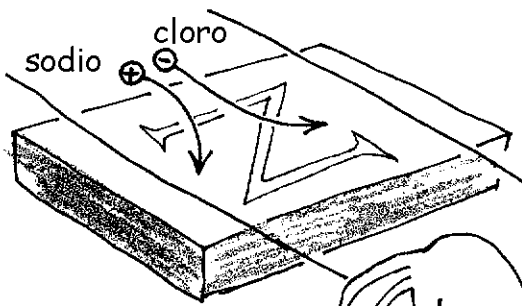
Sembra che sia tornato all'idraulica

prepariamoci ad asciugare il pavimento.

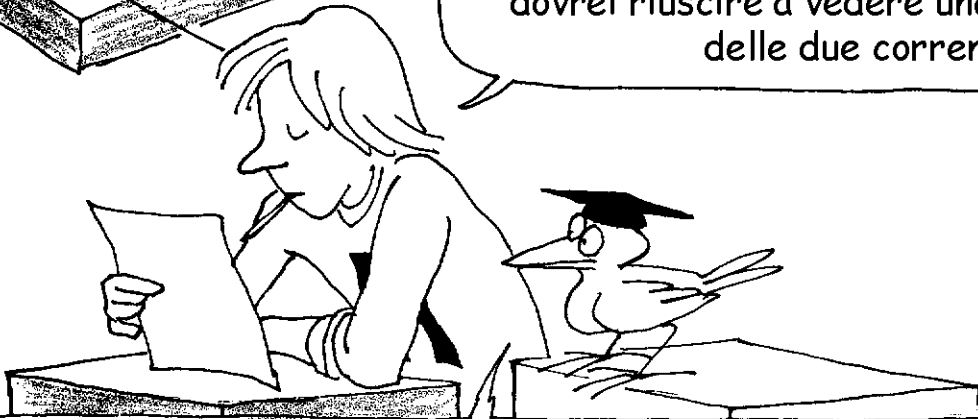
FORZA ELETTRICITRICE

Sofia dice che ogni carica elettrica che si sposta in un campo magnetico subisce la **FORZA DI LAPLACE**. Logicamente, questa forza deve agire sugli ioni Cl^- e Na^+ , contenuti nell'acqua salata in movimento



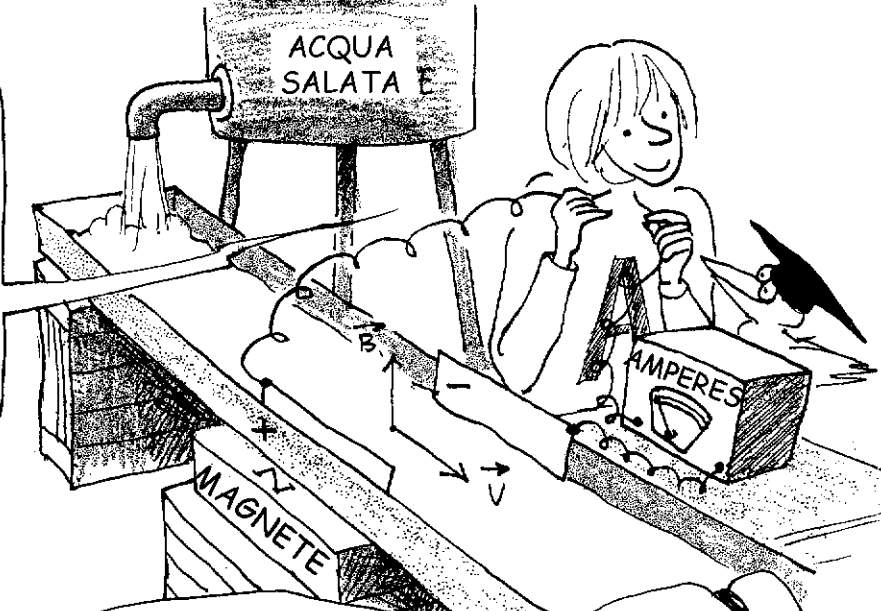


Vediamo. In un campo magnetico verticale, con direzione dal basso verso l'alto, I miei ioni sodio gireranno a destra e i miei ioni cloro a sinistra. A questo punto dovrei riuscire a vedere una separazione delle due correnti



Questa é una visione molto schematica perché in un liquido gli ioni subiscono moltissime collisioni con le molecole d'acqua e la loro corsa viene frenata. In più, le forze, che sono proporzionali alla velocità di scorrimento e all'intensità del campo magnetico, sono molto deboli

Ciononostante, caro Max, sarai d'accordo che c'è un'effettiva migrazione delle cariche in direzioni opposte. Perciò dovrei poter osservare il passaggio di una corrente elettrica mettendo nell'acqua due elettrodi appoggiati alle due sponde e collegandoli poi con un filo di rame.

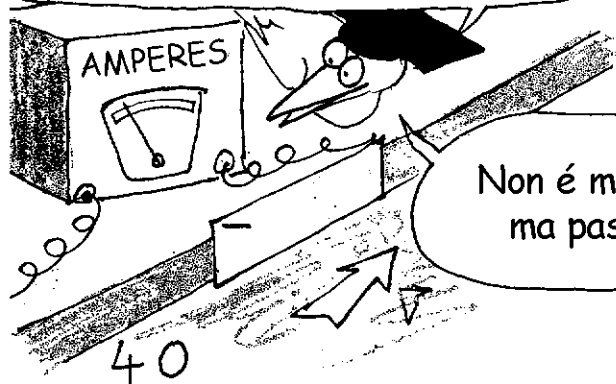


Hai ragione!
La corrente sta passando!

Sapete chi fu il primo a fare questo esperimento?

Non é molta, ma passa

NO



Fu l'inglese Michael Faraday nel 1857. Usava il movimento dell'acqua salmastra del Tamigi nei momenti delle maree e... la componente verticale del campo magnetico terrestre: solo un decimo di Gauss (*). In questo modo inventò questo tipo di generatore elettrico, detto **MAGNETOIDRODINAMICO** abbreviato con **MHD**.

Ma un generatore di questo tipo ha una potenza ridicola

Forse perché l'acqua non è l'ingrediente migliore per creare un generatore elettrico

Quindi cosa bisognerebbe utilizzare? Rame fuso?

Perché vuoi usare a tutti i costi un liquido?

LA RUOTA DI BARLOW

Sofia ha ragione. Se facciamo girare questo disco di metallo nell'apertura di un magnete creiamo una migrazione delle cariche elettriche, in questo caso elettroni, dato che le cariche positive del metallo non possono spostarsi al suo interno..

Ecco dunque il nostro primo **GENERATORE ELETTRICO**

(*) il più piccolo magnete produce un centinaio di Gauss.



Quando muovo il conduttore nell'apertura del magnete sento una forza che resiste

Vedi, le cariche sono come delle macchine in autostrada, rappresentata dal movimento del metallo. Le cariche positive sono dei camion pesanti che non riescono a girare a destra o sinistra o di cambiare velocità. Sono legati al flusso degli altri veicoli, legati a loro volta tra loro. Gli elettroni sono come motociclette che, all'inizio, seguono anche loro il flusso.

Ehi! Mi ha tagliato la strada!?!

Ed ecco cosa succede all'improvviso!

Questi elettroni sono dei cafoni!

Mi fanno rallentare!!

Ancora gente che si innervosisce per niente!

Non c'è altro da fare!!

NUCLEO DEL METALLO

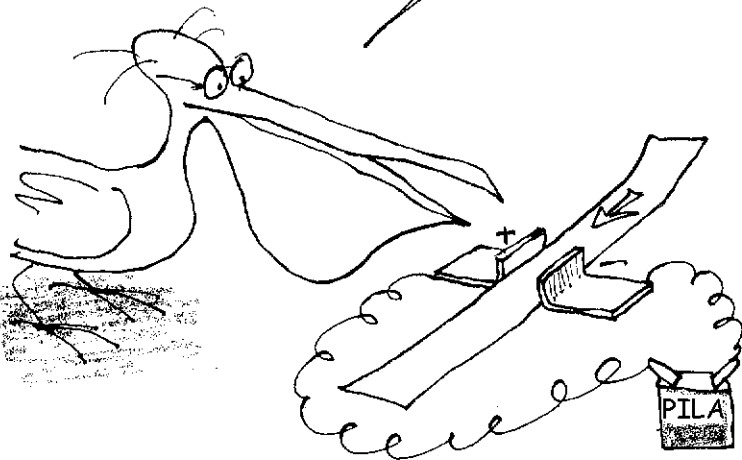
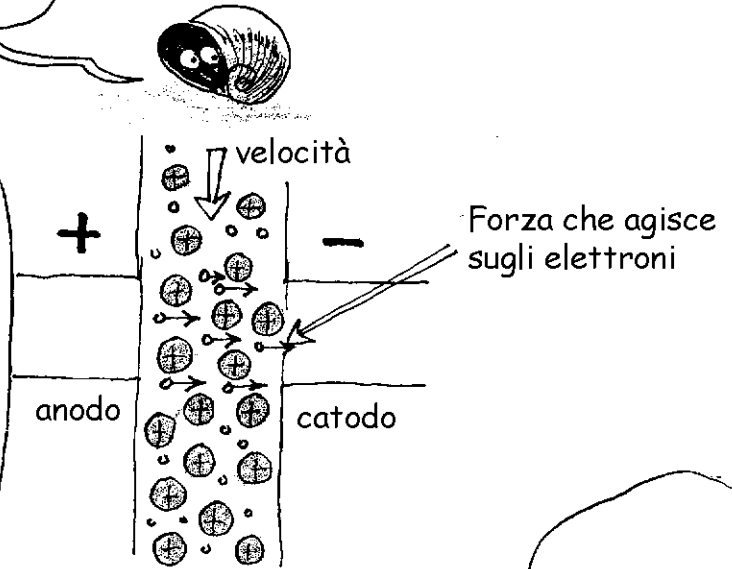


Togliti, idiota!

Elettroni: seguire la deviazione

Questo spiega, a livello microscopico, il fatto che é necessario esercitare una forza, fornire del **LAVORO** per produrre energia elettrica.

Togliami ancora un dubbio. Dimentichiamo il campo magnetico. Non potrei ottenere la stessa frenata provocando la deviazione laterale del flusso di elettroni verso gli elettrodi ma, questa volta, con l'aiuto di un campo elettrico creato da un generatore?



No Léon, sarebbe completamente diverso.

Quando agisci su una forza elettrica, sepolta in mezzo a un flusso di atomi che si spostano a velocità V_0 , grazie a una forza elettrica creata da un generatore, tu aggiungi una componente trasversale di velocità V_T . Ma la componente assiale V_0 non si modifica. Un generatore quindi dà energia alle cariche elettriche.

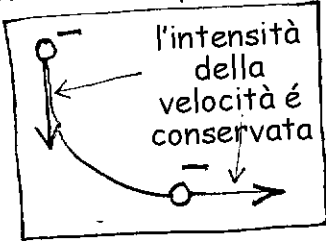
Azione del campo elettrico

↓ Velocità assiale conservata

→ Velocità trasversale incrementata



Azione del campo magnetico



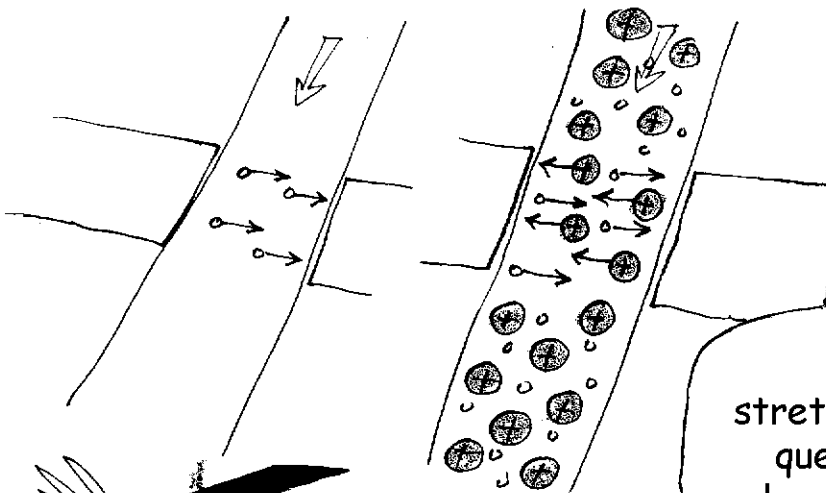
Un campo magnetico trasversale, al contrario, non modifica l'energia cinetica $1/2mV^2$ della particella carica. La direzione della velocità cambia ma non la sua intensità. In questo caso la componente assiale di questa velocità, parallela al flusso generale, diminuisce. Da cui il rallentamento del conduttore.



Sì, ma in questi due casi io sollecito trasversalmente i miei elettroni liberi...

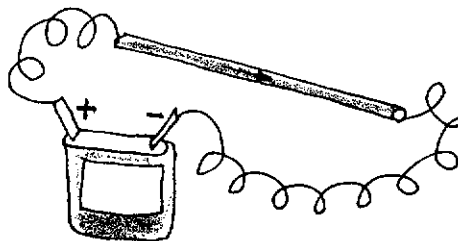
...quindi dovrei poter osservare una forza trasversale

Léon, dimentichi che la **FORZA DI LAPLACE** agisce sulle cariche positive e che queste forze si compensano...



Le cariche elettriche legate strettamente al conduttore, trasmettono questa forza costantemente, mentre le cariche libere ritrasmettono questa forza periodicamente per un gioco di collisioni

Ecco perché quando l'elettricità scorre in un filo, non lo tira

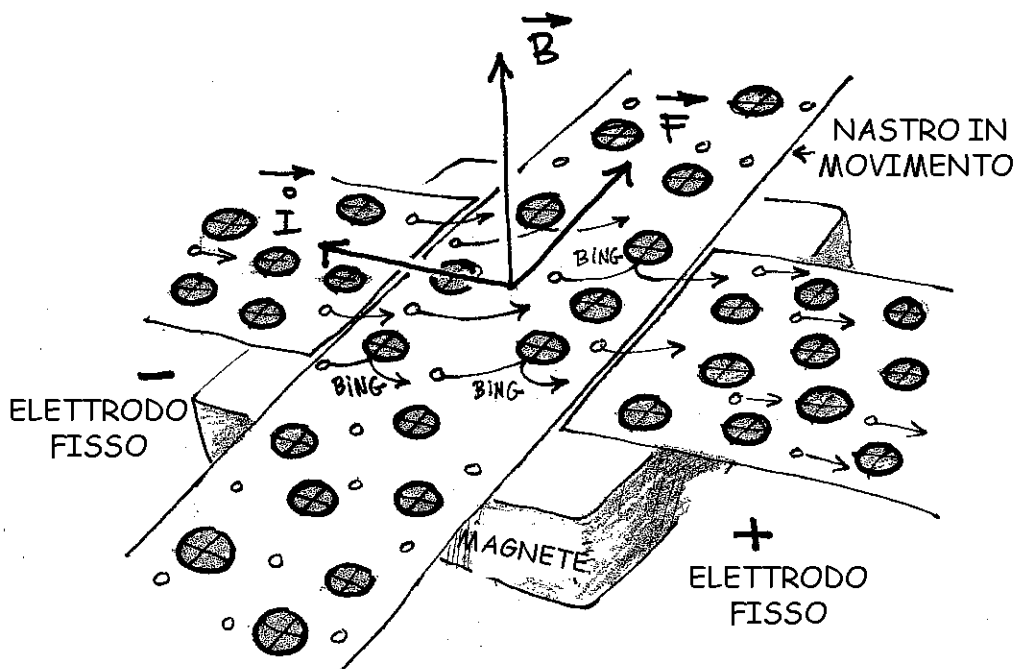


IL MOTORE ELETTRICO

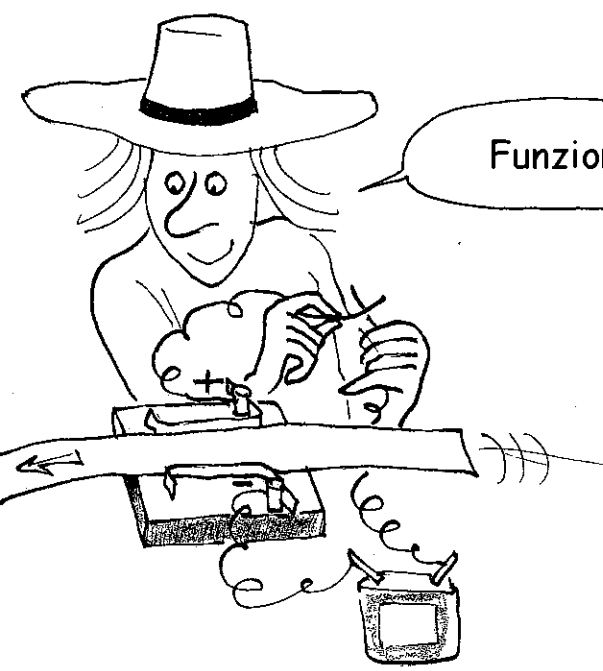


Tutto questo mi fa venire un'idea. Facendo circolare una corrente trasversalmente al nastro conduttore, non creo forza, certo, ma cosa succede se combino i due effetti: passaggio di corrente dato dal generatore e rotazione del vettore velocità dato dall'effetto di un campo magnetico perpendicolare alla velocità di spostamento delle cariche?

Il generatore metterà in movimento gli elettroni che tenderanno ad attraversare il nastro passando dal catodo all'anodo. Ma il campo magnetico, curvando la loro traiettoria, trasmetterà una parte dell' impulso acquisito lungo l'asse del nastro, che subirà così una forza.



L'analisi del comportamento microscopico, su scala atomica, permette di dedurre il comportamento macroscopico, a livello del nostro esperimento.

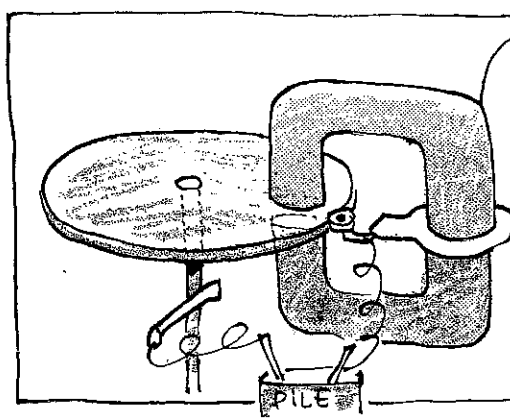


Funziona!

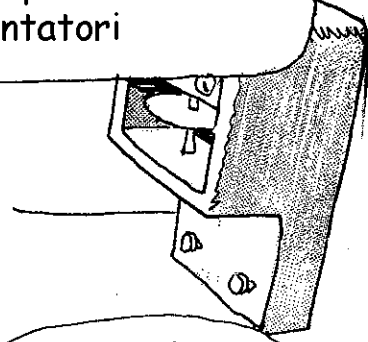
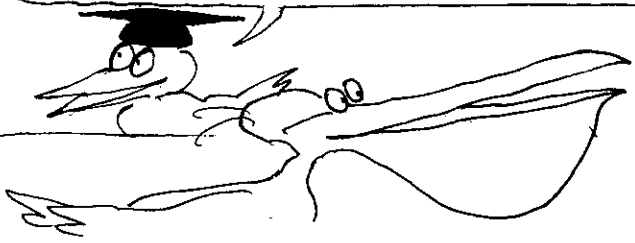
Sofia, potremmo anche aspirare un liquido o un gas in questa specie di **MOTORE LINEARE?**



Certo ... (*)

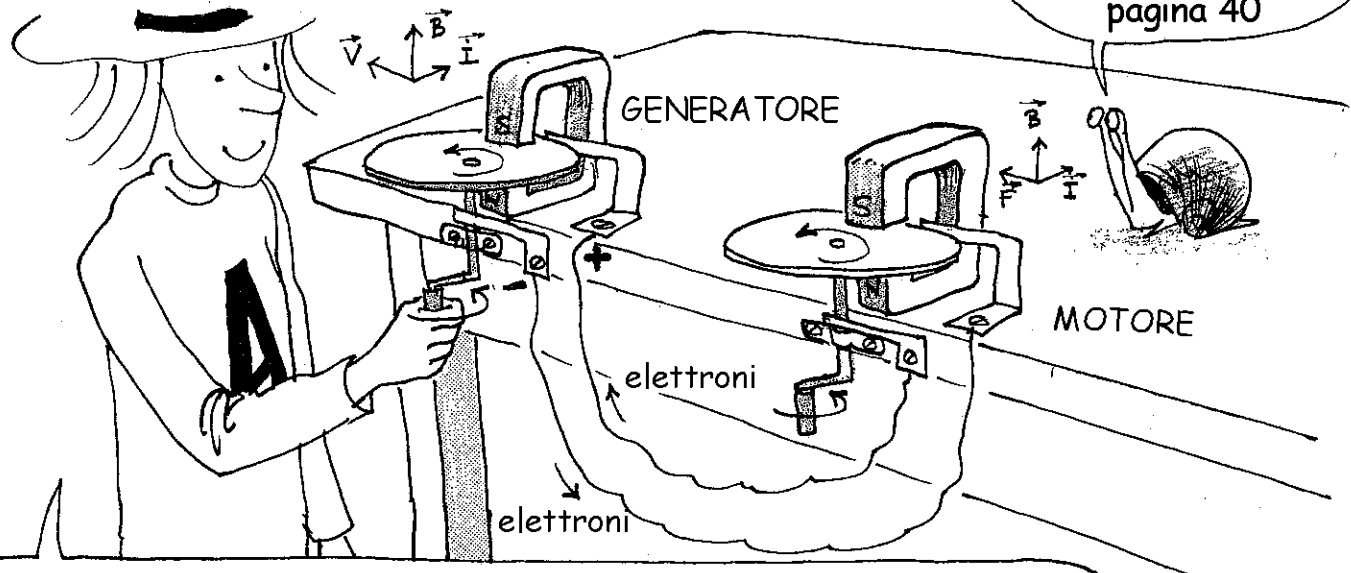


Arrotolando il motore lineare, Anselmo ha ritrovato la **RUOTA DI BARLOW**, che questa volta funziona come un **MOTORE** e che viene usata per misurare il consumo di corrente nei contatori



REVERSIBILITA'

Mettendo in pratica solo la legge definita a pagina 40

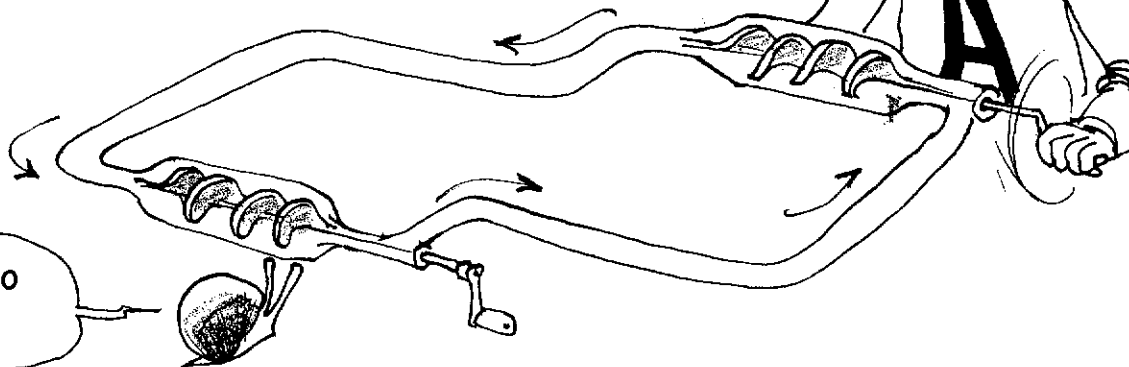


E' stupefacente. La stessa macchina può essere usata come generatore e come motore

Visto così, le macchine elettromagnetiche sono un comodo mezzo per trasmettere l'energia



Si può fare lo stesso con una turbina



Vediamo, collegando tra loro le manovelle, si dovrebbe poter realizzare un **MOTO PERPETUO**

Léon, sai bene che l'energia si dissipa nei conduttori per frizione

Nei conduttori elettrici, fermi o in movimento, il movimento delle cariche elettriche si accompagna a numerose collisioni con le particelle non cariche

Andate avanti!

Ci si innervosisce anche da fermi!

Te lo faccio vedere io l'atomo nuovo!

Hai visto come mi ha tagliato la strada?

Caro calmati.

Guardate quello! Ma guardatelo!

Attraversano a caso!

RELATIVITA'

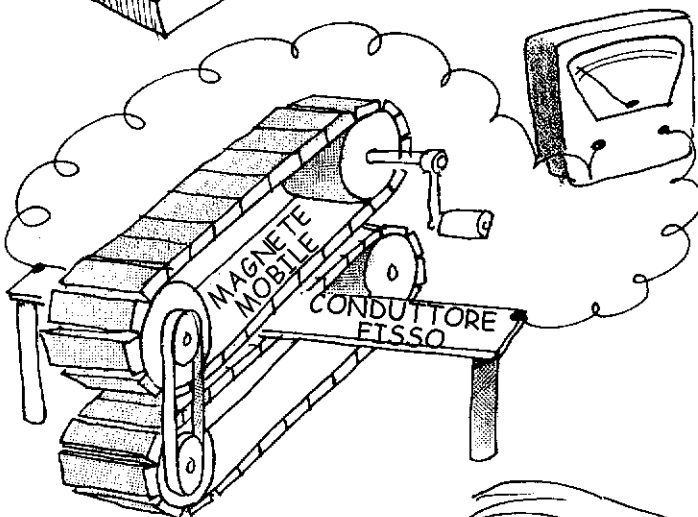
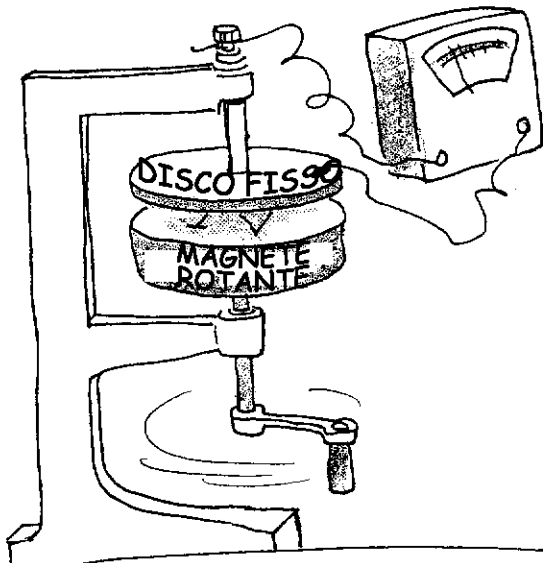
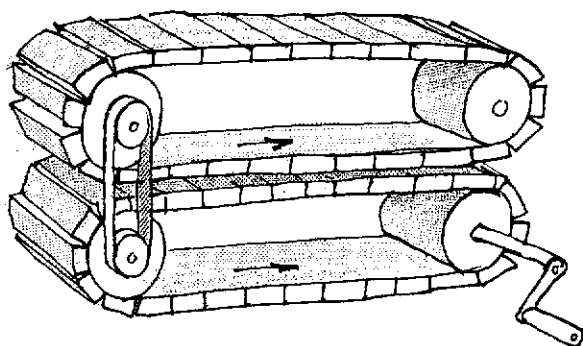
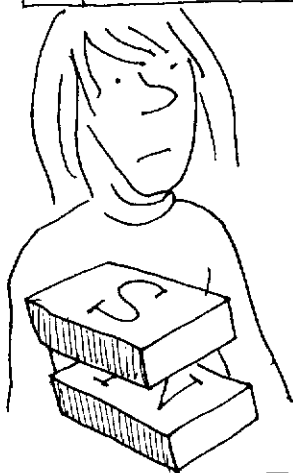
Tiresia, mi é venuta una bella idea



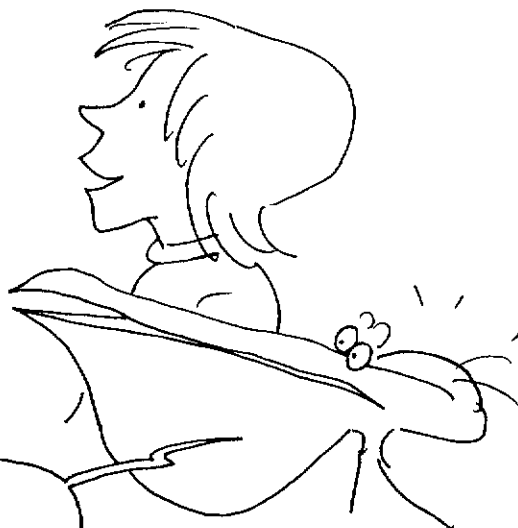
... devo averne la certezza...



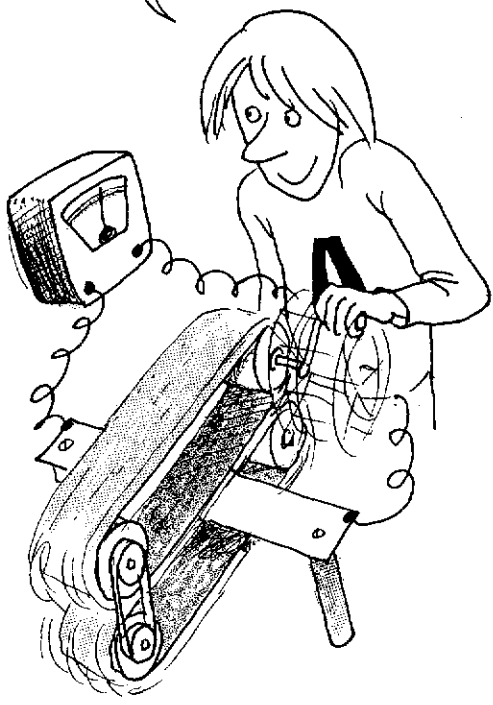
Ho incollato questi magneti a un nastro trasportatore



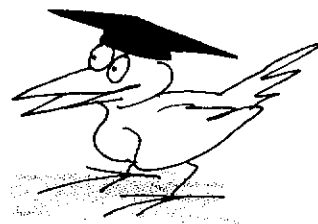
Invece di spostare un conduttore lungo le linee di forza di un campo magnetico (costante nella regione di interazione), immobilizzo il conduttore e... faccio girare il campo!



Guarda, sto producendo corrente! E' sicuro!

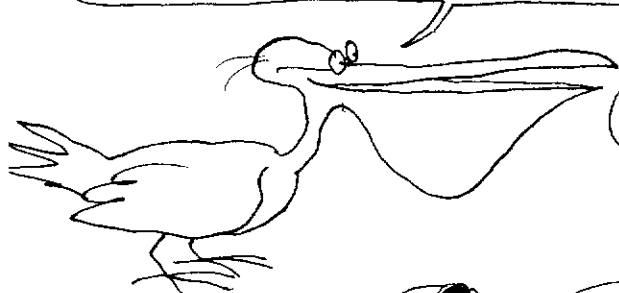


Questo vuol dire che, nella **FORZA DI LAPLACE**, quello che conta é la velocità delle cariche e del magnete **UNA IN RELAZIONE ALL'ALTRA**



MAGNETI

Sofia, cos'è un **CAMPO MAGNETICO**?



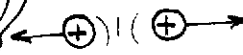
La domanda fondamentale é: a cosa serve?



come, a cosa serve?



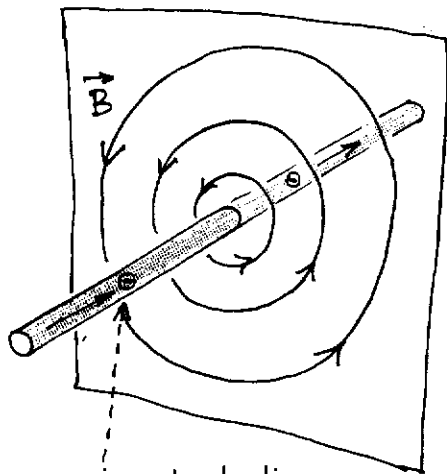
Due cariche elettriche a riposo si attraggono o si respingono a seconda che siano di segno contrario o dello stesso segno



e sono anche soggette a una forza quando si muovono in rapporto alle linee di forza di un campo magnetico

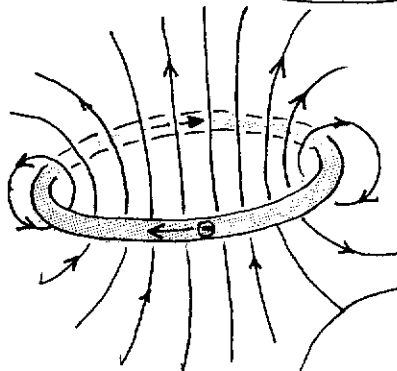


OK, ma cosa é che crea un campo magnetico?



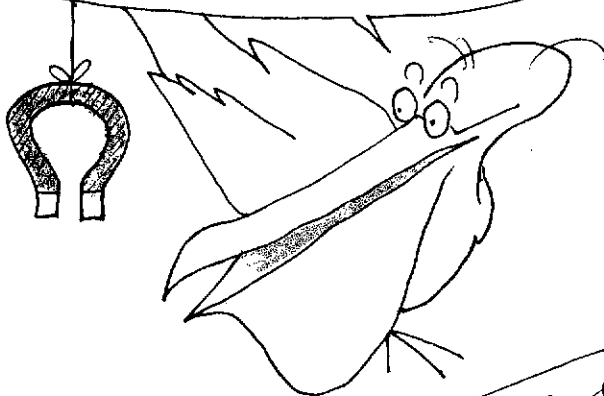
movimento degli
elettroni

E' la
corrente

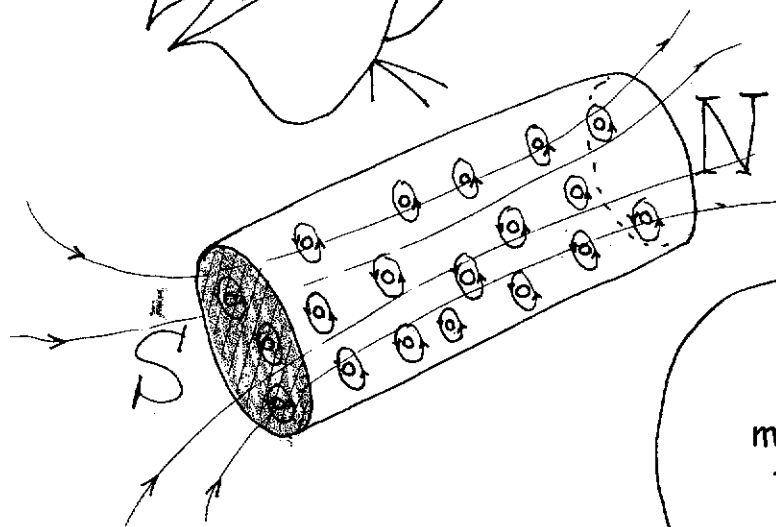


E non dimentichiamo che
il senso convenzionale della
corrente é inverso rispetto a
quello del movimento
degli elettroni

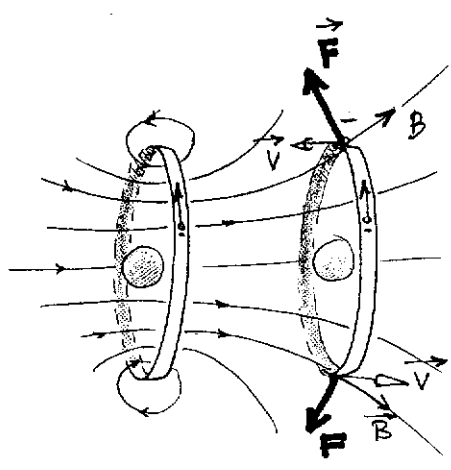
Ma non c'è corrente
in un magnete permanente



Ogni atomo può essere considerato
come un minuscolo magnete, il cui
campo magnetico é creato dal
movimento orbitale degli elettroni
intorno al nucleo. Nel caso di un magnete
permanente questi mini-magneti
sono paralleli tra loro.

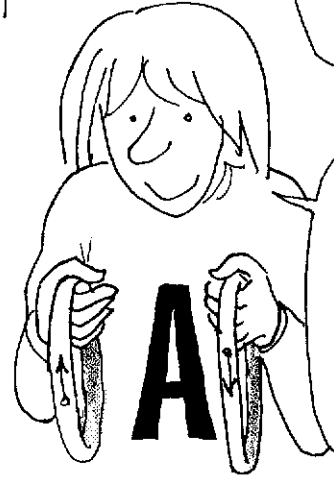
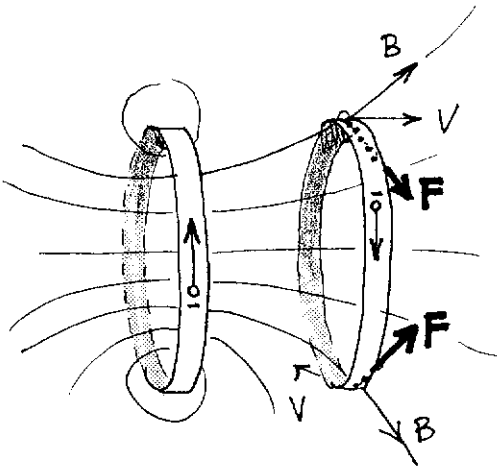


I magneti agiscono
sulle cariche elettriche in
movimento che tagliano le linee di
forza del campo magnetico che
creano. Ma perché agiscono
uno sull'altro?



Se metto due spire una di fronte all'altra, percorse da correnti che vanno nella stessa direzione, gli elettroni sono sottoposti a una forza che tende a:

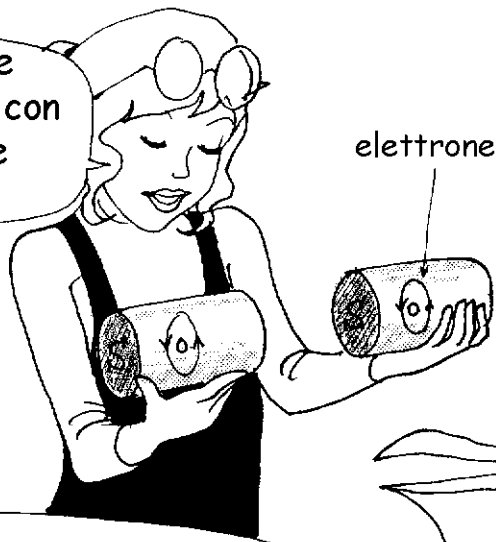
- dilatare le spire
- avvicinare le due spirali



Ma se io inverte il senso di circolazione degli elettroni nella seconda spira, la forza di Laplace tenderà a :

- contrarre le spirali
- allontanarle una dall'altra

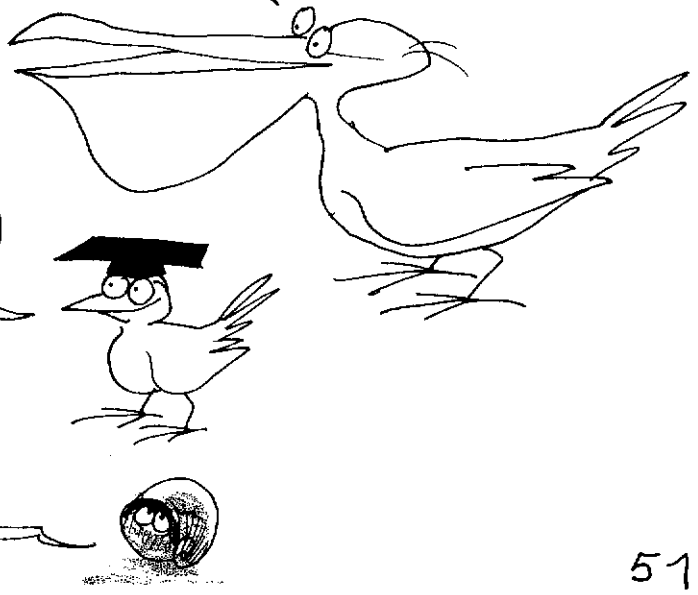
Insomma, é come quello che succede con gli atomi dei due magneti



Si, ma secondo lo schema di prima, una spira non viene condizionata da un campo magnetico uniforme diretto lungo il suo asse, no?

Esattamente come una barra magnetizzata é totalmente insensibile a un campo magnetico diretto lungo il suo asse

Logico, altrimenti per spingersi in avanti basterebbe attaccarsi a una bussola

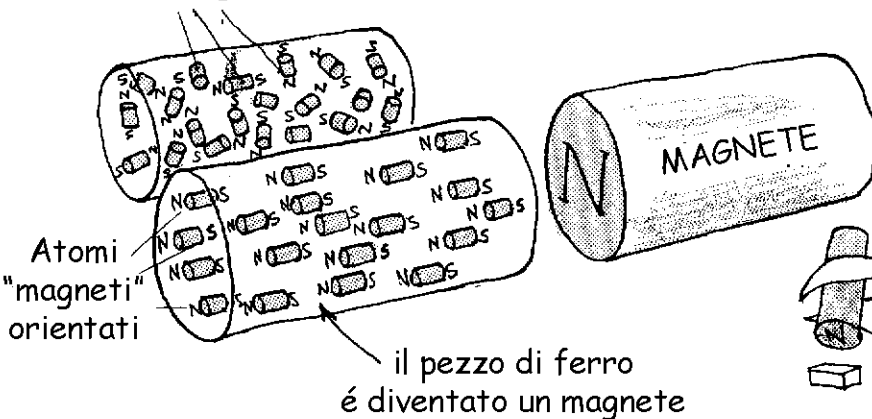


D'altra parte, una spira messa in un campo magnetico tende a ruotare in modo tale da allineare il proprio campo magnetico con quello in cui si trova. E' il principio del **GALVANOMETRO A CIRCUITO MOBILE**. Una bussola non è altro che un insieme di minuscoli galvanometri dello stesso tipo.

Bene. Qualcuno a questo punto sa spiegarmi perché un magnete attira il ferro e non il piombo o lo zucchero?

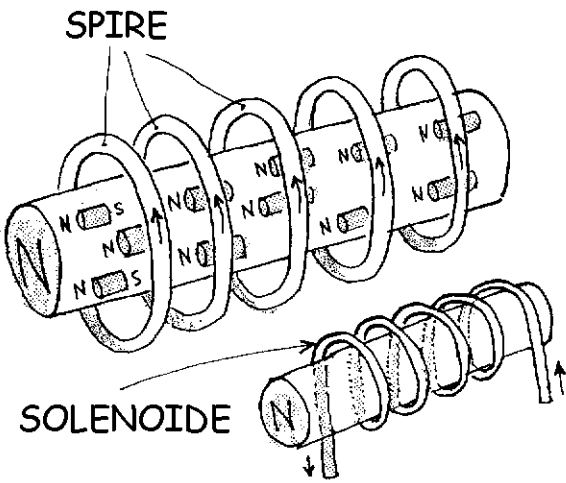
E' semplice: anche gli atomi di ferro sono dei piccoli magneti. In più hanno anche una certa capacità di muoversi. Quando si avvicina un magnete sufficientemente potente, gli atomi di ferro girano, si allineano e il pezzo di ferro diventa anche lui un magnete, il cui campo si sovrappone a quello del magnete induttore.

Atomi "magneti" (orientamento variabile)

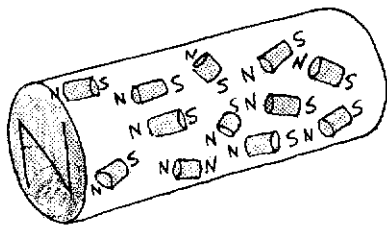


Con lo zucchero, non funziona

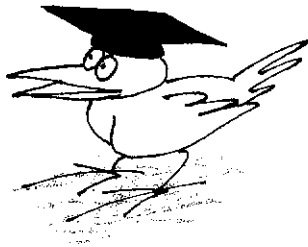
confermo..



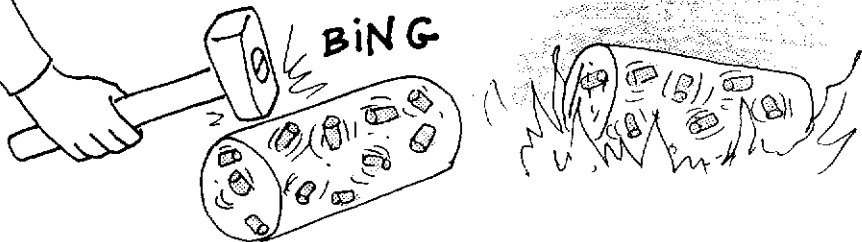
Adesso capisco perché si mette un **NUCLEO DI FERRO** negli **ELETTROMAGNETI**. Rinforza il campo creato dal sistema di spire.



Quando allontaniamo il magnete o il solenoide, gli atomi-magneti del ferro conservano in una certa misura il loro orientamento... Si mantiene un **MAGNETISMO RESIDUALE**...



...che possiamo far scomparire restituendo mobilità agli atomi-magneti scaldando il pezzo di ferro colpendolo o mettendolo in un campo magnetico variabile, come avevamo fatto con un piccolo magnete fissato su una matita per i pigmenti del tubo del televisore che si erano accidentalmente magnetizzati.

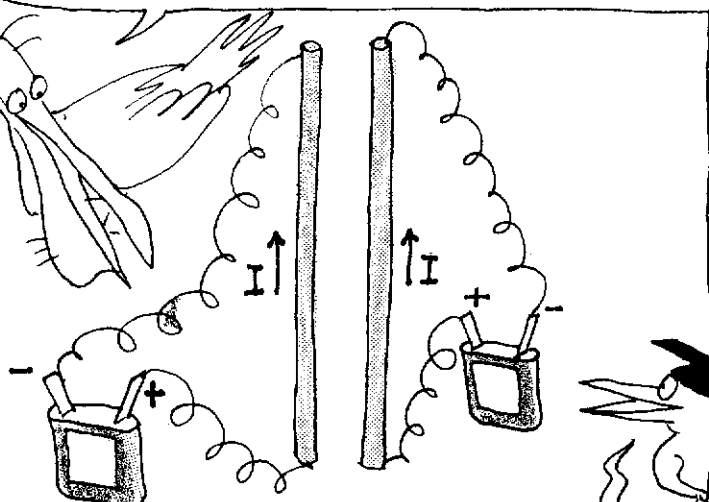


Penso di aver capito:
 il campo magnetico é una cosa che
 ci si é inventati per descrivere il fatto che
 le cariche elettriche **IN MOVIMENTO**
 interagiscono, e che questa nuova forza,
 elettrodinamica o elettromagnetica,
 si aggiunge alla forza di base, che é
 elettrostatica.



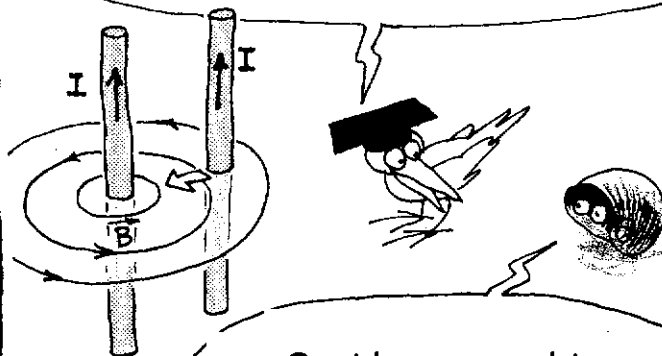
ANCORA RELATIVITA'

Come si misura il piú oggettivamente
 possibile un campo magnetico?

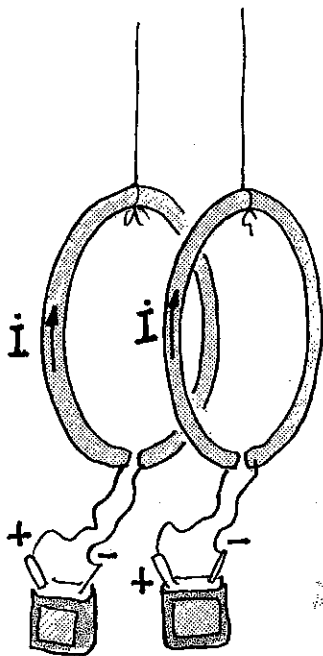


Bè, possiamo disporre due barre
 parallele una all'altra percorse da una
 corrente elettrica di intensità I

In queste condizioni,
 le due barre subiscono un'uguale
 attrazione reciproca

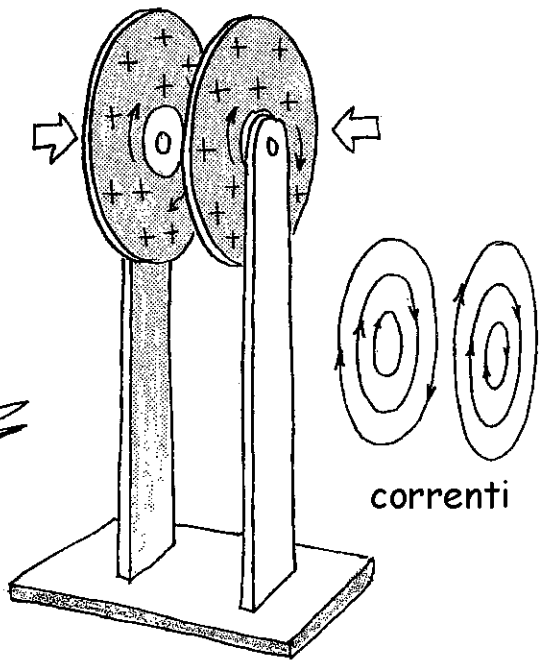
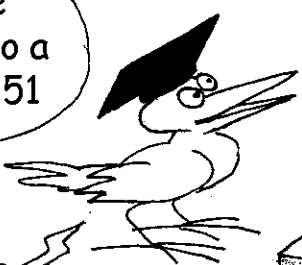


Ogni barra combina
 la sua corrente con il
 campo magnetico creato
 dall'altra barra.



Ruotando le barre creeremmo due spire percorse dal correnti parallele che si attirano

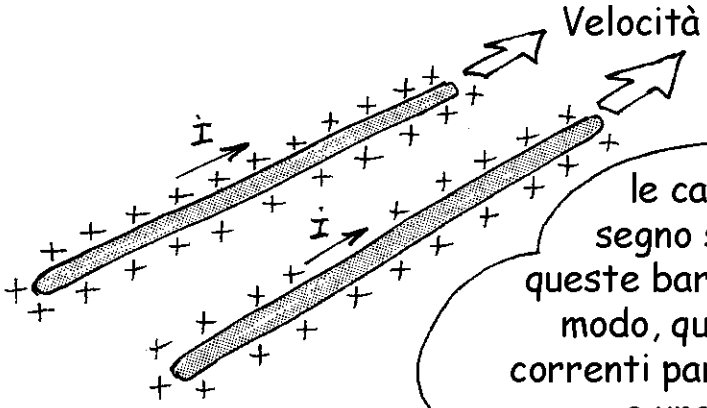
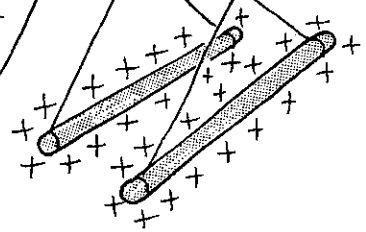
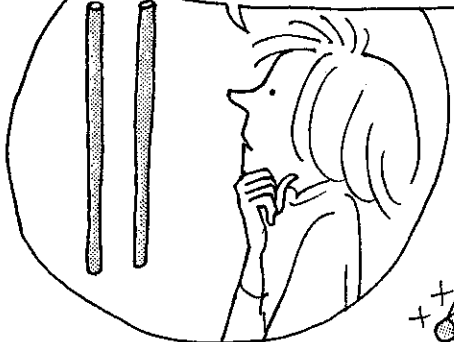
come già visto a pagina 51



Nello stesso modo si possono caricare dei dischi con cariche dello stesso segno e farli girare tenendoli uno di fronte all'altro. Questo equivale ad avere delle correnti ed è accompagnato da una forza elettromagnetica.

Guardate un po' qua

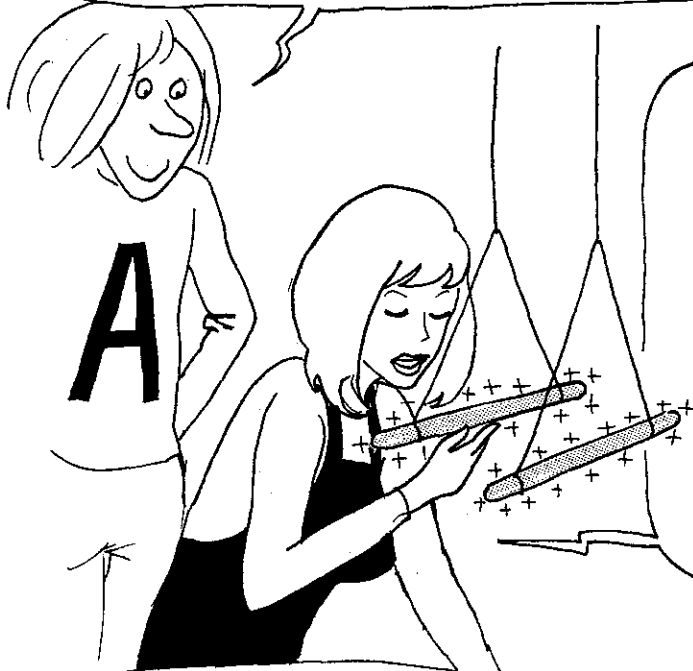
Posso caricare elettricamente queste due barre di vetro o di bakelite strofinandole con uno straccio di lana...



le cariche dello stesso segno si respingono, ma se queste barre si spostano in questo modo, questo equivarrà a delle correnti parallele e si accompagnerà a una lieve componente attrattiva.



La terra si muove intorno al sole, che a sua volta gira nella nostra galassia, la Via Lattea, a 234 chilometri al secondo. Quest'ultima si sposta rispetto all'universo. Sofia, è formidabile: puntando queste due barre parallele, cariche elettricamente, in tutte le direzioni del cielo e misurando la forza che si esercita tra di loro, dovremmo poter determinare in quale direzione ci spostiamo nell'universo e a quale velocità!



Non misurerai proprio niente. Questa **FORZA ELETTROMAGNETICA**, legata al **MOVIMENTO** non può essere percepita che da un osservatore che si sposta rispetto alle cariche. Ora, qualunque sia il nostro movimento in relazione al sole, in relazione alla galassia o al cosmo, ci muoviamo alla stessa velocità delle barre.

L'elettromagnetismo è essenzialmente relativista


L'esperimento suggerito da Anselmo ricorda quello di MICHELSON (*) effettuato all'inizio del secolo che consisteva nel misurare la velocità della luce in tutte le direzioni per scoprire il movimento assoluto della Terra nell'Universo




Non mi stupisce dato che mi hanno detto che la luce è un'onda elettromagnetica




(*) MICHELSON, fisico americano, premio Nobel 1907.



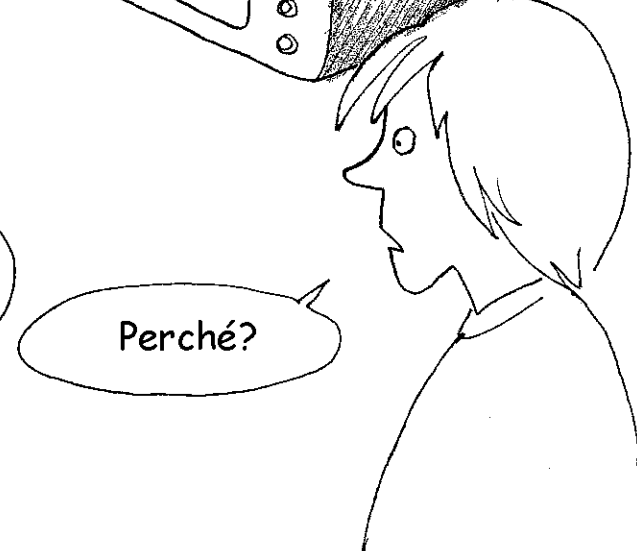
E così una normalissima casa può nascondere problemi di natura relativista!



Ah! Ecco un oggetto che evidentemente funziona ad elettricità. Ciononostante non c'è nulla che gira e non ci sono elettrodi




a cosa serve?



Tiresia, vieni subito fuori di lì!

Perché?



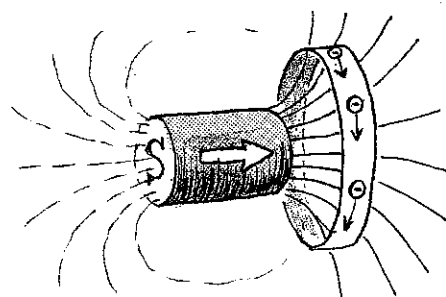
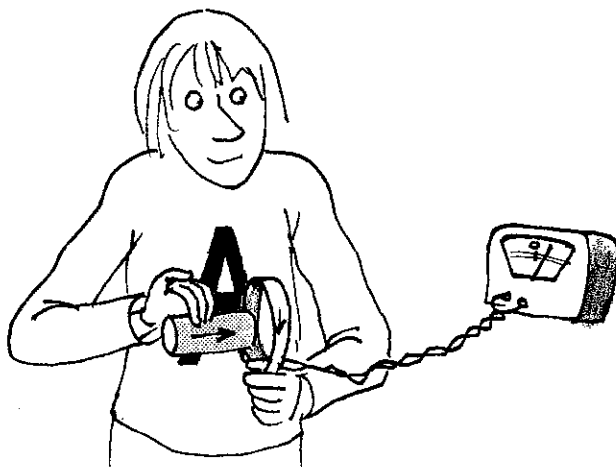
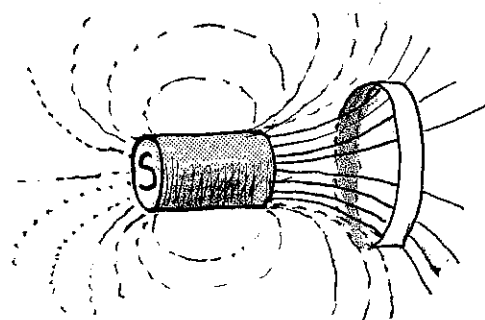
Questo sistema permette di trasmettere energia a distanza. Se fosse stato messo in funzione saresti stata cotta per induzione.

Cotta per induzione?

L'INDUZIONE



Guarda, Anselmo ha messo questa spira di rame di fronte a questo magnete permanente. Un certo numero di linee di forza passano all'interno e le altre all'esterno.

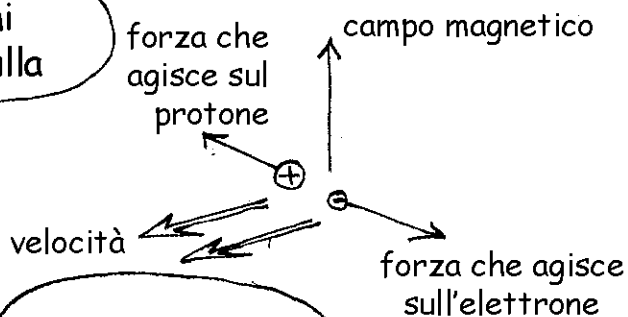


Adesso, avvicina il magnete alla spira. Ossia sposta in blocco il fascio di linee di forza. Queste tagliano il metallo della spira e ne risulta una forza elettromagnetica che agendo sugli elettroni si traduce in una corrente **INDOTTA**.

Se il tuo magnete e la tua spira sono fermi uno in relazione all'altro, la corrente si annulla



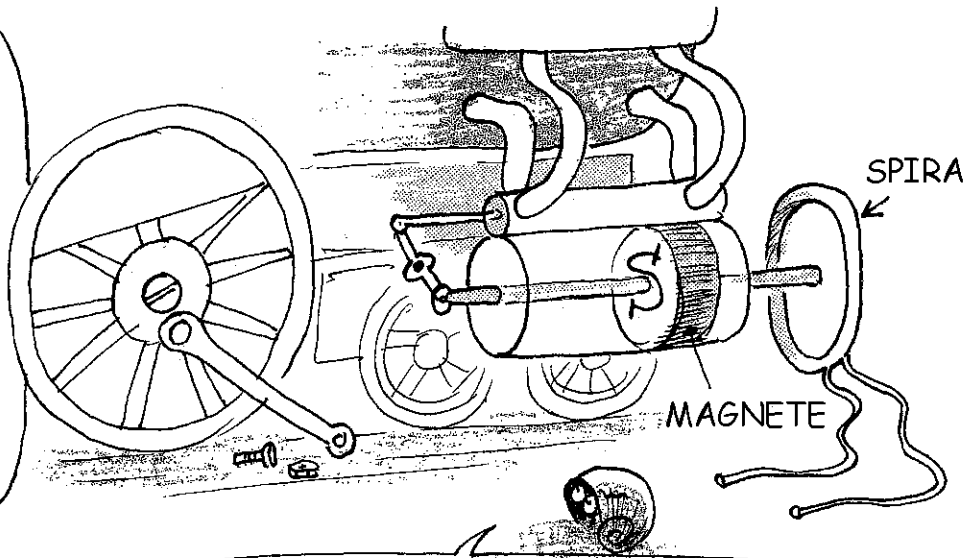
E se tiri il magnete, la corrente viene invertita



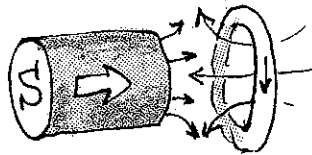
L'ennesima applicazione della legge di LAPLACE



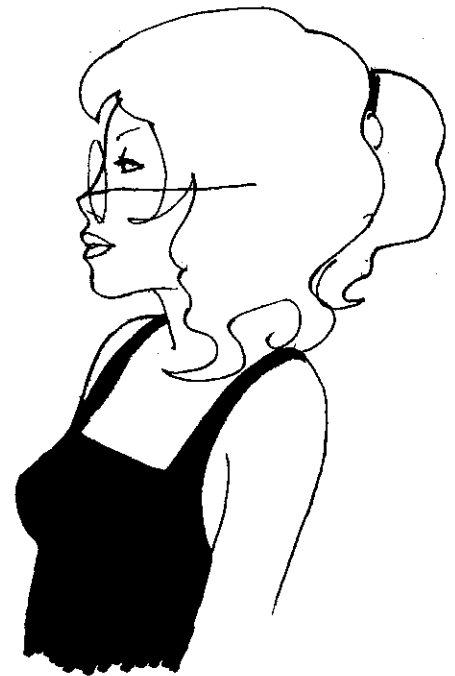
Guarda Tiresia,
ho modificato questa
macchina a vapore
sostituendo il pistone
con un magnete che si
muoverà avanti e indietro
creando nella spira una
CORRENTE ALTERNATA



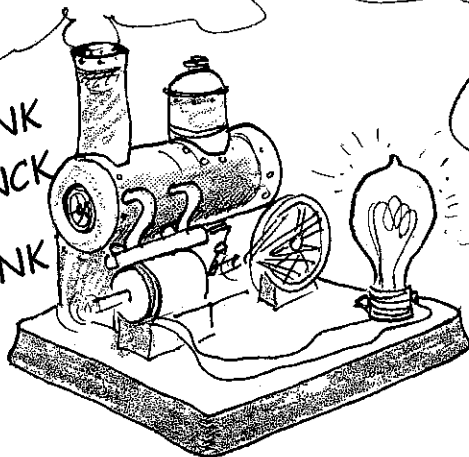
Se il pistone scivola senza frizione avremo
trovato il modo di produrre energia elettrica
gratuitamente fatta eccezione, ovviamente,
per una piccola perdita dovuta all'effetto Joule



Dimentichi che il passaggio
di corrente creerà il proprio
campo magnetico, che si opporrà
al movimento del pistone magnete
(LEGGE DI LENZ). Quindi
bisognerà fornire un **LAVORO**
per produrre questa energia



PATACLONK
PATACLONCK
PATACLONK



Ecco quindi un primo generatore
di corrente alternata



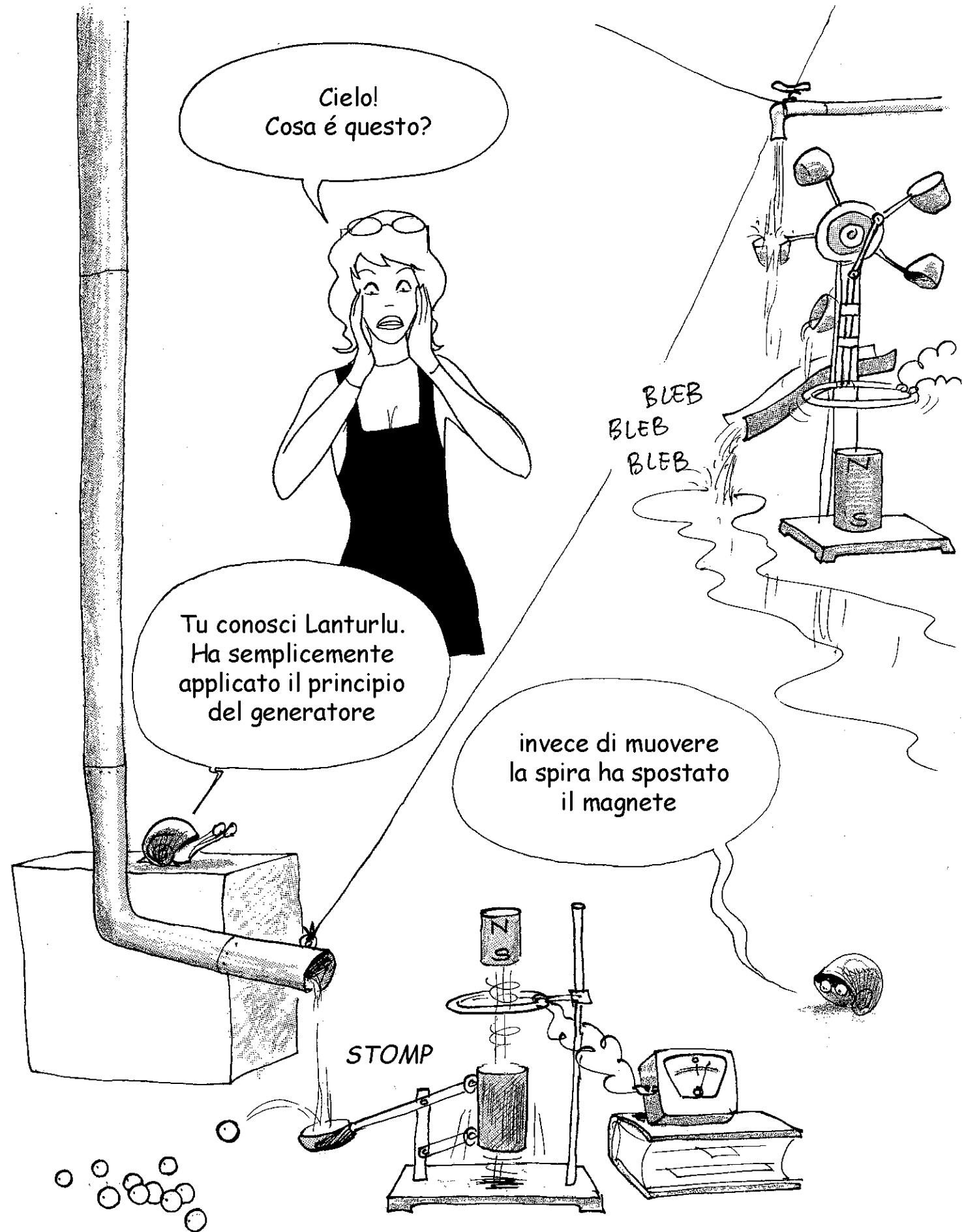
Cielo!
Cosa é questo?

Tu conosci Lanturlu.
Ha semplicemente
applicato il principio
del generatore

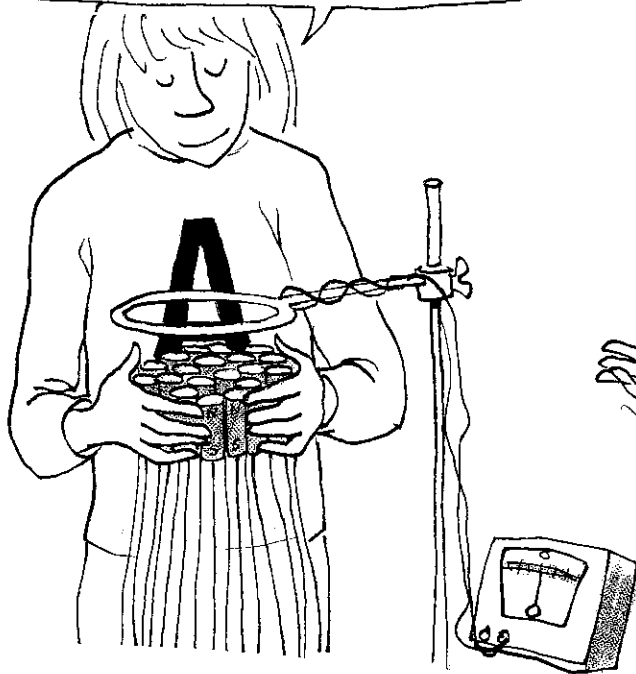
invece di muovere
la spira ha spostato
il magnete

STOMP

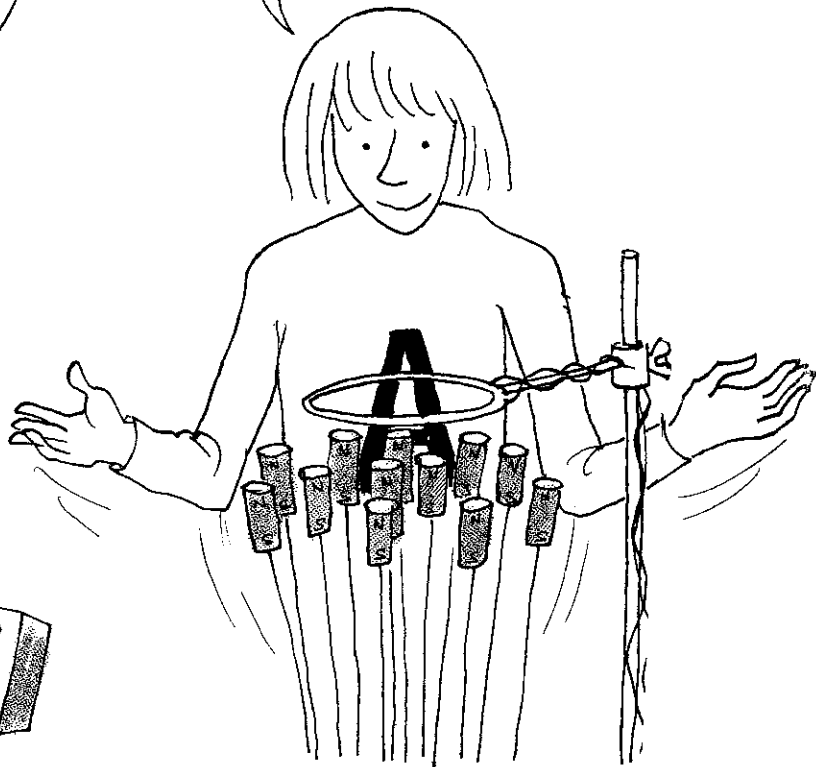
BLEB
BLEB
BLEB



Siccome produciamo corrente alternata agitando uno o più magneti davanti a una spira, cosa mi dici del mio **GENERATORE-A FASCINA**? Ho fissato dei magneti su delle asticelle flessibili



... quando le lascio, le asticelle si separano e si uniscono alternativamente e questo produce una corrente alternata nella spira.

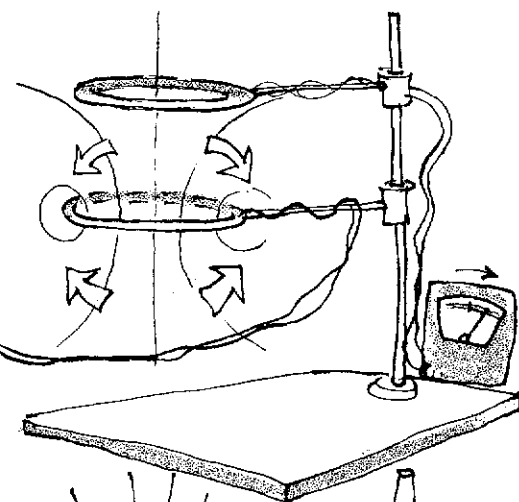


Bene. Questa macchina converte in energia elettrica l'energia immagazzinata nelle asticelle, e quindi?



Riproduce quello che succede quando si aumenta la corrente che passa in una spira. Tutto si verifica come se si creassero delle nuove linee di forza sulla sua superficie, comprimendo le vecchie come una fascina

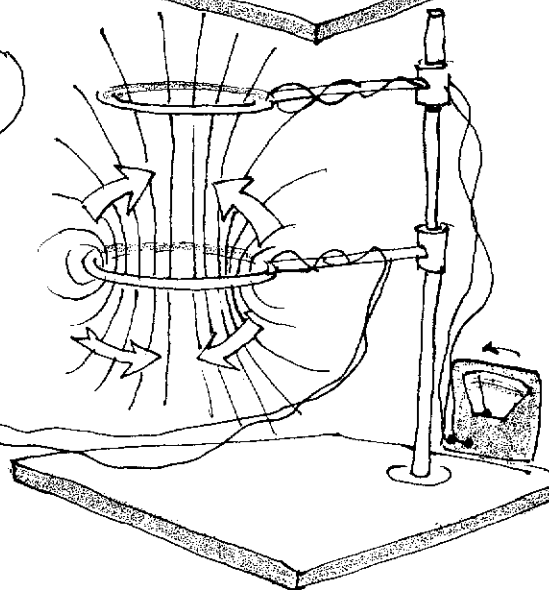
E viceversa.
Quando si riduce la corrente, la spira "mangia" le linee del campo una dopo l'altra, e la nostra fascina si apre.



Hop!

Questo spiega perché una spira percorsa da corrente alternata può trasmettere energia a un'altra spira a distanza.

REOSTATO DEBOLE - FORTE



RISCALDAMENTO HF

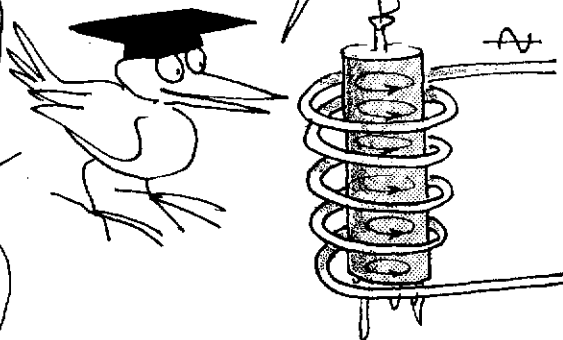
Ma perché ci interessa?

solenoid

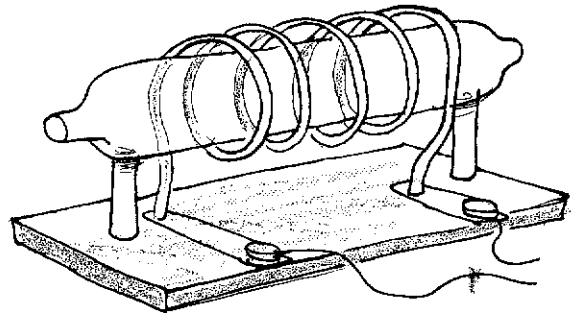
Si possono anche scaldare dei conduttori nella massa. In questo modo si crea un infinità di curve di corrente

E' un sistema di riscaldamento molto efficace. Potremmo cuocere completamente un dito con un anello mettendolo in uno spazio dove ci sia un campo magnetico variabile

Possiamo anche fondere dei lingotti



Si può anche scaldare un gas con l'aiuto di una bobina percorsa da corrente a alta frequenza



In breve, potremmo scaldare e cuocere tutto ciò che conduce abbastanza elettricità

cosa c'è di interessante in questa grande scatola vuota?

...comprese le lumache!

EPILOGO

Questo viaggio attraverso l'elettromagnetismo è stato davvero affascinante

Sì, chi avrebbe detto che una semplice casa possa contenere tanti problemi scientifici così importanti?

Ho un altro esperimento da proporvi che ha a che vedere con l'elettromagnetismo e la meccanica dei fluidi

Ah bene, di cosa si tratta?



FINE