

Nozioni di Fisica Biochimica e Biologia

Fisica Medica

Lezione 5 - FENOMENI ELETTRICI E MAGNETICI

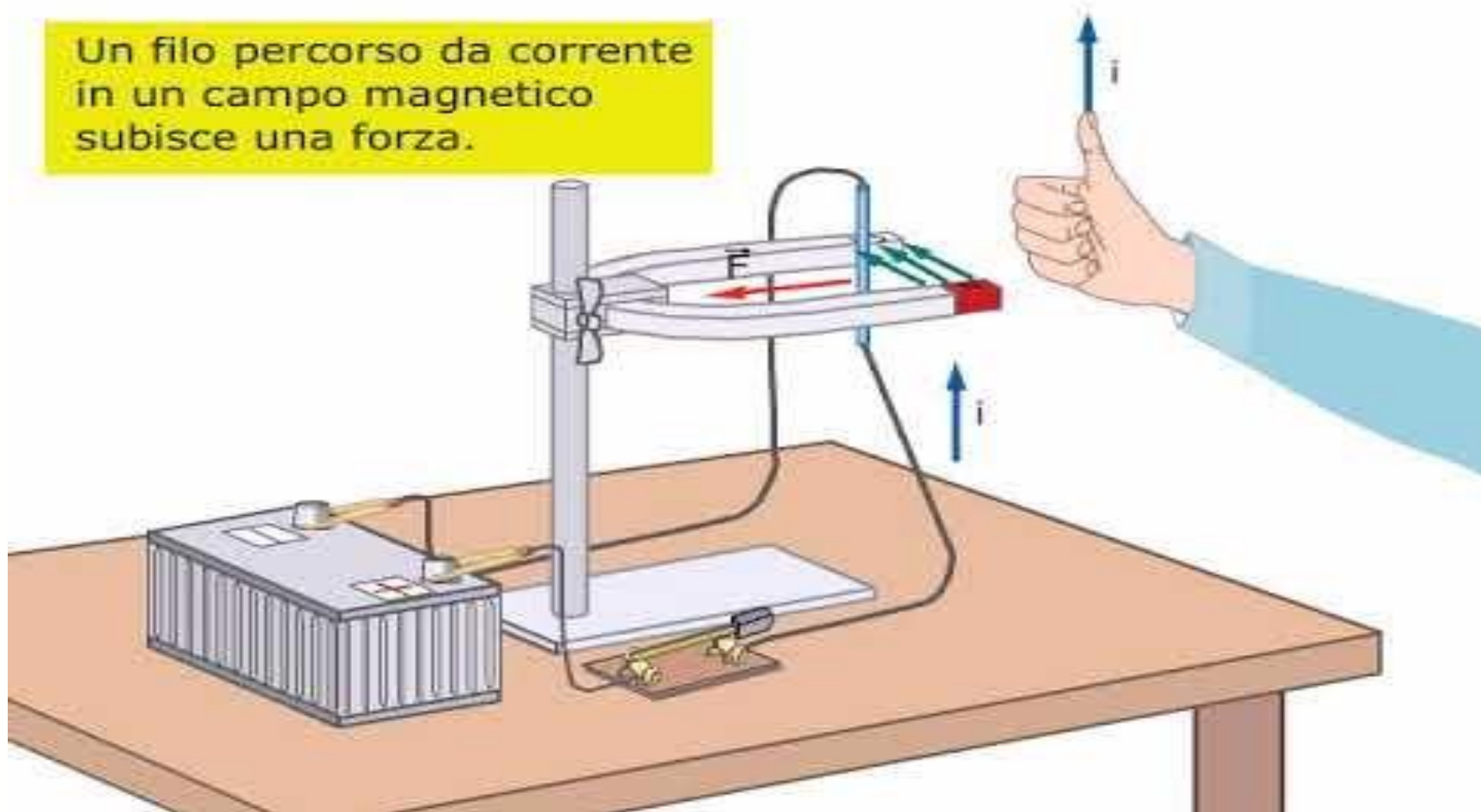
Anno Accademico 2022/2023

AGENDA DEL CORSO

	DATA	ORE	ARGOMENTI
LEZIONE 1	30/11/2022	3	Richiami e nozioni introduttive di base: Grandezze fisiche, unità e sistemi di misura. Errori di misura. Scalari e vettori. Operazioni tra vettori. Algebra di base. Relazioni funzionali e rappresentazioni grafiche. Trigonometria.
LEZIONE 2	02/12/2022	3	Cinematica e dinamica del corpo: Sistemi di riferimento. Moto rettilineo uniforme. Moto rettilineo uniformemente accelerato. Principi della dinamica. Forze. Rotazione e momento di una forza. Leve. Lavoro ed energia.
LEZIONE 3	05/11/2022	3	Fluidodinamica: Statica dei fluidi. Pressione e densità. Legge di Stevino. Tubo di Torricelli. Principio di Pascal e torchio idraulico. Principio di Archimede. Viscosità. Portata. Teorema di Bernoulli. Sfigmomanometro. Aneurisma e stenosi.
LEZIONE 4	07/11/2022	3	Termodinamica: Sistemi termodinamici. Temperatura e calore. Misura della temperatura. Scale termometriche. Capacità termica e calore specifico. Equilibrio termico. Dilatazione termica. Passaggi di stato. Trasmissione del calore. Bilancio energetico nel corpo umano.
LEZIONE 5	13/11/2022	3	Fenomeni elettrici e magnetici: Carica elettrica. Elettrizzazione. Conduttori e isolanti. Legge di Coulomb. Campo elettrico. Potenziale elettrico. Intensità di corrente. I e II Legge do Ohm. Onde elettromagnetiche. Ultrasuoni. Effetto Doppler.
PROVA FINE CORSO			

FENOMENI ELETTRICI E MAGNETICI

Un filo percorso da corrente
in un campo magnetico
subisce una forza.



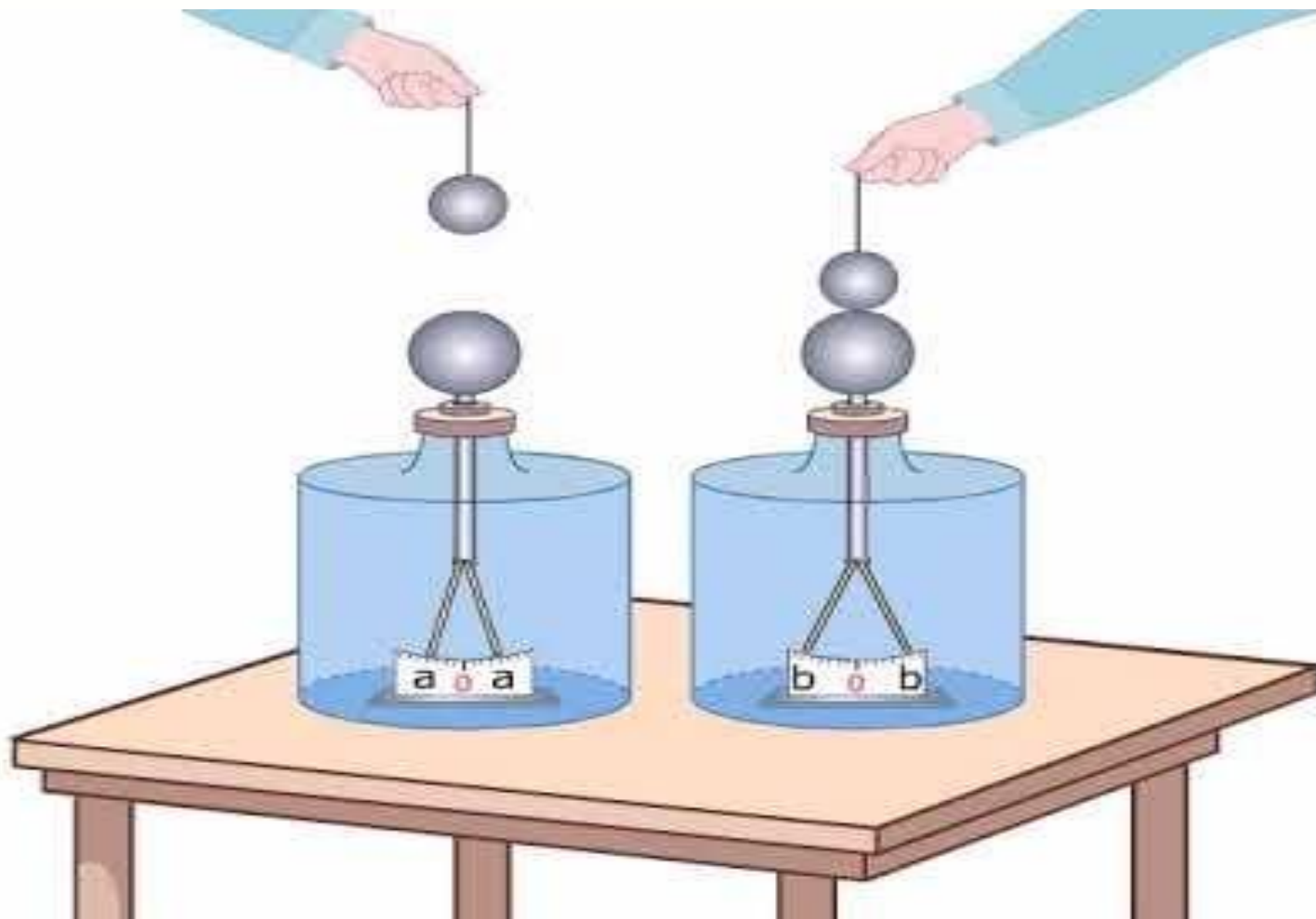
Alla base di tutti i fenomeni elettrici c'è una proprietà della materia che si chiama **carica elettrica** (Q) (figura 1).

Possiamo dire che ci sono due aspetti che contribuiscono a creare attorno alla carica elettrica una specie di alone misterioso:

- diversamente da altre proprietà della materia (la massa, il volume, eccetera) la carica elettrica non è di solito immediatamente percepita dai nostri sensi;
- la carica elettrica è una proprietà che presenta due facce; gli scienziati hanno deciso di distinguere queste due facce attribuendo loro convenzionalmente termini e simboli molto semplici: *carica elettrica positiva* (+) e *carica elettrica negativa* (-).

Con **carica elettrica** si intende una proprietà della materia di natura atomica che ha la capacità di generare forze elettriche, attrattive o repulsive, nell'interazione tra corpi. Le cariche elettriche sono generate, microscopicamente, dagli elettroni e dai protoni presenti negli atomi.

CARICA ELETTRICA

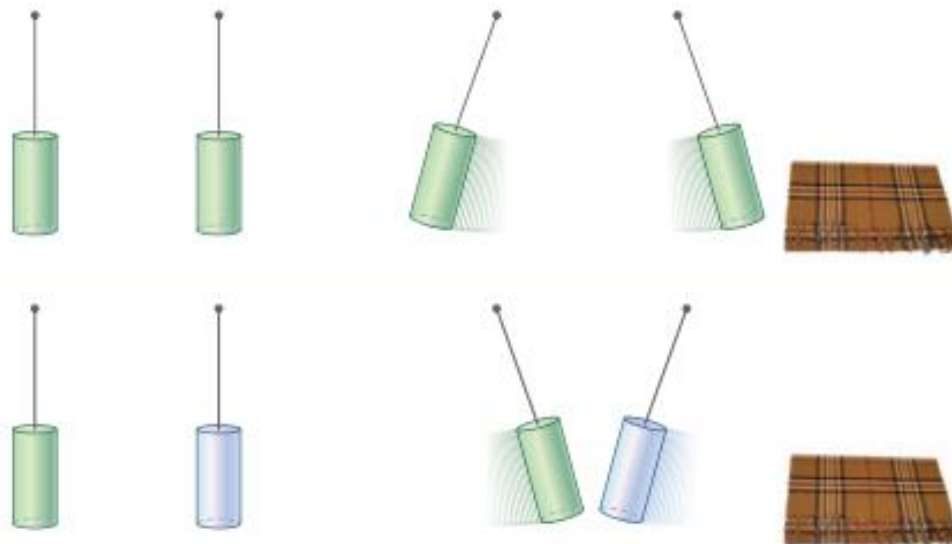


FORZE REPULSIVE E FORZE ATTRATTIVE

Si osserva che, nei confronti del fenomeno di elettrizzazione, esistono due categorie di materiali.

Se prendiamo due bacchette di bachelite, le strofiniamo con un panno e le avviciniamo, possiamo osservare che esse si respingono, dunque ciascuna di esse esercita sull'altra una **forza repulsiva** che tende ad allontanarle. Se proviamo a ripetere lo stesso esperimento con due bacchette di vetro, dopo averle **elettrizzate per strofinio** con un panno e dopo averle avvicinate, anche in questo caso osserviamo che si respingono. Sembra quindi che i due materiali si comportino esattamente allo stesso modo.

Cosa succede invece quando avviciniamo due bacchette elettrizzate, di cui una di vetro e l'altra di bachelite? Tra le due bacchette si manifesta una **forza attrattiva** che le fa avvicinare.



Anche se non sappiamo ancora nulla della teoria delle cariche elettriche, reiterando l'approccio sperimentale con altri materiali possiamo trarre alcune conclusioni preliminari:

- 1) esistono due specie di materiali che si elettrizzano in modo diverso: la prima specie include tutti i materiali che si comportano come il vetro, la seconda quelli che si comportano come la bachelite;
- 2) tra due corpi fatti di materiali della medesima specie si esercita una forza repulsiva;
- 3) tra due corpi fatti di materiali di specie diversa si esercita una forza attrattiva.

Un materiale, quando viene elettrizzato, acquisisce una **carica elettrica**, dove per *carica elettrica* si intende la proprietà calcolabile e misurabile che un corpo deve avere per esercitare una forza elettrica e, al contempo, per essere soggetto a una forza elettrica.

Alla luce di quanto visto prima, se ne deduce che devono esistere due diverse tipologie di cariche elettriche. Si è così stabilito di chiamare:

- 1.A) **carica elettrica positiva**, la carica presente sui corpi che si comportano come il vetro quando viene elettrizzato;
- 1.B) **carica elettrica negativa**, la carica presente sui corpi che si comportano come la bachelite quando viene elettrizzata.

STRUTTURA ATOMICA E CARICA ELETTRICA

Cominciamo col dire che ogni atomo è formato da un **nucleo** e da particelle, gli **elettroni**, che si muovono nello spazio attorno ad esso. Il nucleo a sua volta è costituito da due tipi di particelle, i **protoni** e i **neutroni**.

Per quanto riguarda la **massa degli atomi**, protoni e neutroni sono particelle molto più **massicce** dell'elettrone, infatti:

- la **massa dell'elettrone** vale $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, o più precisamente

$$m_e = 9,109\,383\,7015(28) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

- la **massa del protone** e la massa del neutrone sono pressoché uguali, e valgono circa $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

$$m_p = 1,672\,621\,923\,69(51) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

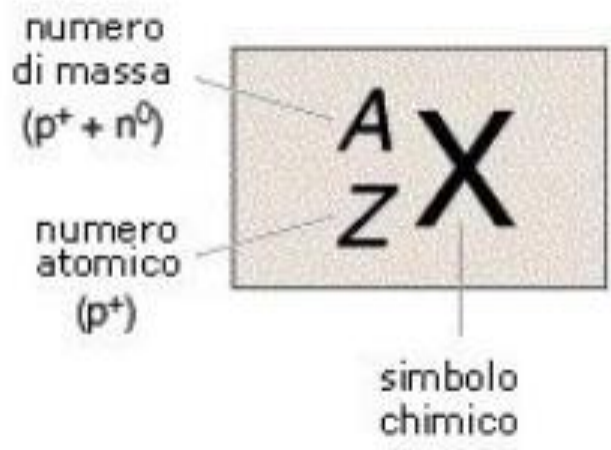
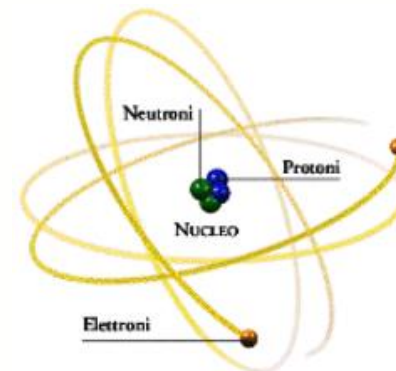
$$m_n = 1,674\,927\,498\,04(95) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Con un semplice calcolo si vede che il protone è circa 1800 volte più massiccio rispetto all'elettrone o, in altri termini, servono 1800 elettroni per ottenere la massa di un protone. Da qui si capisce che la massa di un atomo è quasi interamente concentrata nel suo nucleo.

STRUTTURA ATOMICA E CARICA ELETTRICA

Un atomo è costruito da una combinazione di tre particelle distinte:
elettroni, protoni e neutroni.

Ogni atomo ha un nucleo centrale, dove i protoni e i neutroni sono densamente uniti tra loro. Il nucleo è circondato da un gruppo di elettroni orbitanti.



Ogni atomo deve avere almeno un protone in esso; il numero dei protoni in un atomo è definito **NUMERO ATOMICO (Z)** e definisce ciò che l'elemento chimico dell'atomo rappresenta

(Per esempio, tutti gli atomi con 7 protoni nel nucleo sono atomi di azoto, N)

Il **NUMERO DI MASSA (A)** è il numero di nucleoni (neutroni + protoni) che determinano la massa atomica

$$A = \text{numero protoni (Z)} + \text{numero neutroni (n}^0\text{)}$$



Conoscendo il numero atomico e il numero di massa di un atomo è possibile risalire al numero di neutroni contenuti nel suo nucleo.

Qual è il numero di neutroni dell'atomo $^{35}_{17}\text{Cl}$?
 $n^0 = A - Z = 35 - 17 = 18$

CARICA ELETTRICA PROPRIA

- l'elettrone ha carica negativa;
- il protone ha carica positiva;
- il neutrone, come si può intuire dal suo nome, è neutro e dunque non ha carica elettrica, il che equivale a dire che ha carica nulla. Il neutrone non è in grado di attrarre o respingere altre particelle, perché non è in grado di generare forze elettriche, né di esserne attratto o respinto perché non risente della presenza di forze elettriche.

Se vogliamo quantificare la carica elettrica di elettroni, protoni e neutroni ci serve necessariamente un'unità di misura. A tal proposito l'**unità di misura della carica elettrica** utilizzata dal Sistema Internazionale è il coulomb, denotata con la lettera C

unità di misura carica elettrica \rightarrow C (coulomb)

La **carica elettrica dell'elettrone** si indica con le notazioni equivalenti e^- , $-e$ o ancora $-q_e$, e il suo valore esatto viene convenzionalmente fissato a

$$e^- = -1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Di conseguenza 1 coulomb è definito come il corrispondente multiplo del modulo della carica elementare

$$1 \text{ C} = 6,241\,509\,074... \cdot 10^{18} e$$

Un atomo può assumere una carica elettrica soltanto quando diventa uno **ione**, cioè quando acquisisce o perde uno o più elettroni. In particolare abbiamo:

- uno *ione negativo*, quando un atomo acquisisce elettroni;
- uno *ione positivo*, quando invece li perde.

Il valore numerico della carica elettrica di uno ione è pari alla carica totale degli elettroni persi o acquisiti.

Gli elettroni sono legati ai nuclei dei propri atomi da forze elettriche ma, a seconda degli elementi, il legame può essere più o meno forte. Se si fornisce all'elettone la giusta quantità di **energia**, allora lo si può svincolare dal nucleo e renderlo libero di muoversi; è proprio alla mobilità degli elettroni che si devono alcuni **metodi di elettrizzazione**, nonché il passaggio di corrente elettrica.

L'**eletttrizzazione per strofinio** è un fenomeno elettrico in cui due corpi, a seguito di uno sfregamento, si scambiano elettroni. Ne consegue che il corpo che acquista elettroni acquisisce una carica negativa, mentre il corpo che li cede acquisisce una carica positiva. L'effetto risultante è una forza elettrica di tipo attrattivo tra i due corpi.

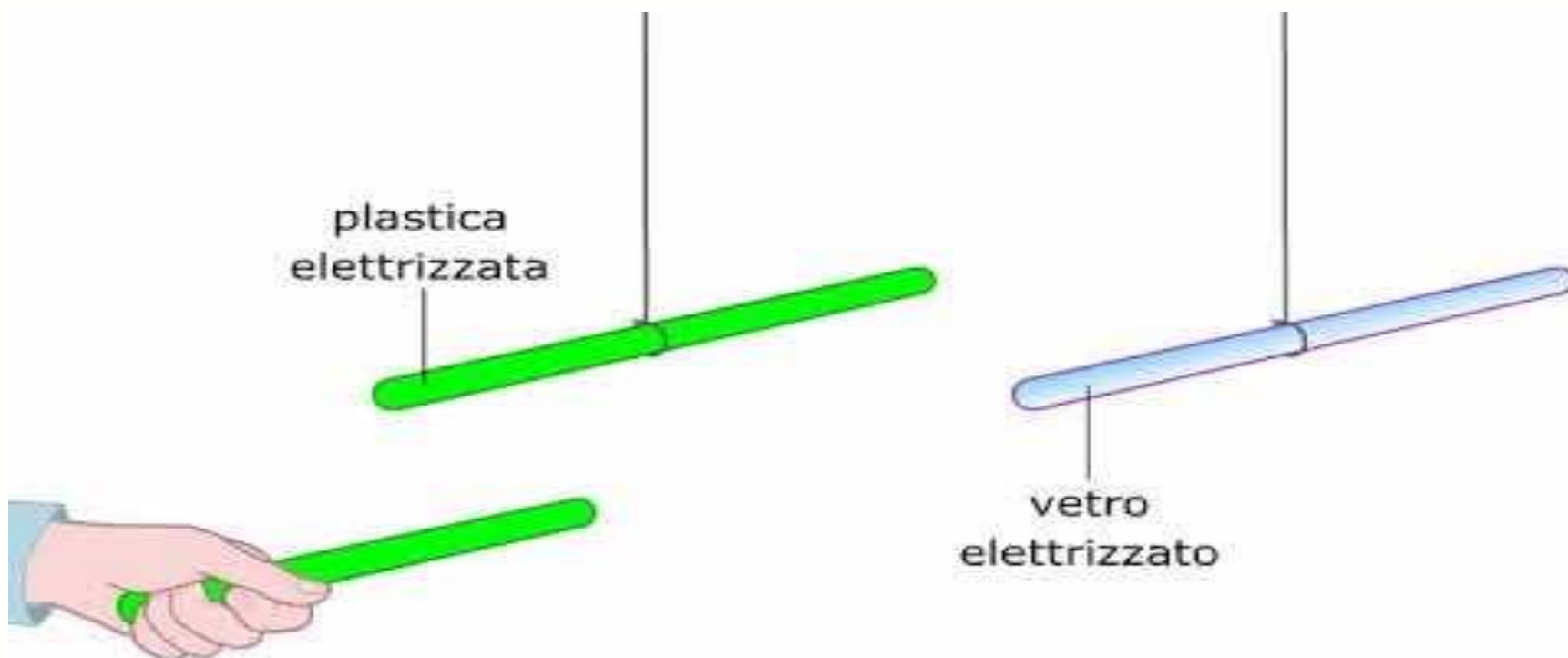
Cosa succede quando strofiniamo un corpo, ad esempio con un panno? Ci sono due eventualità:

- **eletttrizzazione per strofinio - carica negativa**: un certo numero di elettroni passa dal panno al corpo strofinato. Poiché gli elettroni lasciano il panno per trasferirsi sul corpo, quest'ultimo diventa carico negativamente. Ricordiamo che la **carica di un elettrone** è intrinseca, e che è negativa;

- **eletttrizzazione per strofinio - carica positiva**: al contrario, se gli elettroni si trasferiscono dal corpo al panno, allora il corpo si ritrova in deficit di elettroni. Di conseguenza le **cariche dei protoni**, che sono intrinseche e positive, nei nuclei degli atomi non sono più controbilanciate completamente, cosicché il corpo diventa carico positivamente.

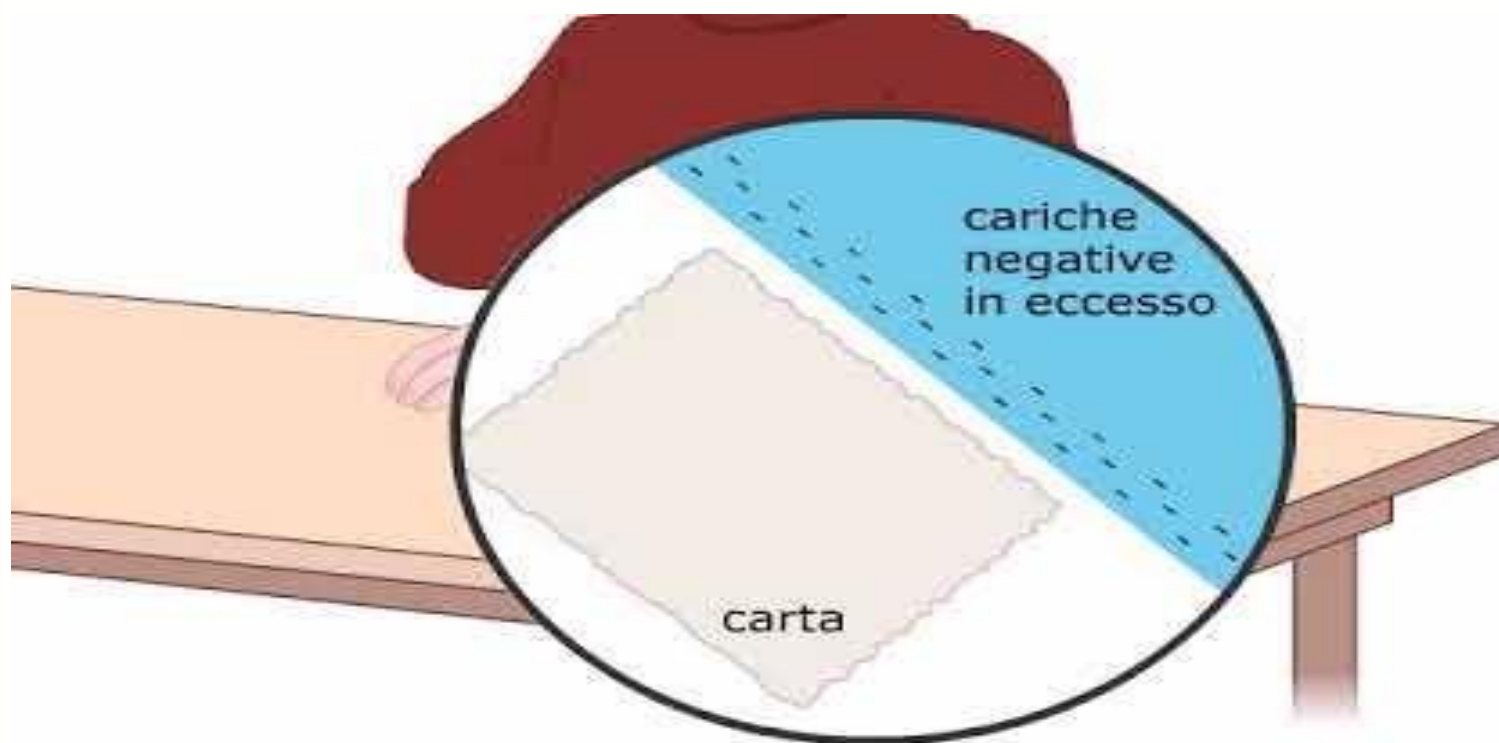
In entrambi i casi, e indipendentemente dal segno, la **carica acquisita dal corpo nell'eletttrizzazione per strofinio** è uguale alla carica complessiva degli elettroni che si sono trasferiti.

ELETTRIZZAZIONE PER STROFINIO



Due oggetti elettrizzati
possono attrarsi oppure respingersi.

INDUZIONE ELETTROSTATICA



CONDUTTORI E ISOLANTI

I materiali e le sostanze si classificano, in prima istanza, in **conduttori elettrici** e in **isolanti elettrici** a seconda della loro propensione a trasmettere o a trattenere le cariche elettriche che acquisiscono. I materiali conduttori in particolare possono trattenere la carica elettrica nel caso in cui siano isolati e non a contatto con altri conduttori.

Chiamiamo **conduttori elettrici** quei materiali che possono essere attraversati da cariche elettriche in movimento. Sono esempi di conduttori i metalli, ma anche l'acqua di mare.

Chiamiamo invece **isolanti elettrici** i materiali in cui le cariche non sono libere di muoversi. Sono esempi di isolanti i materiali plastici, la ceramica, la gomma, l'ambra, il vetro, la bachelite e l'aria.

- Nei **conduttori elettrici** alcuni elettroni atomici, quelli che si trovano nelle regioni più lontane dai rispettivi nuclei, hanno un legame debole con i relativi nuclei. Tali elettroni, detti *di conduzione*, sono così liberi di muoversi all'interno della struttura cristallina del materiale.

- Negli **isolanti elettrici** invece gli elettroni hanno legami molto più forti con i rispettivi nuclei ed è molto più difficile che se ne possano allontanare. Questo è il motivo per cui gli isolanti trattengono meglio le cariche elettriche.

Conduttori elettrici	Acqua di mare, acqua non pura, corpo umano, metalli (alluminio, argento, cromo, ferro, iridio, nichel, piombo, oro, platino, rame, tungsteno, zinco, ...) e leghe metalliche, Terra
Isolanti elettrici	Acqua pura (distillata), aria, carta, ceramica, gomma, legno, mica, paraffina, plastica, polietilene, polimeri, polistirolo, porcellana, olio minerale
Semiconduttori	Silicio, germanio, arseniuro di gallio

CONDUTTORI E ISOLANTI

nei **conduttori** vi sono cariche elettriche che si muovono liberamente

negli **isolanti** invece le cariche elettriche occupano posizioni fisse e non possono spostarsi



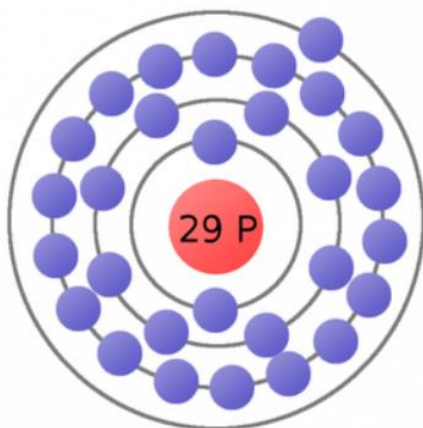
CONDUTTORI E ISOLANTI

Gli elettroni sono fondamentali per il funzionamento dell'energia elettrica. Nel suo stato di equilibrio più stabile, un atomo avrà lo stesso numero di elettroni e di protoni.

Gli elettroni non sono sempre tutti legati all'atomo. Gli elettroni sull'orbita esterna dell'atomo sono chiamati **elettroni di valenza**. Con abbastanza forza esterna, un elettrone di valenza può sfuggire dall'orbita dell'atomo e diventare liberi. Gli **elettroni liberi** ci permettono il movimento della carica...

$$Q = \pm N \cdot |q_e|$$

$$|q_e| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



Modello Atomico Rame di Bohr

Perché alcuni materiali sono isolanti e altri conduttori?

In base al loro comportamento elettrico i materiali si suddividono in conduttori e in isolanti.

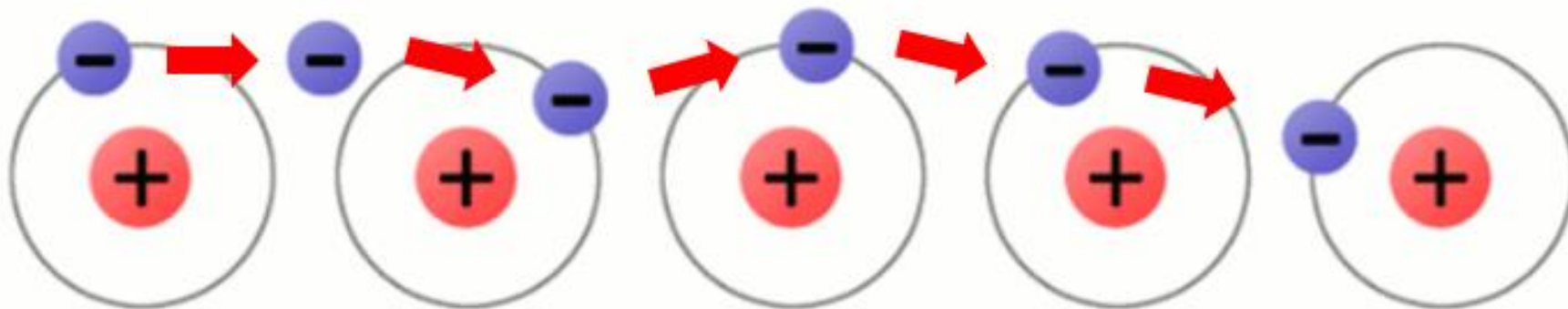
La spiegazione sta nella loro struttura atomica.

Nei **conduttori** gli elettroni non sono legati strettamente al nucleo dei rispettivi atomi e dunque sono abbastanza liberi di muoversi e di creare una corrente.

Viceversa negli **isolanti** gli elettroni sono vincolati strettamente ai propri atomi e non possono assolutamente spostarsi.

FLUSSO DI CARICHE (CORRENTE ELETTRICA)

Gli **elettroni** negli atomi possono agire come nostri portatori di carica, perché ogni elettrone ha una carica negativa. Se siamo in grado di liberare un elettrone da un atomo e costringerlo a muoversi, siamo anche in grado di creare **energia elettrica**.



La **corrente elettrica** esiste quando le cariche sono in grado di scorrere continuamente attraverso un **circuito chiuso** di materiale conduttivo (senza lacune isolanti).

Il rame è un perfetto materiale per il flusso di cariche. Se un filo è pieno di atomi di rame e si desidera indurre un flusso di elettroni attraverso di esso, tutti gli elettroni liberi hanno bisogno di un poter scorrere nella stessa direzione.

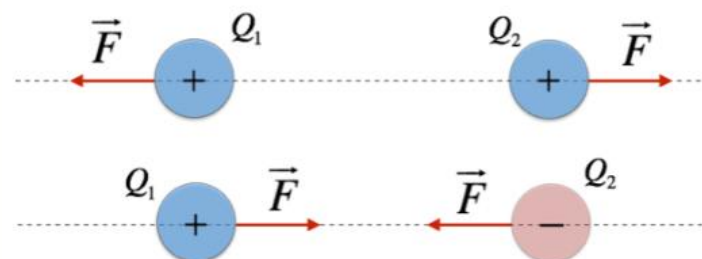
Se il circuito di filo di rame è rotto, le cariche non possono fluire attraverso l'aria, che impedirà alle cariche di raggiungere la fine del circuito.

LEGGE DI COULOMB

Tra i corpi carichi esiste una forza a distanza responsabile dell'attrazione o della repulsione tra essi.

Tale forza prende il nome di **Forza di Coulomb** ed è una grandezza vettoriale; nella sua definizione, quindi, dobbiamo includere informazioni riguardanti direzione, verso e modulo

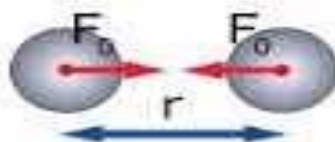
La **direzione** della forza è data dalla retta congiungente le cariche elettriche, mentre il suo **verso** dipende dal loro segno: la forza sarà attrattiva se le cariche hanno segno opposto, mentre sarà repulsiva se le cariche hanno lo stesso segno.



Il **modulo** di questa forza è direttamente proporzionale alle cariche dei corpi e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza

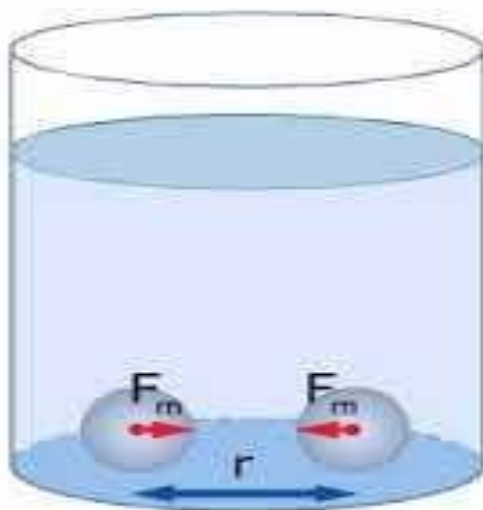
$$F_{Coulomb} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

LEGGE DI COULOMB



$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\epsilon_r = \frac{F_0}{F_m}$$



Quando si interpone un materiale tra corpi carichi la forza elettrica che si manifesta può cambiare anche notevolmente. La forza elettrica è massima nel vuoto e quindi qualunque altro materiale, chiamato *mezzo dielettrico*, ha la proprietà di attenuare la forza che si esercita tra le cariche elettriche.

Questa caratteristica dei materiali è misurata da una grandezza chiamata **costante dielettrica relativa** (ϵ_r) che viene definita confrontando la forza elettrica in due situazioni diverse:

$$\epsilon_r = \frac{F_{vuoto}}{F_{mezzo}}$$

La costante dielettrica relativa è una caratteristica di ogni mezzo dielettrico ed è un numero puro essendo il rapporto tra due forze.

Poiché qualunque forza elettrica ha il suo massimo valore nel vuoto la costante dielettrica relativa, in base alla definizione, può assumere solo valori maggiori di 1. La costante dielettrica relativa dell'aria è circa uguale a 1, come quella del vuoto, mentre per esempio quella dell'acqua è 80: ciò significa che la forza elettrica esercitata nell'acqua è ottanta volte più piccola che nel vuoto o nell'aria ([tabella 1](#)).

COSTANTE DIELETTICA

Materiale	ϵ_r
vuoto	1 (per definizione)
aria (a 1 bar)	1,00054
olio per trasformatori	2,2
polistirolo	2,6
plexiglas, nylon	3,5
carta	3,6
quarzo	4,3
vetro pyrex	5,1
mica	5,4
porcellana	7,0
acqua (a 20 °C)	80
ceramica al titanio	130

Nella materia, $k = \frac{k_0}{\epsilon_r}$ con ϵ_r costante dielettrica relativa. $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

Nel vuoto, $\epsilon_r = 1$ e la costante k , determinata sperimentalmente, vale:

$$k_0 = 8,99 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Se, però, due oggetti elettricamente carichi sono posti all'interno di un mezzo, ad esempio in acqua, la forza di Coulomb con cui le cariche si attraggono o respingono è minore di quella che agisce nel vuoto.

La costante dielettrica relativa dei materiali dipende dal mezzo che stiamo considerando ed è sempre maggiore di quella del vuoto!

ESEMPIO

Una bacchetta di plastica viene strofinata e presenta una carica $Q = -5,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. Una bacchetta di vetro ha invece una carica $Q = +1,7 \cdot 10^{-7} \text{ C}$. Le due bacchette vengono avvicinate a una distanza di 1,6 cm.

Qual è l'intensità della forza di attrazione tra le due bacchette?

Applichiamo la relazione di Coulomb dopo aver trasformato in metri il valore della distanza tra le bacchette cariche:

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \frac{5,2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ C}}{(1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2} = 31 \text{ N}$$

Dato che le bacchette hanno cariche di segno opposto la forza è attrattiva.

PROVA TU

Due cariche elettriche che si trovano alla distanza di $1,1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ hanno i seguenti valori:
 $Q_1 = + 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $Q_2 = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

► Calcola l'intensità della forza di attrazione tra le cariche.

ANALOGIE E DIFFERENZE CON LA FORZA GRAVITAZIONALE

$$F_{Coulomb} = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

FORZA DI COULOMB

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

FORZA GRAVITAZIONALE

➤ Analogie

Entrambe le forze sono forze a distanza, e il loro modulo è direttamente proporzionale alla proprietà caratteristica dei corpi (cioè, alle masse in un caso e alle cariche nell'altro), e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza

In entrambi i casi il modulo dipende anche da una costante

➤ Differenze

Mentre la forza elettrica è sia attrattiva che repulsiva, quella gravitazionale è solo attrattiva

La forza elettrica è molto più intensa di quella gravitazionale la costante K è molto più grande di G

Mentre la forza gravitazionale agisce tra qualunque corpo sia dotato di massa, la forza elettrica agisce solamente tra corpi carichi elettricamente

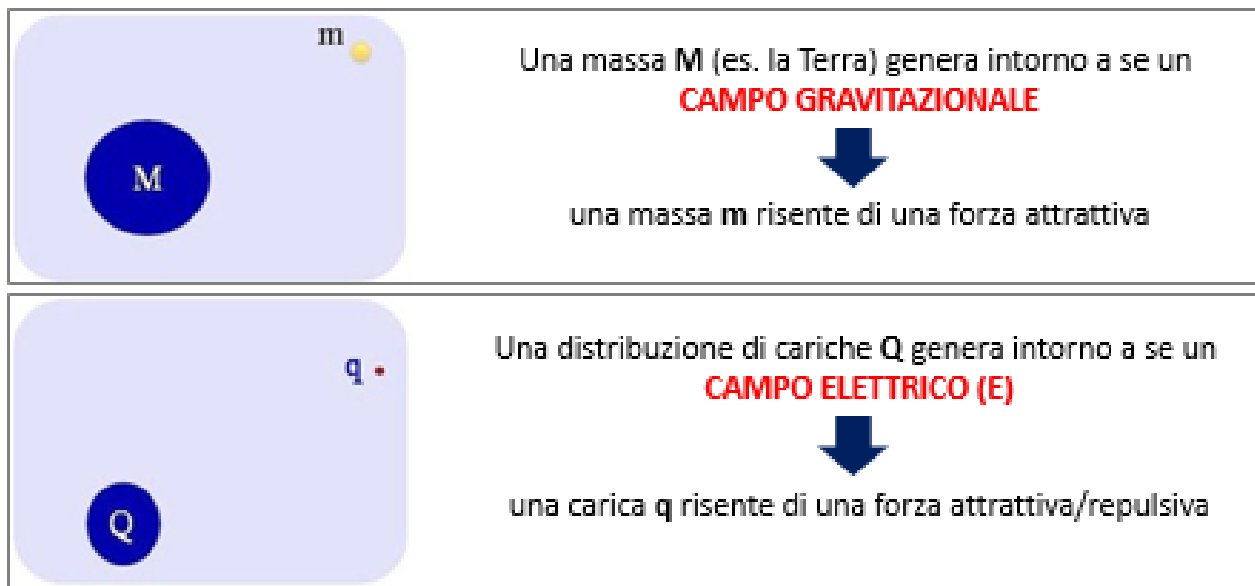
IL CONCETTO DI «CAMPO»

Qual è la forza che induce il flusso di elettroni?

Introduciamo il concetto di **CAMPO**...

Un **campo** è uno strumento che si utilizza per modellare interazioni fisiche che non comportano alcun contatto osservabile. Il campo non può essere visto perché non ha un aspetto fisico ma ha un effetto reale ed osservabile.

Sia la massa che la carica perturbano lo spazio circostante!!!



Il **Campo Elettrico** è uno strumento importante nella comprensione di come l'elettricità inizia e continua a fluire, descrivendo la forza di trazione o di spinta in uno spazio tra le cariche.

Ricordando che la forza che lega due cariche è la legge di Coulomb:

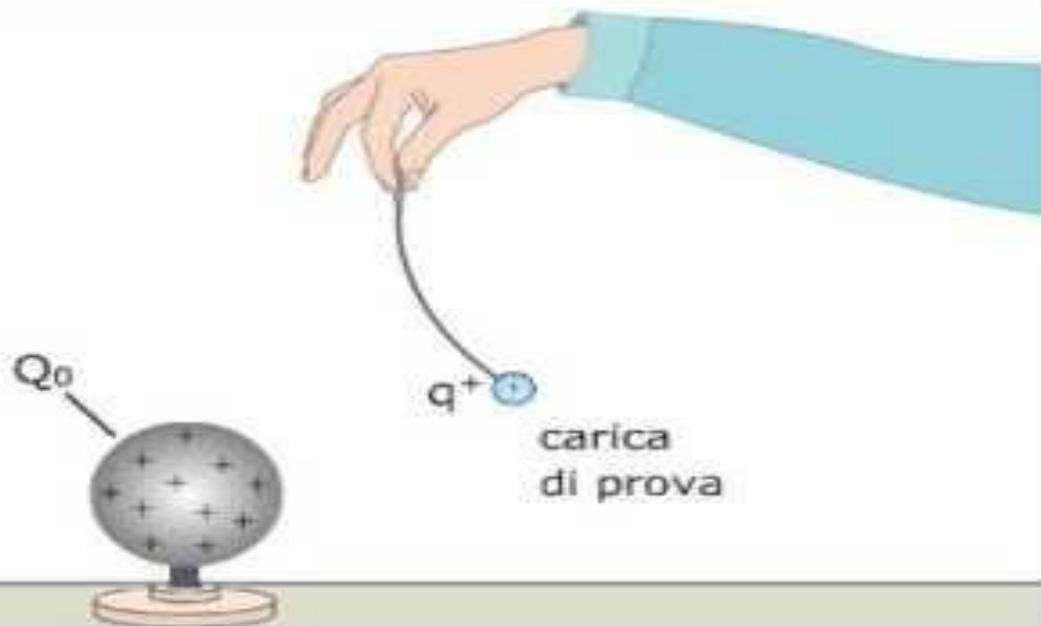
$$\vec{F} = k_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot \vec{u}$$

Si definisce **campo elettrico**, il rapporto che si sviluppa tra la carica generatrice e una carica esploratrice (piccola e positiva) posta nel punto P e il valore di quest'ultima carica.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k_0 \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \vec{u}$$

Il vettore campo elettrico ha stessa **direzione** del vettore forza; il suo **verso**, invece, dipende dal segno della carica di prova: se la carica q ha segno positivo, allora il vettore campo elettrico e il vettore forza hanno lo stesso verso, altrimenti hanno verso opposto.

IL CAMPO ELETTRICO



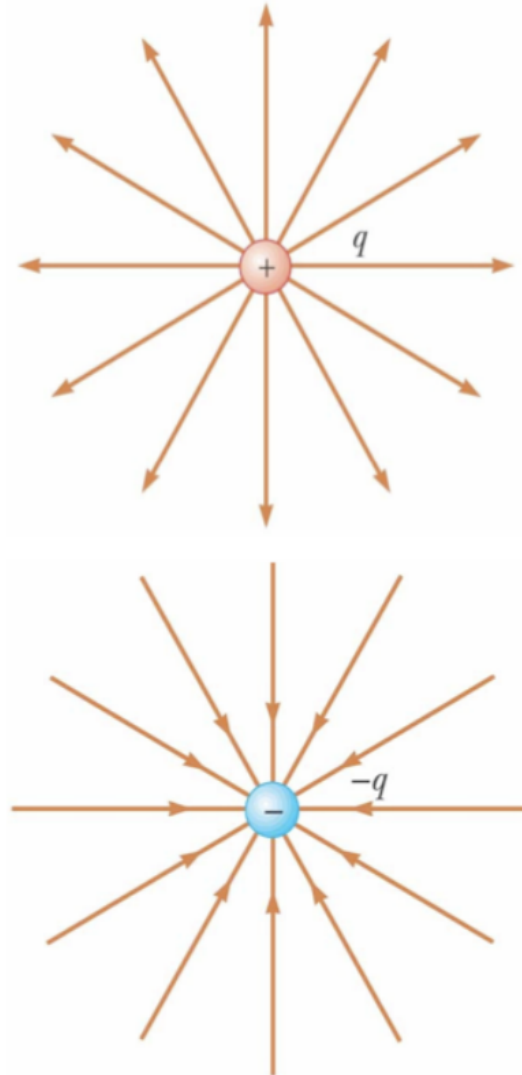
La carica di prova è una carica elettrica puntiforme

LINEE DI CAMPO

Per rappresentare graficamente un campo, e per darne una descrizione *qualitativa*, si usano le *linee di campo*:

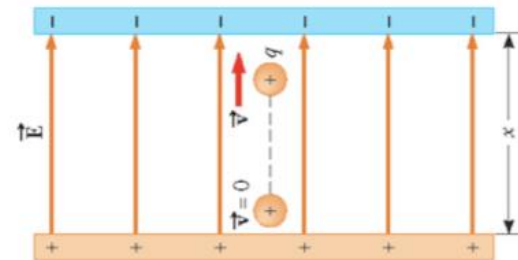
- si tracciano linee tangenti in ogni punto al campo, indicandone il verso con una "freccetta":
- le linee sono più fitte in regioni di campo forte, meno fitte in regioni di campo debole.

In figura le linee di campo per il campo di una carica. Notare che le linee di campo "escono" dalle cariche positive (o "entrano" nelle cariche negative).

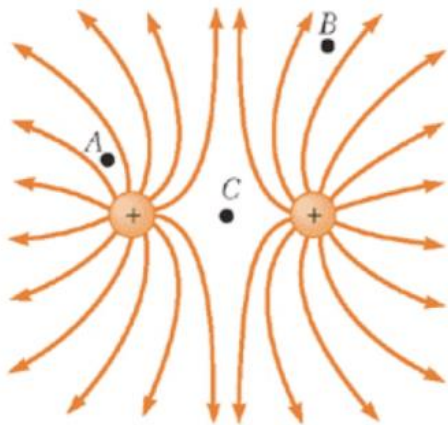


LINEE DI CAMPO

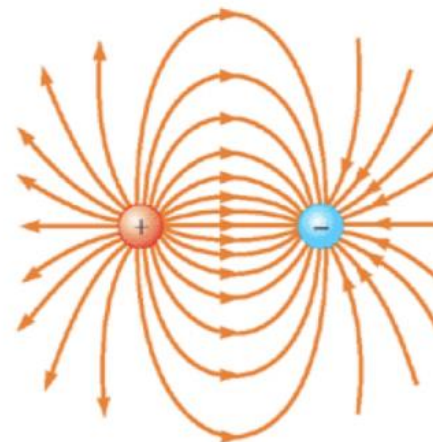
Le linee di campo per un campo costante sono parallele e con spaziatura costante. Come è diretto il campo?



Campo generato da due cariche uguali. Vicino ad ogni carica, le linee di forza somigliano a quelle di una singola carica. Attorno al punto C non ci sono linee: perché?



Linee di campo per due cariche uguali ma di segno opposto (un *dipolo*): notate come le linee "escano" dalla carica positiva ed "entrino" nella carica negativa.



POTENZIALE ELETTRICO (ENERGIA)

Quando sfruttiamo energia l'elettrica per alimentare i circuiti stiamo trasformando l'energia. L'energia immagazzinata in un circuito elettrico è chiamata energia potenziale.

Ma cos'è l'Energia potenziale?

L'energia è definita come la capacità di un oggetto di compiere lavoro su un altro oggetto, il che significa muovere quell'oggetto ad una certa distanza.

Esistono solo due stati dell'Energia: cinetica o potenziale.

Un oggetto ha **energia cinetica** quando è in movimento. La quantità di energia cinetica che ha un oggetto dipende dalla sua massa e della velocità. **L'energia potenziale**, d'altra parte, è una energia immagazzinata quando un oggetto è a riposo. Esso descrive quanto lavoro l'oggetto potrebbe fare se messo in moto. E' un'energia che possiamo in genere controllare. Quando un oggetto viene messo in moto, la sua energia potenziale si trasforma in energia cinetica.



Una palla da bowling immobile in cima alla torre Eiffel ha elevatissima energia potenziale. Una volta lasciata cadere la palla, tirata dal campo gravitazionale accelera verso il suolo. Quando la palla accelera l'energia potenziale viene convertita in energia cinetica (l'energia di movimento). Alla fine tutta l'energia della palla viene convertita da potenziale a cinetica, e poi trasmessa a tutto ciò che colpisce. Quando la palla è a terra, ha un potenziale energetico molto basso.

IL POTENZIALE ELETTRICO

In qualsiasi punto in un campo elettrico il **potenziale elettrico** è la quantità di energia potenziale elettrica divisa per la quantità di carica in quel punto.

Il potenziale elettrico viene misurato in Volt $[V] = [J] / [C]$.

Una tensione è la differenza di potenziale tra due punti in un campo elettrico. La tensione ci dà un'idea di quanta forza di spinta un campo elettrico ha.

Per mantenere in moto delle cariche
serve un generatore di differenza di
potenziale

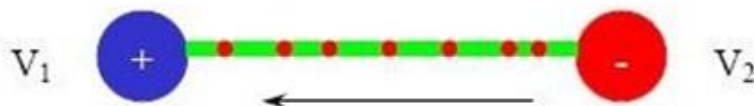


CIRCUITI ELETTRICI

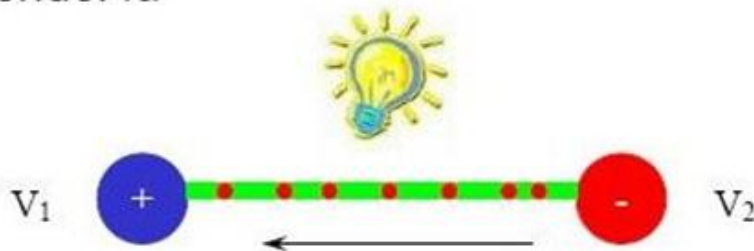
Prendiamo due corpi, uno carico positivamente e l'altro carico negativamente, tra cui esiste una differenza di potenziale



Collegando i due corpi con un filo di materiale conduttore le cariche negative si muoveranno verso il corpo carico positivamente per azzerare la differenza di potenziale



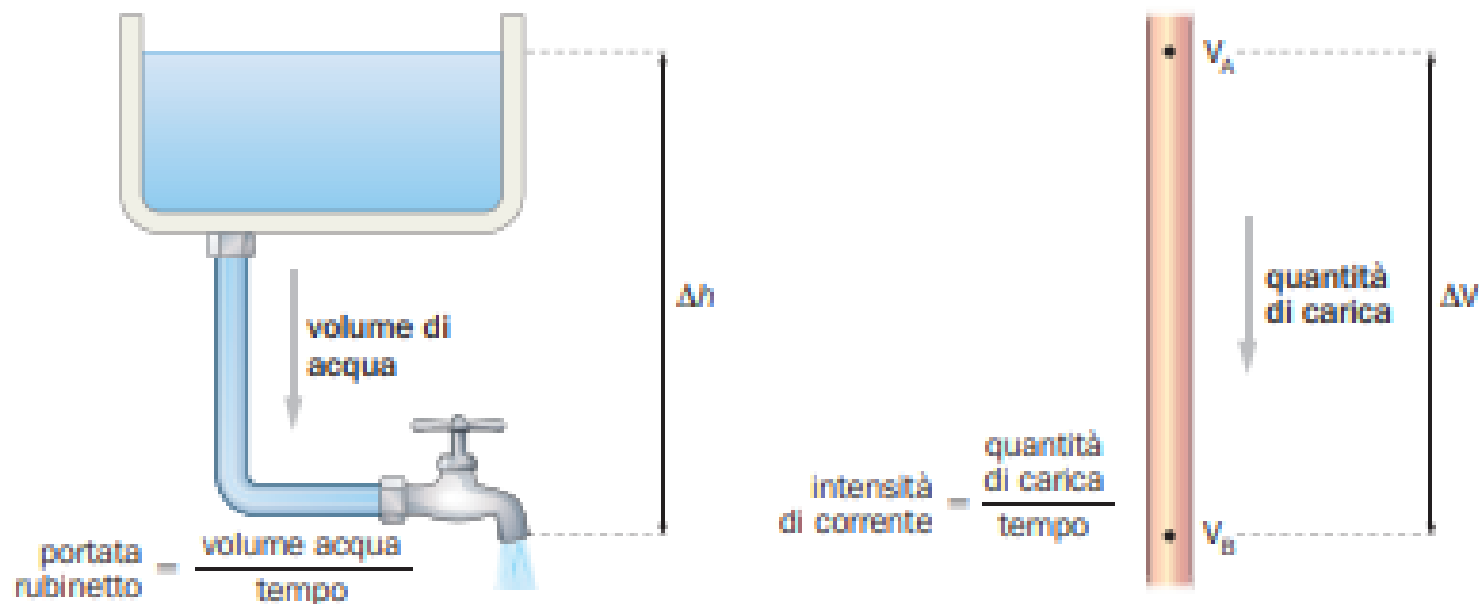
Collocando una lampadina lungo la strada delle cariche è possibile accenderla



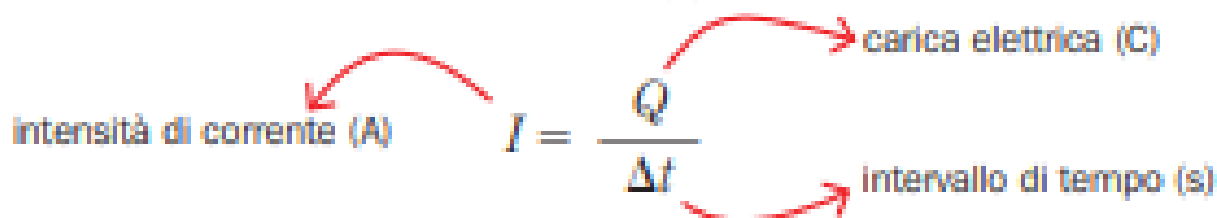
LA CORRENTE ELETTRICA

Per comprendere meglio che cosa è una corrente elettrica si può fare riferimento al flusso dell'acqua che esce da un rubinetto; ciò è reso possibile da una differenza di pressione creata da una pompa o dovuta a un dislivello tra il serbatoio dell'acqua e il rubinetto; in linguaggio scientifico diciamo che c'è una differenza di potenziale gravitazionale.

Analogamente, tra due punti di un circuito elettrico la carica elettrica può circolare con continuità e quindi creare una corrente solo se tra essi viene mantenuta una differenza di potenziale elettrico (figura 15).



Sappiamo anche che la *portata* della conduttura corrisponde al volume di acqua che esce da un rubinetto nell'unità di tempo; in modo analogo, considerando il filo metallico come una conduttura attraverso la quale fluisce carica elettrica e misurando la quantità di carica elettrica che percorre il filo in un certo intervallo di tempo, possiamo definire l'intensità di corrente elettrica (I):



The diagram shows the formula $I = \frac{Q}{\Delta t}$ with three red curved arrows pointing from the variables to their labels: from I to "intensità di corrente (A)", from Q to "carica elettrica (C)", and from Δt to "intervallo di tempo (s)".

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

intensità di corrente (A) carica elettrica (C)
intervallo di tempo (s)

L'unità di misura dell'intensità di corrente nel Sistema Internazionale è l'**ampere (A)**, dal nome dello scienziato francese A.M. Ampère. Possiamo perciò dire che in un conduttore *circola corrente con intensità di 1 A quando attraverso una sezione del conduttore passa la carica di 1 C ogni secondo.*

ESEMPIO

Vogliamo calcolare la carica elettrica trasportata in un conduttore da una corrente con intensità $I = 0,054 \text{ A}$ nel tempo di $1,5 \text{ min}$.

Possiamo utilizzare la formula che definisce l'intensità di corrente elettrica, ricordandoci che il tempo va espresso in secondi:

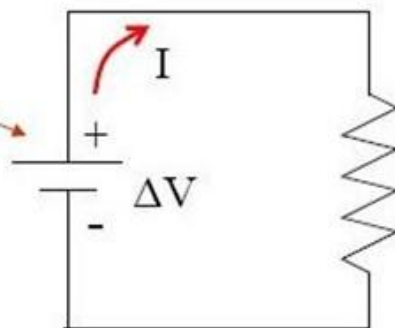
$$Q = I \cdot \Delta t = 0,054 \text{ A} \cdot 90 \text{ s} = 4,9 \text{ C}$$

PROVA TU

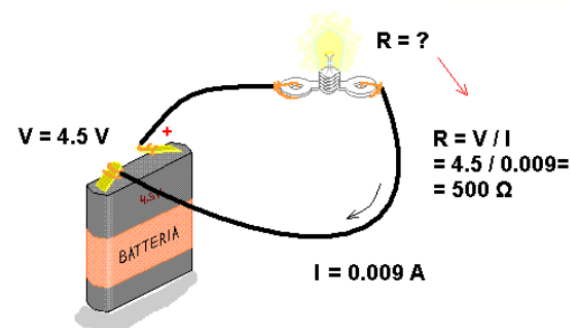
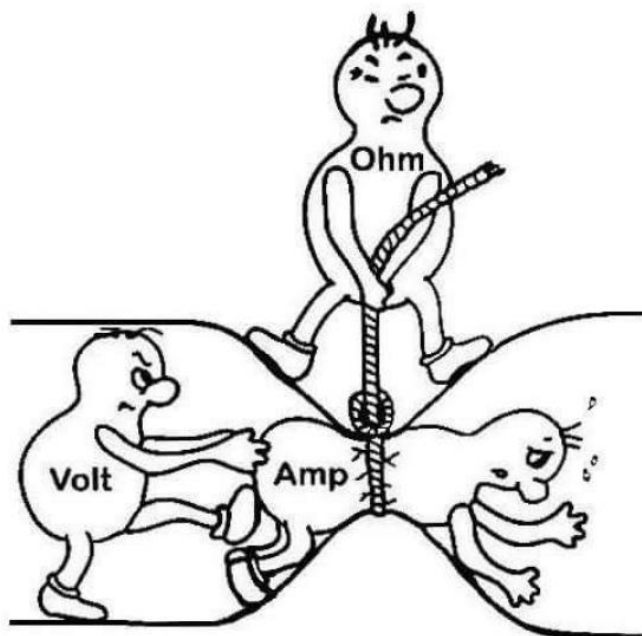
Attraverso un conduttore è passata una quantità di carica elettrica $Q = 6,0 \text{ C}$ in un intervallo di tempo pari a 25 s . Calcola l'intensità della corrente elettrica.

PRIMA LEGGE DI OHM

Generatore
di tensione
(pila, dinamo, ..)



Resistenza elettrica R
(es. lampadina, stufa, ...)
simbolo



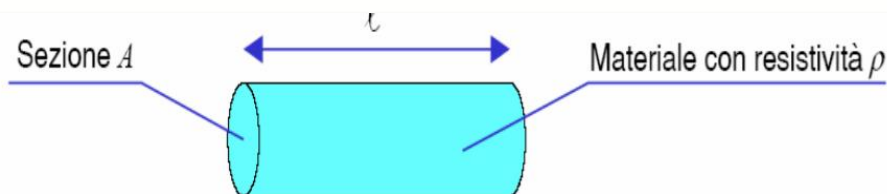
LEGGE DI OHM

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

R = resistenza
 V = tensione
 I = corrente

SECONDA LEGGE DI OHM

Resistenza: capacità di un elemento di opporsi al flusso di cariche



**Seconda legge
di Ohm**

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Resistività:
- caratteristica
del materiale
- dipende dalla
temperatura

Unità di misura:

- R = resistenza elettrica in Ω
- l = lunghezza del conduttore in m
- S = sezione del conduttore (in m^2 - unità pratica mm^2)
- ρ = resistività del conduttore
(in $\Omega \cdot m$ - unità pratica $\Omega \cdot cm$)

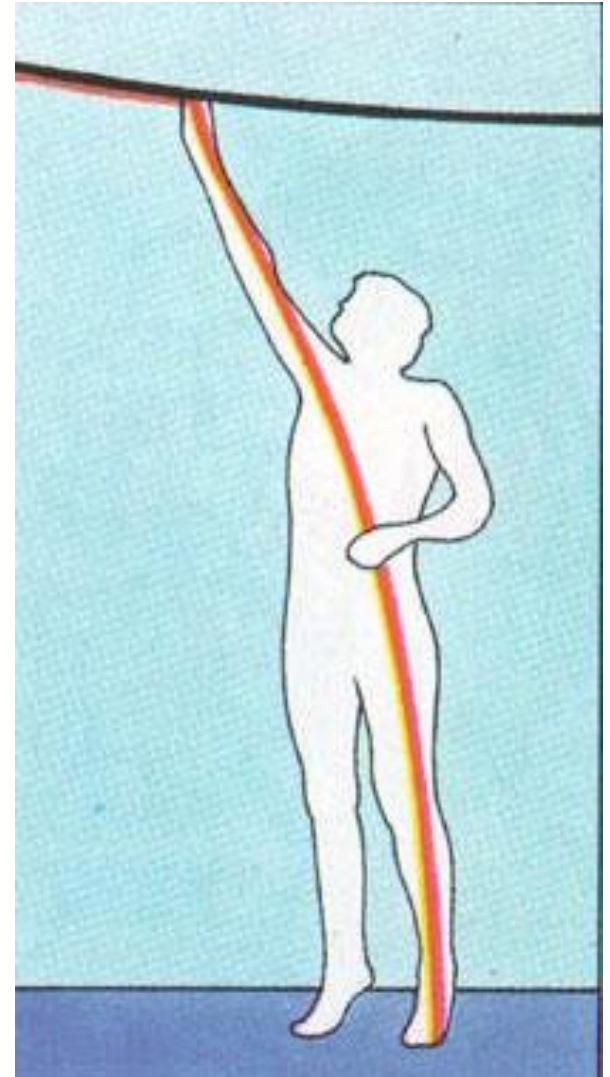
LA CONDUZIONE DEL CORPO UMANO

Dare dei valori precisi alla resistenza elettrica del corpo umano risulta piuttosto difficoltoso essendo questa influenzata da molte variabili:

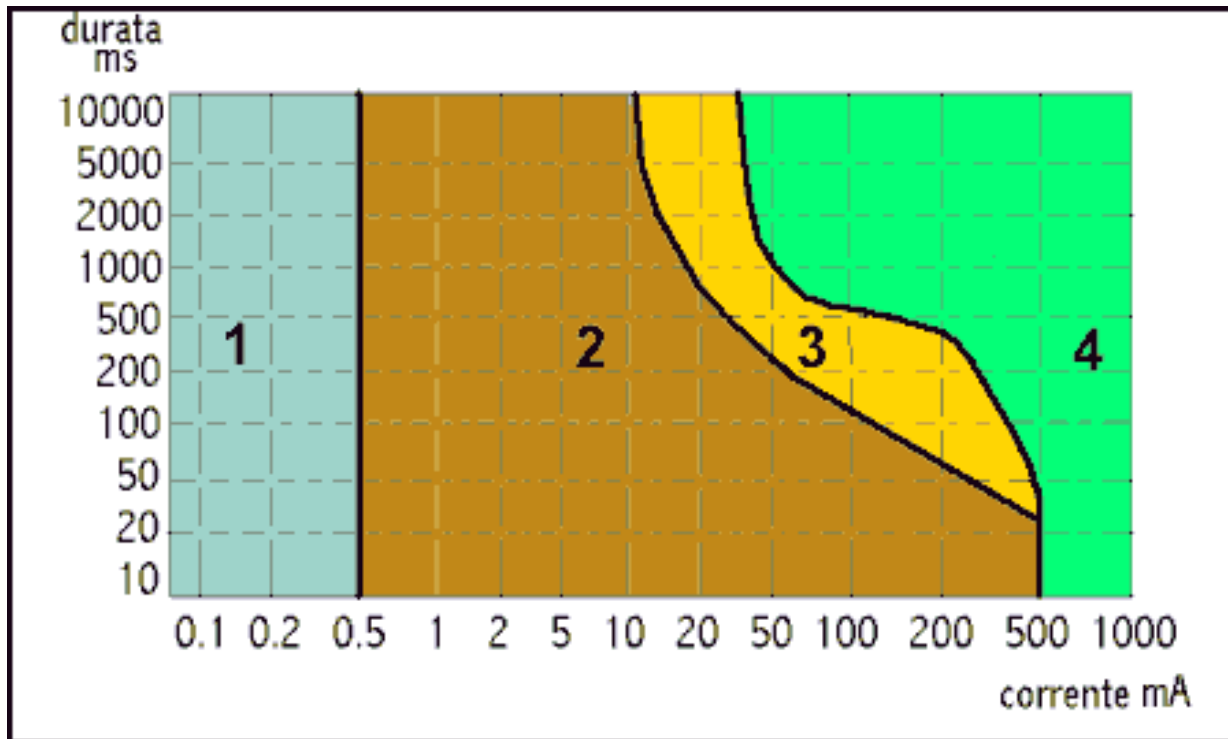
- percorso della corrente
- stato della pelle
- superficie di contatto
- tensione di contatto

Soglia di sensibilità: i segnali elettrici connessi con l'attività biologica controllano il funzionamento dei vari organi e vengono trasmessi dai neuroni del sistema nervoso.

Stimoli elettrici che superano la soglia di eccitabilità e che provengono dall'esterno possono risultare pericolosi e influire sulle funzioni vitali.



PERICOLOSITÀ DELLA CORRENTE IN FUNZIONE DEL TEMPO



Fenomeni principali:

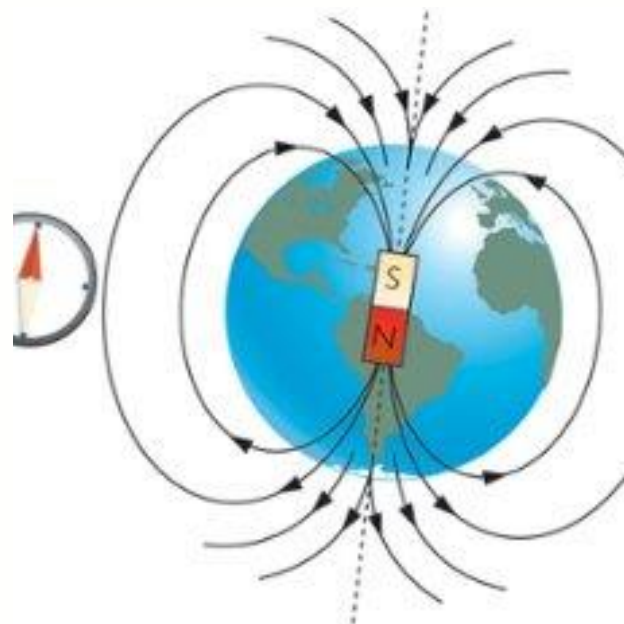
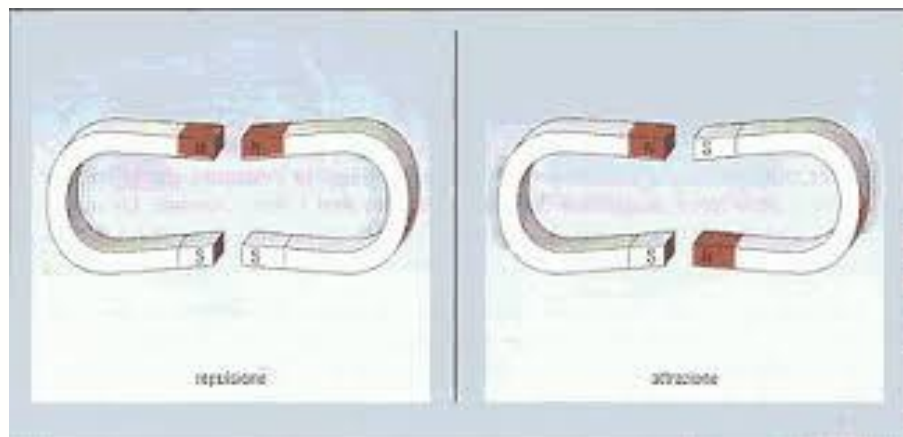
1. Tetanizzazione
2. Arresto della respirazione
3. Fibrillazione ventricolare
4. Ustioni

APPLICAZIONI MEDICHE: L'elettrobisturi

È un'apparecchiatura che ha lo scopo di eseguire alcune funzioni nell'ambito chirurgico, quali il taglio e la coagulazione di tessuti biologici, mediante correnti ad alta frequenza.

Esso utilizza il riscaldamento prodotto per **effetto Joule** dal passaggio di tali correnti, provocando un aumento di temperatura che è funzione della densità di potenza e del tempo di applicazione, ed il suo livello può essere tale da surriscaldare il tessuto fino a determinare l'effetto di coagulazione o taglio.

- Giacimenti di magnetite o ferro magnetizzato furono scoperti dagli antichi Greci in una zona dell'Asia minore (Magnesia).
- Questo materiale appariva naturalmente «attivo» attraendo pezzetti di ferro senza essere strofinato e, se lasciato libero di orientarsi, ruotava posizionandosi secondo la direzione nord-sud dei meridiani terrestri (bussola).



- Poiché forze elettriche e magnetiche sembravano avere origini differenti, si continuò per secoli a studiare i fenomeni separatamente...
- Nel 1800 si scoprì che, quando in un filo passava corrente, un ago magnetico posto al di sotto del filo si orientava non più secondo i meridiani terrestri ma perpendicolarmente al filo
- **I campi magnetici sono generati da cariche elettriche in moto**
- **Se una carica è in quiete, genera un campo elettrico MA , se si muove, oltre al campo elettrico genera un campo magnetico**

CAMPO ELETTRICO E CAMPO MAGNETICO V:

Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli



Campo magnetico e campo elettrico: analogie

Campo magnetico

- descrive gli effetti di una forza
- si può descrivere con linee di campo
- esistono 2 tipi di poli magnetici
- è possibile magnetizzare un corpo

Campo elettrico

- descrive gli effetti di una forza
- si può descrivere con linee di campo
- esistono 2 tipi di cariche elettriche
- è possibile elettrizzare un corpo



Campo magnetico e campo elettrico: differenze

Campo magnetico

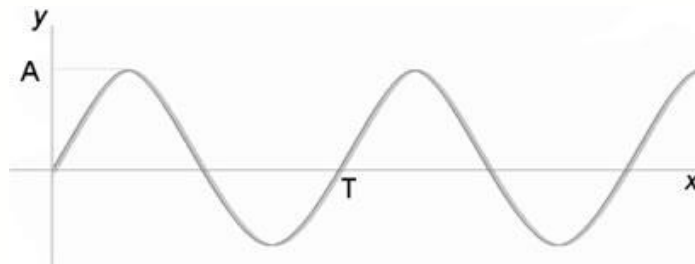
- i poli magnetici non si trasferiscono
- non esiste un polo magnetico isolato: dividendo un magnete in più parti in ciascuna rimangono sempre polo Nord e polo Sud

Campo elettrico

- la carica passa da un corpo ad un altro
- esiste una carica isolata, positiva o negativa

ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le onde elettromagnetiche sono il fenomeno fisico attraverso il quale avviene la propagazione dell'energia nello spazio: la stessa luce visibile è un fenomeno di origine elettromagnetica.



- Il valore massimo assunto dalla semionda è l'**Ampiezza (A)**.
- Il tempo impiegato dall'onda per compiere un'oscillazione è detto **Periodo (T)**.
- Lo spazio percorso dall'onda in una oscillazione completa è detta **Lunghezza d'onda (λ)**.
- Il numero di oscillazioni compiute in un secondo è detto **Frequenza (f)**.
- La velocità di propagazione nel vuoto è detta **Velocità (v)**.

Assimilando la velocità di propagazione nel vuoto come quella della luce, si conclude che la lunghezza d'onda, la velocità e la frequenza sono correlate fra di loro da un'unica equazione

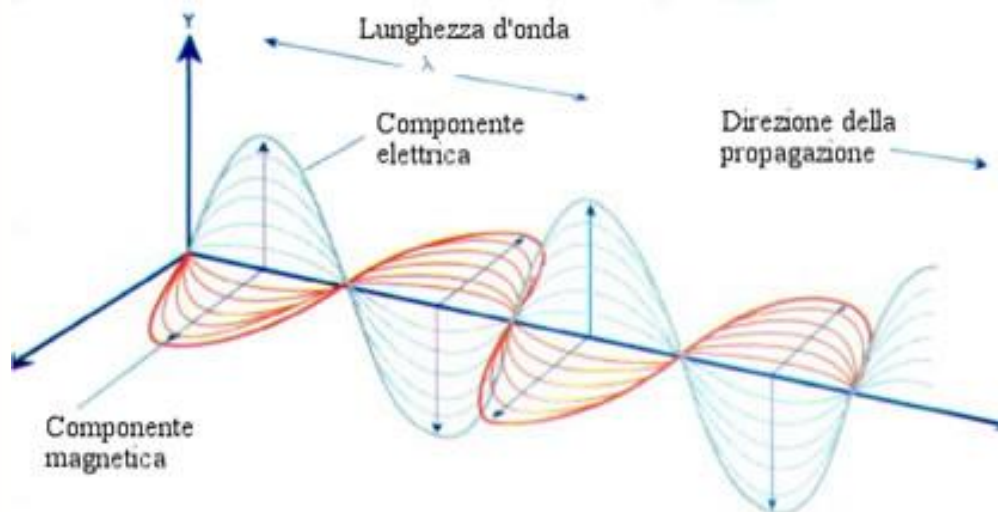
$$f = v / \lambda$$

CAMPO ELETTROMAGNETICO

Il campo elettromagnetico è la combinazione del campo elettrico e del campo magnetico. Essi sono tra loro perpendicolari e si propagano attraverso lo spazio alla velocità della luce.

Le oscillazioni del campo elettrico e magnetico avvengono inoltre perpendicolarmente alla direzione di propagazione.

Il valore massimo assunto dalla semionda è l'Ampiezza (A).



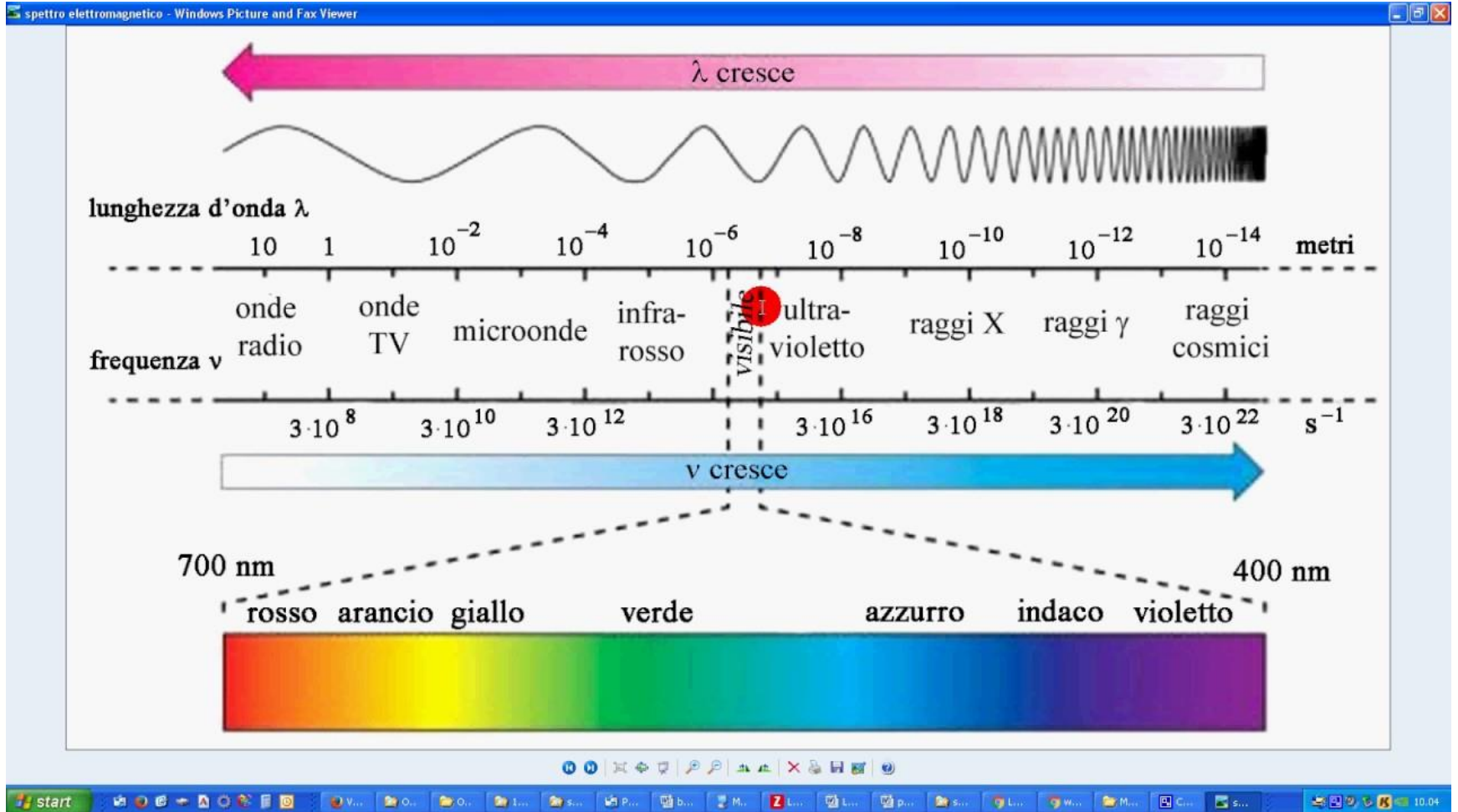
Per generare un campo elettromagnetico è sufficiente far variare continuamente la corrente in un conduttore. In questo modo si crea un campo elettrico che varia nello spazio e nel tempo, con associato un campo magnetico. La frequenza del campo elettromagnetico è la stessa con la quale si fa variare la corrente all'interno del conduttore.

FREQUENZA ONDE ELETTROMAGNETICHE

SIGLA	DENOMINAZIONE	INTERVALLO	UTILIZZO	TIPO
ELF	Extremely low frequency	30 Hz – 300 Hz	Trasporto energia elettrica - Radiosismologia	ONDE RADIO NATURALI
ULF	Ultra Low Frequency	300 Hz – 3 KHz	Radiosismologia	
VLF	Very Low Frequency	3 KHz – 30 KHz	Radiosismologia - Trasmissioni con sommergibili	ONDE RADIO
LF	Low Frequency	30 KHz – 300 KHz	Trasmissioni della Marina	
MF	Medium Frequency	300 KHz – 3 MHz	Radio AM - Sistemi aeroportuali	
HF	High Frequency	3 MHz – 30 MHz	Radio OC/CB - Radiocomandi - Allarmi	
VHF	Very High Frequency	30 MHz - 300 MHz	Radio FM - Radio amatori - Televisione	
UHF	Ultra High Frequency	300 MHz - 3 GHz	Televisione - Cellulari - Ponti radio - GPS	MICRO ONDE
SHF	Super High Frequency	3 GHz - 30 GHz	Radar - Ponti radio - Satelliti	
EHF	Extremely High Frequency	30 GHz - 300 GHz	Radar - Satelliti - Sonde spaziali	
IR	Infra Red	300 GHz - 103 THz	Telecomandi - Visione notturna - Cellulari - PC	INFRAROSSI
UV	Ultra-Violet	103 THz - 105 THz	Cancellazione EEPROM - Lampade solari - Applicazioni terapeutiche	ULTRAVIOLETTI
XR	X-Ray	105 THz - 108 THz	Applicazioni terapeutiche	RAGGI X
GR	Gamma-Ray	> 108 THz	Applicazioni terapeutiche	RAGGI GAMMA

FREQUENZA ONDE ELETTROMAGNETICHE

Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli

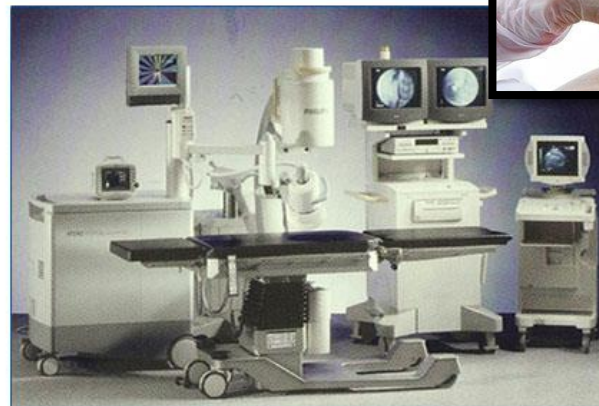
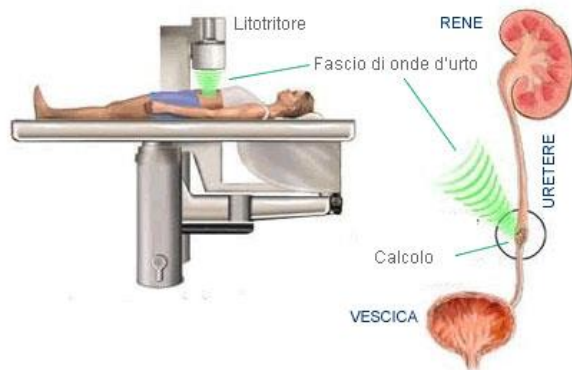


Gli **ultrasuoni** sono onde acustiche con frequenze superiori ai 20 kHz (20.000 Hertz), la massima frequenza udibile dall'orecchio umano (da cui il nome).

L'applicazione più diffusa e più nota degli ultrasuoni in medicina è l'**ecografia diagnostica**.

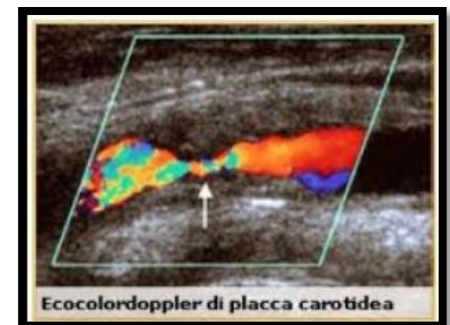
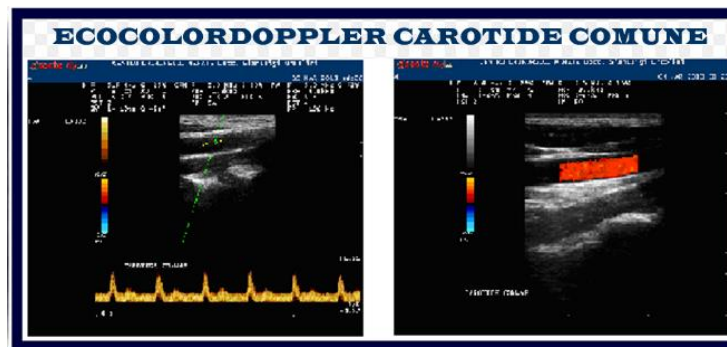
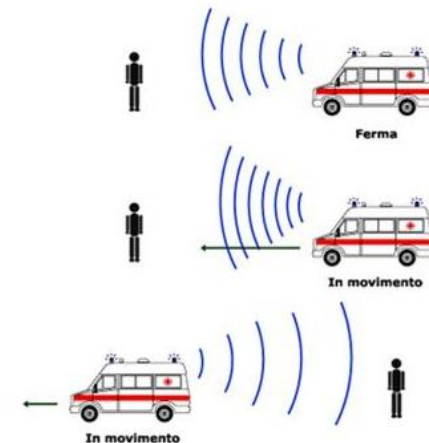
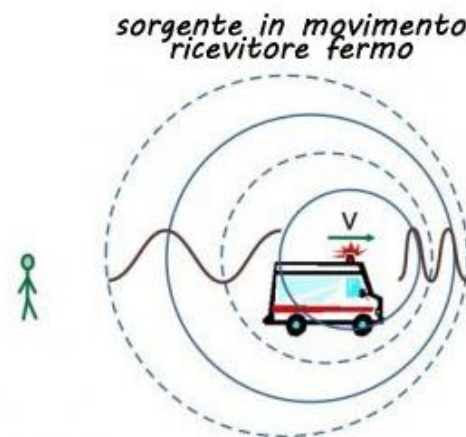
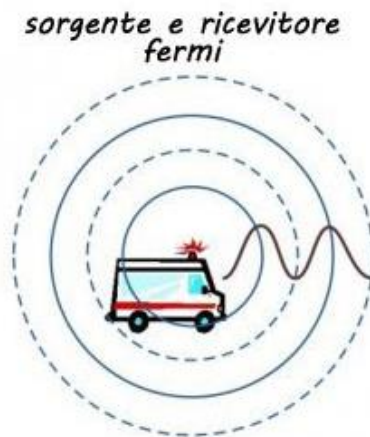
La combinazione di alta frequenza e limitata intensità rende questa metodica esente da rischi per gli operatori ed estremamente sicura e affidabile anche per i pazienti.

ES: uso terapeutico in ortopedia, litotrissia



EFFETTO DOPPLER

L'effetto Doppler è la variazione di frequenza del suono rilevato dal ricevitore dovuto al fatto che la sorgente sonora e il ricevitore hanno velocità diverse rispetto al mezzo in cui il suono si propaga.



APPLICAZIONI MEDICHE

Diverse sono le apparecchiature mediche che utilizzano campi elettrici, magnetici e elettromagnetici (onde) a scopo diagnostico



ECG, EEG osservando le differenze di potenziale tra diverse parti del corpo si traggono informazioni sul funzionamento del cuore e del cervello

La risonanza magnetica utilizza campi magnetici e onde radio per produrre immagini tridimensionali degli organi



La tomografia assiale computerizzata (Tac) si basa sull'utilizzo dei raggi X per ricostruire immagini tridimensionali grazie al computer

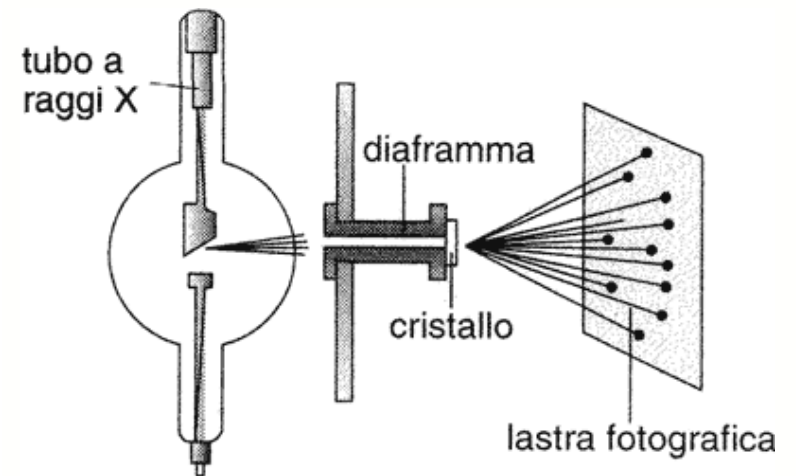
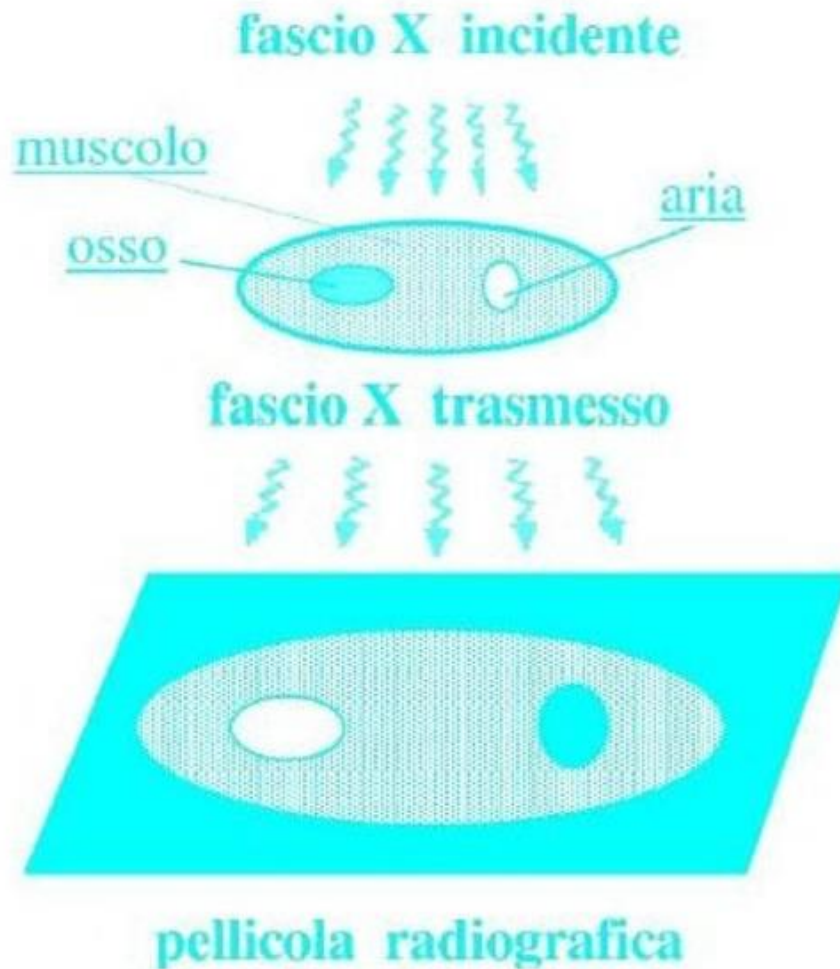


Tecniche di imaging come

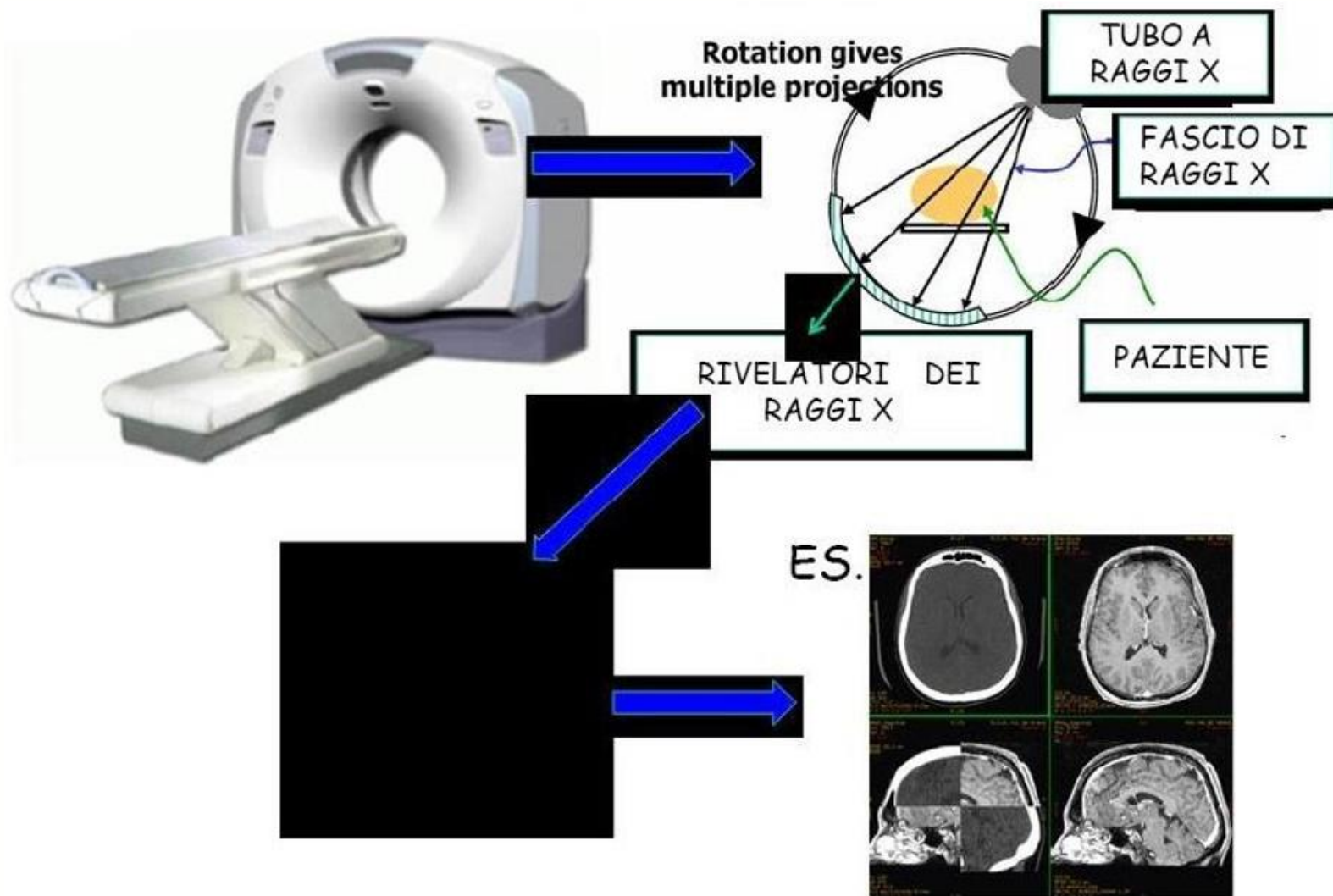
- Scintigrafia (SPECT)
- PET

sono basate sull'uso di onde elettromagnetiche

RAGGI X



RAGGI X - TAC



RAGGI GAMMA - SPECT

- al paziente viene iniettato un radiofarmaco, ovvero un farmaco marcato con un isotopo radioattivo emettitore di raggi γ
- il paziente diventa una sorgente di raggi gamma, in particolare i tessuti che metabolizzano il farmaco
- informazioni morfologiche e funzionali

