

Associazione Studenti e Prof di Medicina Uniti Per

18 Ottobre 2025

Giornate Tematiche

PER MEDICINA E PROFESSIONI SANITARIE



Studenti e Prof Uniti Per



@studentieprofunitiper



info@studentieprofunitiper.it

In collaborazione con Servizio Tutor della Scuola di Medicina



Associazione Studenti e Professori di Medicina Uniti Per

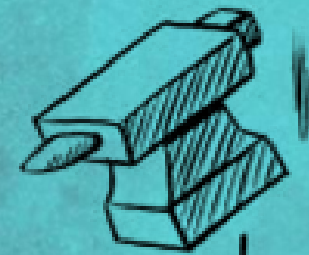
FISICA

GIORNATE TEMATICHE PER MEDICINA E PROFESSIONI
SANITARIE

In collaborazione con Servizio Tutor della Scuola di Medicina



$$V = \pi r^2 h$$



ELETTROMAGNETISMO



1 - ELETTRICITÀ



Fondamenti e Principi Fisici

L'elettricità descrive le **interazioni tra particelle cariche** e spiega fenomeni che vanno dal comportamento degli atomi fino al funzionamento dei dispositivi elettronici.

L'elettricità nasce dalla **presenza e dal movimento delle cariche elettriche**, positive e negative.

Ogni atomo contiene protoni (+) nel nucleo ed elettroni (–) attorno ad esso.

- Quando un corpo ha **più elettroni** del normale, è **carico negativamente**;
- se ne ha **di meno**, è **carico positivamente**.

Lo **squilibrio di cariche** origina forze e campi che regolano moltissimi fenomeni naturali e tecnologici (lampi, attrazione elettrostatica, circuiti, ecc.).

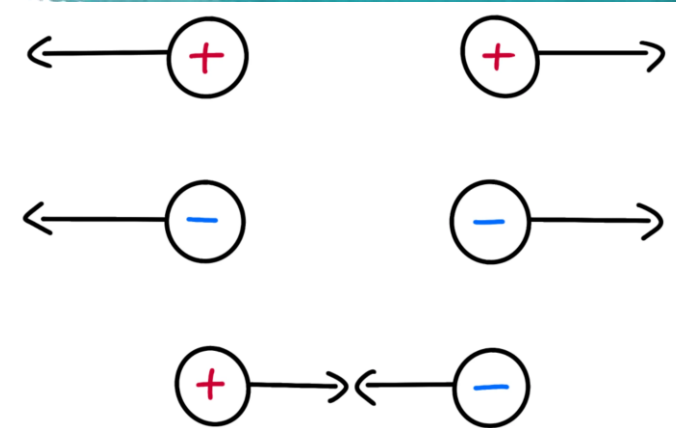


LA CARICA ELETTRICA

La **carica elettrica (q)** è una **grandezza fisica fondamentale**, che misura la quantità di elettricità posseduta da un corpo.

- **Unità di misura: il Coulomb (C).**
1 Coulomb = carica trasportata in 1 secondo da una corrente di 1 Ampere.
- Esistono **due tipi di carica**: positiva (+) e negativa (-).
- Le **cariche uguali si respingono**, quelle **opposte si attraggono**.

A livello microscopico, le forze elettriche tra particelle sono **miliardi di volte più intense** di quelle gravitazionali.



QUANTIZZAZIONE E CONSERVAZIONE DELLA CARICA

La carica elettrica è **quantizzata**, cioè può assumere solo **valori multipli interi della carica elementare e**.

$$q = n \cdot e$$

dove:

- q è la carica totale del corpo,
- n è un numero intero (positivo o negativo),
- $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ è la carica elementare dell'elettrone o del protone.

In ogni processo fisico, la **carica totale** di un sistema **rimane costante**:

$$q_{\text{iniziale}} = q_{\text{finale}}$$

Le cariche possono **trasferirsi** da un corpo all'altro (per **strofinio, contatto o induzione**),
ma **non si creano né si distruggono**.



INTERAZIONE TRA CARICHE PUNTIFORMI

Due **cariche puntiformi** esercitano una **forza elettrostatica** reciproca.

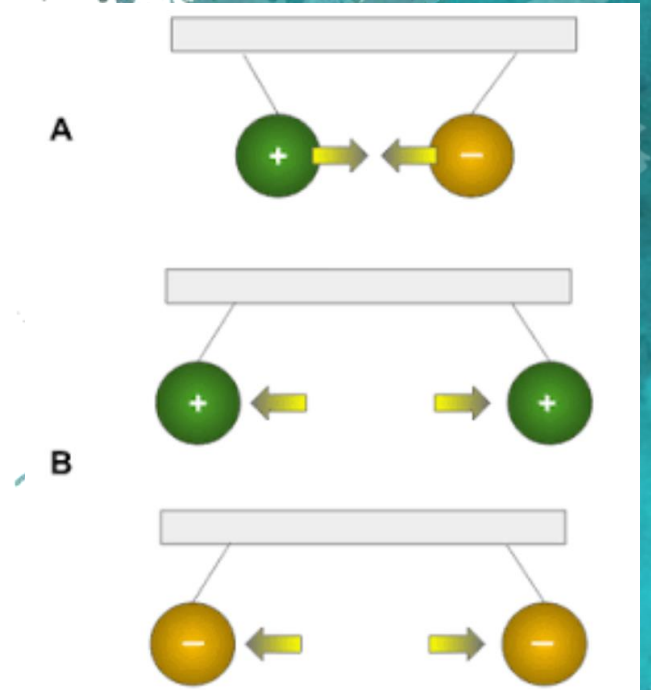
- La forza è **diretta lungo la linea** che unisce le due cariche.
- È **attrattiva** se le cariche hanno segno opposto, **repulsiva** se hanno lo stesso segno.
- La sua intensità dipende dal **prodotto delle cariche** e **dalla distanza**.
È una forza **a distanza**, analoga alla gravitazione, ma può cambiare segno (repulsiva o attrattiva).

Questa forza è descritta dalla legge di Coulomb:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

Dove:

- F: forza elettrica (N)
- q_1, q_2 : cariche puntiformi (C)
- r: distanza tra le cariche (m)
- k: costante di Coulomb ($9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$)



2.1 - CAMPO ELETTRICO E LINEE DI FORZA



Per rappresentare l'effetto di una carica nello spazio si introduce il **campo elettrico (E)**:

Dove:

- E: intensità del campo (N/C)
- F: forza subita da una carica di prova (N)
- q: valore della carica di prova (C)

$$E = \frac{F}{q}$$

Il campo è una **grandezza vettoriale**: ha **direzione, verso** e **intensità**.

Descrive la “zona d'influenza” di una carica, anche se non ci sono altre cariche vicine.

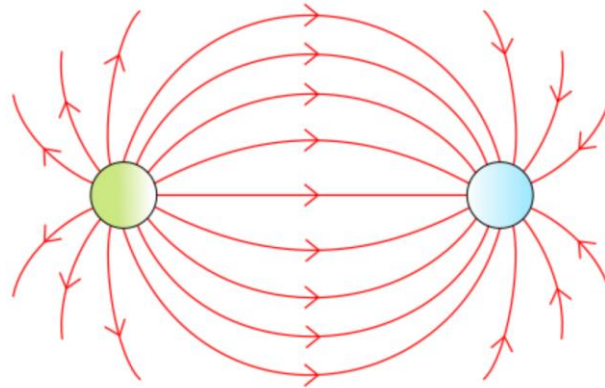
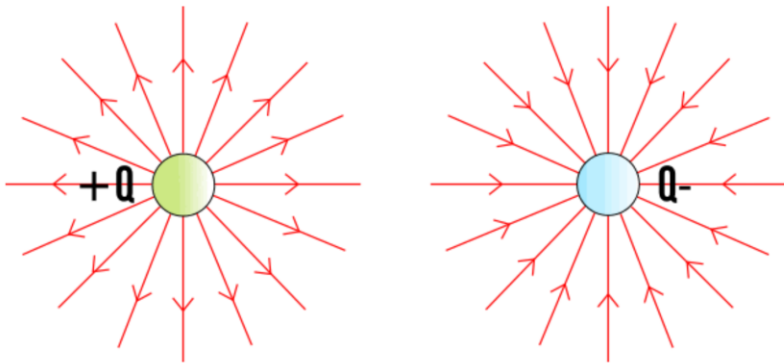
Il concetto di campo sostituisce l'idea di “azione a distanza”.



Le **linee di forza** sono un modo visivo per rappresentare il campo elettrico:

- partono dalle **cariche positive** e terminano su quelle **negative**;
- **non si incrociano mai**;
- la loro **densità** indica l'intensità del campo (più linee = campo più intenso);
- sono **perpendicolari** alla superficie di un conduttore in equilibrio.

Le linee di forza rendono immediata la comprensione del **campo radiale**, **uniforme** o **complesso** generato da più cariche.



Una singola carica genera un **campo radiale**:

$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

Dove:

- E: intensità del campo (N/C)
- q: carica generatrice (C)
- r: distanza dal centro della carica (m)
- k: costante di Coulomb ($9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$)

Il campo è **diretto verso l'esterno** se la carica è positiva e **verso l'interno** se negativa.

L'intensità diminuisce rapidamente con la distanza: segue la **legge dell'inverso del quadrato**.

Se nello spazio agiscono più cariche, il campo totale in un punto è la **somma vettoriale** dei campi generati da ciascuna:

$$\vec{E}_{tot} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

Dove:

- E_{tot} : campo risultante (N/C)
- E_i : campo generato dalla singola carica i

Questo è il **principio di sovrapposizione**, che vale per tutti i campi lineari.

Serve per calcolare il campo in presenza di **distribuzioni di cariche** complesse (lineari, piane, volumetriche).



MOTO DI UNA CARICA IN UN CAMPO UNIFORME

In un **campo elettrico uniforme** (come tra due piastre parallele), una carica (q) subisce una **forza costante**:

$$F = qE$$

Dove:

- F : forza elettrica (N)
- q : carica in movimento (C)
- E : intensità del campo (N/C)

Se la carica è libera di muoversi, la sua **accelerazione è costante**:

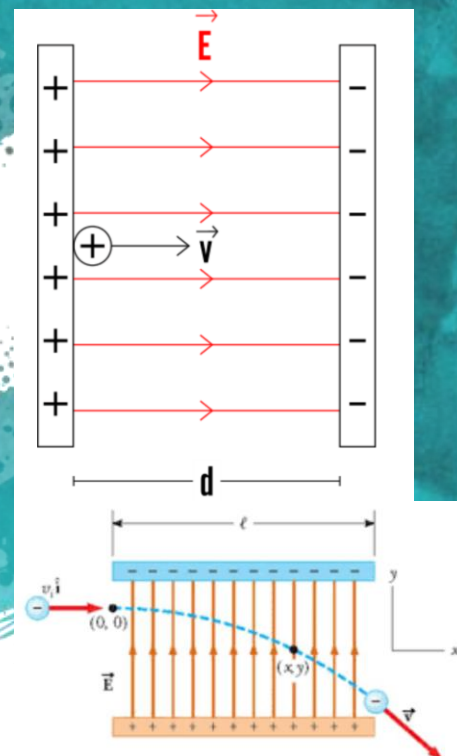
$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

Dove:

- a : accelerazione (m/s^2)
- m : massa della particella (kg)

La traiettoria è **rettilinea uniformemente accelerata** se la velocità iniziale è nulla, oppure **parabolica** se la carica ha una componente iniziale orizzontale.

È il principio alla base del funzionamento dei **tubi catodici**, dei **televisori CRT** e di molti **acceleratori di particelle**.



LEGGE DI GAUSS

La **legge di Gauss** stabilisce una relazione tra il **flusso del campo elettrico** attraverso una superficie chiusa e la **carica totale racchiusa** all'interno di quella superficie:

$$\Phi_E = \frac{Q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

Dove:

- Φ_E : flusso del campo elettrico ($\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$)
- Q_{int} : carica totale interna alla superficie (C)
- $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$: costante dielettrica del vuoto

Il flusso uscente di un campo elettrico da una superficie chiusa è proporzionale alla carica interna.

È una formulazione **integrale** del campo elettrico e deriva direttamente dalla **legge di Coulomb**. Si utilizza soprattutto in casi **simmetrici** (sfera, filo, piano), dove il calcolo diretto del campo risulterebbe complesso.



FLUSSO DEL CAMPO ELETTRICO

Il **flusso elettrico** misura quante **linee di forza** attraversano una superficie: $\Phi_E = E \cdot A \cdot \cos \theta$

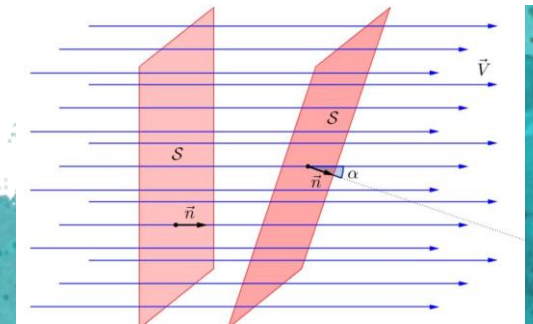
Dove:

- E : intensità del campo elettrico (N/C)
- A : area della superficie attraversata (m²)
- θ : angolo tra il vettore campo e la normale alla superficie

Casi particolari:

- Quando il campo è **perpendicolare** $\theta = 0^\circ$, il flusso è massimo
 $\Phi_E = E \cdot A$ (massimo)
- Quando il campo è **parallelo** $\theta = 90^\circ$, il flusso è nullo.
 $\Phi_E = 0$ (nessun flusso)

Il concetto di flusso permette di collegare le **linee di campo** (rappresentazione visiva) con le **grandezze fisiche** che descrivono l'interazione elettrica nello spazio.



2.2 - APPLICAZIONI



SFERA CONDUTTRICE

Una **sfera conduttrice carica** è il caso classico di applicazione della legge di Gauss.

Considerando una superficie sferica concentrica, per simmetria il campo ha **modulo costante** e **direzione radiale**:

Dove:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

- E: campo elettrico (N/C)
- Q: carica totale della sfera (C)
- r: distanza dal centro della sfera (m)
- ϵ_0 : costante dielettrica del vuoto

All'ε₀ = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$ è uguale a quello di una carica puntiforme concentrata nel centro.

All'interno, il campo è **nullo**, perché le cariche si distribuiscono solo sulla **superficie esterna** del conduttore.

Questo comportamento spiega l'effetto di **schermatura elettrostatica** dei conduttori (es. gabbia di Faraday).



PIANO UNIFORMEMENTE CARICO

Per un **piano infinito di carica** con densità superficiale costante σ , la simmetria è **piana** e il campo è **uniforme e perpendicolare** al piano:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

Dove:

- E: intensità del campo (N/C)
- σ : densità superficiale di carica (C/m²)
- $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$: costante dielettrica del vuoto

Il campo ha **lo stesso modulo da entrambi i lati** del piano e non dipende dalla distanza.

Questo risultato è fondamentale per comprendere:

- il funzionamento dei **condensatori piani**,
- la formazione di **campi elettrici uniformi**,
- e il concetto di **differenza di potenziale costante** in zone uniformi.



FILO CARICO IN EQUILIBRIO ELETTROSTATICO

Per un **filo rettilineo indefinito** con **densità lineare di carica** λ , la simmetria è **cilindrica**. Applicando la legge di Gauss a una **superficie cilindrica coassiale**, si ottiene:

Dove:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

- E: campo elettrico (N/C)
- λ : densità lineare di carica (C/m)
- r: distanza dal filo (m)
- $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$: costante dielettrica del vuoto

Il campo è **radiale** e diretto **verso l'esterno** (se $\lambda > 0$) o **verso l'interno** (se $\lambda < 0$), inoltre è **decresce linearmente** con la distanza.

All'interno di un filo conduttore in equilibrio, il campo elettrico è **nullo**, poiché le cariche si distribuiscono solo sulla superficie esterna.

Questo caso rappresenta bene i principi dell'**equilibrio elettrostatico** e delle **distribuzioni lineari di carica**.



3 – ENERGIA ELETTRICA



ENERGIA POTENZIALE ELETTRICA

Ogni coppia di cariche elettriche possiede un'energia potenziale dovuta alla loro interazione elettrostatica:

$$U = k \frac{q_1 q_2}{r}$$

Dove:

- U: energia potenziale elettrica (J)
- $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$: costante di Coulomb
- q_1, q_2 : cariche in interazione (C)
- r: distanza tra le cariche (m)

L'energia potenziale cresce se le cariche **dello stesso segno** si avvicinano (forza repulsiva) e diminuisce se le cariche **opposte** si avvicinano (forza attrattiva).

Quando una carica si muove nel campo di un'altra, questa energia si può **trasformare in energia cinetica**, mantenendo costante l'energia totale.

Nel caso di più cariche, l'energia totale è la **somma delle energie potenziali** di tutte le coppie di interazioni.



POTENZIALE ELETTRICO

Il **potenziale elettrico (V)** in un punto dello spazio rappresenta l'**energia potenziale per unità di carica**:

Dove:

$$V = \frac{U}{q}$$

- V: potenziale elettrico (V)
- U: energia potenziale elettrica (J)
- q: carica di prova (C)

La **differenza di potenziale (ΔV)** tra due punti indica il **lavoro per spostare una carica unitaria** da un punto all'altro:

$$\Delta V = -\frac{L_{AB}}{q}$$

Dove:

- L_{AB} è il lavoro compiuto dalla forza elettrica.

Si misura in **Volt (V)**, dove 1 Volt = 1 Joule/Coulomb.

Il potenziale è una **grandezza scalare**: non ha direzione né verso, a differenza del campo elettrico. È molto utile perché consente di descrivere l'energia elettrica in modo più semplice rispetto al campo vettoriale.



CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA DEL CAMPO ELETTRICO

Nel moto di una carica in un campo elettrico, vale il **principio di conservazione dell'energia meccanica**:

$$\Delta U + \Delta K = 0$$

Dove:

- ΔU : variazione dell'energia potenziale (J)
- ΔK : variazione dell'energia cinetica (J)

Se una carica **scende di potenziale** $\Delta V < 0$, **acquista energia cinetica** (viene accelerata).

Se invece **sale di potenziale**, **perde energia cinetica**.

Il campo elettrico è **conservativo**, cioè il lavoro fatto per spostare una carica **non dipende dal percorso**, ma solo dai punti iniziale e finale. Questo principio è alla base del funzionamento dei **generatori di tensione**, dei **condensatori** e dei **circuiti elettrici**.



IL DIPOLO ELETTRICO

Un **dipolo elettrico** è formato da due **cariche uguali e opposte** (+q e -q) separate da una piccola distanza **d**.

È caratterizzato dal **momento di dipolo elettrico**: $\vec{p} = q \cdot \vec{d}$

Dove:

- p: momento di dipolo (C · m)
- q: valore della carica (C)
- d: vettore che va dalla carica negativa alla positiva (m)

In presenza di un **campo elettrico esterno**, il dipolo subisce:

- una **forza nulla** (le forze sulle due cariche si compensano),
- ma una **coppia di rotazione** che tende ad **allinearlo con le linee di campo**.

L'**energia potenziale del dipolo** nel campo vale: $U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$

Dipende dall'**orientamento** del dipolo rispetto al campo elettrico:

- Minima quando $\vec{p}$ è **parallelo** a $\vec{E}$
- Massima quando è **antiparallelo**

Il concetto di dipolo è fondamentale per comprendere il comportamento delle **molecole polari** (come H₂O) e dei **materiali dielettrici**.



4 – CONDUTTORI E DIELETTRICI



CONDUTTORI

I materiali si distinguono in base alla loro **capacità di far muovere le cariche elettriche**:

-Conduttori

- Contengono **elettroni liberi** nel reticolo atomico, che possono muoversi facilmente sotto l'azione di un campo elettrico.
- Esempi: **rame, alluminio, argento, grafite**.
- In condizioni di equilibrio elettrostatico, **il campo elettrico interno a un conduttore è nullo** e le cariche si distribuiscono **solo sulla superficie esterna**.
- Sono alla base dei **circuiti elettrici** e del **trasporto di corrente**.



DIELETTRICI

-Dielettrici (isolanti)

- Gli elettroni sono **legati agli atomi** e non possono muoversi liberamente → **non conducono corrente**.
- Esempi: **vetro, plastica, gomma, aria secca**.
- Se immersi in un campo elettrico, le cariche si **spostano leggermente**, dando origine al fenomeno della **polarizzazione**.
- Sono usati per **isolare** e **immagazzinare energia** nei condensatori.



INDUZIONE ELETTROSTATICA

Quando un **conduttore** è posto in un **campo elettrico esterno**, le cariche libere si **ridistribuiscono** al suo interno:

- Gli **elettroni negativi** si spostano verso il lato rivolto al polo positivo del campo.
- Le **cariche positive** (dovute ai nuclei atomici) restano scoperte sul lato opposto.

Questo fenomeno si chiama **induzione elettrostatica** e comporta **separazione interna delle cariche**, ma **senza scambio netto di carica** con l'ambiente.

Effetti principali:

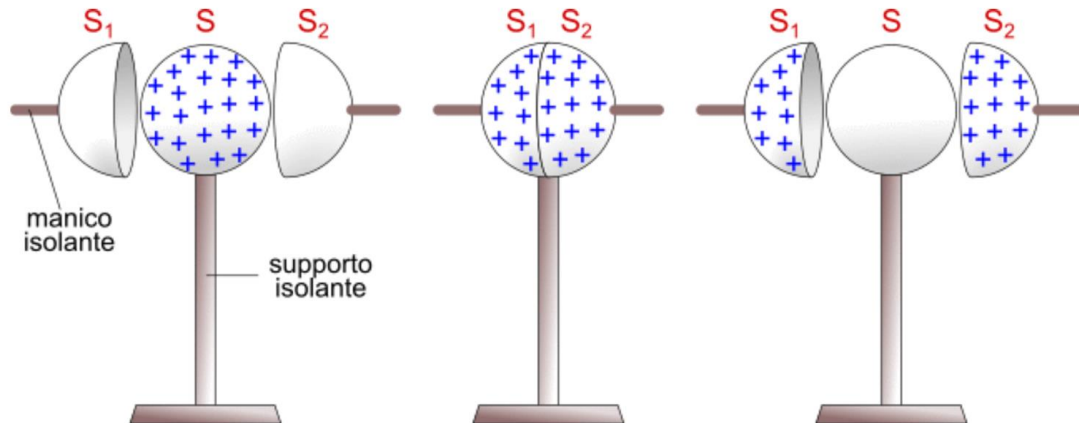
- Si genera un **campo elettrico indotto** che **si oppone** a quello esterno, fino a renderlo nullo all'interno del conduttore.
- Le cariche si accumulano **sulla superficie**, creando una distribuzione stabile.
- In presenza di due conduttori vicini (es. armature di un condensatore), si formano **cariche opposte indotte** che determinano una **differenza di potenziale**.



INDUZIONE ELETTROSTATICA

L'induzione elettrostatica spiega fenomeni come:

- l'**attrazione di piccoli oggetti leggeri** da parte di corpi carichi;
- la **formazione di cariche opposte** su corpi metallici vicini;
- il principio di funzionamento del **condensatore**.



POLARIZZAZIONE DEI DIELETTRICI

Nei **materiali isolanti (dielettrici)**, le cariche **non sono libere di muoversi** come nei conduttori, ma un campo elettrico può comunque **spostare leggermente** elettroni e nuclei, creando **piccoli dipoli elettrici**. Questo fenomeno è detto **polarizzazione**.

Tipi di polarizzazione:

1. **Polarizzazione per orientamento:** le molecole già polari (come H_2O) si **allineano** con il campo elettrico.
2. **Polarizzazione per deformazione:** in molecole non polari, il campo **sposta elettroni e nuclei** in direzioni opposte, inducendo un **dipolo temporaneo**.



POLARIZZAZIONE DEI DIELETTRICI

Effetti della polarizzazione:

- All'interno del dielettrico si forma un **campo elettrico indotto** opposto al campo esterno.

- Il campo totale risulta **ridotto**:
$$E_{\text{tot}} = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$

Dove:

- E_{tot} : campo risultante nel materiale (N/C)
- E_0 : campo elettrico applicato (N/C)
- ϵ_r : costante dielettrica relativa del materiale (≥ 1)

Maggiore è ϵ_r , più il materiale **riduce il campo interno**.

Questo comportamento è fondamentale nel funzionamento dei **condensatori**, dove i dielettrici aumentano la capacità di immagazzinare energia elettrica.



5 – CORRENTE ELETTRICA e RESISTORI



CORRENTE E INTENSITÀ ELETTRICA

La **corrente elettrica** è il **flusso ordinato di cariche** attraverso una sezione di un conduttore. Per **corrente continua (DC)** si intende una corrente di intensità e verso **costante nel tempo**.

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

Dove:

- I: intensità di corrente (A)
- ΔQ : carica che attraversa la sezione (C)
- Δt : intervallo di tempo (s)



GENERATORE ELETTRICO E DIFFERENZA DI POTENZIALE

Il **generatore elettrico** è un dispositivo che **trasforma energia meccanica, chimica o di altro tipo in energia elettrica**, mantenendo una **differenza di potenziale** tra i suoi due poli.

Serve per **mettere in movimento le cariche elettriche**, cioè per creare **corrente elettrica** in un circuito.

La **forza elettromotrice** (f.e.m.) è l'energia fornita **per unità di carica**:

- Misura la capacità del generatore di mantenere una corrente elettrica.
- Si misura in Volt (V), come una differenza di potenziale.

$$E = \frac{L}{q}$$

Dove:

- E = forza elettromotrice (V)
- L= lavoro compiuto dal generatore (J)
- q= carica elettrica (C)



GENERATORE ELETTRICO E DIFFERENZA DI POTENZIALE

Un generatore reale possiede **una resistenza interna** (r) che provoca una **caduta di potenziale** all'interno del generatore.

Perciò la **differenza di potenziale ai capi del generatore** è: $V_{\text{term}} = \varepsilon - Ir$

Dove:

- V_{term} : tensione ai morsetti (V)
- ε : f.e.m. del generatore (V)
- r : resistenza interna del generatore (Ω)
- I : corrente erogata (A)



CONDUZIONE NEI CONDUTTORI OHMICI E LEGGE DI OHM

Nei **conduttori ohmici**, gli elettroni si muovono con **velocità di deriva** sotto un campo elettrico e subiscono urti con il reticolo.

Il legame **locale** tra campo e corrente è: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ oppure $\vec{E} = \rho \vec{J}$

Dove:

- J: densità di corrente (A/m²)
- E: campo elettrico (V/m)
- σ : conducibilità (S/m),
- ρ : resistività ($\Omega \cdot m$)

A temperatura costante, la corrente che attraversa un conduttore è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale applicata ai suoi estremi.



CONDUZIONE NEI CONDUTTORI OHMICI E LEGGE DI OHM

Formula: **$V = R \cdot I$**

Dove:

- V = tensione o differenza di potenziale (V)
- I = intensità della corrente (A)
- R = resistenza del conduttore (Ω)

La **legge di Ohm** vale per dispositivi **ohmici** (resistori ideali, metalli a T costante). Per elementi attivi/non-lineari (diodi, transistor) **non** è applicabile in forma semplice.



RESISTENZA E RESISTIVITÀ DEI MATERIALI

La **resistenza** dipende dalla **geometria** e dal **materiale**:
Dove:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

- R: resistenza (Ω)
- ρ : resistività del materiale ($\Omega \cdot \text{m}$)
- L: lunghezza del conduttore (m)
- A: area di sezione (m^2)

La resistività è una **proprietà intrinseca** del materiale che **misura quanto esso si oppone al passaggio della corrente**. Materiali come rame o argento hanno ρ molto bassa (buoni conduttori), mentre vetro o plastica hanno ρ alta (isolanti).



RESISTENZA E RESISTIVITÀ DEI MATERIALI

Oltre alla geometria e al materiale, la resistività **varia con la temperatura**, modificando così la resistenza del conduttore. Nei metalli, la resistività aumenta con la temperatura secondo la relazione:

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

- ρ_0 : resistività a temperatura di riferimento (T_0)
- α : coefficiente termico (1/K)

Nei **metalli** $\alpha > 0$ (resistenza **aumenta** con (T)); nei **semiconduttori** tende a **diminuire** con (T).



POTENZA ELETTRICA ED EFFETTO JOULE

La **potenza** descrive la **velocità di conversione** dell'energia elettrica (in calore, luce, lavoro meccanico...):

Dove:

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

- P: potenza (W)
- V: tensione (V),
- I: corrente (A),
- R: resistenza (Ω)

L'**energia elettrica** consumata in un intervallo di tempo t è:

$$W = P t$$

Dove:

- W: energia (J)
- P: potenza (W)
- t: tempo (s)

In ambito domestico, spesso si usa il **kWh**: $1\text{kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{J}$



RESISTENZE

Una **resistenza** è un componente elettrico che **ostacola il passaggio della corrente**, trasformando parte dell'energia elettrica in calore.

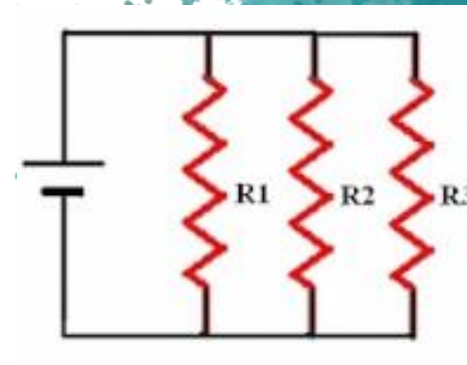
- Si misura in **ohm (Ω)**
- È fondamentale per **regolare correnti e tensioni** nei circuiti elettrici, proteggere dispositivi e distribuire correttamente l'energia.

Quando le resistenze sono collegate in **serie**, la corrente che le attraversa è la stessa. La **resistenza equivalente** è la somma delle singole resistenze:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$$


Quando le resistenze sono collegate in **parallelo**, la tensione ai loro capi è la stessa e la resistenza equivalente si calcola con:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$



6 - CAPACITA' e CONDENSATORI



CONDENSATORI

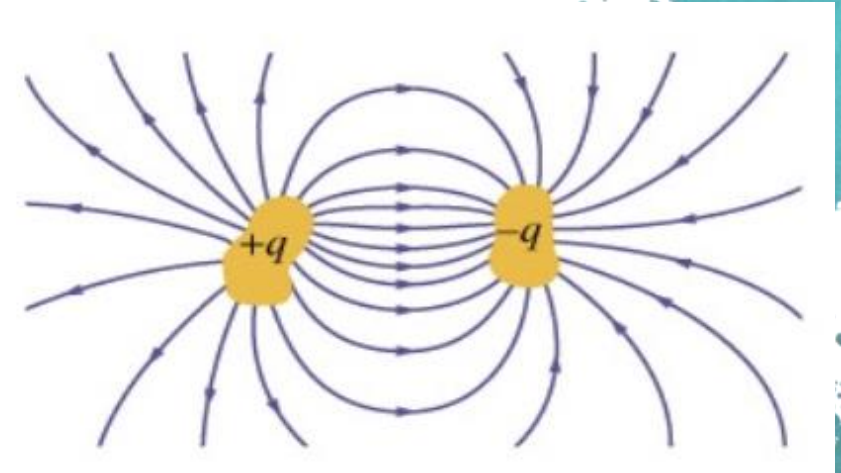
Un condensatore è un dispositivo in grado di **immagazzinare energia**, sottoforma di energia potenziale, in un campo elettrico.

Un condensatore è costituito da due conduttori di forma arbitraria, chiamati **piatti** o **armature**.

Condensatore carico: le armature hanno cariche uguali e di segno opposto: $+q$ e $-q$.

Carica del condensatore: **valore assoluto della carica q** , presente su ciascun piatto (globalmente il condensatore è neutro).

Tra le armature cariche c'è una differenza di potenziale ΔV .



CAPACITA' ELETTRICA

La **capacità** è la misura della quantità di carica elettrica Q che un conduttore può immagazzinare per ogni volt di potenziale elettrico V :

$$C = \frac{Q}{V}$$

- Q : carica elettrica (C)
- V : differenza di potenziale (V)

Unità di misura: **Farad (F)**

Maggiore è la capacità, più carica può essere immagazzinata per lo stesso potenziale.



CONDENSATORE PIANO

Consideriamo ora un condensatore le cui armature siano due lastre conduttrici piane e parallele di area A e a distanza d l'una dall'altra, la carica del condensatore sia q e lo spazio tra le armature sia inizialmente riempito d'aria. Il campo elettrico tra le armature sarà uniforme fintanto che ci manteniamo distanti dai bordi delle armature e varrà

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

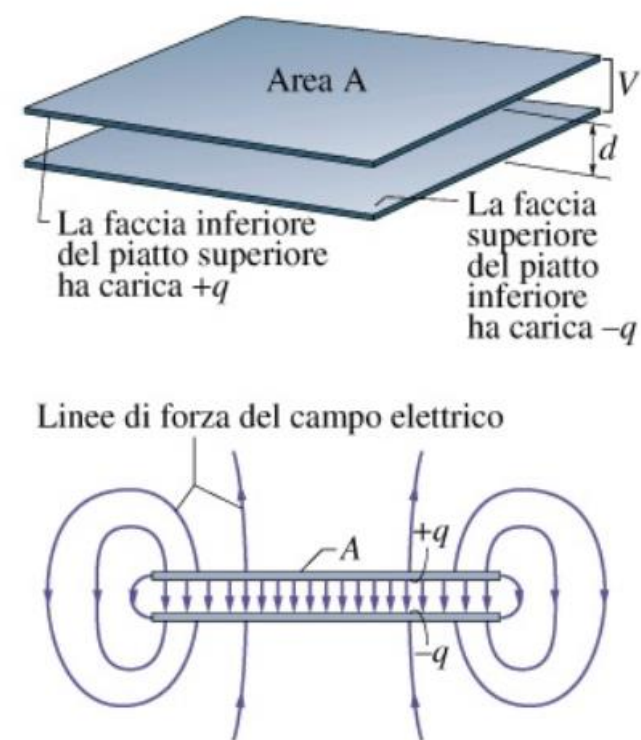
Dove:

- σ : densità superficiale di carica
- ϵ_0 : costante dielettrica del vuoto

Per la d.d.p:
$$V = E \cdot d = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

Quindi, C dipende solo dalla geometria delle armature:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



EFFETTO DI UN DIELETTRICO

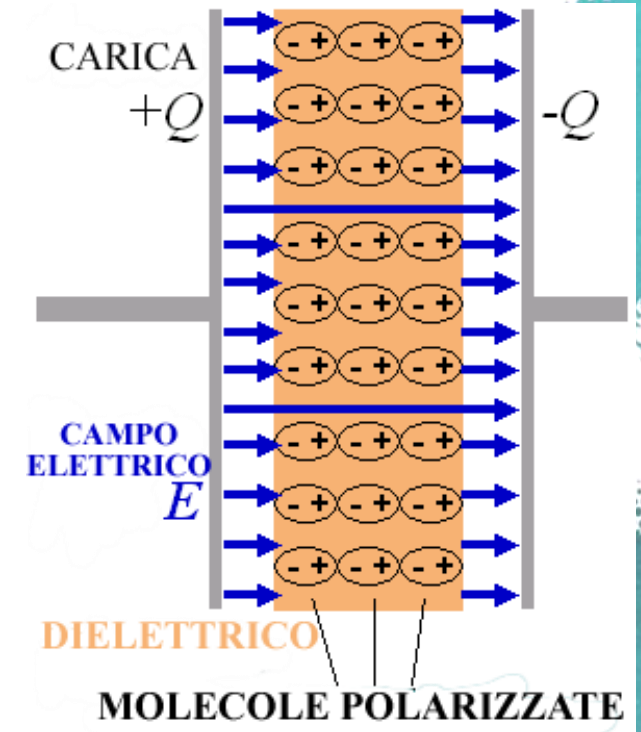
Riempiendo lo spazio tra due armature con un dielettrico (materiale isolante) di costante elettrica $\epsilon = \epsilon(0)\epsilon(r)$:

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

- ϵ_r : costante dielettrica relativa (>1)

Essendo $\epsilon > \epsilon(0)$, allora $C > C(0) \rightarrow$ in presenza di un dielettrico **aumenta la capacità di un condensatore**.

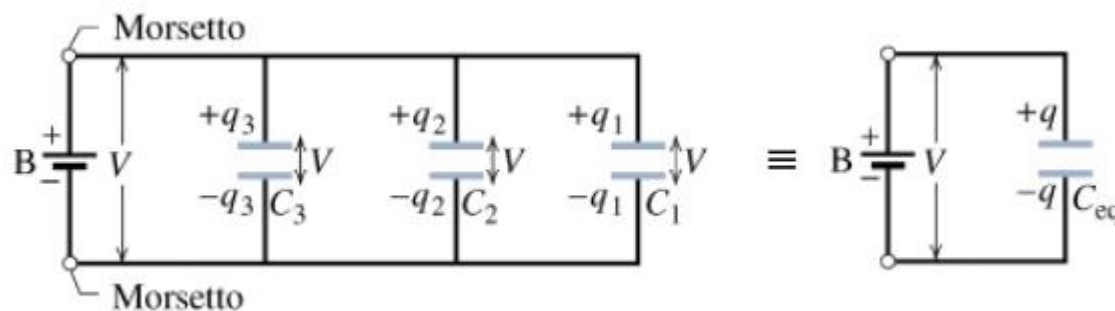
Le molecole del dielettrico si polarizzano in presenza di campo elettrico, quindi il **campo elettrico risultante E si riduce nel vuoto**.



CONDENSATORI IN PARALLELO

I condensatori in parallelo sono tutti alla **stessa d.d.p.** e la **carica totale q** immagazzinata in essi è la **somma delle cariche** su ciascun condensatore.

Il sistema equivale ad un condensatore alla stessa d.d.p e con carica q .



$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = (C_1 + C_2 + \dots + C_n) \cdot V$$

$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Quindi, la **capacità totale aumenta** → a parità di tensione, il sistema può accumulare più carica.

CONDENSATORI IN SERIE

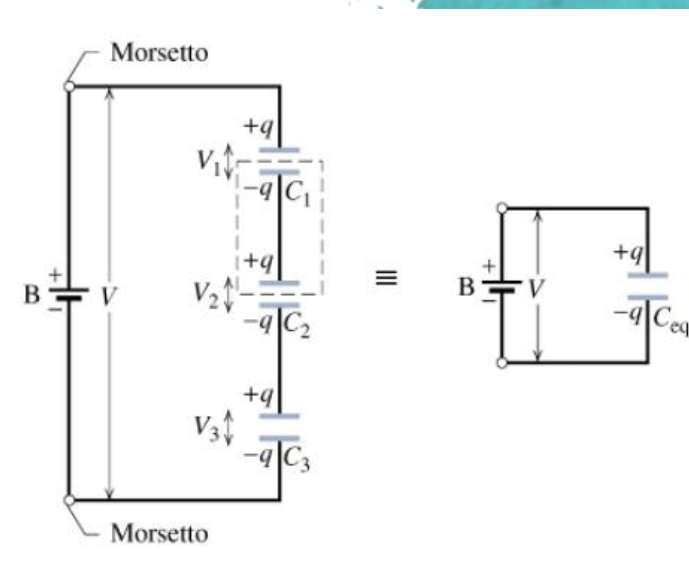
I condensatori in serie sono ad una d.d.p. tale che la carica q su ciascuno di essi è la stessa.

Il sistema equivale ad un condensatore con **carica q** e una **d.d.p. pari alla somma delle d.d.p. applicate**.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{eq} < \min(C_1, C_2)$$

Quindi, la **capacità totale diminuisce**, in particolare è minore della più piccola capacità del circuito



ENERGIA IMMAGAZZINATA IN UN CAMPO ELETTRICO

L'energia immagazzinata in un condensatore carico è l'**energia potenziale elettrica accumulata nel campo elettrico tra le sue armature**. Questa energia dipende dalla carica, dalla capacità del condensatore e dalla differenza di potenziale ai suoi capi.

$$E = \frac{1}{2}CV^2$$

Dove:

- E è l'energia (in joule, J),
- C è la capacità del condensatore (in farad, F),
- V è la differenza di potenziale ai capi del condensatore (in volt, V).



Considerando due condensatori a piatti piani e paralleli e con la stessa carica q , essi hanno lo stesso campo elettrico, ma diversa **capacità di immagazzinare energia elettrostatica in funzione della propria C** :

$$U_1 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_1} \quad \text{e} \quad U_2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_2}$$

Dal momento C è inversamente proporzionale alla distanza d tra le armature si avrà che il condensatore con i piatti più distanti può immagazzinare una maggiore quantità di energia.



CARICA DI UN CONDENSATORE NEL TEMPO

Costante di tempo:

$$\tau = R \cdot C$$

Dove:

- R = resistenza in ohm (Ω)
- C = capacità del condensatore in farad (F)
- τ = tempo caratteristico in secondi (s), rappresenta il tempo in cui la tensione o la carica cambia di circa il 63.2% rispetto al valore finale.

Quando si collega un condensatore ad una sorgente di tensione $V(0)$ tramite una resistenza R , la carica accumulata e la tensione ai capi del condensatore crescono nel tempo secondo le leggi:

- carica nel tempo: $q(t) = CV_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$
- tensione ai capi di condensatore: $V_C(t) = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$
- corrente nel circuito: $I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$



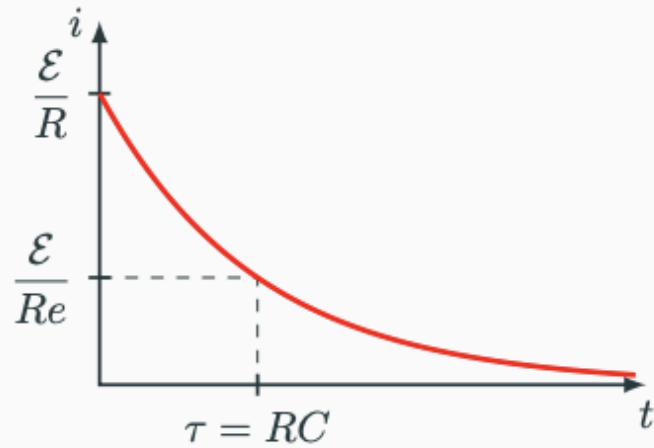
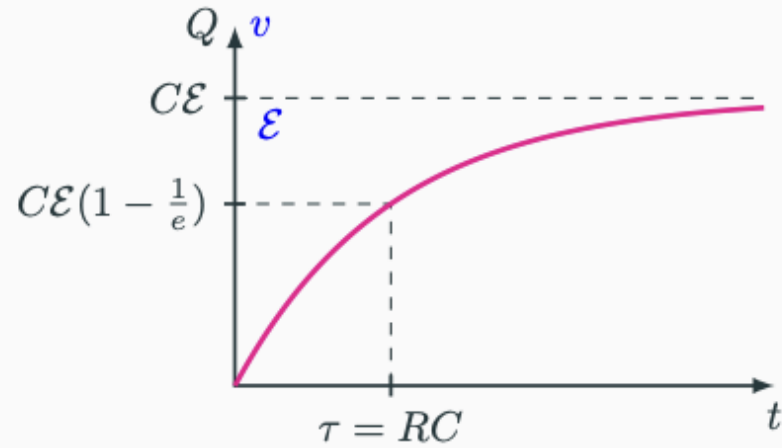
SCARICA DI UN CONDENSATORE NEL TEMPO

Quando il condensatore viene disconnesso dalla sorgente e collegato solo alla resistenza, si scarica nel tempo

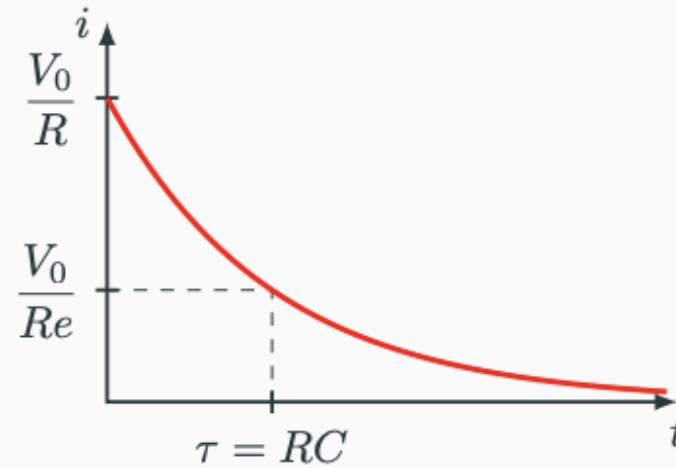
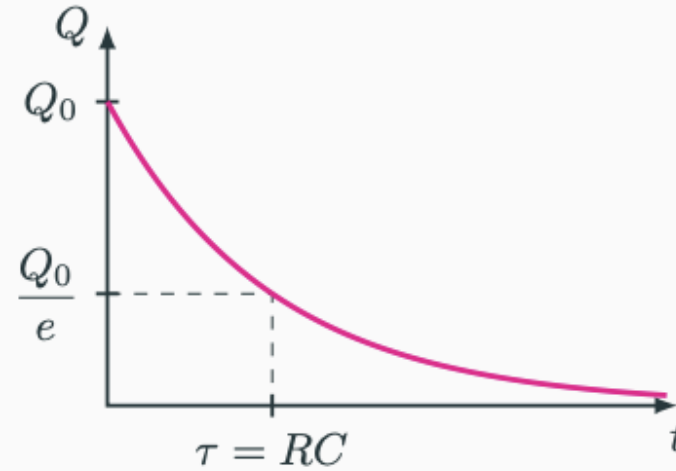
- carica nel tempo: $q(t) = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
- tensione ai capi del condensatore: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
- corrente nel circuito: $I(t) = -\frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$



Carica di un condensatore:



Scarica di un condensatore:



7 - CAMPO MAGNETICO



ESPERIMENTO DI OERSTED - ORIGINE DEL CAMPO MAGNETICO DALLE CORRENTI ELETTRICHE

Prima di Oersted si pensava che l'elettricità e magnetismo fossero fenomeni separati.

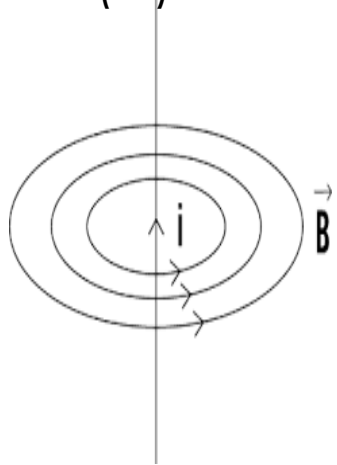
Oersted scoprì che un **filo conduttore attraversato da corrente elettrica genera un campo magnetico attorno a sé.**

Esperimento: Oersted posizionò un ago magnetico vicino ad un filo: quando fece passare la corrente, l'ago si spostò. Quindi, la corrente elettrica genera un campo magnetico che può influenzare materiali magnetici. Questo esperimento dà **inizio allo studio dell'elettromagnetismo.**

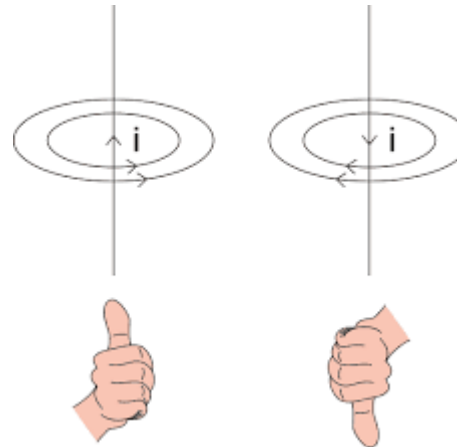


CARATTERISTICHE DEL CAMPO MAGNETICO DALLE CORRENTI ELETTRICHE

- Le linee di campo sono **cerchi concentrici attorno al filo**
- La direzione del campo è data dalla **regola della mano destra**: posizionando il pollice nella direzione della corrente, le dita indicano la direzione del campo magnetico
- L'intensità del campo diminuisce all'aumentare della distanza del filo
- Unità di misura dell'intensità del campo magnetico è il **Tesla** (T) o il **Gauss** (G).



Linee di campo del campo magnetico intorno ad un filo conduttore di corrente



Regola della mano destra

FORZA DI LORENTZ

→ *Su una carica elettrica in moto*

Una carica q che si muove con velocità v in un campo magnetico B subisce una forza, detta forza di Lorentz:

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

F è sempre perpendicolare a v e B .

L'effetto di questa forza è quello di deviare la traiettoria della carica senza modificarne la velocità.

- $F=0$ se v è perpendicolare a B
- F è perpendicolare a v e B , quindi F non compie lavoro: l'energia si conserva
- la particella si muove su una traiettoria circolare in un piano perpendicolare a B



FORZA DI LORENTZ

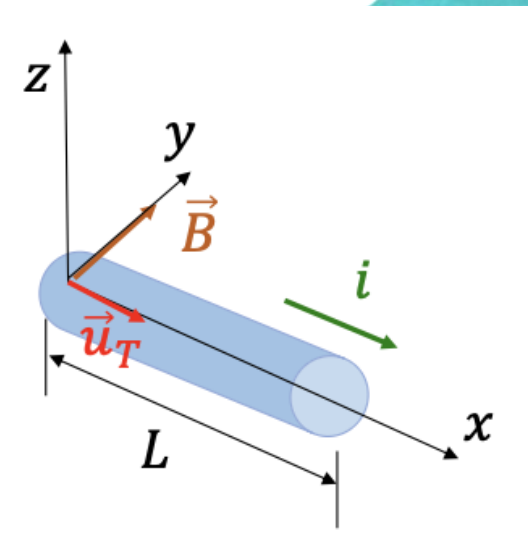
→ Su un filo percorso da corrente

Se un filo conduttore è in un campo magnetico: $\vec{F} = I \cdot (\vec{L} \times \vec{B})$

La forza agisce su tutto il filo.

L è un vettore parallelo al filo e concorde con la corrente. La forza sul filo percorso da corrente e immerso in un campo magnetico tende a far ruotare il filo.

- se L è parallelo a $B \rightarrow F=0$
- se L è perpendicolare a $B \rightarrow F=F_{\max}$



MOTO CIRCOLARE DI UNA CARICA ELETTRICA IN UN CAMPO MAGNETICO UNIFORME

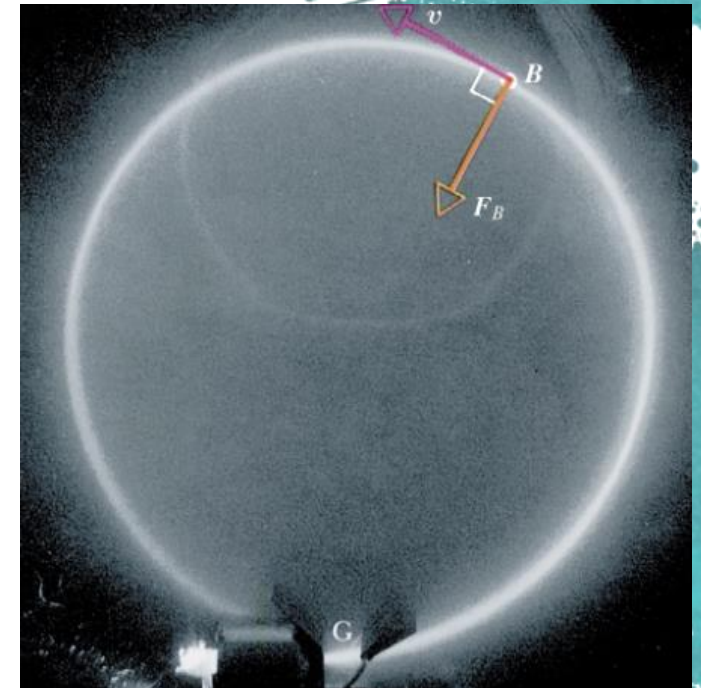
Si consideri una particella in moto circolare uniforme ($v=\text{cost}$), sulla particella deve agire una forza risultante centripeta (perpendicolare a v e costante in modulo): **forza centripeta=forza di Lorentz**

- raggio della circonferenza: $qvB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$

- periodo: $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

- frequenza: $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

- pulsazione: $\omega = 2\pi f = \frac{qB}{m}$



Applicazioni:

- 1) **spettrometro di massa**
- 2) **ciclotrone**

Spettrometro di massa:

- è uno strumento per identificare e misurare le masse molecolari di particelle cariche, separandole in base al loro rapporto massa/carica
- gli ioni vengono accelerati da un campo elettrico, entrano in un campo magnetico uniforme (perpendicolare alla loro velocità) e subiscono una deviazione su una traiettoria circolare di raggio:
$$r = \frac{mv}{qB}$$

Misurando il raggio di curvatura, si risale al rapporto massa/carica dello ione.

Ciclotrone:

- acceleratore di particelle inventato da Lewrence Ernest nel 1931
- utilizza un campo magnetico per far compiere alle particelle cariche un moto circolare.



SPIRA IN UN CAMPO MAGNETICO

Considerando una spira rettangolare di lati L e L' , percorsa da corrente i ed immersa in un campo magnetico uniforme, che forma un angolo θ con $\vec{u}_n$, si ha che sui lati L' agiscono forze $\vec{F}'$ uguali in modulo, ma opposte in verso il cui effetto è di tentare di deformare il circuito.

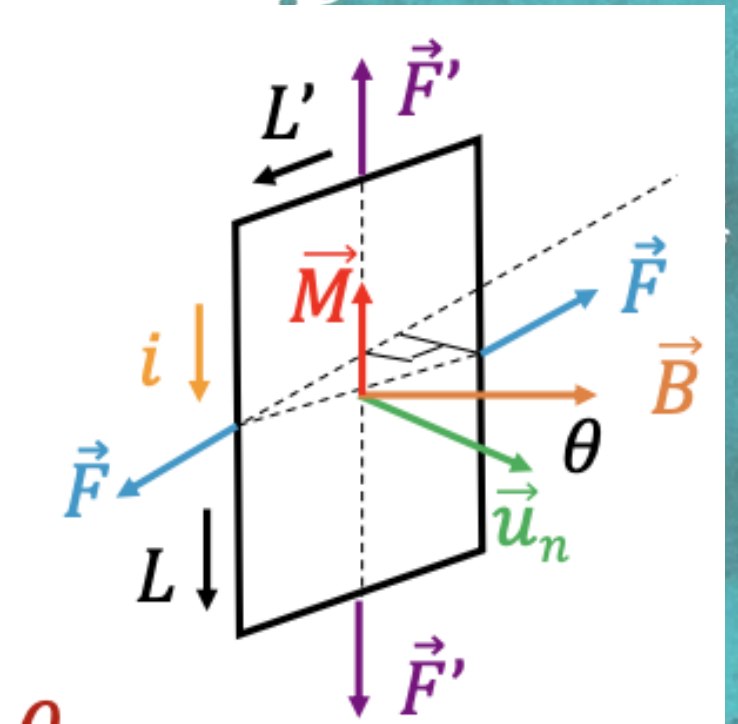
Sui lati L , invece, le forze $\vec{F}$ uguali in modulo, opposte in direzione ed agenti su rette d'azione diverse, danno origine ad un momento di forze $\vec{M}$, che tende ad orientare la spira perpendicolare al campo magnetico.

$$F = iBL \quad M = (iBL)(L' \sin \theta) \stackrel{LL'=S}{\cong} (iS)B \sin \theta$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

dove:

- $\vec{\tau}$: momento torcente (torque)
- $\vec{\mu}$: momento di dipolo magnetico della spira
- $\vec{B}$: campo magnetico



MOMENTO DI UN DIPOLO MAGNETICO

Per una spira piana, percorsa da corrente I , con area A , il momento di un dipolo magnetico è definito come:

$$\vec{\mu} = I \cdot \vec{A}$$

Dove:

- I è la corrente nella spira (in Ampere, A)
- $\vec{A}$ è il vettore area della spira (modulo A in m^2 , direzione perpendicolare al piano della spira secondo la regola della mano destra)



LEGGE DI BIOT-SAVART

La legge di Biot-Savart permette di calcolare il campo magnetico generato da un piccolo tratto di filo percorso da corrente.

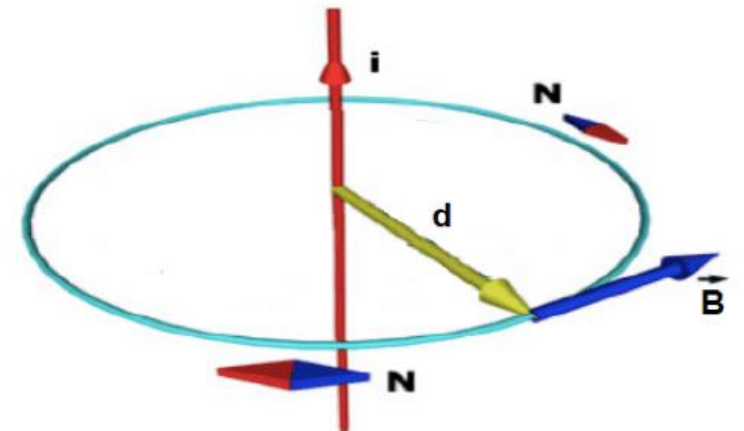
→ *filo rettilineo*

Campo magnetico generato da un filo lungo e rettilineo percorso da corrente I :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

dove r è la distanza dal filo.

Il campo è circolare e tangente ai cerchi centrati sul filo.

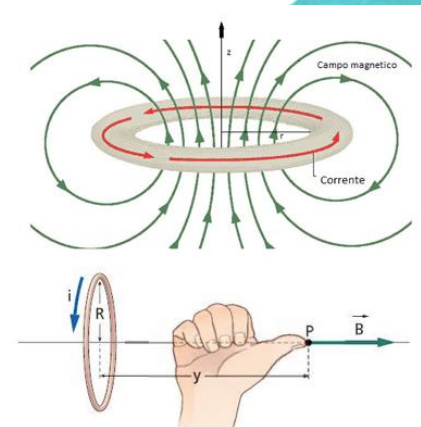


→ *spira circolare*

Consideriamo una spira circolare di raggio R , percorsa da corrente I , al centro della spira, il campo magnetico vale:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Il campo è perpendicolare al piano della spira, orientato secondo la regola della mano destra.

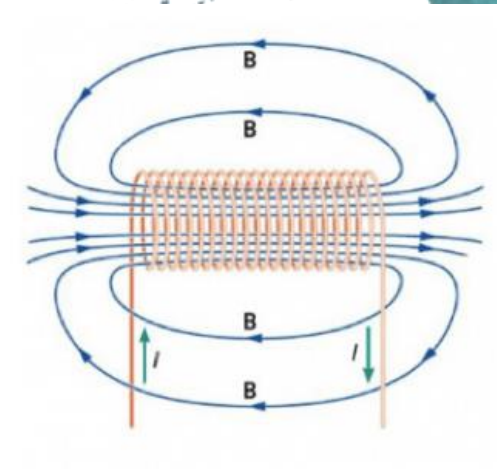


→ *solenoidide ideale*

Un solenoide è una bobina lunga di spire di filo percorse da corrente. In un solenoide ideale, il campo magnetico all'interno è uniforme e parallelo all'asse del solenoide:

$$B = \mu_0 n I$$

dove n = numero di spire per unità di lunghezza.



All'esterno il campo è quasi nullo.



- Il campo magnetico generato da una corrente forma sempre linee chiuse
- Attorno ad un filo rettilineo, le linee sono cerchi concentrici
- In una spira, le linee si concentrano all'interno, simili ad un campo magnetico di un piccolo magnete
- Nel solenoide, le linee sono parallele e uniformi all'interno, molto simili ad un campo magnetico uniforme

Quindi, questa legge permette di capire come le correnti generano campi magnetici.

Questi campi sono **alla base del funzionamento di apparecchi medici** (es. risonanza magnetica).



INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

L'induzione elettromagnetica è il fenomeno per cui una variazione del campo magnetico genera una corrente elettrica in un circuito.

Il flusso magnetico misura quanto campo magnetico attraversa una superficie:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos(\theta)$$

Dove:

- B = intensità del campo magnetico
- A = area della superficie
- θ = angolo tra il campo e la superficie

→ Il flusso cambia se varia l'intensità del campo magnetico, l'area o l'orientamento.



Una corrente elettrica viene indotta quando il flusso magnetico attraverso un circuito varia nel tempo: non importa il motivo per il quale cambia (può variare l'intensità del campo, l'area o l'orientamento), ciò che **conta** è la **variazione del campo magnetico in sé**.

Se c'è una corrente indotta, allora il lavoro fatto nell'unità di tempo per far passare gli elettroni di conduzione attraverso la spira è la **forza elettromotrice f.e.m. indotta**.



LEGGE DI FARADAY-NEUMANN-LENZ

Secondo la legge di Faraday-Neumann-Lenz:

$$\text{f.e.m.} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

dove:

- **f.e.m.** = forza elettromotrice indotta (in Volt)
- Φ_B = flusso magnetico (in Weber)
- $d\Phi_B/dt$ = variazione del flusso magnetico nel tempo

Il segno negativo indica che la **forza elettromotrice si oppone alla variazione del flusso di campo magnetico** per ripristinare la situazione originaria.



LEGGE DI LENZ

La **corrente indotta** si oppone alla **variazione del flusso magnetico** che la genera.

Quindi, per il principio di conservazione dell'energia, la **forza elettromotrice** ha il **verso della corrente indotta**.

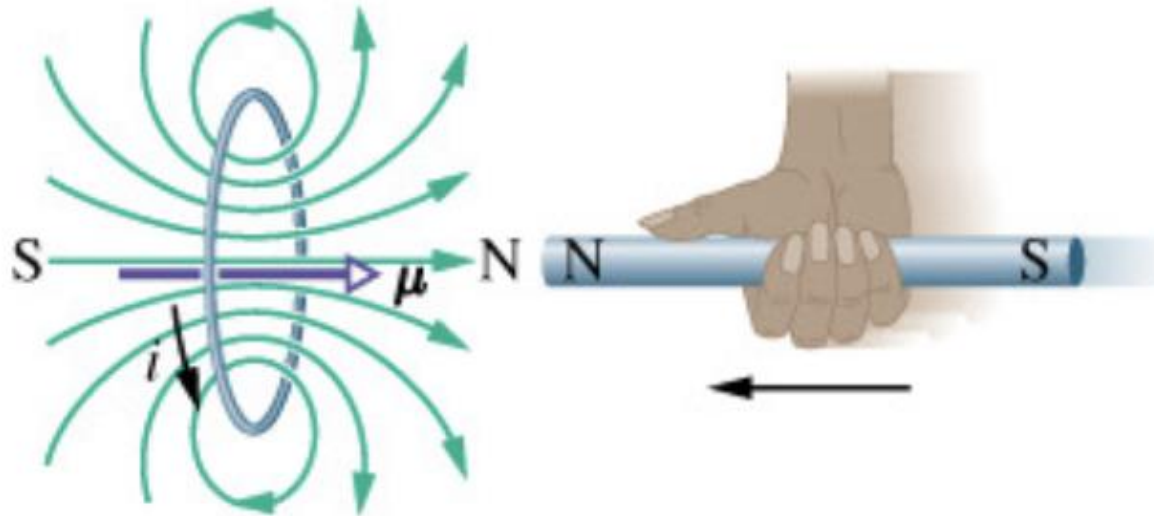
Per definire il verso della corrente indotta si utilizza la regola della mano destra:

- pollice: indica il verso della corrente
- dita: indicano direzione del campo indotto



→ Se il magnete si avvicina ad una spira: il campo magnetico attraverso la spira aumenta, si induce una corrente i che si oppone all'aumento del campo magnetico.

→ Se il magnete si allontana dalla spira: la corrente è oraria



8 - APPLICAZIONI BIOMEDICHE

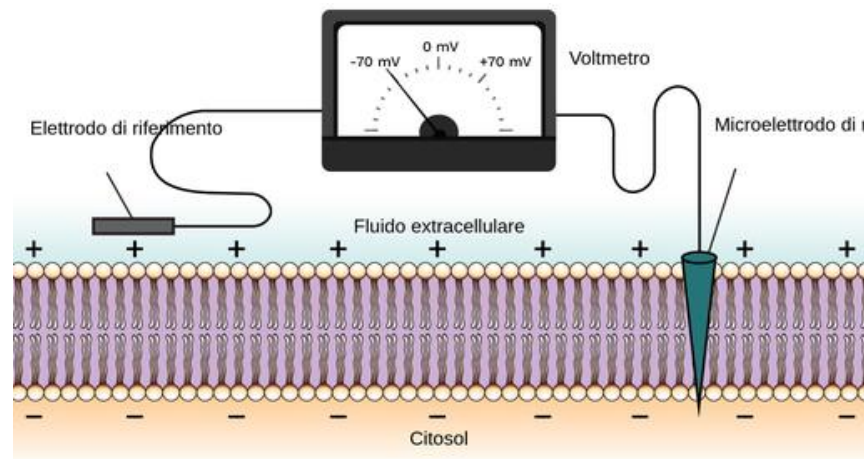


POTENZIALE DI MEMBRANA

Ogni cellula ha una differenza di potenziale elettrico tra l'interno e l'esterno della sua membrana plasmatica, che prende il nome di **potenziale di membrana**.

Questo è generato dalla distribuzione di ioni (sodio, calcio, potassio, cloro), che attraversano la membrana tramite canali ionici.

A riposo il suo valore è circa **-70 mV** (internamente la cellula è più negativa rispetto all'esterno).



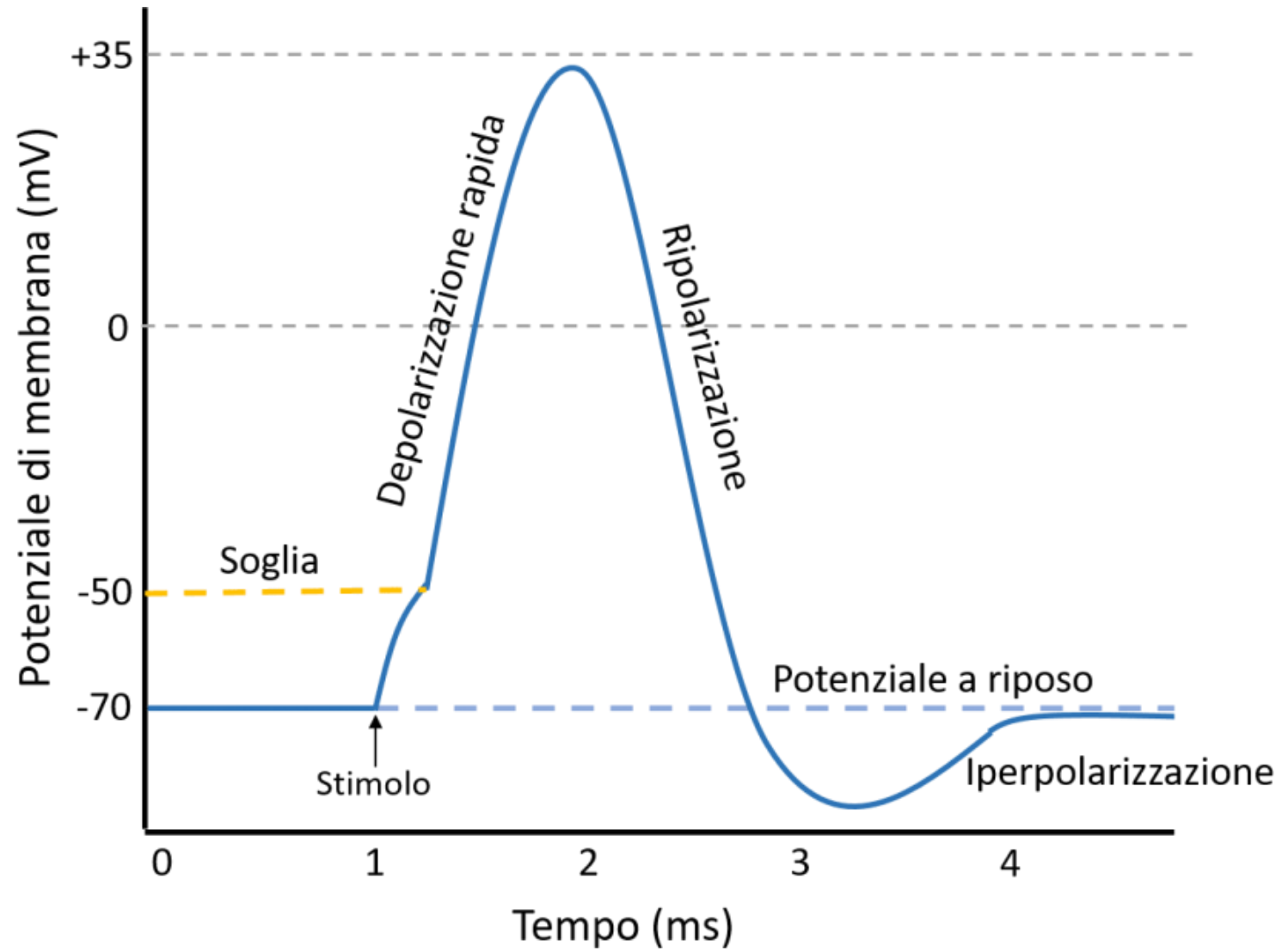
Depolarizzazione

- 1) *Innesco*: uno stimolo depolarizza la membrana fino a raggiungere una soglia critica (-55 mV), quindi avviene l'aumento rapido del potenziale di membrana verso lo zero (diventa meno negativo)
- 2) *apertura dei canali*: i canali del sodio voltaggio-dipendenti si aprono rapidamente
- 3) *flusso ionico*: gli ioni sodio entrano nella cellula, provocando un aumento di potenziale e una sua inversione, raggiungendo un picco positivo ($+35$ mV).

Ripolarizzazione:

- 1) *chiusura canali*: i canali sodio si inattivano, bloccando l'afflusso ionico
- 2) *apertura dei canali*: contemporaneamente i canali del potassio voltaggio dipendenti si aprono
- 3) *flusso ionico*: gli ioni potassio escono dalla cellula, in modo che il potenziale di membrana torni a valori negativi
- 4) *iperpolarizzazione*: a causa di un ritardo nella chiusura dei canali del potassio, il potenziale può scendere al di sotto del potenziale di riposo
- 5) *recupero*: pompa sodio-potassio ripristina attivamente le concentrazioni ioniche e il potenziale di membrana a riposo.





La membrana cellulare può essere schematizzata come un condensatore:

- le sue armature sono rappresentate dagli ambienti interno ed esterno rispetto alla membrana
- le cariche sono gli ioni distribuiti sui lati, interno ed esterno, della membrana
- il doppio strato fosfolipidico costituisce il dielettrico tra i due piatti del condensatore

Poichè il lato interno è normalmente più negativo e il lato esterno è più positivo, si crea una differenza di potenziale.



→ *A riposo*: le cariche si accumulano ai due lati, generando un campo elettrico, quindi la membrana si comporta come un condensatore carico.

→ *Sotto stimolo di un impulso nervoso*: i canali ionici si aprono permettendo il movimento degli ioni, quindi le cariche si riposizionano.

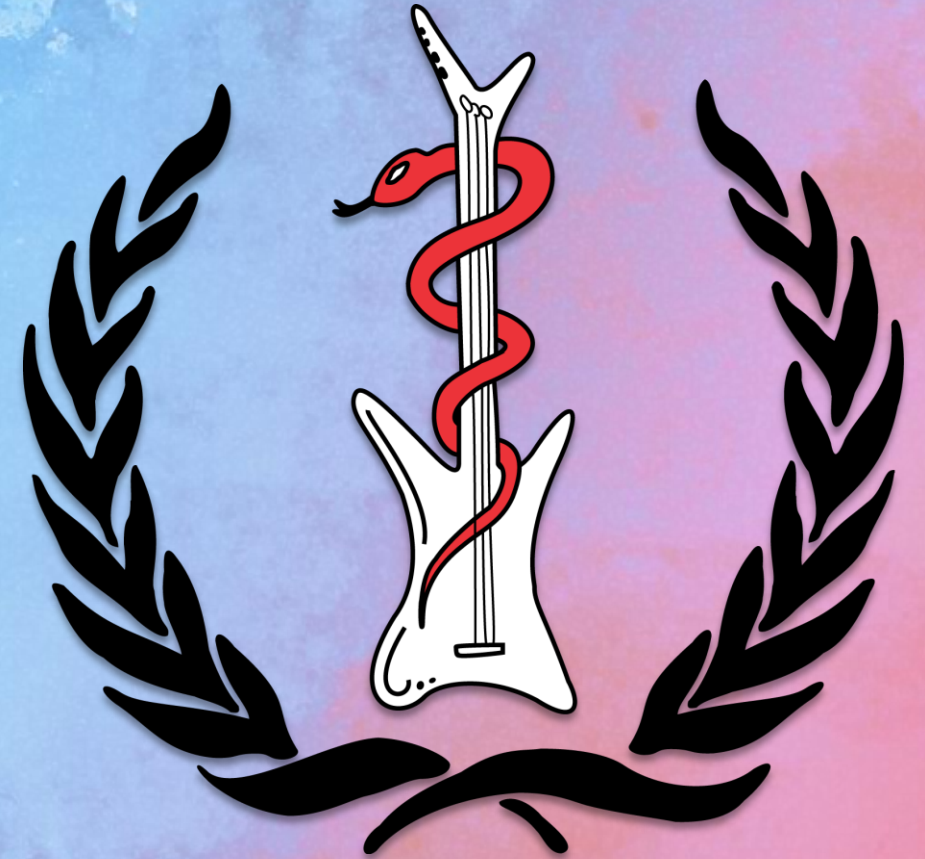
Si verifica variazione del potenziale di membrana: dapprima la membrana si depolarizza (il potenziale a riposo diventa meno negativo) e successivamente si ripolarizza (ritorna al valore iniziale). Quindi, durante la depolarizzazione la membrana segue il modello di scarica di un condensatore, mentre durante la ripolarizzazione si verifica la carica del condensatore.



Associazione Studenti e Prof di Medicina Uniti Per

**Grazie per
l'attenzione!**

Alla prossima!



Studenti e Prof Uniti Per



@studentieprofunitiper



info@studentieprofunitiper.it