

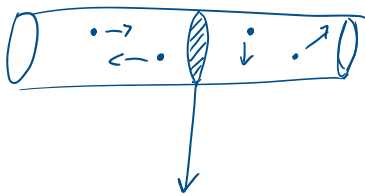
# Lezione #13

2/2/2024

Elettrostatica  $\rightarrow q \quad \vec{v} = \vec{0}$

Consideriamo  $\vec{v} \neq \vec{0}$   
 $\rightarrow$  Elettrodinamica

Conduttore  $\leftarrow$   
Isolanti  $\times$   
Semiconduttori }  
Superconduttori }



Moto random  
disorganizzato

Sezione

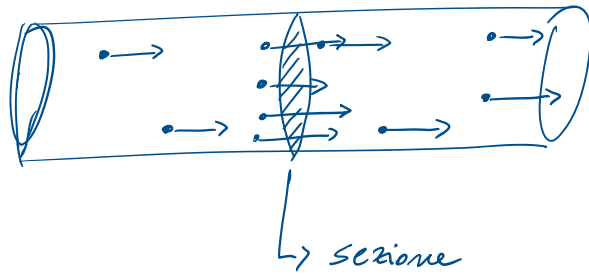
$Q_{TOT}$  che si sposta nel tempo

$\Downarrow$

$Q_{TOT} = 0 \quad \checkmark$

Supponiamo di avere un  $\vec{E} \neq 0$

$\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$



Moto ordinato

$$Q_{TOT} \neq 0$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow \frac{dQ}{dt} \Rightarrow i = \frac{dQ}{dt} = \text{Intensità di corrente}$$

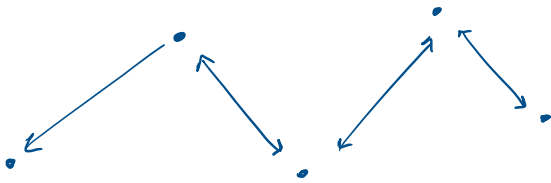
$$[i] = \text{Ampere} = A$$

$U = \text{energia potenziale elettrica}$

$$[U] = \text{Joule} = J$$



Configurazione di  $q$  nello spazio



$$\Rightarrow U_1$$



$$\Rightarrow U_2$$

$$V = \frac{U}{q} \quad (F \rightarrow E)$$

$V \rightarrow$  Potenziale elettrico (energia potenziale per unità carica)

$V \rightarrow$  Potenziale elettrico ( misura potenziale per unità carica )

$$[V] = V \quad \text{Volt}$$

Come si legano le grandezze  $V$  e  $i$

$\Downarrow$  causa       $\Downarrow$  effetto

Legge di Ohm

$$V = i R$$

$\uparrow$  differenza di potenziale elettrico

$\rightarrow$  intensità di corrente

$\rightarrow$  Resistenza elettrica

$R =$  resistenza al passaggio di corrente ( natura del mezzo,  $\rho$ , sezione, lunghezza )

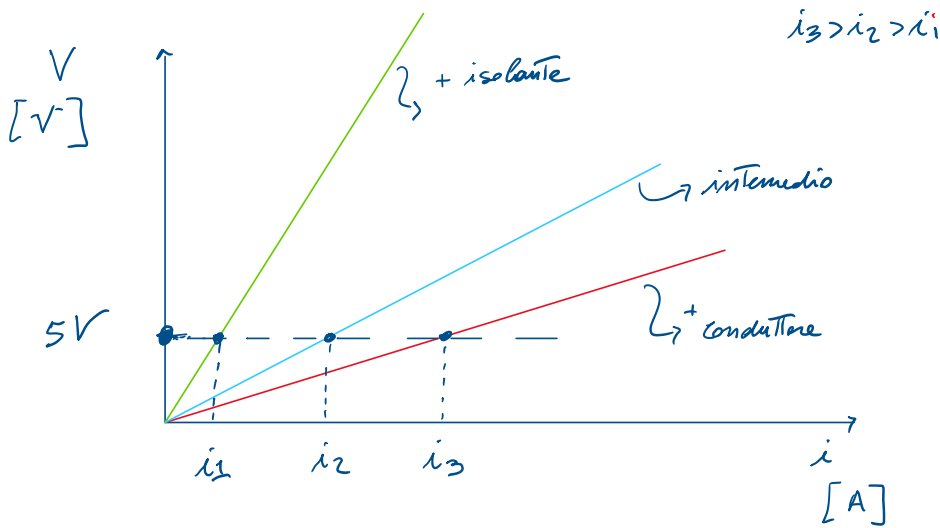
$$[R] = \text{Ohm} = \Omega$$

La legge di Ohm stabilisce che "elementi" materiali, detti appunto Ohmici, presentano una relazione di proporzionalità diretta tra  $V$  e  $i$

$$V = iR \quad V \nearrow \quad i \nearrow$$

↑     ↑

e una prop. inversa tra  $i$  e  $R$ .



Dato  $V = iR$  la pendenza di ogni retta  $\bar{i} = R$

La legge di Ohm prevede che se  $V \neq 0 \Rightarrow i \neq 0$

non appena ho una differenza di potenziale  $\Rightarrow$  una corrente elettrica  $\neq 0$

$$V = iR$$

ma questo vale solo per i sistemi Ohmici.

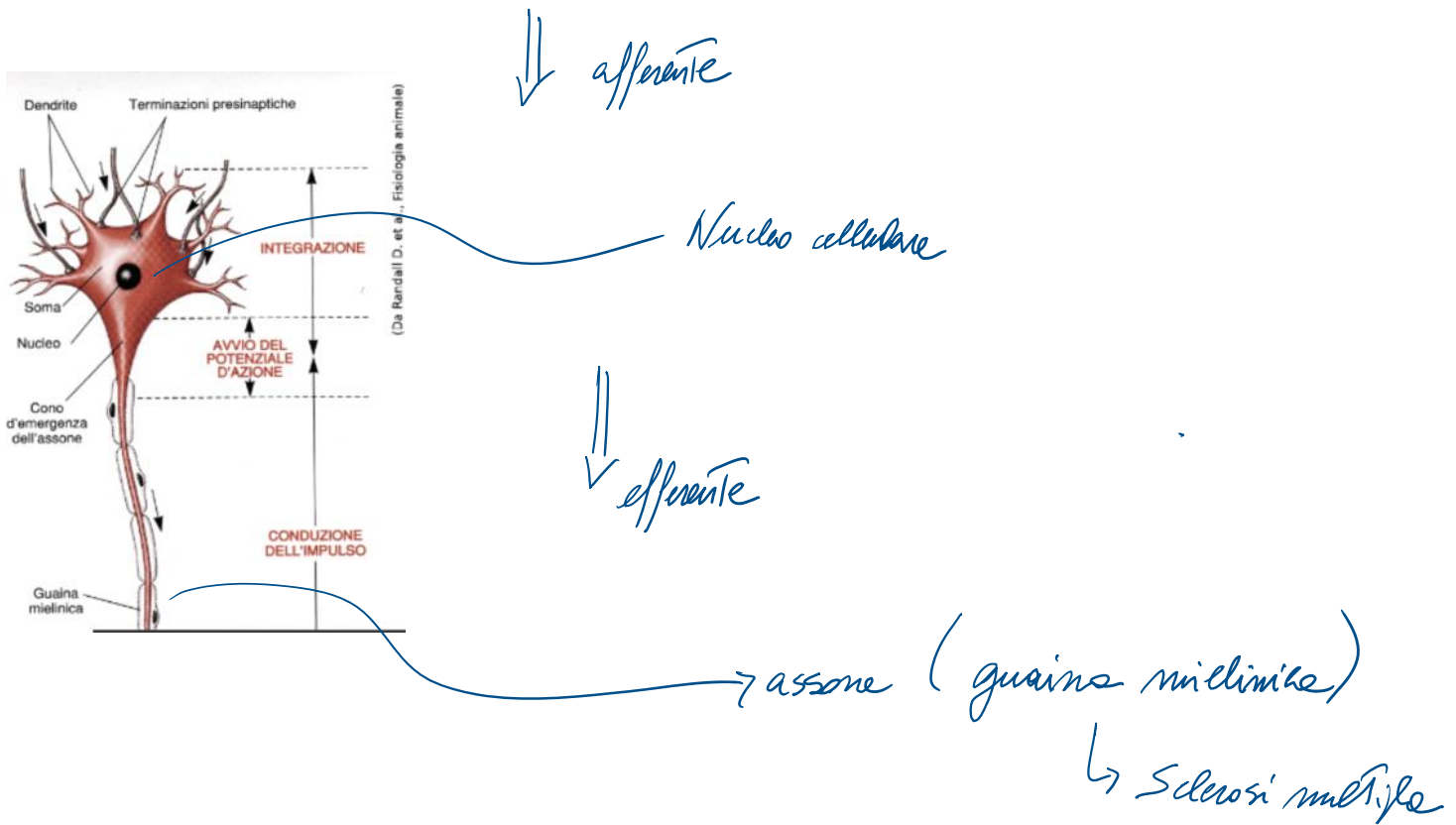
Applicazioni biomediche:

Sistemi non Ohmici all'interno del nostro corpo

$\hookrightarrow$  correnti neuronali  $\rightarrow$  generazione

↳ correnti neuronali } generazione  
                                   } rilevante (EEG)  
 ↳ contrazione muscolare } generazione  
                                   } rilevante (elettomigrafie)

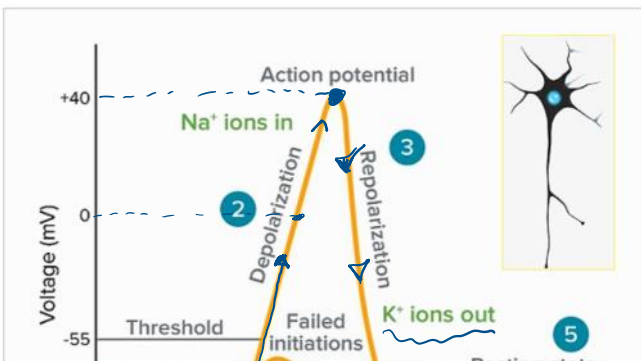
# Neuroni



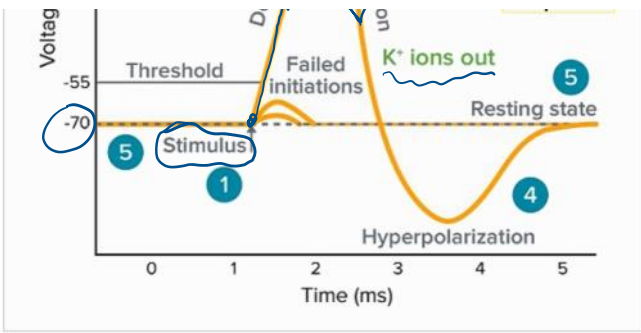
I neuroni comunicano tra loro e si attivano tramite correnti

"sinaptiche"

↓  
Potenziale d'azione



↳ a riposo "depolarizzato"

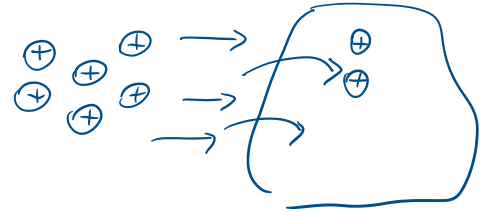


1) a riposo "depolarizzato"

$$\Delta V = -70 \text{ mV}$$

2) stimolo  $\rightarrow$  neurotrasmettitore

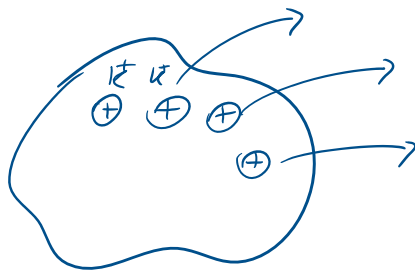
3) In seguito allo stimolo  $\Rightarrow \text{Na}^+$  entra facendo aumentare  $\Delta V$  fino a 0 e poi  $\Delta V > 0$  ma non succede altro nulla



4) a 0 mV  $\rightarrow$  soglia potenziale d'azione  $\Rightarrow$  corrente sinaptica

5) Scarica  $\rightarrow$  "fire"  $\Rightarrow$  corrente elettrica  $\Rightarrow$  valanga neuronale

6) Ritorno all'equilibrio  $\rightarrow$  uscita di  $\text{K}^+$



7) Resting state  $\rightarrow$  -70 mV  $\rightarrow$  stop

Questo è valido anche per le contrazioni "muscolari"

↳ esempio "contatto con 220V"

↳ tetanizzazione muscolare

Effetti corrente "esterna" sull'uomo:

1 - 3 mA Percezione

3 mA - 10 mA Tetanizzazione

~ 25 mA difficoltà respiratorie

60 ~ 75 mA fibrillazione cardiaca

Possiamo sfruttare le correnti elettriche, potenziali d'azione e

campi elettrici per la diagnosi (cuore → cervello)

↓  
ECG

↓  
EEG

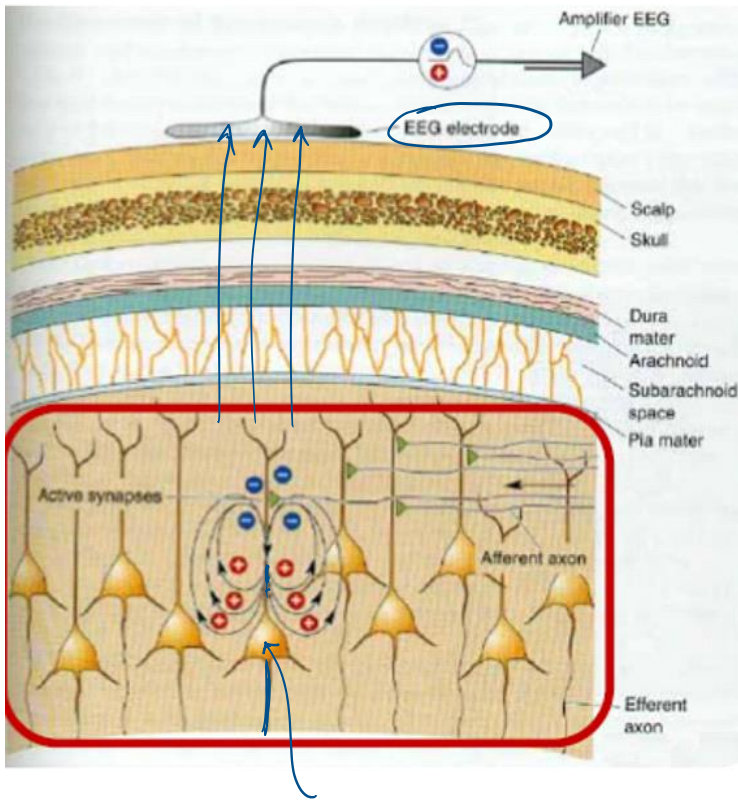
Elettroencefalografia (EEG)

Tecniche non invasive → "ascoltando" E emessi



Cuffia di sensori  
↳ elettrodi

Misurano variazioni di potenziali  
post-sinaptici



BCI  
Brain  
Computer  
Interface

Rilevazione segnale EEG



Comandare un dispositivo  
esterno (protesi; movimento; navigazione)

CAMPO MAGNETICO



Campo gravitazionale  $\rightarrow \vec{F}_g$   
" elettrico  $\rightarrow \vec{F}_e$


Campo magnetico  $\rightarrow$  

$\vec{B}$  si rileva tramite la presenza di una  $\vec{F}$  che agisce sulle cariche quando  $\vec{v} \neq \vec{0}$

$[B] = \text{Tesla} = T$

Sorgenti di  $\vec{B}$ :

Magnete permanente  
(calamite)  $\Downarrow$   
 $\vec{B}$

Una carica in movimento  


# FORZA DI LORENTZ

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$|\vec{F}_L| = qvB \sin\theta$$

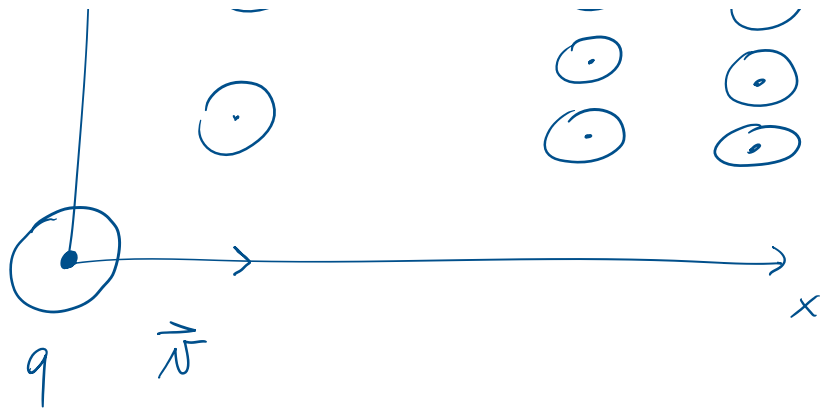
direzione  $\vec{e}$   $\perp$  al piano che formano  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$   
verso  $\vec{e}$  tale che  $\vec{v} \rightarrow \vec{B}$  in senso antiorario

$$[F_L] = N$$

## Esercizio

Una carica  $q = 3,2 \cdot 10^{-19} C$  è immersa in un campo magnetico  $\vec{B}$ ,  $B = 3T$  diretto  $\perp$  al piano in senso uscente. Sapendo che la carica si muove con  $v = 2 \cdot 10^5 m/s$  lungo l'asse delle  $x$  crescenti, calcolare la  $F_L$  risultante.





$\theta$  tra  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ ?

$$F_c = qvB \sin\theta = qvB$$

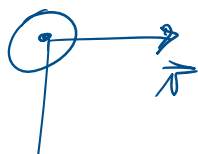
$\theta = 90^\circ$   
 $\downarrow$   
 $\sin\theta = 1$

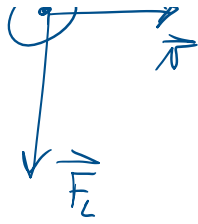
Direzione  $\perp$  al piano  $\vec{v}\vec{B}$

Verso tale che  $\vec{v} \rightarrow \vec{B}$  in senso antiorario

Mano sinistra:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{pollice} = \vec{F}_c \\ \text{indice} = \vec{B} \\ \text{medio} = \vec{v} \end{array} \right.$

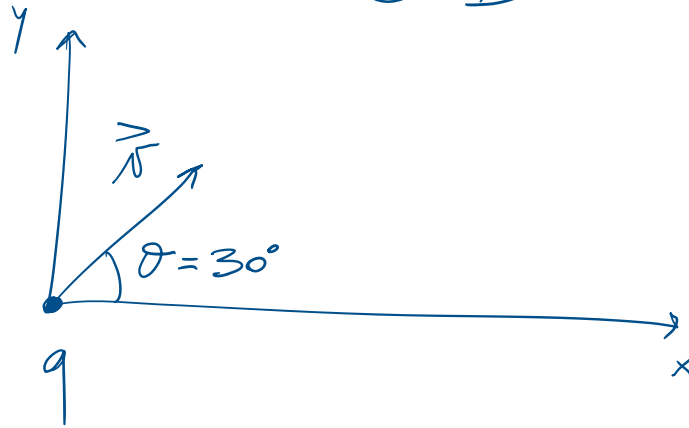
$$F_c = 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 3 = 1,92 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$





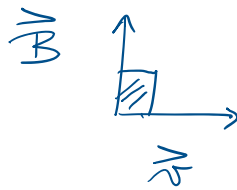
Altro esempio  $q, v, B$  uguali in modulo e  
 piane ma:

$\otimes \vec{B}$  entrante nel piano



$$F_c = ?$$

Quale è l'angolo tra  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ ?  $\theta \neq 30^\circ$



anche in questo caso  
 $\theta = 90^\circ$

$$F_c = qvB = 1,92 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

Direz. e verso:

