

## FENOMENI ELETTRICI CITOLOGICI: LA MEMBRANA CELLULARE

Prof.ssa S. Costanzo-2/11/2023-Sbobinatori:M.Di Michele -revisionatori: L.Calisto e A. Rogato

---

### MORFOLOGIA E FUNZIONAMENTO DELLA MEMBRANA CELLULARE

La **membrana cellulare** è una struttura che presenta uno spessore particolarmente piccolo (circa 5 nm) ed è costituita da un doppio strato fosfolipidico attraversato da diverse proteine. Il doppio strato fosfolipidico rende la cellula impermeabile all'acqua e ad altre sostanze idrosolubili che sono comunemente presenti nella cellula, come ioni e glucosio; tra le sostanze che invece sono in grado di permeare attraverso la membrana cellulare vi sono glucosio e anidride carbonica. Le proteine costituiscono dispositivi strutturali di attraversamento della membrana (pori) tramite i quali acqua e ioni possono diffondere, tra l'ambiente intracellulare e quello extracellulare.

I meccanismi attraverso cui le molecole possono attraversare la membrana cellulare si dividono in:

- **trasporto passivo**(o diffusione) è un passaggio di sostanze attraverso la membrana che avviene senza dispendio energetico, in quanto dipende da un gradiente di concentrazione o da un gradiente di potenziale
- **trasporto attivo** è un passaggio di sostanze attraverso la membrana che avviene mediante dispendio energetico, in quanto non dipende da un gradiente di concentrazione o da un gradiente di potenziale.

Sia all'interno che all'esterno della cellula vi sono degli ioni (sodio,potassio,calcio,cloro...), in concentrazione variabile, che contribuiscono a creare una densità di corrente elettrica.

#### *Attività elettrica della cellula*

È determinata dalla corrente che fluisce dall'interno all'esterno della cellula e viceversa. Tale corrente non è costituita da elettroni, ma da molecole cariche, quale il calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Tali ioni sono presenti in concentrazione variabile nel liquido interstiziale e all'interno della cellula, contribuendo a creare una densità di corrente elettrica, associata al flusso di ioni a cavallo della membrana, e determinata da due distinti meccanismi passivi di diffusione:

- **diffusione libera**, determinata dal gradiente di concentrazione;
- **diffusione ionica**, determinata dal movimento di particelle cariche (es. ioni) in un campo elettrico.

La diffusione libera è la tendenza di particelle/ioni a ridistribuirsi al fine di compensare le differenze locali di concentrazione.

La diffusione ionica è il movimento di ioni sotto l'effetto del campo elettrico (forza di Coulomb) con una velocità di spostamento che dipende dalla viscosità del solvente e dalla dimensione dello ione e dalla sua carica.

Il flusso totale è dato dalla somma dei due contributi:

- **$J_e$**  che è legata al campo elettrico
- **$J_d$**  che è legata al processo di diffusione.

$$\underline{J} = \underline{J}_e + \underline{J}_d$$

## PROPRIETÀ ELETTRICHE DELLA MEMBRANA CELLULARE

La differenza di concentrazione di ioni a cavallo della membrana cellulare determinano una differenza di potenziale a riposo, detta POTENZIALE TRANSMEMBRANA, indicata con  $V_m$ , dell'ordine di 100 mV. Definita come differenza tra il potenziale all'interno e quello all'esterno della cellula:

$$V_m = V_i - V_e$$

Esso risulta positivo se  $V_i > V_e$ .

Poiché la membrana non è un isolante perfetto, essa possiede una certa resistenza, pertanto, essa possiede una certa carica di potenziale  $V_m$ , attraverso la membrana passerà una certa corrente  $I_m$ . Quest'ultima sarà positiva se diretta verso l'esterno, negativa viceversa. Tale concetto riprende la prima legge di Ohm, in cui:

$$I_m = \frac{V_m}{R}$$

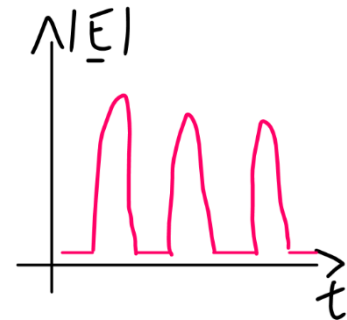
La membrana delle cellule hanno periodi di riposo alternati a fasi attive, durante le quali il potenziale  $V_m$  cambia polarità, da carica -80/-100 mV a carica +40/+60 mV. Tale variazione, seppur di piccola entità, si produce a cavallo del minuscolo spessore di membrana, ed è quindi in grado di generare un campo elettrico significativo (molto elevato) dell'ordine di V/m.

### *Regressione sul potenziale elettrico*

Il potenziale elettrico è un concetto di natura differenziale e ciò significa che non è possibile definire il potenziale in un punto senza definirlo anche in un altro punto. Presi due punti (1 e 2) si osserva che, il potenziale generato da 2 a 1 equivale a:

$$V_{21} = V_2 - V_1 = \int_1^2 -E \cdot dl$$

Essendo lo spessore della membrana cellulare nell'ordine dei nanometri, è possibile considerare in essa il campo elettrico costante. Dunque, per calcolare il potenziale elettrico nel caso della membrana cellulare, è possibile evitare di usare l'integrale e compiere direttamente il prodotto scalare tra: l'intensità del campo elettrico  $E$  e lo spessore della membrana cellulare  $dl$ . Se la membrana cellulare non è a riposo, la differenza di potenziale non può mai essere uguale a zero, in quanto sia il campo elettrico che lo spessore sono diversi da zero.



### ESERCIZIO 1

Calcolare il campo elettrico di membrana avente i seguenti dati

$$V_m = -90 \text{ mV} = -9 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

$$d = 10 \text{ nm} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 10^{-8} \text{ m}$$

$$V_m = E \cdot d \quad E = \frac{V_m}{d} = \frac{9 \cdot 10^{-2}}{10^{-8}} = 9 \cdot 10^6 \text{ V}$$

### ESERCIZIO SU MATLAB

```
d=input('d[m]=');  
Vm=input('V[V]=');  
E=Vm/d
```

```
d[m]=10^-8  
V[V]=0.1  
E = 1.0000e+07  
>> |
```

### ESERCIZIO 2 SU MATLAB

```
>> Problema  
L[m]=100  
A[m^2]=0.03  
sigma[S]=2*10^7  
V[V]=2  
>> R  
R = 1.6667e-04  
>> I  
I = 12000  
>> |
```

Assegnato un cilindro conduttore di lunghezza L e di sezione A, calcolare: la differenza di potenziale, resistenza e corrente. Parametri in input: L, A,  $\sigma$ .

Qui a sinistra sono riportati i dati del problema.

I comandi sono riportati qui di seguito:

```
Finestra dei comandi  
>> L=input('L[m]=');  
L[m]=100  
>> A=input('A[m^2]=');  
A[m^2]=0.03  
>> sigma=input('sigma[S]=');  
sigma[S]=2*10^7  
>> V=input('V[V]=');  
V[V]=2  
>> R=L/(sigma*A);  
>> I=V/R;  
>> |
```

Spazio di lavoro

Nome	Classe	Dimensione	Valore	Attri
A	double	1x1	0.030000	
I	double	1x1	12000	
L	double	1x1	100	
R	double	1x1	1.6667e-04	
V	double	1x1	2	
ans	double	1x1	2	
sigma	double	1x1	2.0000e+07	