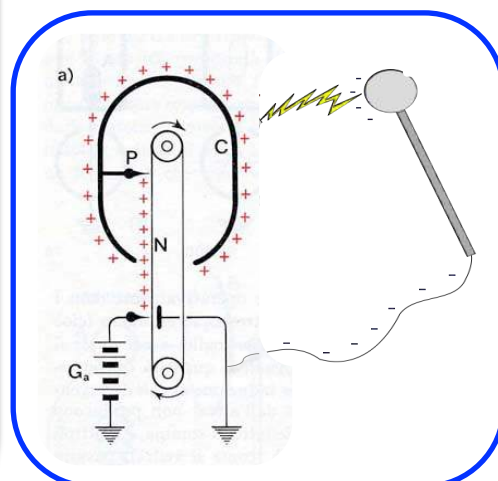




GENERATORE DI VAN DE GRAAFF

E' una macchina elettrostatica in grado di accumulare una notevole quantità di carica elettrica in un conduttore e capace di generare altissima tensione (si può arrivare fino a milioni di Volt)

- ✓ Dentro la sfera c'è una cinghia di materiale isolante che per mezzo di un motore scorre su due rulli
- ✓ Dentro la base di alluminio un generatore di tensione continua produce una differenza di potenziale tra due elettrodi, di cui uno a forma di pettine
- ✓ La cinghia viene caricata **per effetto punta** da un elettrodo a pettine
- ✓ La cinghia trascina le cariche all'interno della sfera
- ✓ Un pettine collegato con la superficie interna della sfera sfiora la cinghia neutralizzandola e carica la superficie della sfera
- ✓ La cinghia ritorna scarica verso il basso e si carica di nuovo passando davanti al primo pettine



Se si avvicina alla sfera carica un conduttore posto a massa, si osserva una scarica che si genera in modo analogo ai fulmini

Elettrizzazione per contatto

- ✓ generatore di Van de Graaff
- ✓ vaschette di alluminio
- ✓ sgabello di plastica

Mettendo a contatto con la sfera del generatore un corpo conduttore isolato da terra (una persona posta su uno sgabello di plastica con le mani sulla sfera metallica, delle vaschette di alluminio poste sopra la sfera...), il corpo si caricherà con cariche dello stesso tipo di quelle presenti sulla sfera. Queste si distribuiranno il più lontano possibile dalla sfera e si respingeranno fra loro (capelli che si sollevano-vaschette che volano via...)

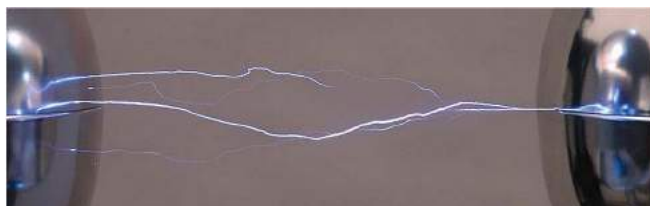


Elettrizzazione per induzione e contatto

- ✓ generatore di Van de Graaff
- ✓ un palloncino alluminato (conduttivo) riempito di elio

Avviciniamo il palloncino alla sfera del generatore. Sul lato del palloncino più vicino al generatore vengono indotte delle cariche di segno opposto a quelle presenti sulla sfera. Il palloncino è quindi attratto. Quando il palloncino tocca la sfera, per contatto acquista una carica dello stesso segno della carica del generatore e viene respinto. Urtando contro qualsiasi corpo che gli permetta di scaricare a terra l'eccesso di cariche (ad esempio lo sperimentatore), il palloncino si scarica. E' quindi nuovamente attratto dalla sfera del generatore, poi respinto e così via..

La scarica elettrostatica



- ✓ generatore di Van de Graaff
- ✓ sfera conduttiva collegata a terra

Avvicinando alla sfera di Van De Graaff un'altra sfera conduttrice collegata a terra, si possono generare scariche elettrostatiche analoghe ai fulmini. Il forte campo elettrico prodotto dal generatore ionizza l'aria circostante, e le cariche poste sulla sfera del generatore si "scaricano" sull'altra sfera.

MULINELLO ELETTROSTATICO

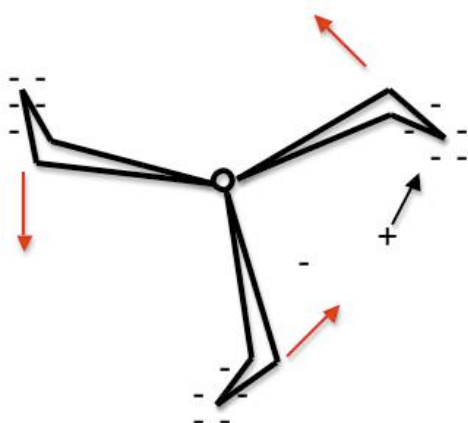
Il mulinello e' :

- ✓ un conduttore fornito di una serie di raggi metallici piegati tutti nello stesso verso
- ✓ imperniato su un asse verticale e libero di ruotare

Se si avvicina alla sfera di Van de Graaff carica il mulinello elettrostatico, questo inizia a ruotare in senso opposto alle punte (antiorario nella figura) e si crea un vento elettrostatico in prossimità delle punte



- ✓ La punta di un conduttore carico, possedendo curvatura molto grande, ha una elevata densità superficiale di carica elettrica
- ✓ Quindi in prossimità delle punte l'elevato campo elettrico provoca la ionizzazione dell'aria circostante (**potere delle punte**)
- ✓ Gli ioni di segno opposto a quelli delle punte, avvicinandosi, mettono il moto il mulinello in senso antiorario
- ✓ Gli ioni dello stesso segno, allontanandosi, creano un **vento elettrostatico**



ELETTROSCOPIO

L'ELETTROSCOPIO E' UN
RIVELATORE
DI CARICA ELETTRICA

E' formato da:

- ✓ due aste verticali conduttive: una fissa e l'altra mobile
- ✓ un anello conduttivo esterno che funziona da schermo

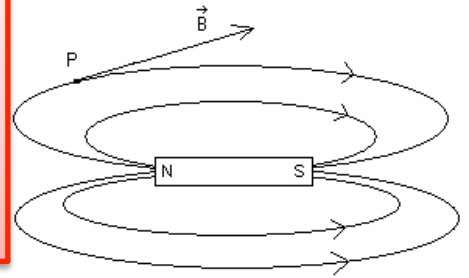


- ✓ Caricando l'elettroscopio l'asta mobile viene respinta da quella fissa ed inizia a ruotare
- ✓ L'angolo di rotazione e' proporzionale alla quantita' di carica accumulata
- ✓ Questo avviene perche' le due aste si caricano dello stesso segno e si respingono

IL CAMPO MAGNETICO

Un campo magnetico è lo spazio circostante un magnete in cui agisce la forza magnetica.

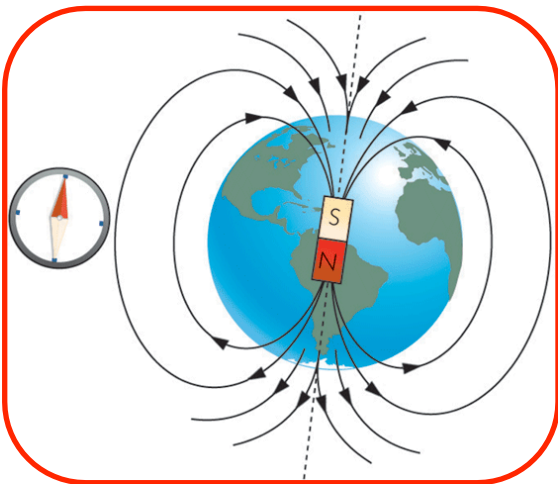
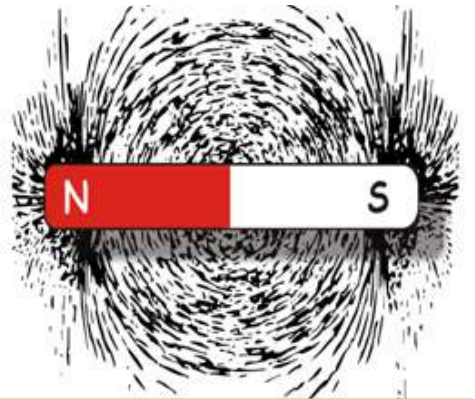
Le linee di forza indicano la direzione del campo.



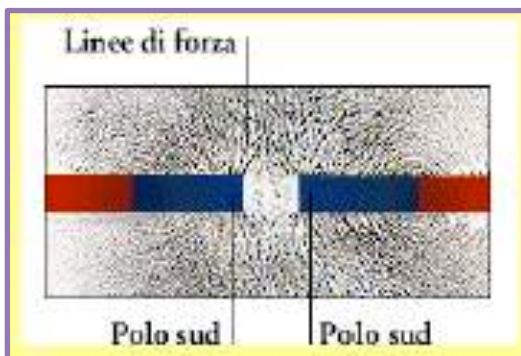
I magneti possiedono due poli: **nord** e **sud**.

Se avviciniamo i poli di due magneti:

- ✓ si respingeranno se sono uguali
- ✓ si attireranno se sono opposti
- ✓ la limatura di ferro rileva le linee di forza dei campi magnetici.

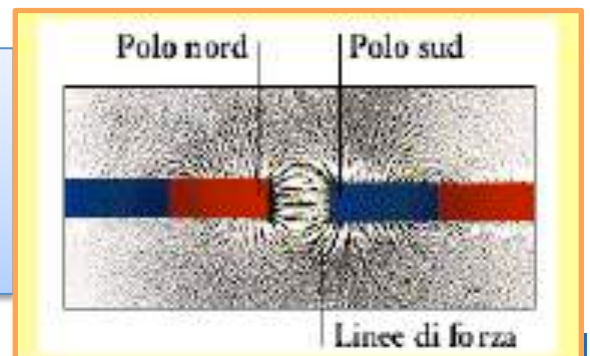


- ✓ La Terra è un gigantesco magnete, il cui campo magnetico si estende per decine di migliaia di Km nello spazio
- ✓ Il polo nord e il polo sud geografici non corrispondono esattamente ai poli magnetici
- ✓ Qualsiasi magnete libero di ruotare si trovi nel campo del nostro pianeta, si orienta secondo la direzione Nord-Sud dei poli magnetici terrestri



Poli che si respingono

**NOTARE LA
FORMA
SIMMETRICA
DELLE LINEE
DI FORZA**



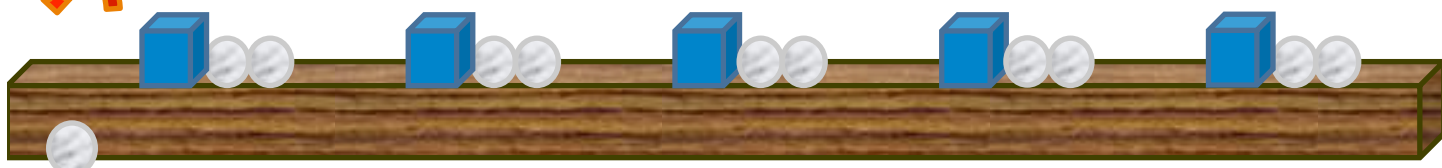
Poli che si attraggono

PISTOLA DI GAUSS

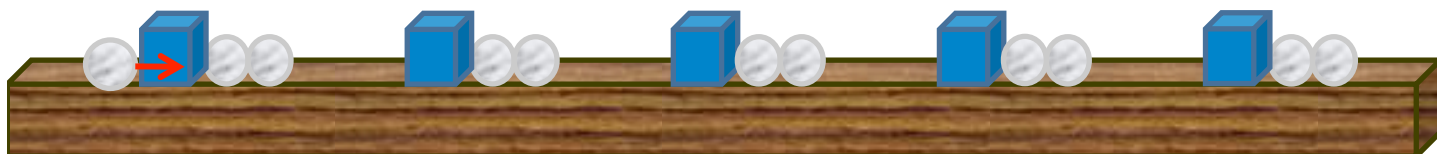
- ✓ Serie di cubi magnetici di neodimio disposti in modo da attrarsi l'uno con l'altro e fissati alla base
 - ✓ Sferette in acciaio nichelato
- Nota: l'acciaio non e' una sostanza ferromagnetica mentre il nichel lo e'



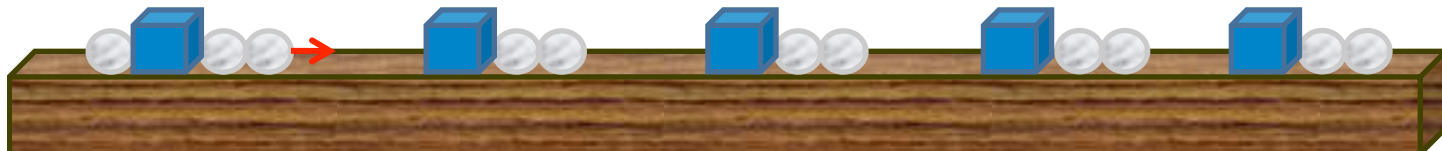
Posizioniamo davanti al primo magnete una sferetta



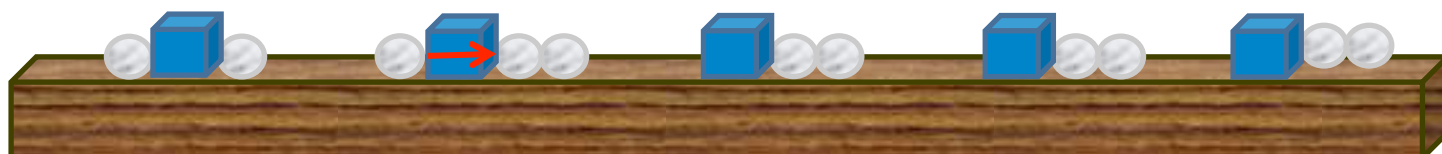
La sferetta, attratta dal magnete, lo urtera' ad una certa velocita'



Avverra' una successione di urti quasi elastici e la sferetta piu' a destra partira' con una velocita' circa uguale



Questa sara' accelerata dal magnete alla sua destra e lo urtera' con una velocita' maggiore

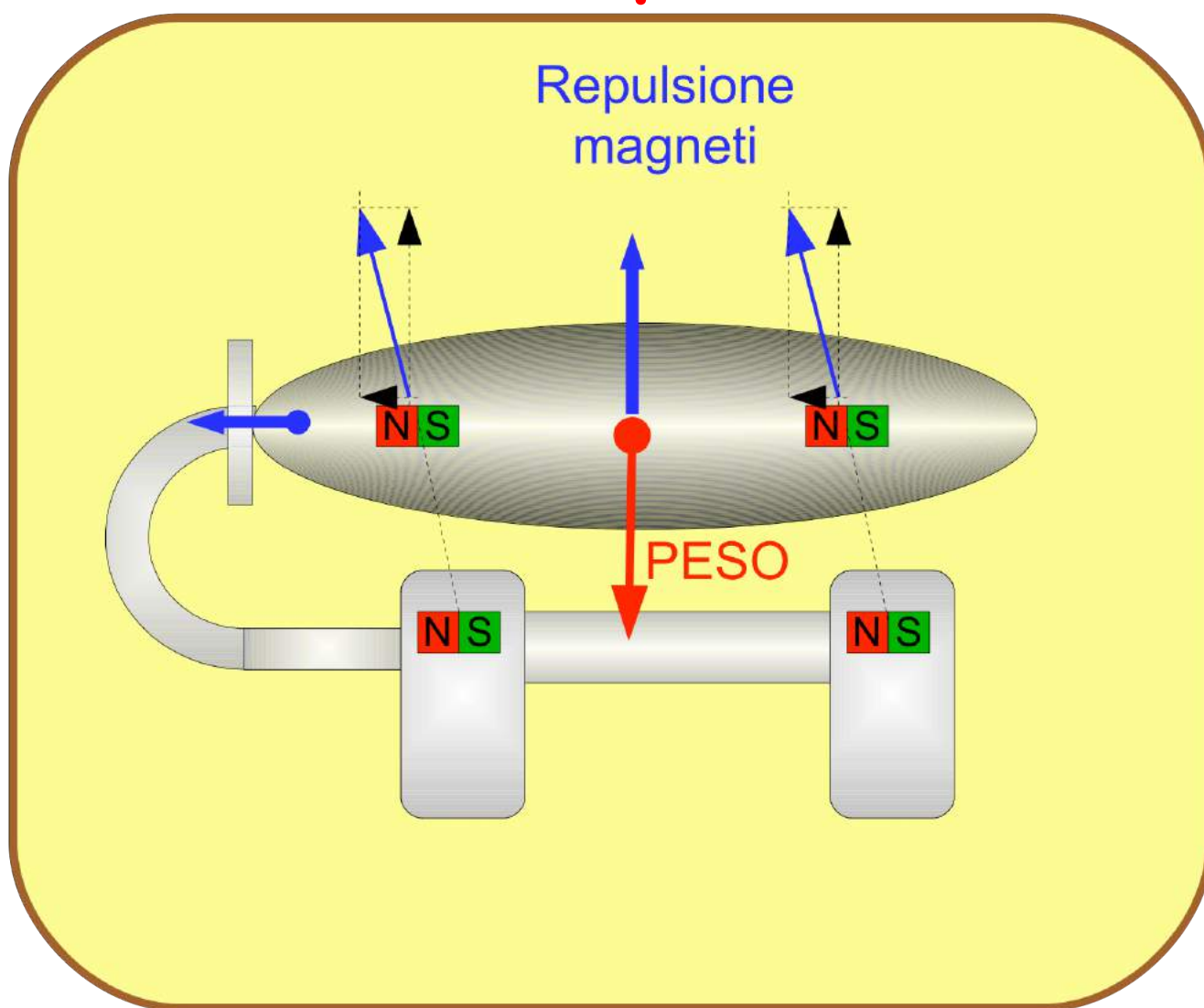


.....

L'ultima sferetta partira' con una velocita' molto maggiore di quella iniziale



LEVITAZIONE MAGNETICA di una penna



- ✓ I magneti sono disposti in modo da respingersi
- ✓ La spinta è verso l'alto, con una piccola parte diretta lateralmente verso il dischetto di plastica
- ✓ La forza peso della penna e la reazione vincolare del dischetto di plastica bilanciano la repulsione fra i magneti

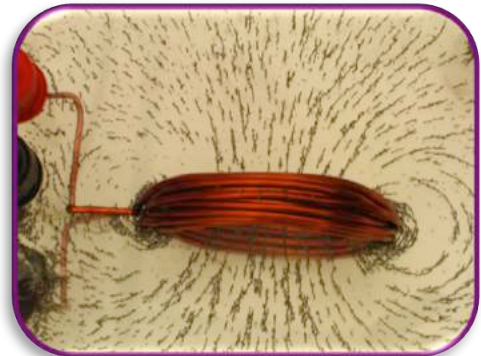
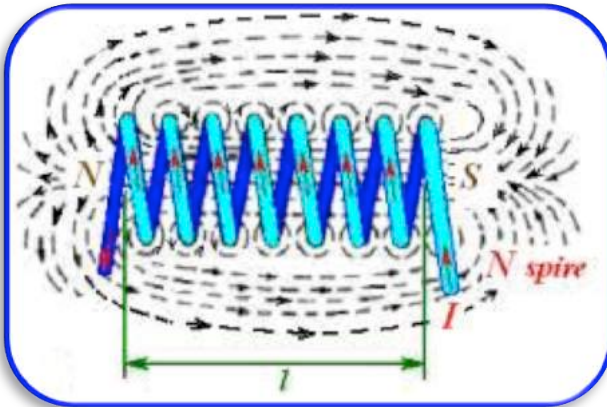
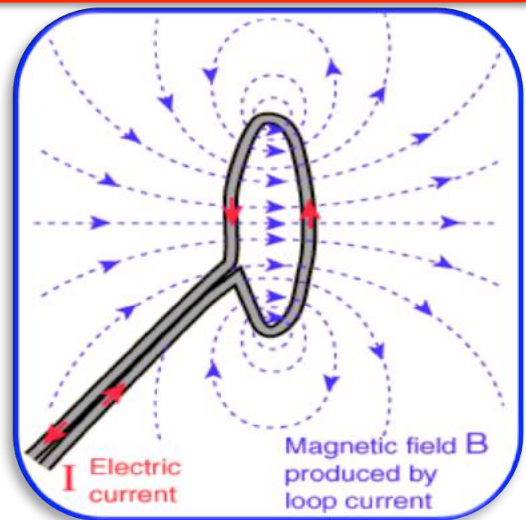
FILO PERCORSO DA CORRENTE



- ✓ Un filo percorso da corrente induce un campo magnetico
- ✓ In una **SPIRA** percorsa da **corrente** il campo magnetico indotto è più intenso al centro della spira rispetto all'esterno della spira

REGOLA DELLA "MANO DESTRA":

quando il pollice della mano destra è diretto nel verso della corrente che percorre il filo, le altre dita si richiudono intorno al filo nel verso delle linee del campo magnetico



SOLENOIDE: numero di spire N avvolte su un supporto cilindrico

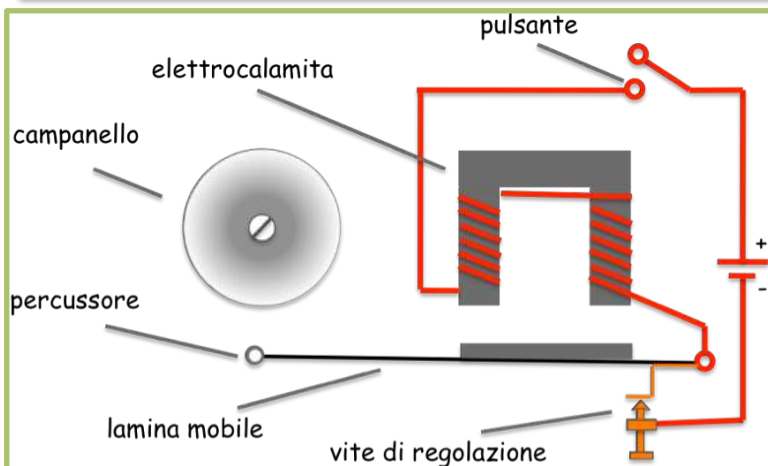
Se si fa passare una corrente elettrica di intensità I nel filo, si crea un campo magnetico, sia dentro sia fuori del solenoide:

- ✓ direttamente proporzionale al numero totale delle spire N e all'intensità di corrente I
- ✓ inversamente proporzionale alla lunghezza l del solenoide

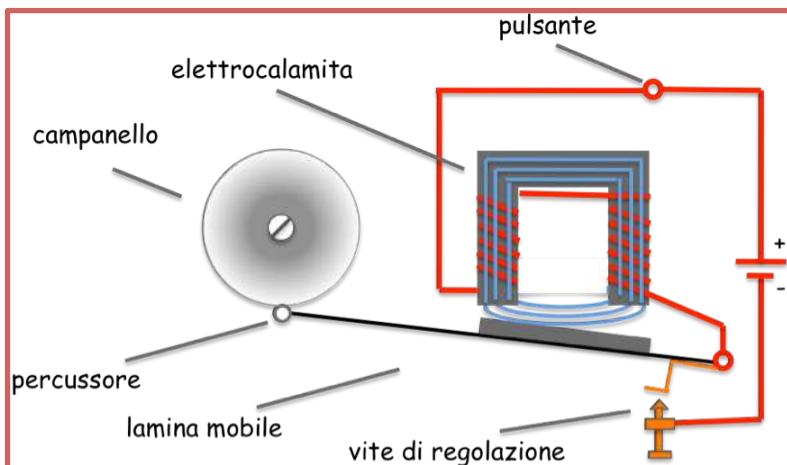
CAMPANELLO ELETTRICO

Il funzionamento del campanello elettrico si basa sul fenomeno di generare un campo magnetico in un circuito percorso da corrente elettrica

(PRIMA LEGGE DI LAPLACE)



- ✓ In condizione di riposo la lamina è appoggiata sulla vite di regolazione
- ✓ Il contatto mobile lamina/vite di regolazione è chiuso
- ✓ Il pulsante di accensione è aperto: nel circuito non scorre nessuna corrente
- ✓ Premendo il pulsante di accensione, il circuito si chiude: la corrente circola attraverso il contatto mobile nell'elettrocalamita

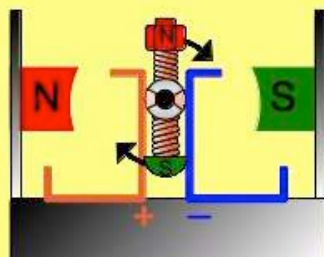


- ✓ Viene così indotto un campo magnetico, che attirando a sé la lamina di metallo, fa sì che il percussore colpisca il campanello
- ✓ Il contatto mobile si apre

- ✓ Quando il contatto mobile si apre si interrompe la corrente nel circuito: la lamina torna quindi indietro fino alla sua posizione di riposo
- ✓ L'effetto risultante è un'oscillazione del percussore che dà origine al classico trillo del campanello

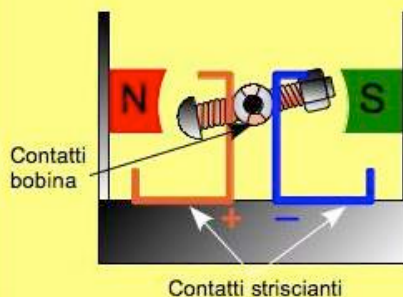
MOTORINO ELETTRICO

1. elettromagneti attivi



Contatti chiusi

2. elettromagneti spenti



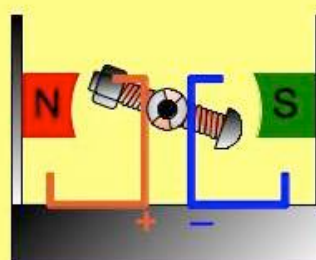
Contatti aperti

3. elettromagneti attivi e invertiti

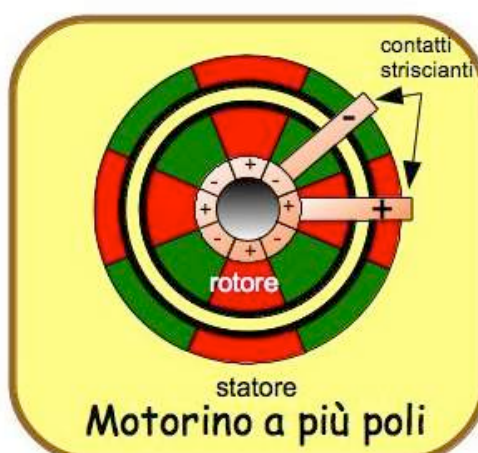


Contatti chiusi

4. elettromagneti spenti



Contatti aperti



ROTAIA DI LAPLACE

Mostra l'effetto di un campo magnetico uniforme su un conduttore percorso da corrente

E' formata da:

- ✓ una coppia di rotaie di alluminio collegata ad un alimentatore
- ✓ un cilindro di alluminio che puo' scorrere liberamente sulle rotaie e che completa il contatto elettrico fra di esse
- ✓ un forte magnete che genera un campo magnetico uniforme perpendicolare al cilindro



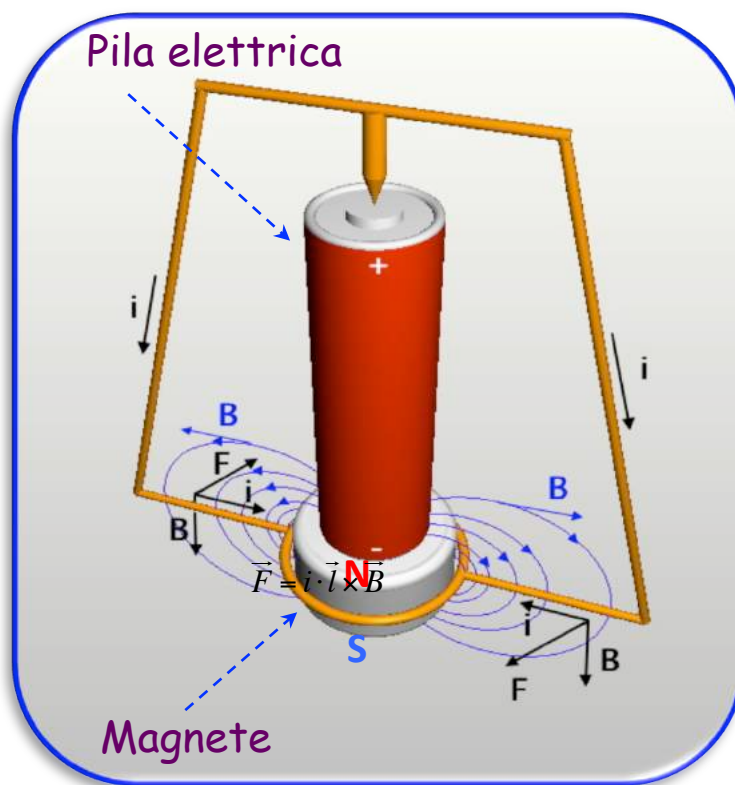
SECONDA LEGGE DI LAPLACE

$$\vec{F} = l \cdot \vec{i} \times \vec{B}$$

- ✓ Appoggiando il cilindro di alluminio sulle rotaie e accendendo l'alimentatore, il circuito (rotaie-cilindro) e' percorso da corrente
- ✓ La forza che agisce sul cilindro e' proporzionale al campo magnetico, alla corrente e alla distanza fra le rotaie ed e' perpendicolare alla direzione del campo magnetico e della corrente

MOTORE UNIPOLARE

Forza magnetica su una corrente (SECONDA LEGGE DI LAPLACE)



Un filo di lunghezza l percorso da corrente (i) immerso in un campo magnetico esterno (B) subisce una forza (F) data da:

$$\vec{F} = l \cdot \vec{i} \times \vec{B}$$

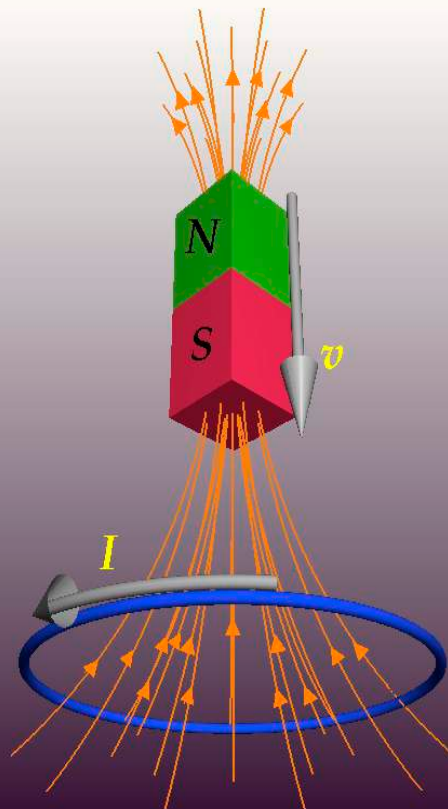
Notare che la forza sui due rami del trapezio è di segno opposto, così da originare una coppia che mette in moto il filo.

La direzione di rotazione dipende dalla direzione del magnete
(Nord in alto ed Sud in basso nel disegno)

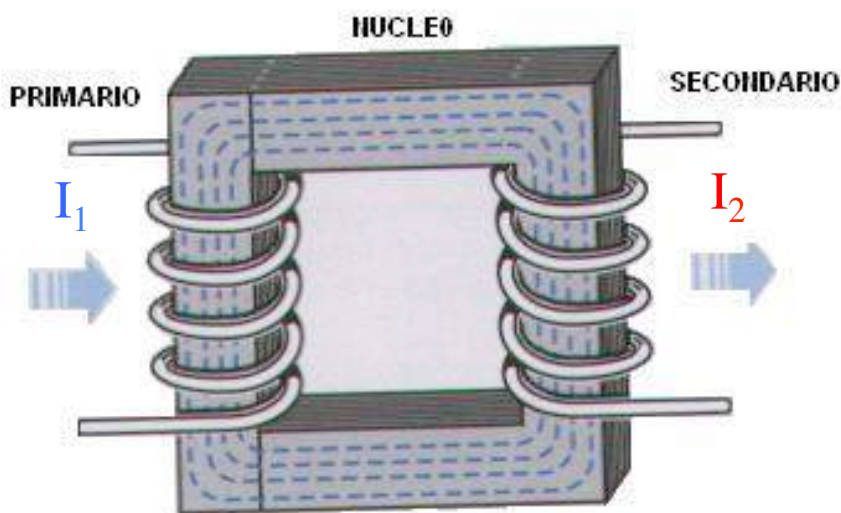
INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

La variazione del flusso del
campo magnetico attraverso
una spira conduttrice genera
una corrente
(LEGGE DI FARADAY)

QUESTO FENOMENO È
NOTO COME
"INDUZIONE
ELETTROMAGNETICA"



In figura la variazione di flusso magnetico viene prodotta
muovendo il magnete verso la spira



Il campo magnetico
variabile si può generare
facendo circolare una
corrente variabile (I_1) in
una bobina (primario).
Se il flusso magnetico
variabile attraversa
un'altra bobina
(secondario) in essa si
induce una corrente (I_2)

TRASFORMAZIONE DI ENERGIA CINETICA DI UN LIQUIDO IN ENERGIA ELETTRICA



- ✓ Un magnete di neodimio e' posizionato all'interno di una bobina
- ✓ Il flusso di acqua mette in rotazione una turbina
- ✓ Il magnete e' messo in rotazione attraverso un albero dalla turbina
- ✓ La variazione del flusso del campo magnetico induce una corrente nella bobina (**legge di Faraday**) che puo' essere osservata attraverso un led o un elettrometro



LA DINAMO

Produce energia elettrica utilizzando energia meccanica



- ✓ Il moto rotatorio viene trasmesso ad una spira di rame (**rotore**)
- ✓ La spira e' immersa nel campo magnetico generato da una coppia di magneti (**statore**)
- ✓ Ruotando la spira, il campo magnetico che la attraversa varia e la spira e' percorsa da una corrente indotta (**legge di Faraday**)
- ✓ Collegando la spira alla lampadina, la lampadina si accende

Connetti la DINAMO al circuito nelle due configurazioni (serie e parallelo) e genera la potenza necessaria per l'accensione dei bulbi ruotando la manovella della dinamo:

Noti una differenza tra le due configurazioni?

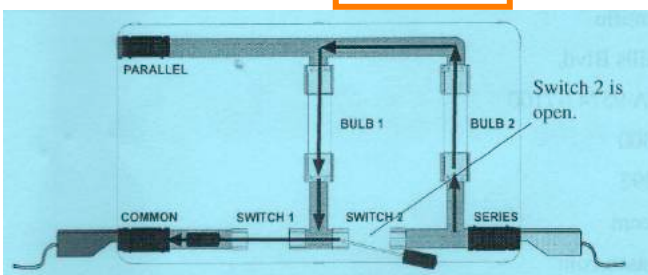
TEORIA

I magneti nella parte esterna della dinamo (statore), generano un campo magnetico stazionario

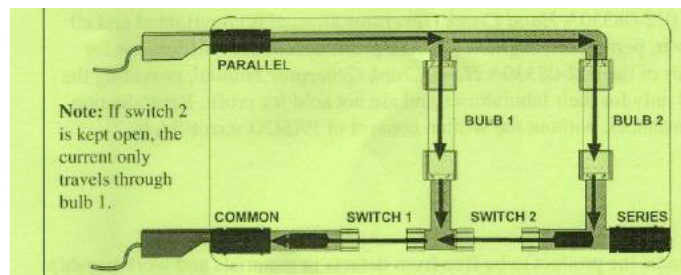
Le spire di rame nella parte interna della dinamo sono immerse nel campo dello statore.
Una variazione di flusso (Φ) del campo magnetico si genera quando esse ruotano intorno ad un asse

La variazione di flusso Φ genera una differenza di potenziale (V) ai capi delle spire, proporzionale alla variazione del flusso Φ :

$$V = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{legge di Faraday})$$



Percorso della corrente attraverso i bulbi nel circuito in serie



Percorso della corrente attraverso i bulbi nel circuito in parallelo

SPIEGAZIONE

Più velocemente ruotiamo la dinamo attorno al proprio asse (giri/s) più alta è la tensione V

Se applichiamo questa tensione V ad un circuito con una resistenza R , la potenza prodotta P si ricava dalla legge di Ohm:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Nel circuito con due lampadine, ognuna di resistenza R_L la potenza prodotta è:

$$R_{serie} = 2 \cdot R_L$$

$$P_{serie} = \frac{V^2}{2 \cdot R_L}$$

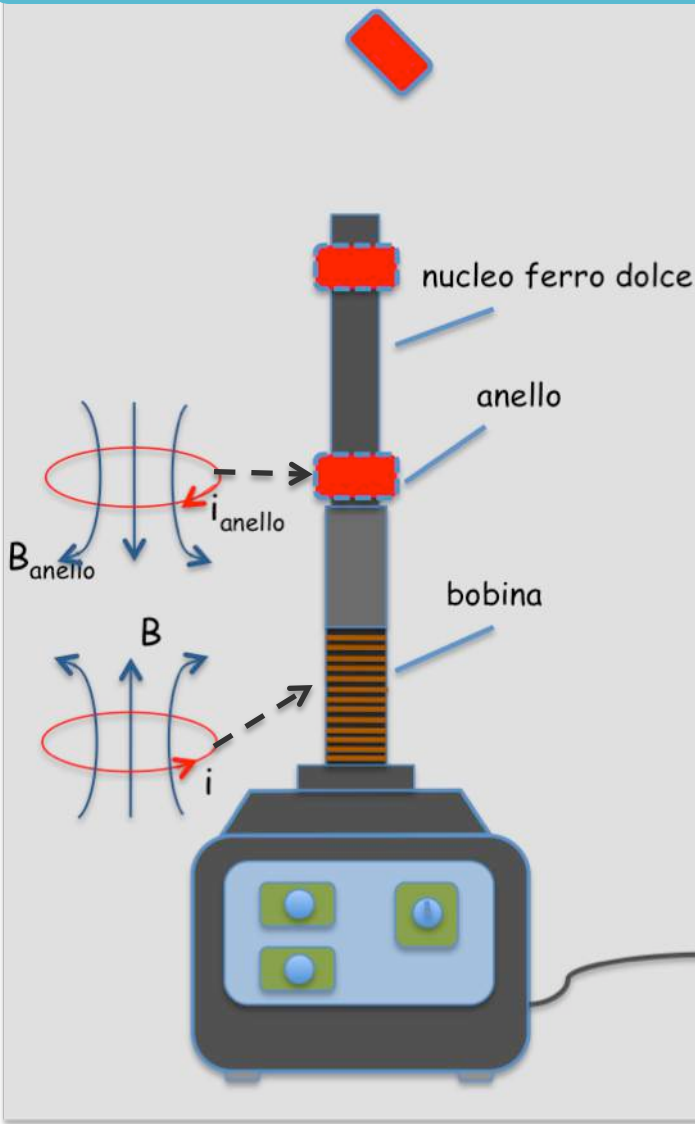
$$R_{par} = \frac{R_L}{2}$$

$$P_{par} = \frac{2 \cdot V^2}{R_L}$$

- ✓ Nel circuito in parallelo la potenza dissipata dalle lampadine è dunque 4 volte maggiore di quella in serie
- ✓ Dovremo applicare allora una forza maggiore per mantenere gli stessi giri/s ovvero generare la stessa tensione V

LANCIA ANELLI ELETTROMAGNETICO

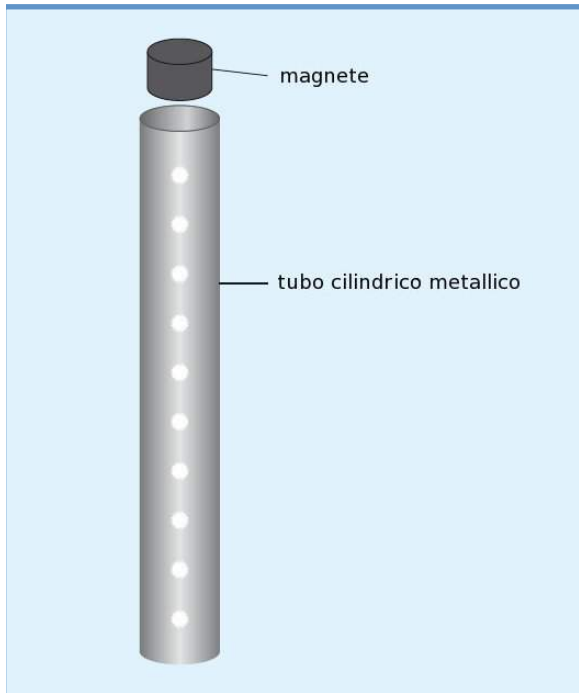
E' un elettromagnete alimentato in corrente alternata con un nucleo di ferro dolce (non magnetizzato in maniera permanente) che si estende verticalmente nella bobina



- ✓ Quando un anello conduttore (alluminio, rame) e' posizionato sul nucleo di ferro dolce e si fa passare corrente nella bobina, l'anello vola in aria
- ✓ Facendo passare corrente nella bobina si ha una variazione di flusso magnetico nell'anello che induce una corrente (**Legge di Faraday**)
- ✓ Il verso della corrente e' tale da opporsi alla variazione di flusso (**Legge di Lenz**): si genera un campo magnetico (**Prima Legge di Laplace**) il cui verso e' opposto a quello generato dalla bobina
- ✓ La repulsione magnetica fa volare l'anello

- ✓ Un anello aperto rimane fermo alla base della bobina perche' non essendo attraversato da corrente non si induce alcun campo magnetico.
- ✓ Posizionando una bobina in rame collegata ad una lampadina, la corrente indotta accende la lampadina.

LEGGE DI LENZ



- 1) Un cilindro non magnetizzato viene lasciato cadere dentro il tubo di alluminio e arriva a terra in pochissimo tempo ($\approx 1\text{sec}$)
- 2) Successivamente un magnete di massa uguale viene lasciato cadere nel tubo di alluminio e impiega un tempo molto maggiore del primo per arrivare a terra (≈ 10 volte più grande)

- ✓ Il magnete mentre cade produce una corrente indotta nel tubo di alluminio, il cui verso è tale da generare un campo magnetico che si oppone alla variazione del campo magnetico originario (**Legge di Lenz**)
- ✓ **In tal modo, il campo magnetico indotto rallenta la caduta del magnete**

L'interazione tra il magnete e il tubo può essere evidenziata appendendo il tubo stesso ad un dinamometro, che misurerà nel secondo caso una forza maggiore di quella corrispondente al peso del tubo:

- ❑ durante la caduta il magnete è soggetto da parte del tubo ad una forza opposta al suo peso
- ❑ per il terzo principio della dinamica, il magnete reagisce sul tubo con una forza uguale ed opposta, misurabile con il dinamometro

LEGGE DI LENZ

- ✓ La **legge di Lenz** si spiega in termini della **Legge di Faraday** (una **variazione di flusso del campo magnetico genera una corrente**) e della **Prima Legge di Laplace** (una corrente circolante induce un campo magnetico).
- ✓ In **figura** è mostrato il magnete che cade con il polo Nord verso il basso **e sono indicate tre sezioni perpendicolari al tubo di alluminio (A-B-C)**.
- ✓ Il campo magnetico generato dal magnete punta verso il basso in tutte e tre le sezioni.

Sez. A

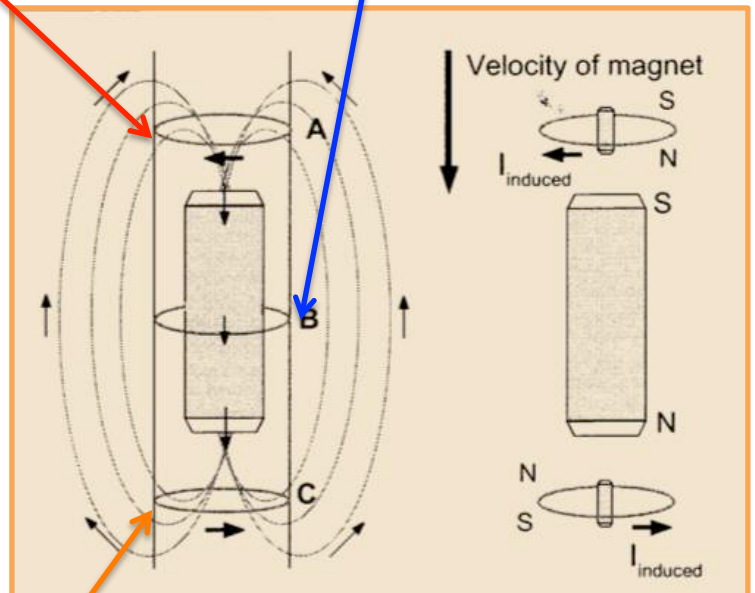
- ✓ Mentre il magnete cade, il flusso del campo magnetico diminuisce attraverso la **sez. A**
- ✓ Si genera nel tubo di alluminio una corrente indotta che circola in senso orario
- ✓ Questa a sua volta genera un campo magnetico diretto verso il basso
- ✓ Per capire l'effetto di questo campo magnetico sulla caduta del magnete si può immaginare che sia stato prodotto da un piccolo magnete con il polo Nord orientato verso il basso
- ✓ In tal modo il polo Nord del magnete indotto, vicino al polo Sud del magnete che cade, esercita una forza attrattiva e rallenta la caduta del magnete.

Sez. B

- ✓ Nella **sez. B** il campo magnetico resta quasi costante e non si genera un campo magnetico indotto

Sez. C

- ✓ Nella **sez. C** il flusso del campo magnetico aumenta durante la caduta del magnete. La corrente indotta circola in senso antiorario e genera un campo magnetico diretto verso l'alto
- ✓ Tale campo si può immaginare prodotto da un piccolo magnete con il polo Nord orientato verso l'alto, **che tende così a respingere il polo Nord del magnete che cade, rallentando la sua caduta.**

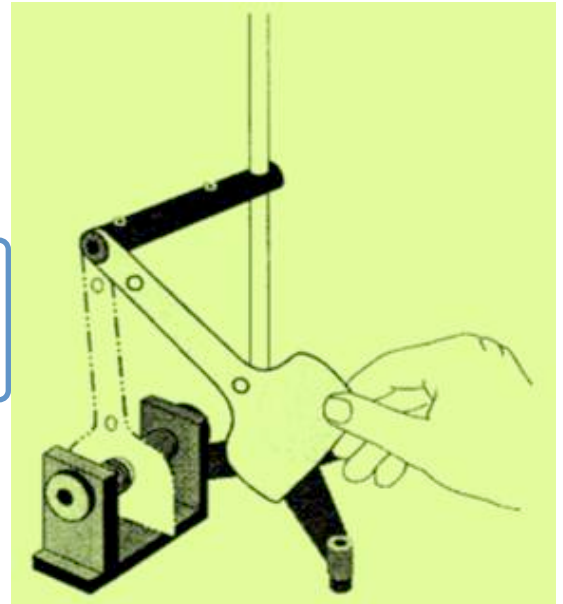


PENDOLO DI WALTENHOFEN: smorzamento magnetico

1. Posizionare la paletta di alluminio e lasciarla oscillare liberamente.
2. Posizionare il magnete in modo che la paletta possa passare tra i poli del magnete
3. Quando si lascia oscillare la paletta attraverso il magnete, si osserva che le oscillazioni si smorzano rapidamente

Si noti che l'alluminio non è una sostanza ferromagnetica e quindi non è attratto dai magneti

- ✓ Ciò è dovuto alle correnti di vortice indotte sulla paletta (**correnti di Foucault**)
- ✓ Queste correnti creano un campo magnetico che si oppone alla variazione di flusso che le ha generate (**Legge di Lenz**) inducendo una forza di smorzamento
- ✓ L'effetto è più evidente aumentando il campo magnetico in cui passa la paletta o aumentando il movimento relativo fra il magnete e la paletta



ESEMPI di applicazione:

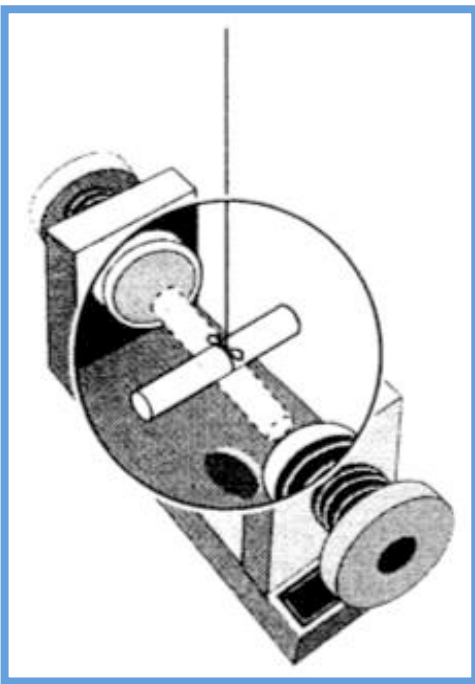
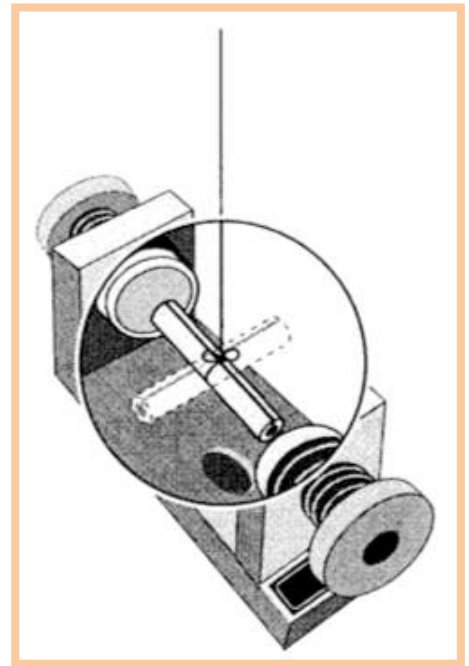
- ✓ Forno a induzione
- ✓ Freni dei TIR



Cambiando il tipo di paletta, le correnti di vortice indotte sono inferiori e si osserva uno smorzamento più lieve, fino ad un effetto quasi nullo quando si utilizza il pettine dove il circuito di corrente non si chiude sull'intera superficie.

PARAMAGNETISMO E DIAMAGNETISMO

- ✓ Ponendo una **bacchetta di alluminio (sostanza paramagnetica)** perpendicolarmente al campo magnetico, questa ruota ed oscilla verso una posizione di **equilibrio parallela** al campo magnetico.
- ✓ **SPIEGAZIONE:** gli atomi delle sostanze **paramagnetiche** posseggono un **momento di dipolo magnetico proprio** che, in un campo magnetico esterno, **si orienta nella direzione del campo stesso**.

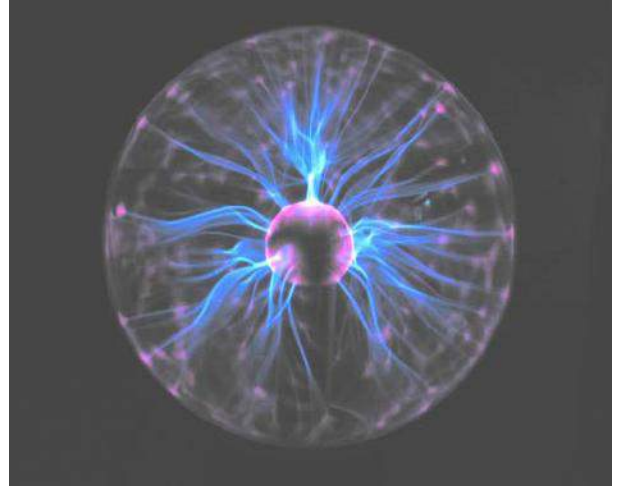


- ✓ Una **bacchetta di vetro (sostanza diamagnetica)**, inizialmente disposta parallelamente al campo magnetico, ruota ed oscilla attorno ad una posizione di **equilibrio perpendicolare** al campo.
- ✓ **SPIEGAZIONE:** gli atomi delle sostanze **diamagnetiche non posseggono un momento di dipolo magnetico proprio**. Immerse in un campo magnetico esterno acquistano **un momento magnetico orientato in verso opposto e tendono a respingere il campo esterno**.

SFERA AL PLASMA

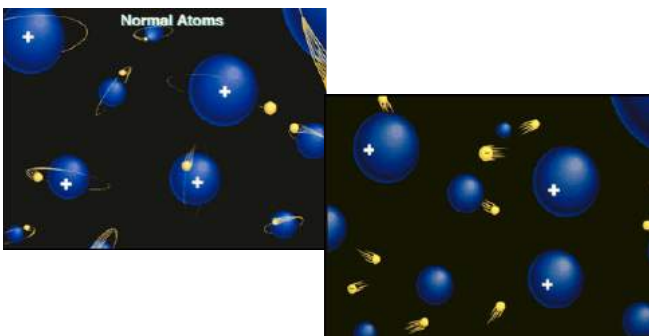
DESCRIZIONE:

- ✓ E' una sfera di vetro contenente un **gas a bassa pressione**
- ✓ Al centro c'è un **elettrodo**, collegato ad un generatore di **alta tensione alternata** ad alta frequenza
- ✓ Fra l'elettrodo e la sfera di vetro si genera un **campo elettrico oscillante** che mette in moto le cariche elettriche
- ✓ La **ionizzazione del gas** produce **scariche elettriche** visibili come **filamenti luminosi**
- ✓ Le scariche trasformano il gas sul loro cammino in un **PLASMA**, cioè un gas ionizzato (cariche positive e negative separate) ad alta temperatura
- ✓ Il plasma a sua volta facilita il passaggio delle scariche, perché è **buon conduttore di corrente**



Le scariche elettriche viste più da vicino:

- ✓ Gli elettroni, accelerati dal campo elettrico oscillante nella sfera, ogni tanto urtano una molecola del gas
- ✓ Se il gas è abbastanza rarefatto, fra un urto e il successivo gli elettroni acquistano energia sufficiente per ionizzare le molecole
- ✓ Vengono così liberati altri elettroni che a loro volta ionizzano il gas, in un processo a valanga
- ✓ La luce emessa dalla scarica si produce ogni volta che gli ioni vengono eccitati
- ✓ Le scariche si muovono verso l'alto perché scaldandosi il gas tende a salire



La sfera al plasma è una delle tante invenzioni del fisico serbo Nikola Tesla (1856-1943)

SFERA AL PLASMA

LA SCARICA IN CORRISPONDENZA DEL DITO E' PIU' INTENSA DELLE ALTRE:

- ✓ Il corpo umano è migliore conduttore di corrente rispetto all'aria
- ✓ Aumenta l'accoppiamento capacitivo, cioè viene offerta alla corrente una via più facile da percorrere
- ✓ La corrente elettrica è dunque più intensa nella direzione del dito, per cui si hanno più fenomeni di ionizzazione e si produce più luce

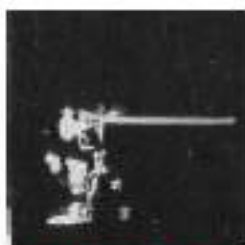


UNA LAMPADA FLUORESCENTE POSTA VICINO ALLA SFERA SI ACCENDE:

- ✓ Il campo elettrico oscillante, presente anche all'esterno della sfera, accelera gli elettroni del gas nella lampada
- ✓ Il gas nella lampada, eccitato dagli elettroni in movimento, emette luce



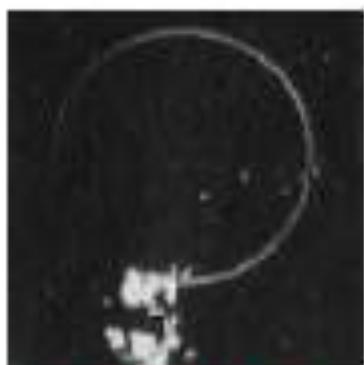
PARTICELLE CARICHE IN MOTO IN UN CAMPO MAGNETICO



ASSENZA di
campo magnetico

In assenza di campo
magnetico B:

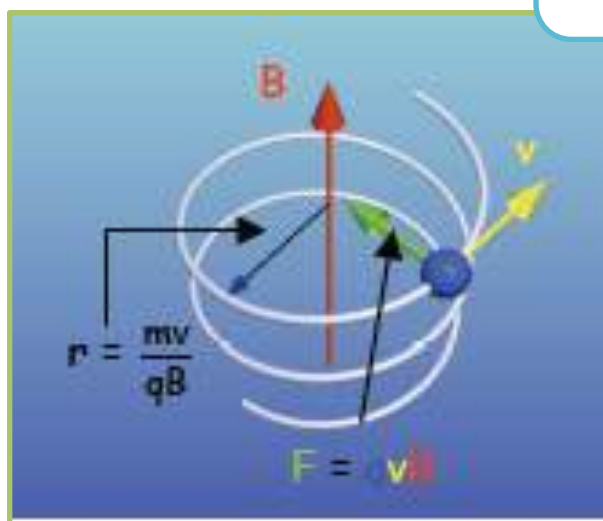
gli elettroni, accelerati
dal cannone elettronico,
viaggiano orizzontalmente
verso destra lasciando una
traccia di gas luminoso



PRESENZA di
campo magnetico

In presenza di un campo magnetico
uniforme B, generato per induzione da
due grandi bobine di Helmholtz
alimentate da una corrente:

- ✓ gli elettroni sono soggetti alla
forza di Lorentz che, essendo
perpendicolare alla velocità degli
elettroni, funge da forza
centripeta
- ✓ gli elettroni percorrono una
traiettoria circolare, il cui raggio r
è dipendente dal rapporto m/qB



forza di Lorentz

$$\vec{F} = e \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Raggio di curvatura

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$$