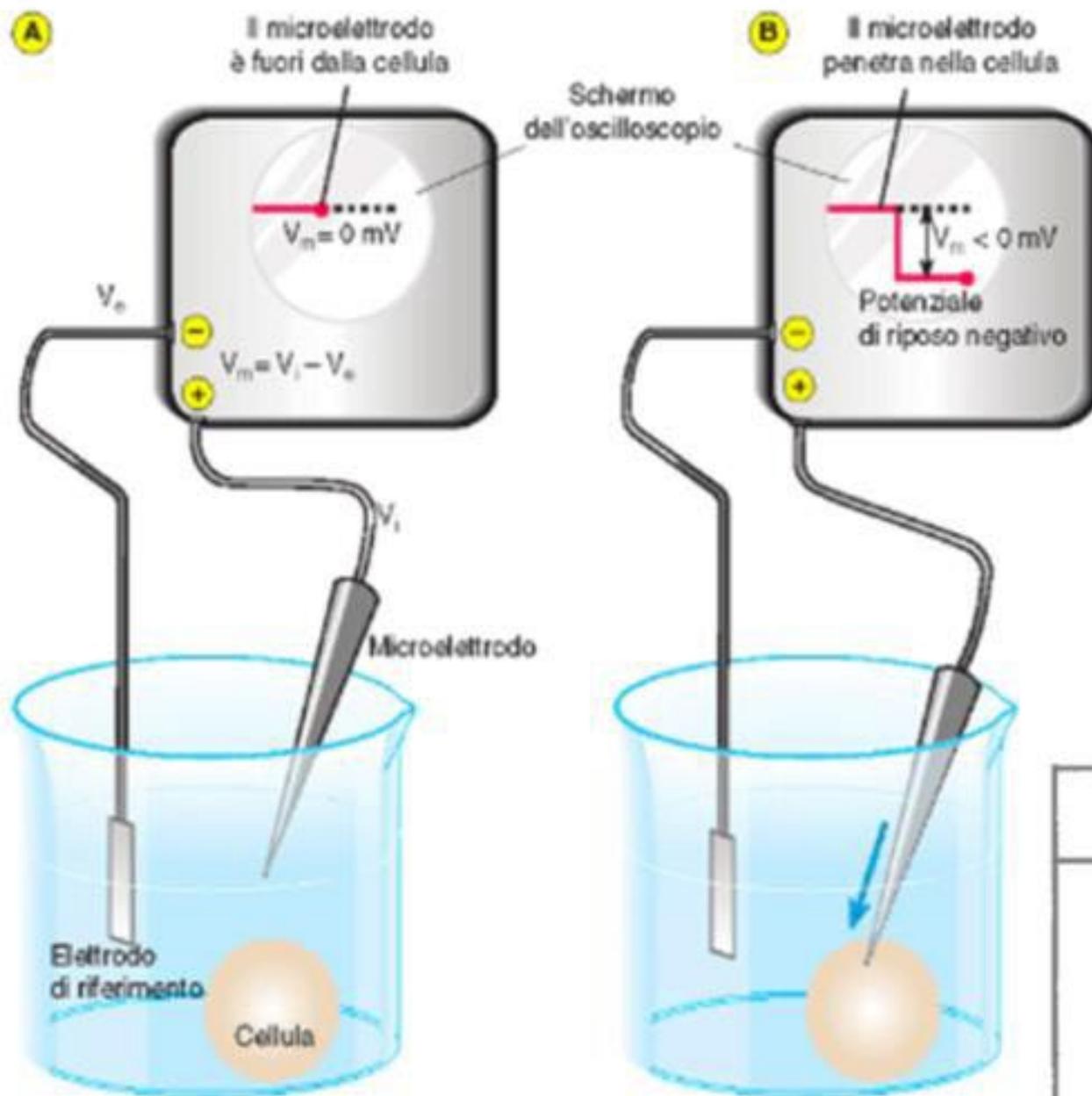


# POTENZIALE DI MEMBRANA

# POTENZIALE DI RIPOSO



**Tutte le cellule (non solo le cellule eccitabili) hanno un potenziale di riposo (resting): una carica elettrica attraverso la membrana plasmatica, con l'interno della cellula negativo rispetto all'esterno. Il valore del potenziale di riposo varia, ma nelle cellule eccitabili si aggira tra -90 e -70 mV.**

Cellula	Pot. di membrana
Assone gigante	- 70 mV
Fibra muscolare	- 90 mV
Globulo rosso	- 10 mV
Neurone di gatto	- 80 mV
Uovo di riccio	- 40 mV

# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

a) Ineguale distribuzione delle specie ioniche tra il liquido extracellulare e quello intracellulare:

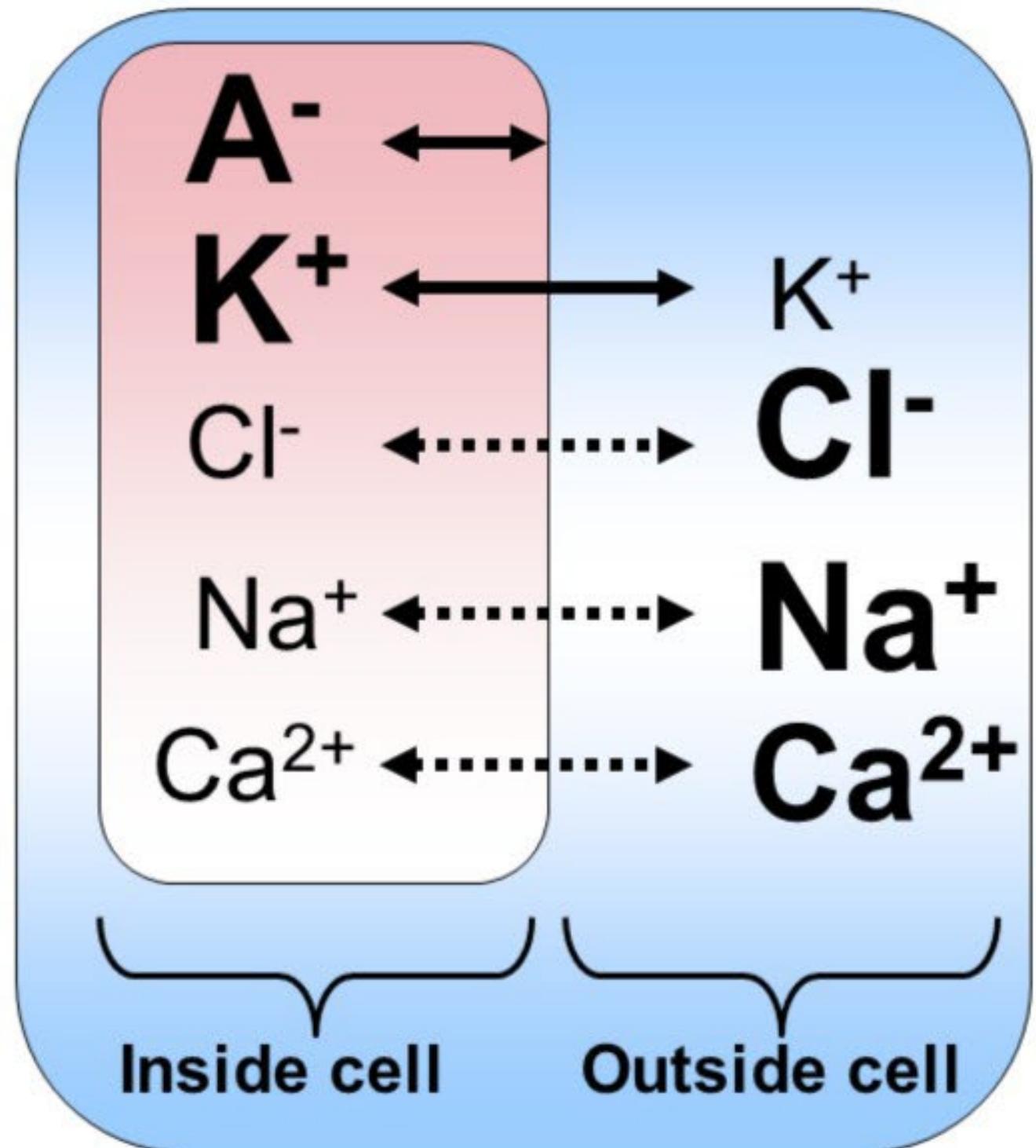
	INTRA (mM)	EXTRA (mM)
<b>CATIONI</b>		
Na <sup>+</sup>	12	145
K <sup>+</sup>	140	4
Ca <sup>2+</sup>	10 <sup>-7</sup> (M)	10 <sup>-3</sup> (M)
<b>ANIONI</b>		
Cl <sup>-</sup>	4	117
A <sup>-</sup>	146	1

## ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

a) Differente permeabilità della membrana ai diversi tipi di ioni:

Allo stato di riposo, gli ioni potassio ( $K^+$ ) possono attraversare la membrana facilmente, mentre ioni cloro ( $Cl^-$ ), sodio ( $Na^+$ ) e calcio ( $Ca^{2+}$ ) presentano sono meno permeabili.

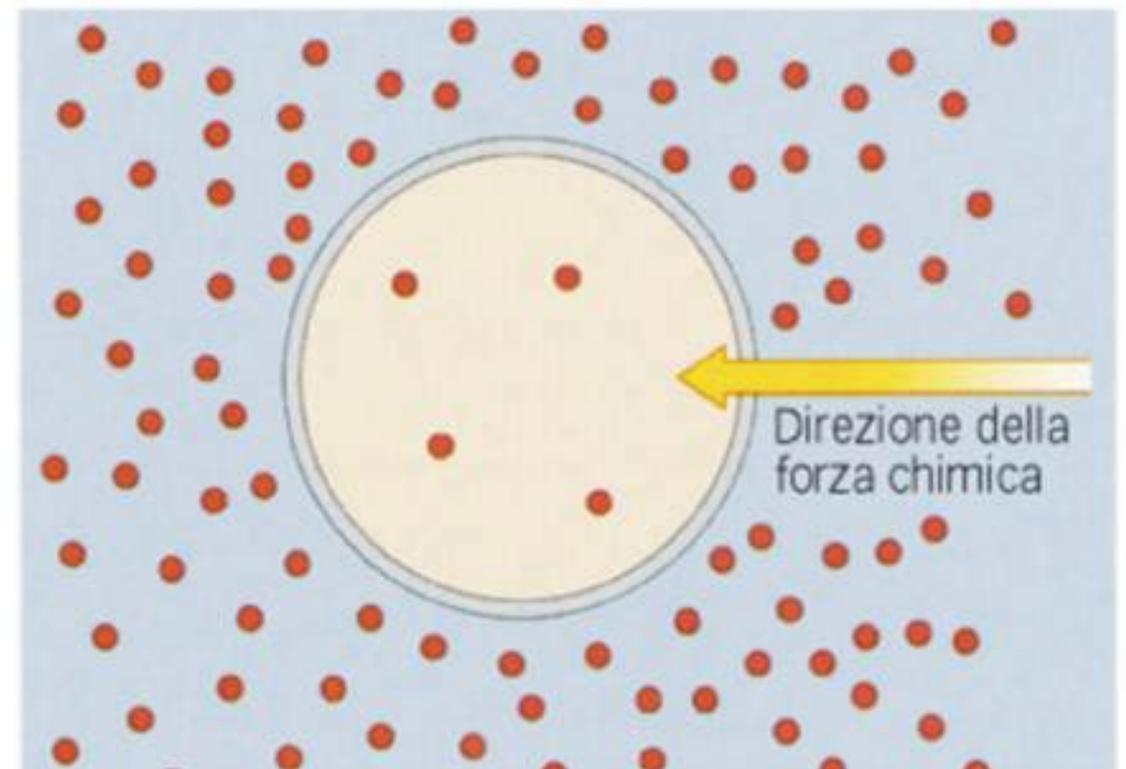
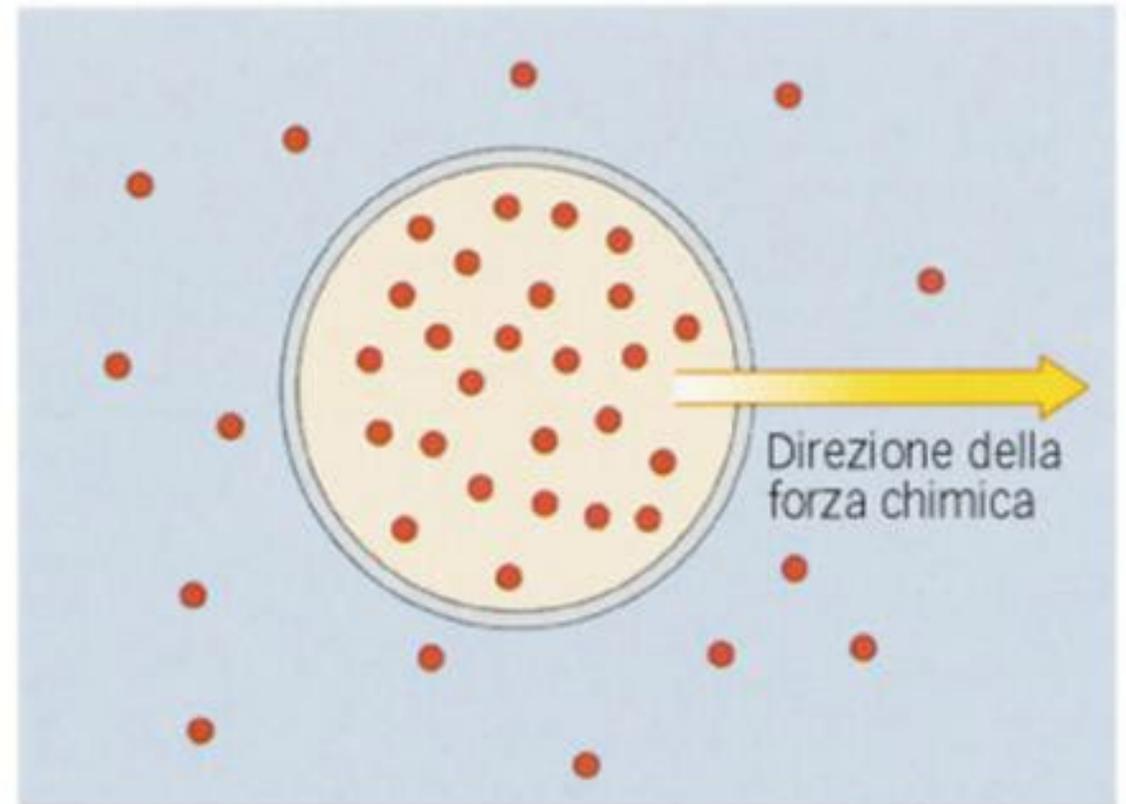
Le grosse molecole proteiche si comportano come ioni carichi negativamente ( $A^-$ ) e non attraversano la membrana



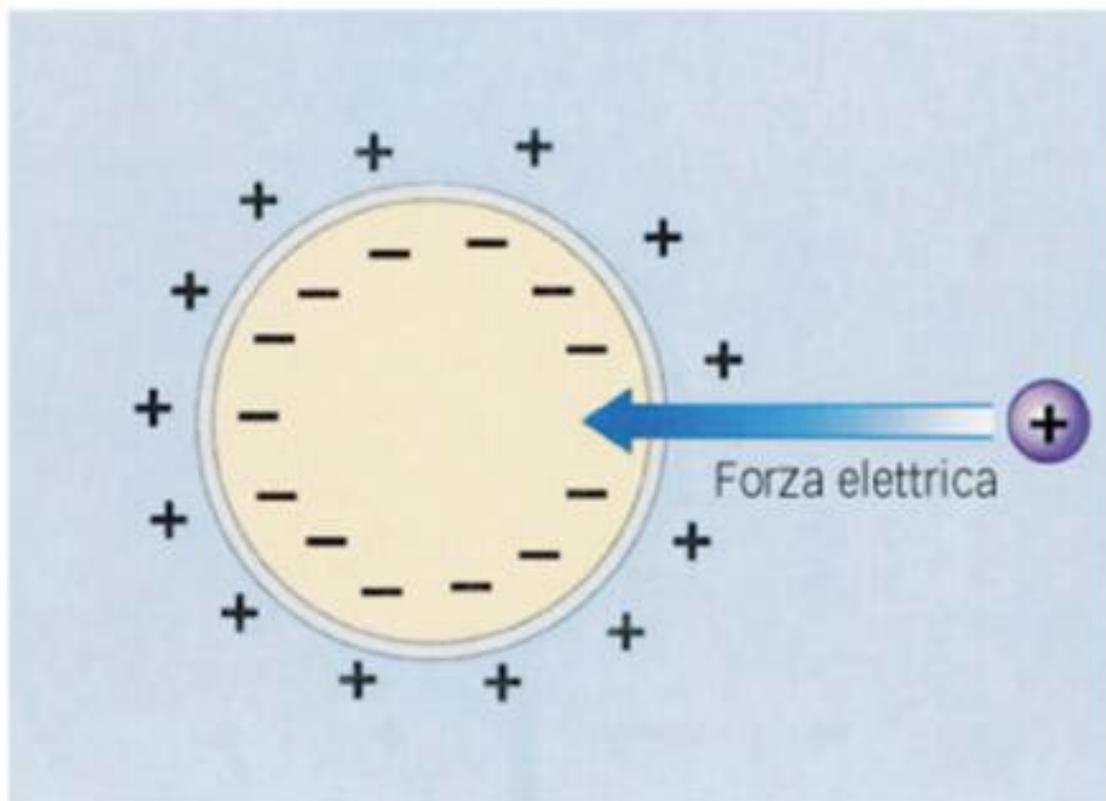
# FORZE AGENTI SUGLI IONI

## FORZA CHIMICA

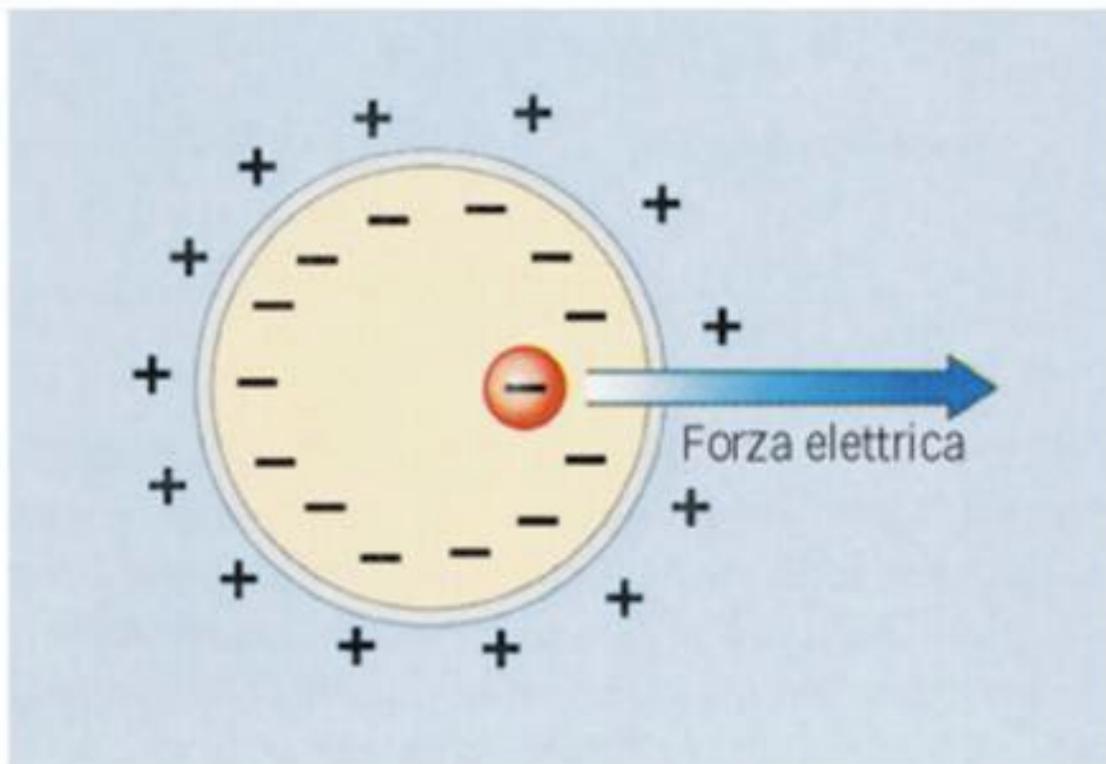
Generata dal gradiente  
di concentrazione



# FORZE AGENTI SUGLI IONI



**FORZA  
ELETTRICA**  
Generata dal gradiente  
elettrico



# FORZE AGENTI SUGLI IONI

## FORZA CHIMICA

Generata dal gradiente  
di concentrazione

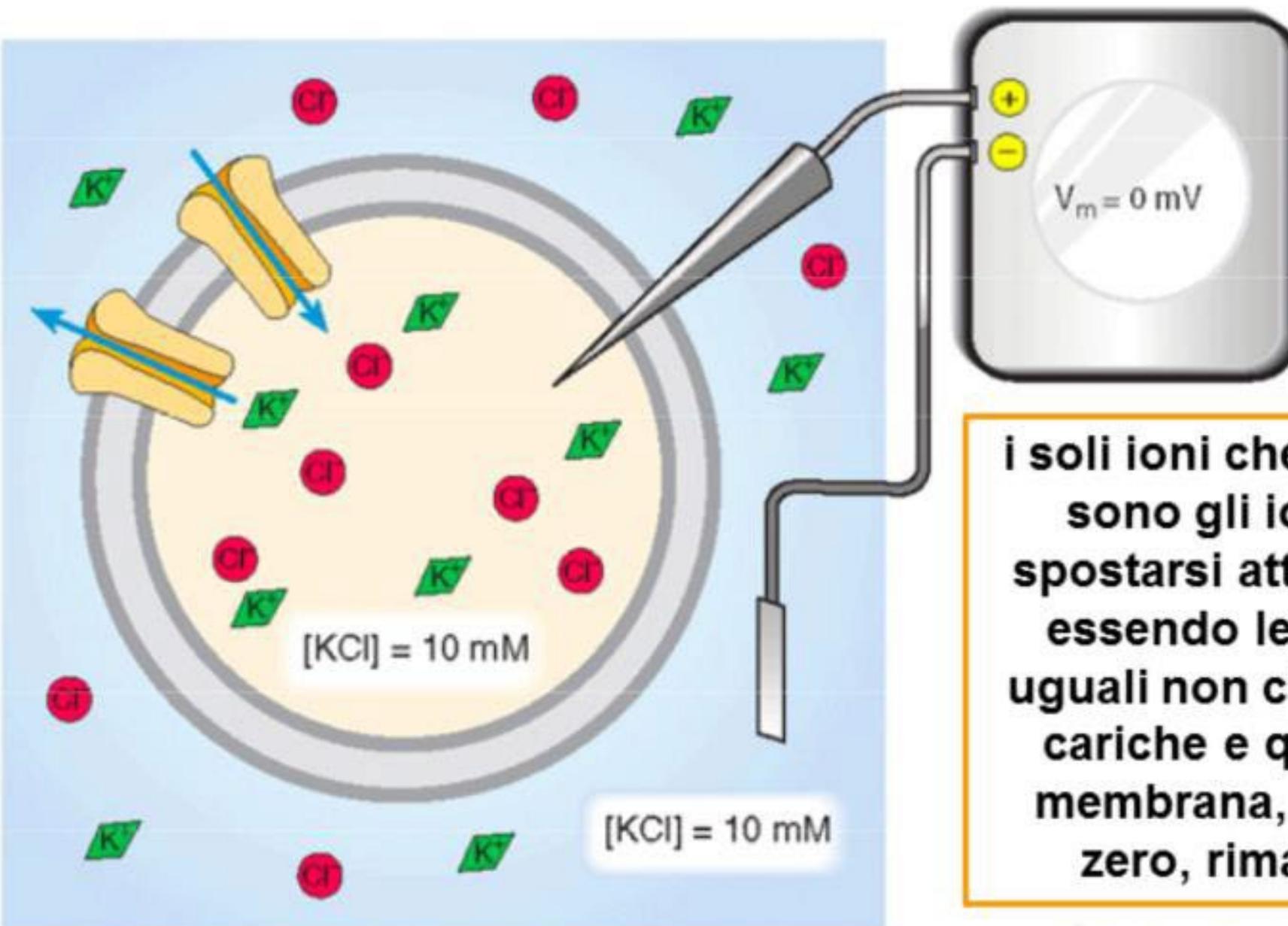
## FORZA ELETTRICA

Generata dal gradiente  
elettrico

La concomitanza di queste due forze  
(**POTENZIALE ELETTROCHIMICO**, e)  
spinge il flusso ionico all'interno o  
all'esterno della cellula

# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

Cosa accade quando la membrana è permeabile solo ad uno ione?



i soli ioni che possono equilibrarsi sono gli ioni  $K^+$  che possono spostarsi attraverso la cellula, ma essendo le due concentrazioni uguali non c'è movimento netto di cariche e quindi il potenziale di membrana, che era inizialmente zero, rimane tale nel tempo.

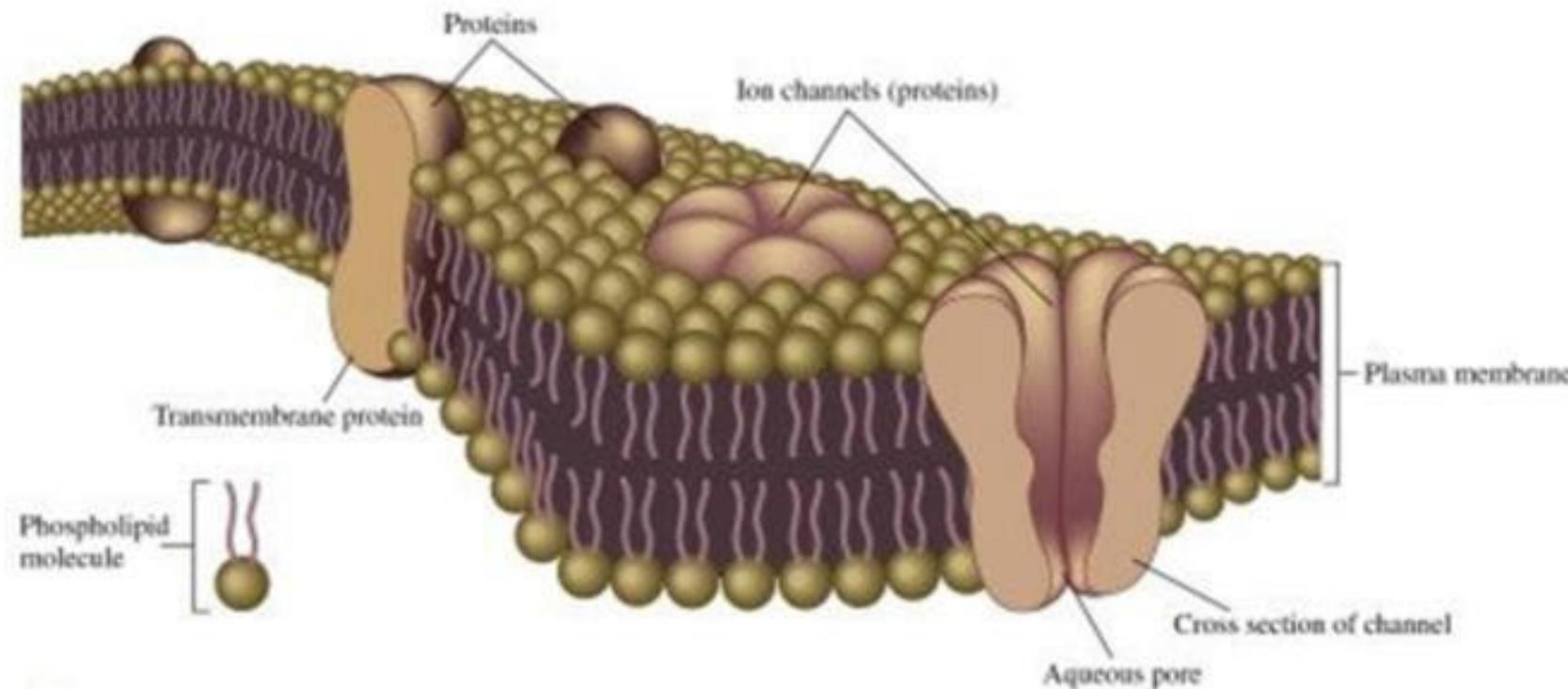
**Principio della elettroneutralità delle soluzioni:** nei compartimenti biologici la concentrazione globale dei cationi deve essere uguale a quella degli anioni

Costituenti strutturali della membrana danno origine a alle proprietà elettriche:

Capacità: determinata dall'impermeabilità agli ioni del doppio strato lipidico, che consente di separate le cariche elettriche;

Conduttanza: determinata dai canali ionici provvedono ad un passaggio attraverso cui gli ioni inorganici trasportano cariche attraverso la membrana.

## Proprietà elettriche delle membrane



**b** NEUROBIOLOGY  
Gary G. Matthews  
Blackwell  
Science

### Capacità della membrana

Le membrane cellulari molto sottili (<100 Å) possono violare, a livello microscopico, il principio di elettroneutralità delle soluzioni e separare cariche elettriche negative da un lato e positive dall'altro lato della membrana che verranno ad interagire tra loro a causa del ridotto spessore della membrana

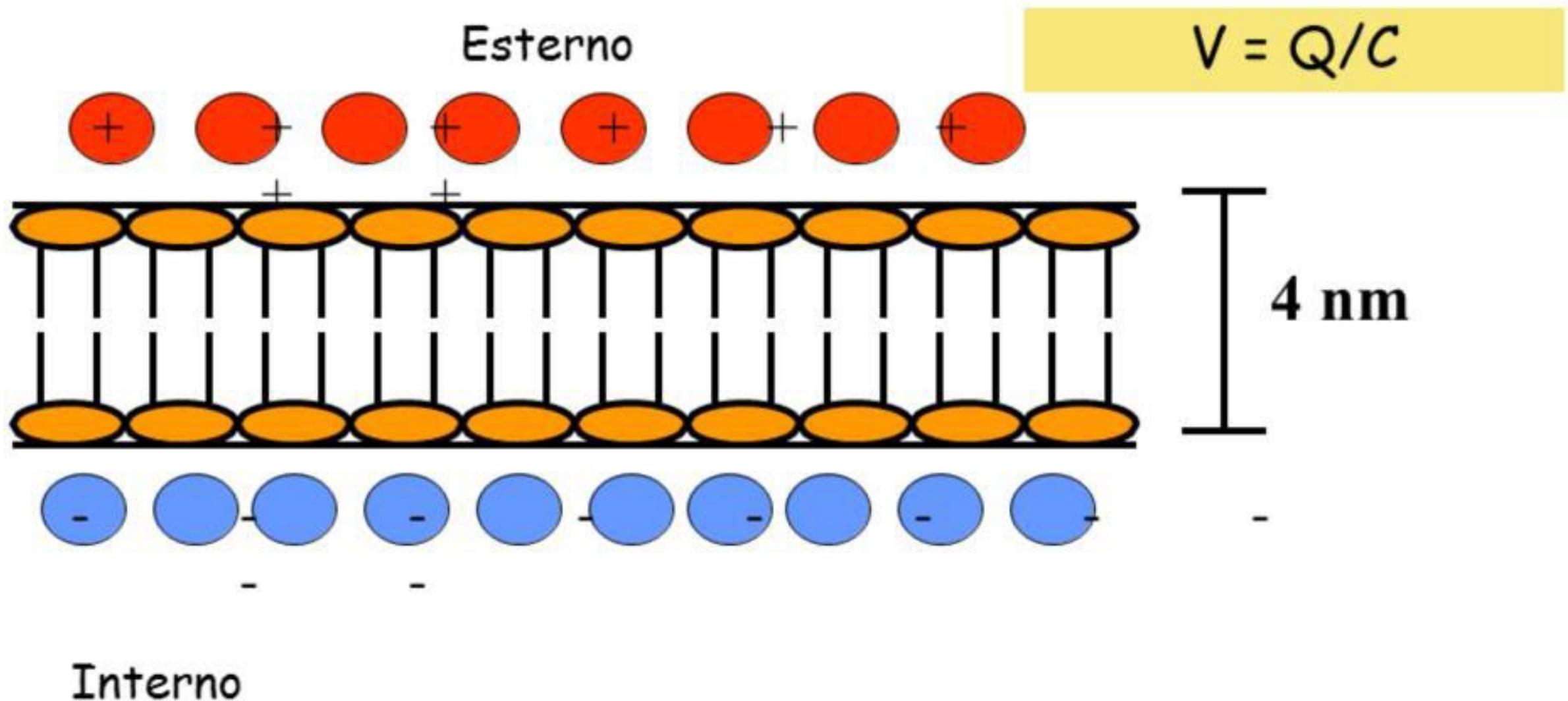
La capacità della membrana, circa  $1-3 \mu\text{Farad}/\text{cm}^2$  nelle membrane biologiche

- 1) aumenta in proporzione alla costante dielettrica (in media = 3);
- 2) diminuisce in relazione allo spessore della membrana.

# Capacità elettrica di membrana

Il doppio strato lipidico della membrana rappresenta un isolante che separa due conduttori: liquido extra ed intracellulare. Tra due conduttori separati da un isolante, si determina una capacità elettrica (condensatore).

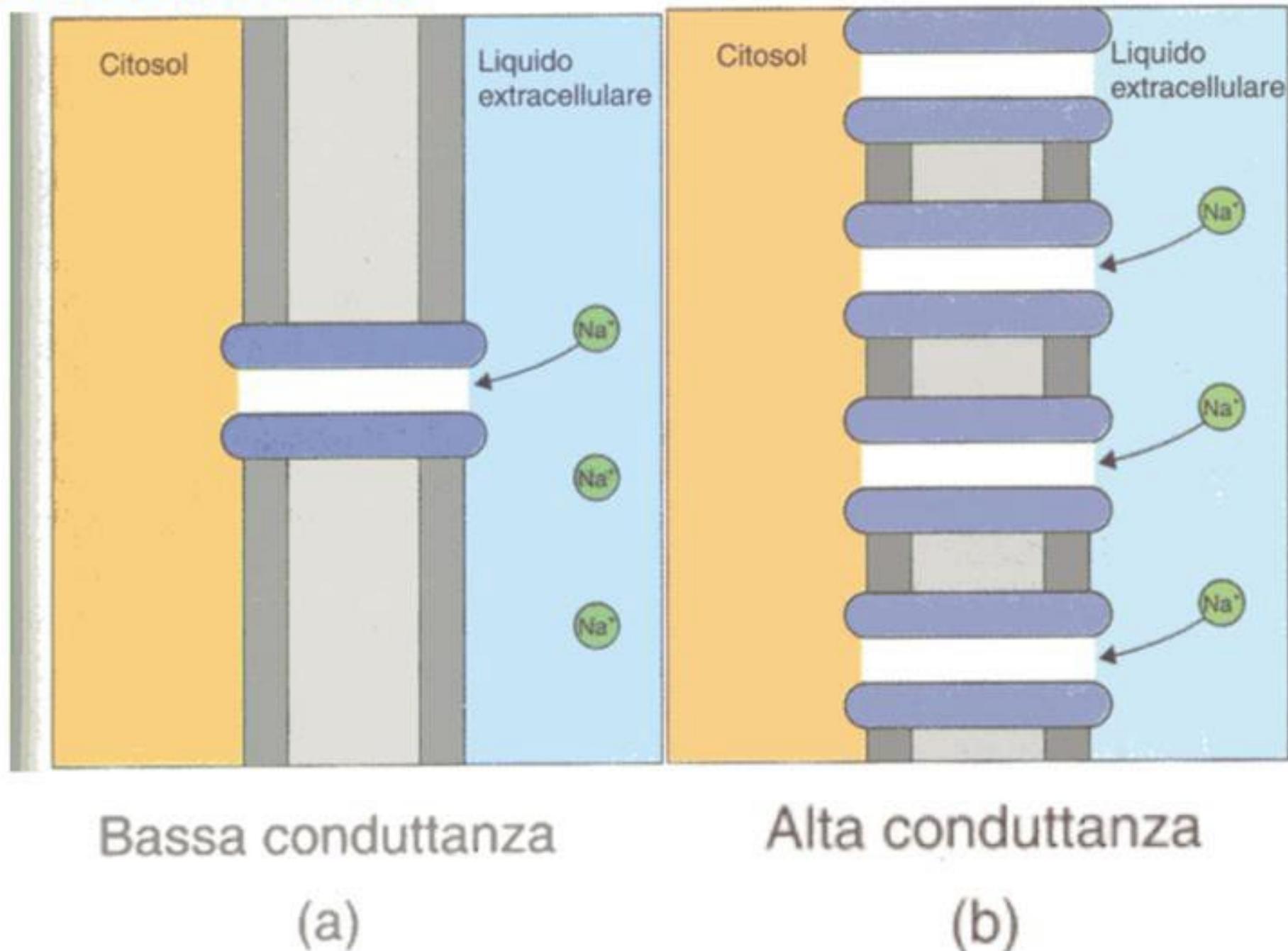
L'entità della capacità di membrana ( $C$ ) è legata alla possibilità di accumulare una certa carica ( $Q$ ) sulle sue superfici. Il voltaggio esistente ai capi di un condensatore è proporzionale a  $Q$ .



# Conduttanza della membrana

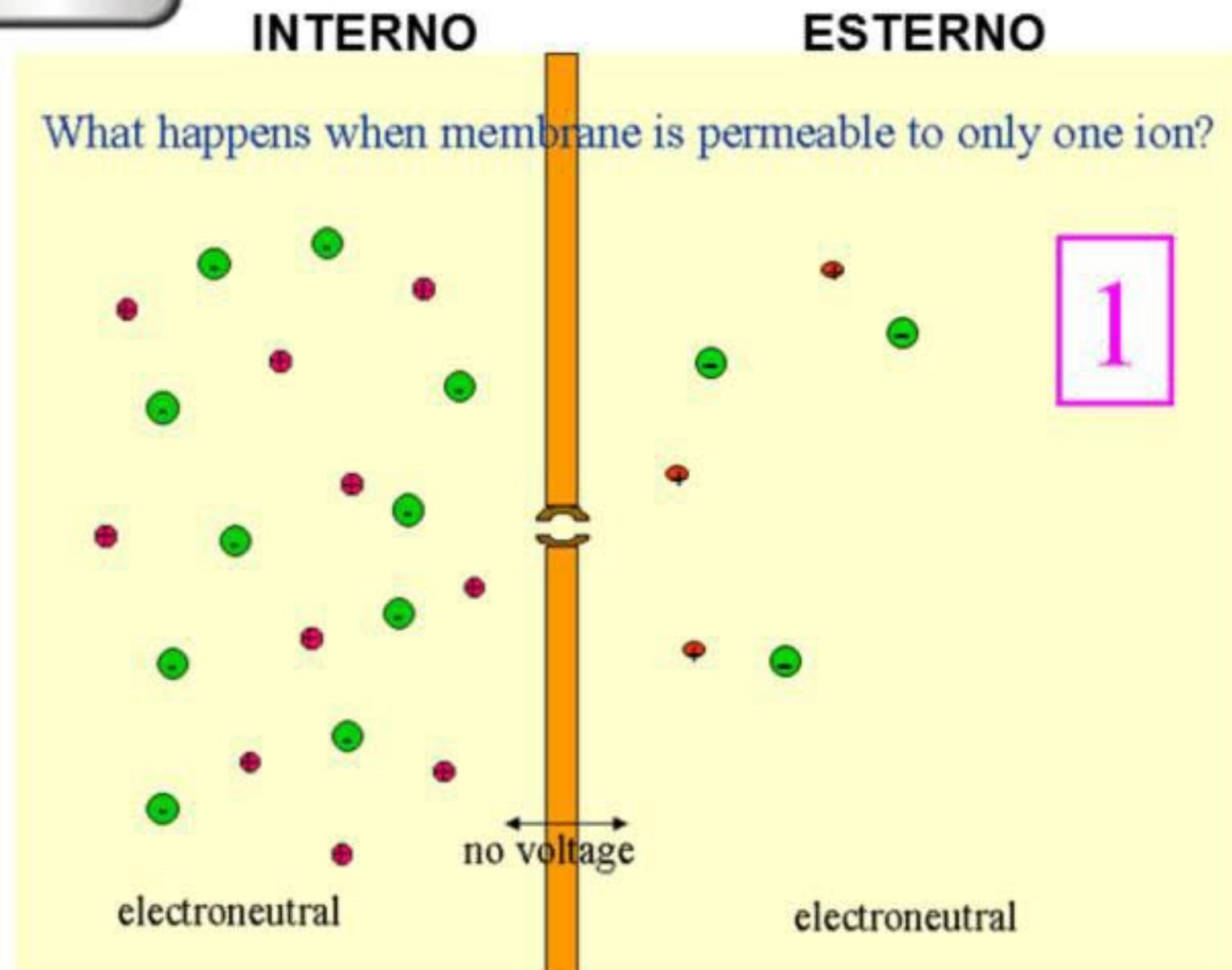
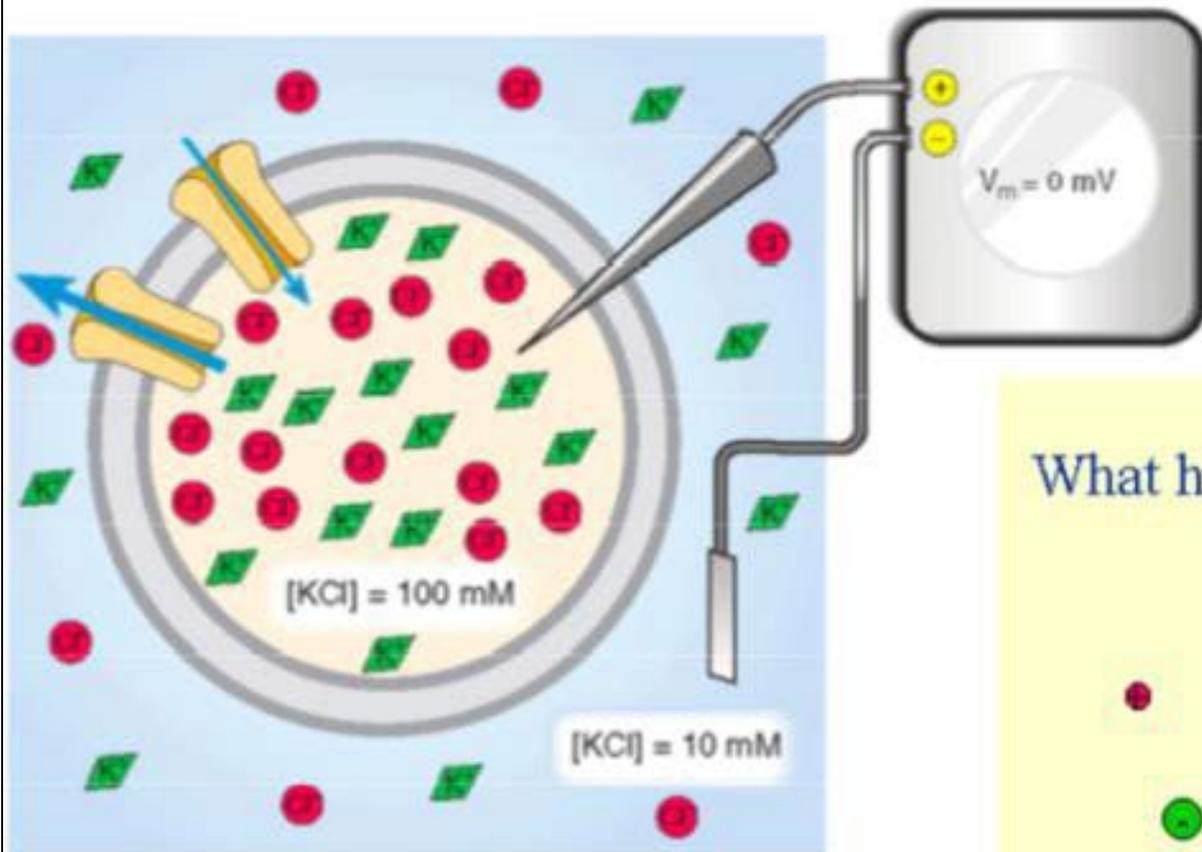
Figura 7-11

La conduttanza della membrana per ciascuna specie ionica dipende dal numero di canali specifici presenti sulla membrana.



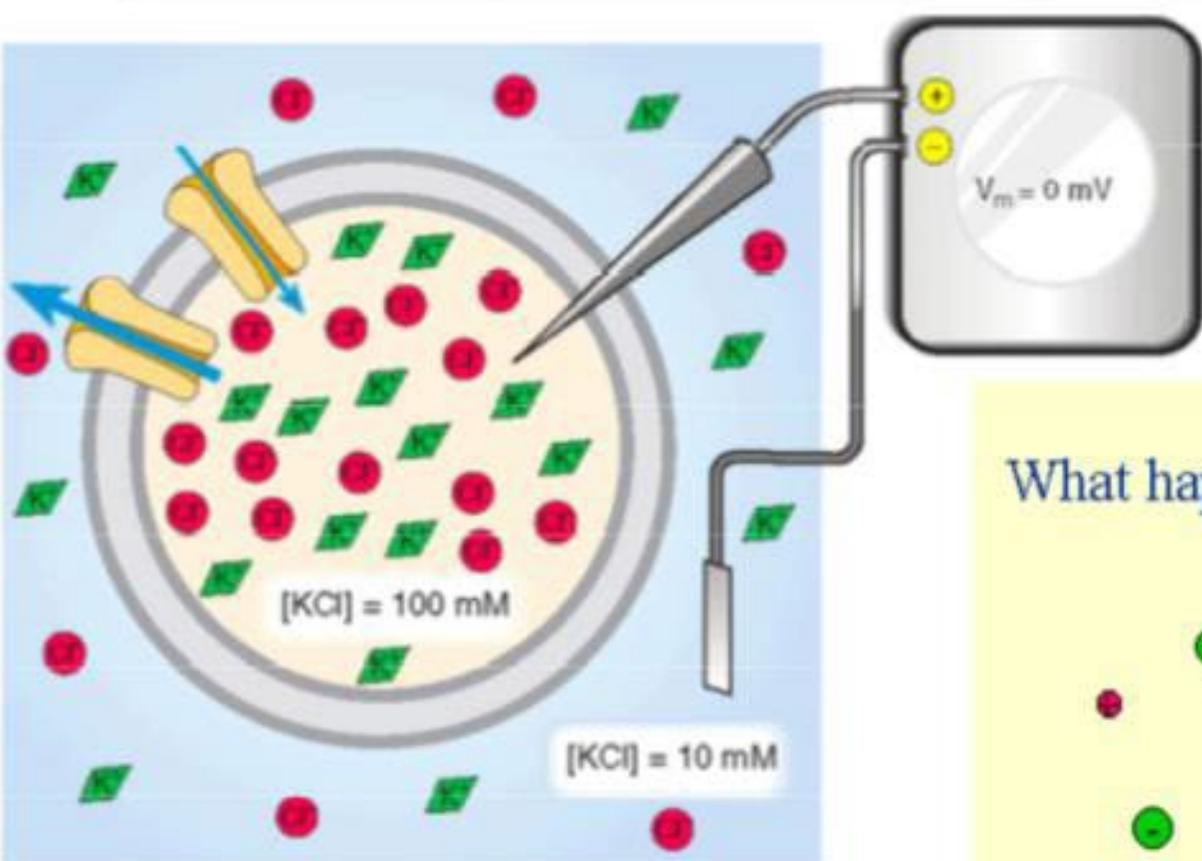
# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

Cosa accade quando la membrana è permeabile solo ad uno ione?

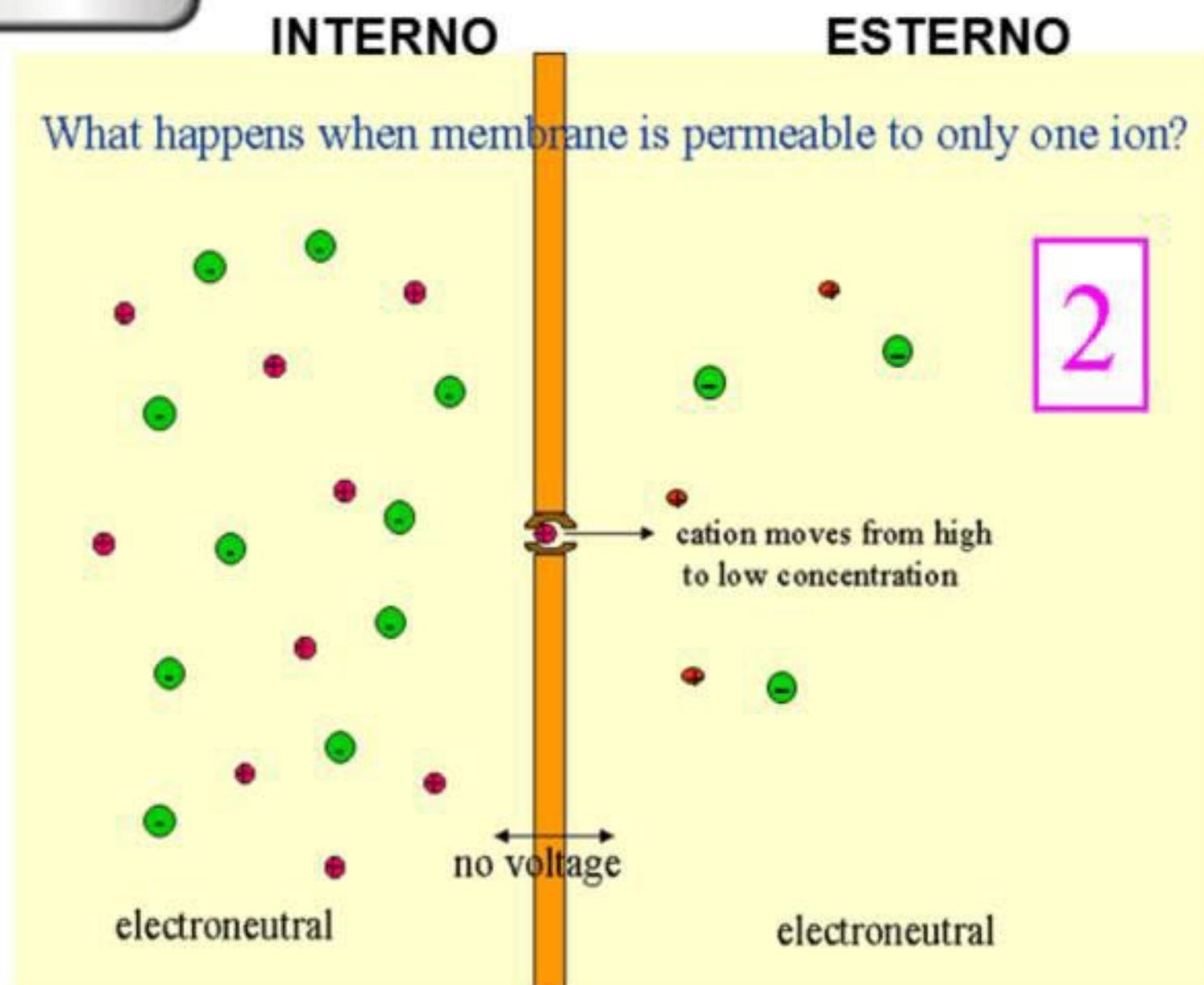


# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

Cosa accade quando la membrana è permeabile solo ad uno ione?

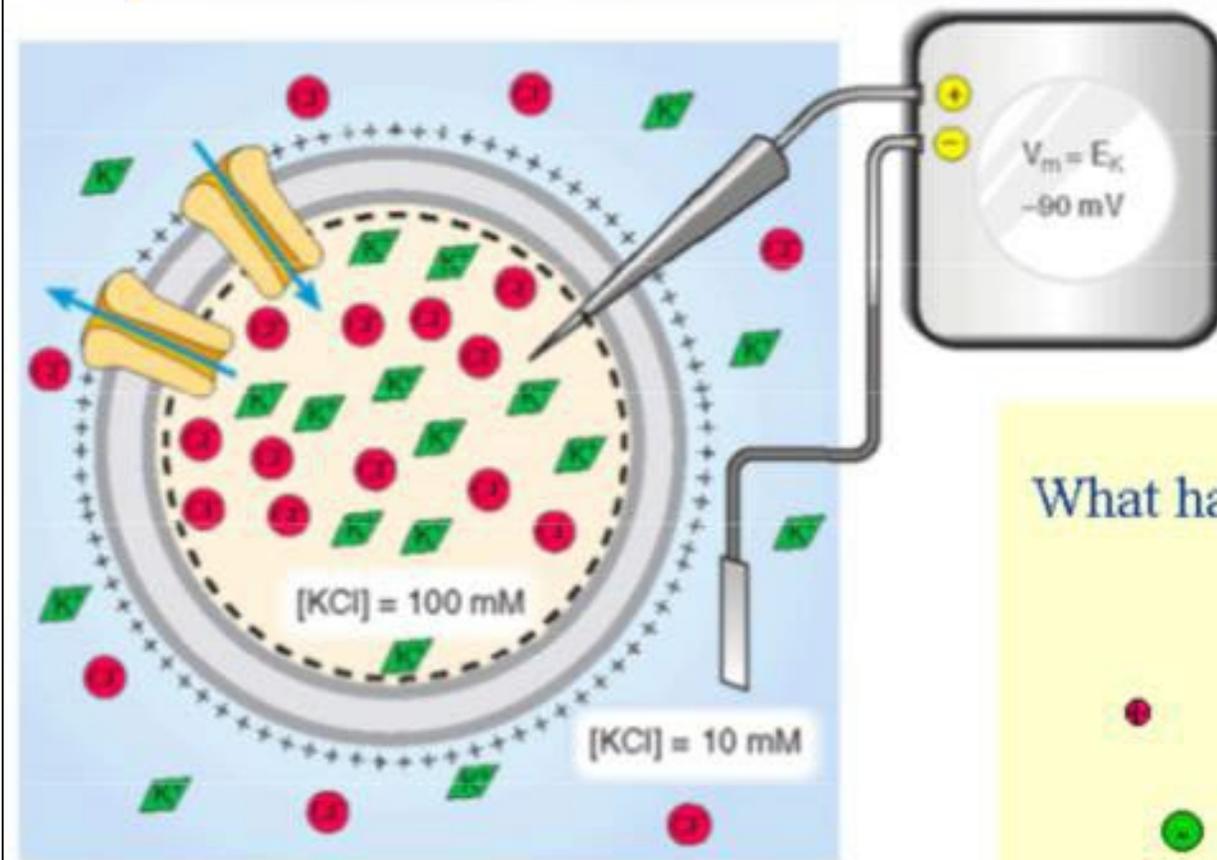


gli ioni  $\text{K}^+$  intracellulari diffondono verso l'esterno attraverso i canali aperti con una probabilità 10 volte maggiore a quella degli ioni  $\text{K}^+$  extracellulari che diffondono verso l'interno della cellula



# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

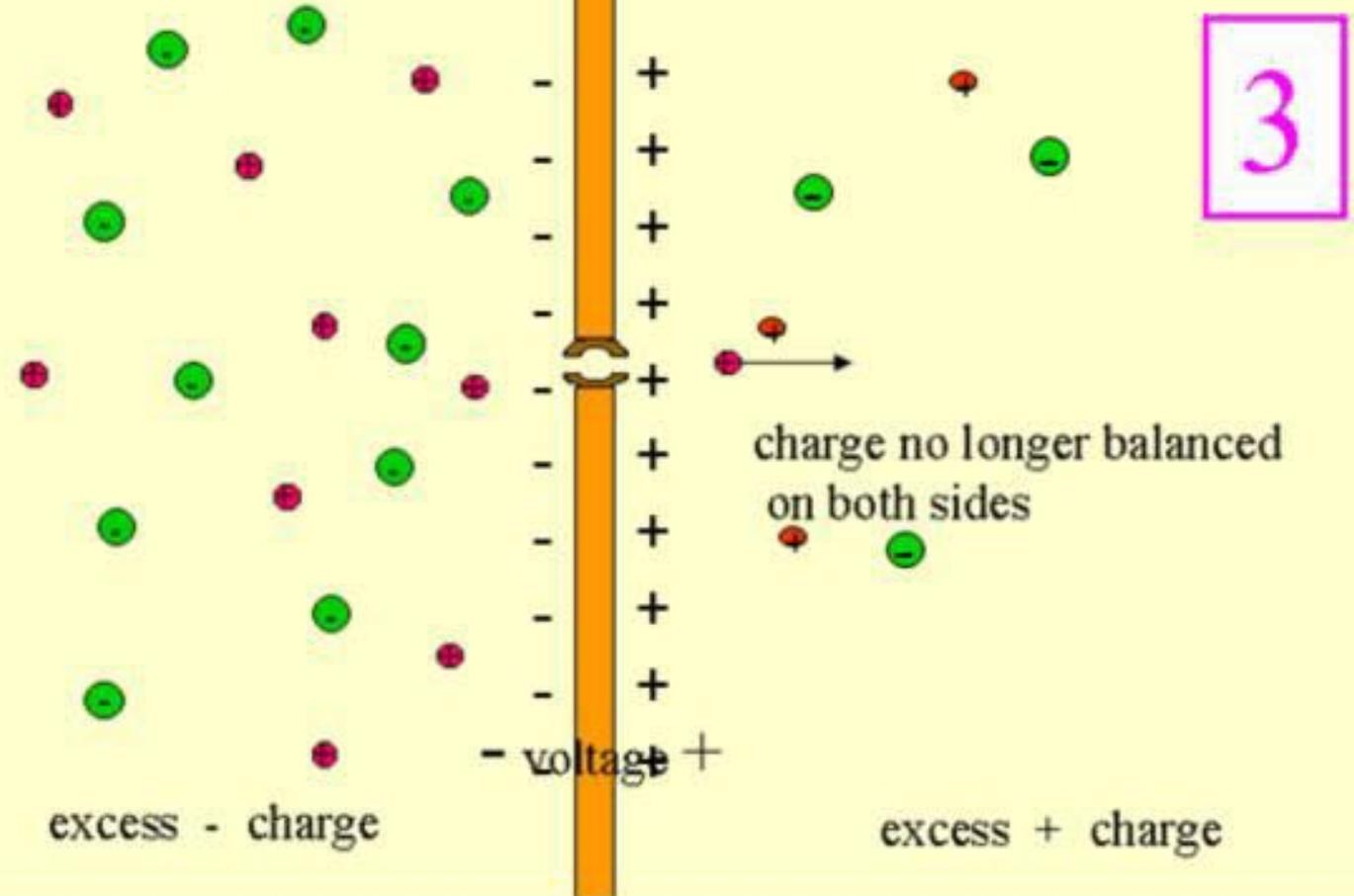
Cosa accade quando la membrana è permeabile solo ad uno ione?



INTERNO

ESTERNO

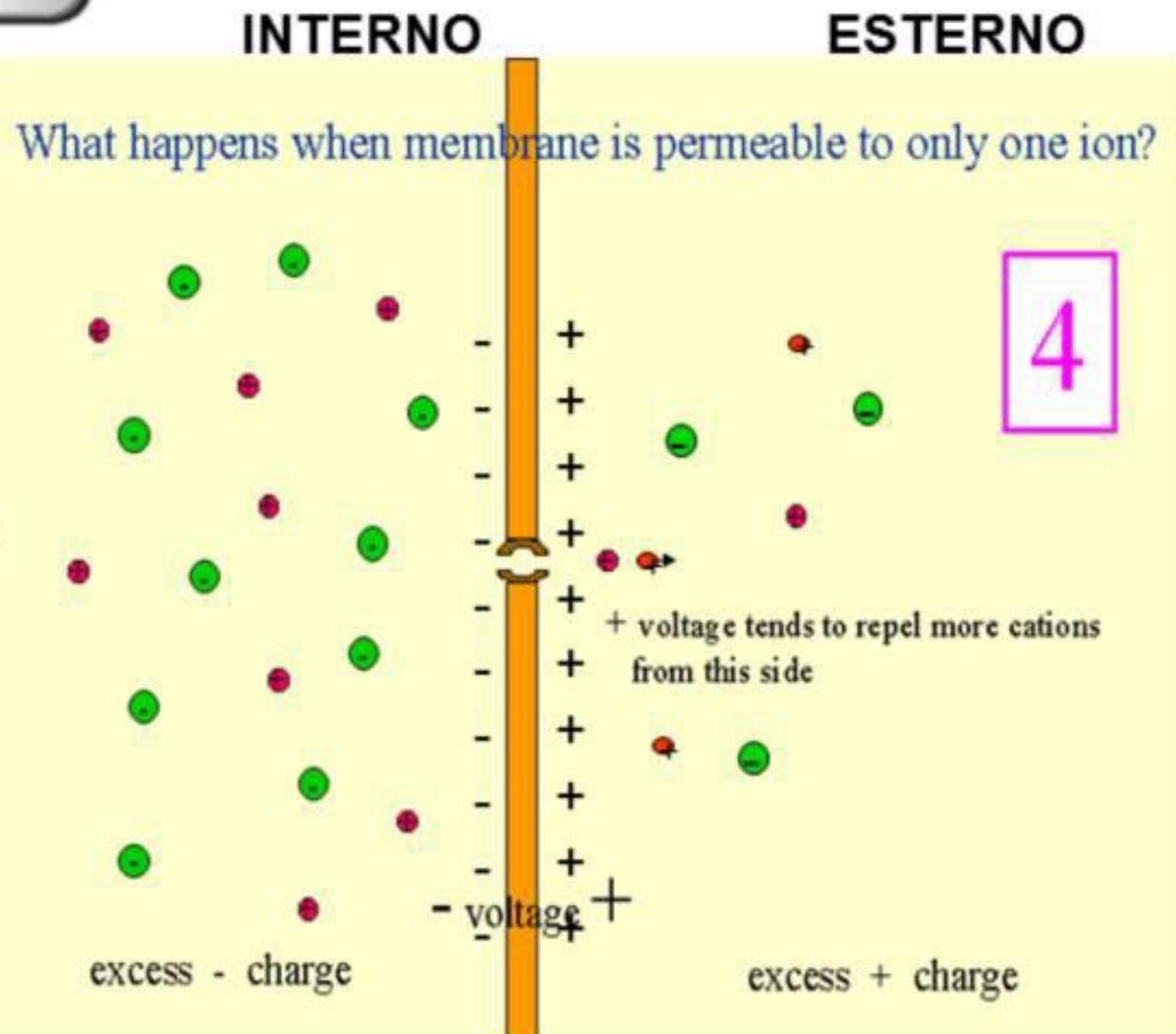
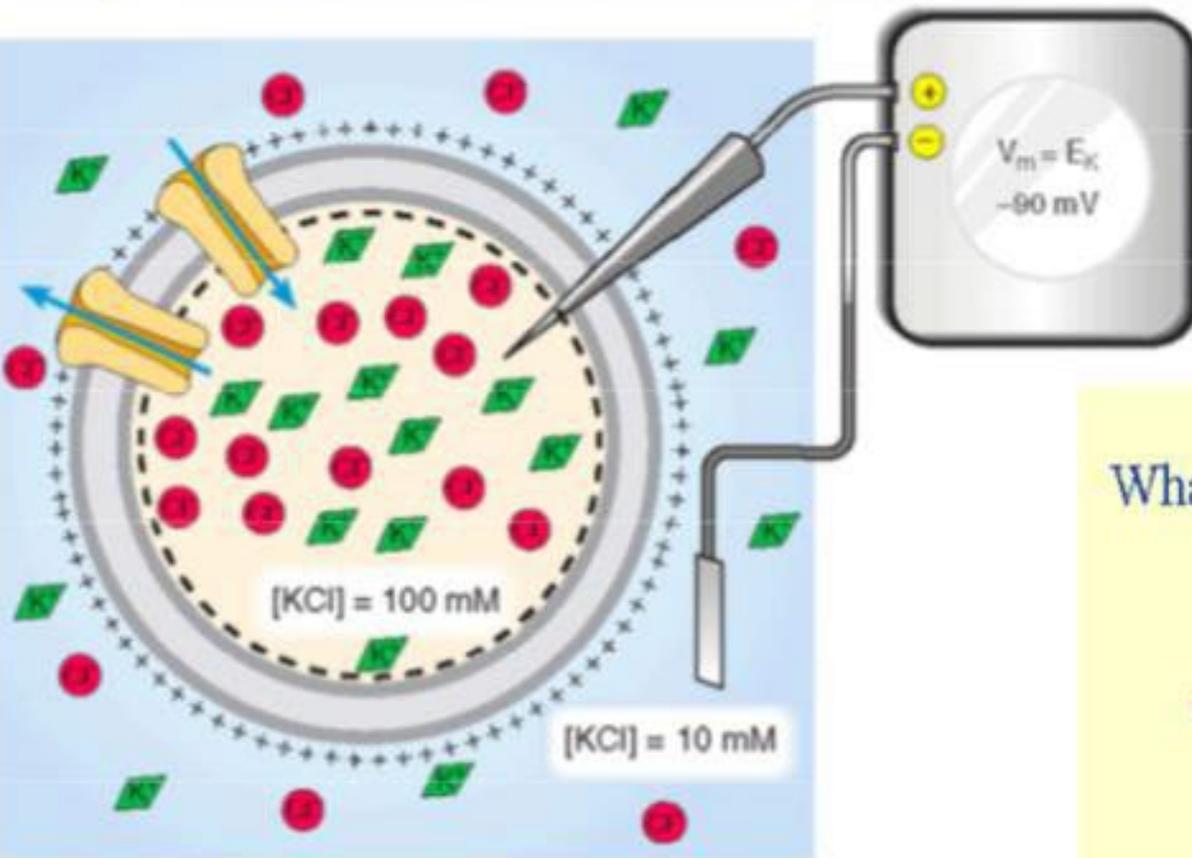
What happens when membrane is permeable to only one ion?



si genera una ddp elettrico tra i due compartimenti, inizialmente equipotenziali, con polarità positiva nel compartimento (extracellulare) e negativa nel compartimento (intracellulare).

# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

Cosa accade quando la membrana è permeabile solo ad uno ione?

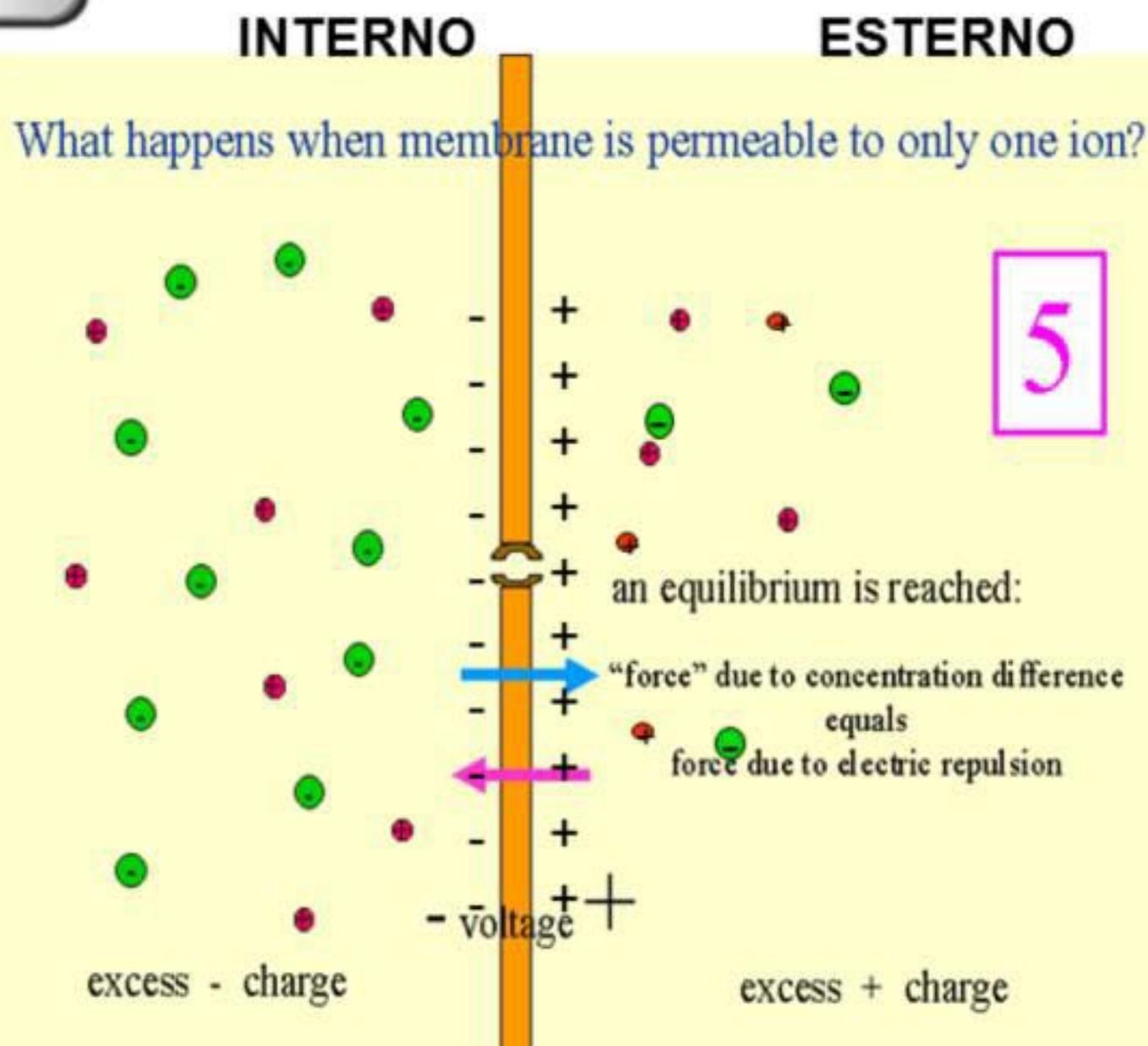
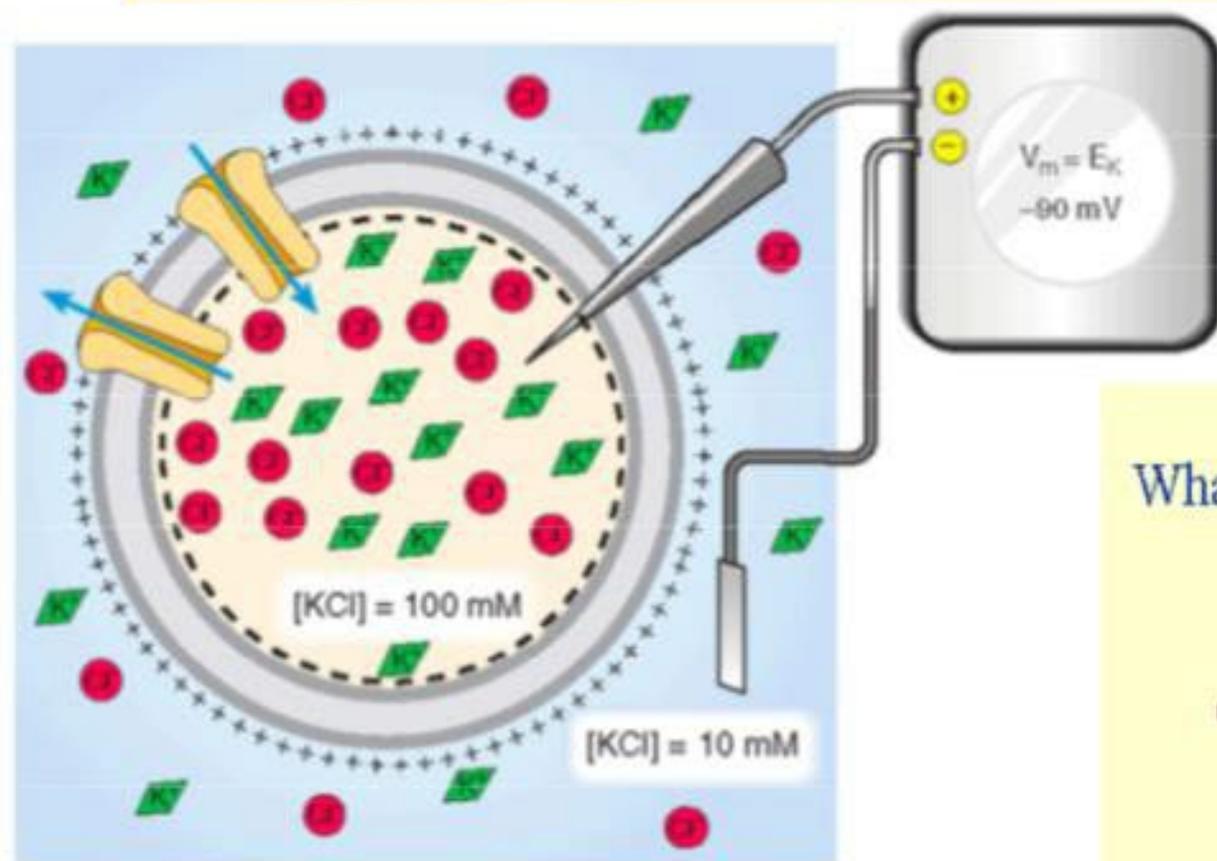


Da questo momento in poi anche le forze elettriche cominciano ad avere un'azione importante sugli ioni.

Infatti, la differenza di potenziale che si crea a cavallo della membrana contrasta il movimento di ioni  $\text{K}^+$  verso l'esterno

# ORIGINE DEL POTENZIALE DI RIPOSO

Cosa accade quando la membrana è permeabile solo ad uno ione?

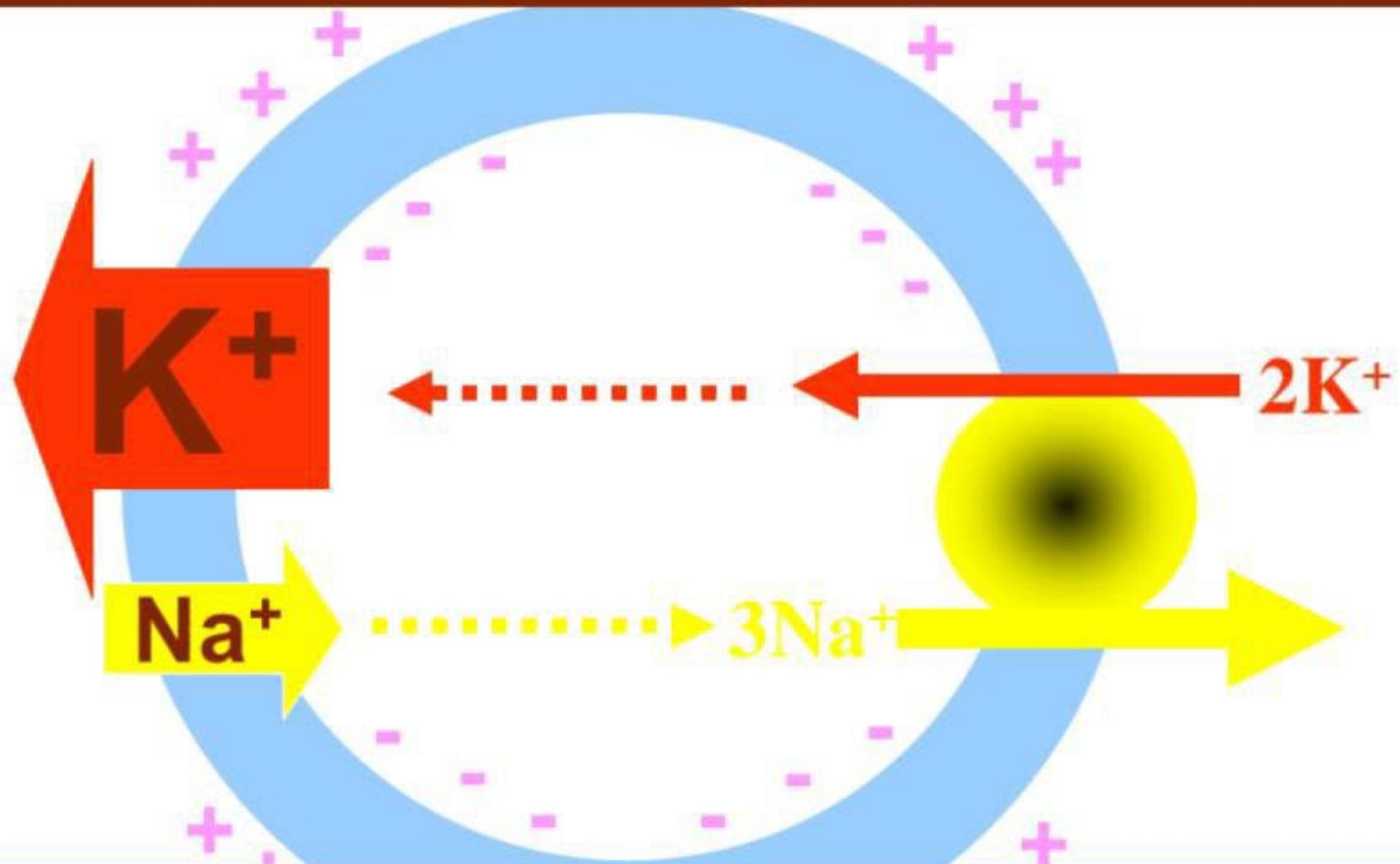


In queste condizioni si dice che lo ione  $K^+$  ha raggiunto il suo **equilibrio elettrochimico** e la differenza di potenziale che si genera è chiamata **potenziale di equilibrio del  $K^+$**

Come mai il Potenziale di membrana e le concentrazioni ioniche sono **COSTANTI** nel tempo ?

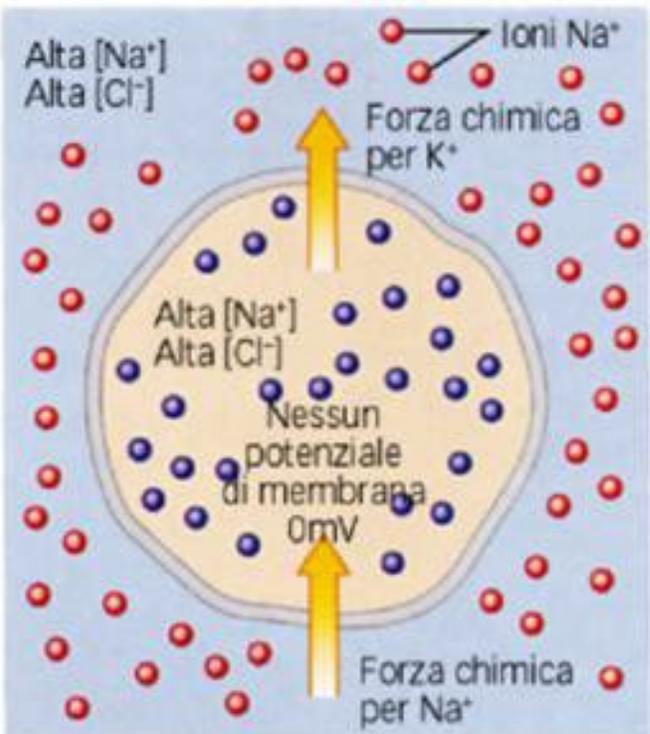
La risposta é nell'attività dell  $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPasi}$  di membrana che:

1) espellendo  $\text{Na}^+$  entrato passivamente e ricaptando  $\text{K}^+$ , mantiene costanti nel tempo le differenze di concentr. ioniche e di conseguenza indirettamente il pot. di membrana

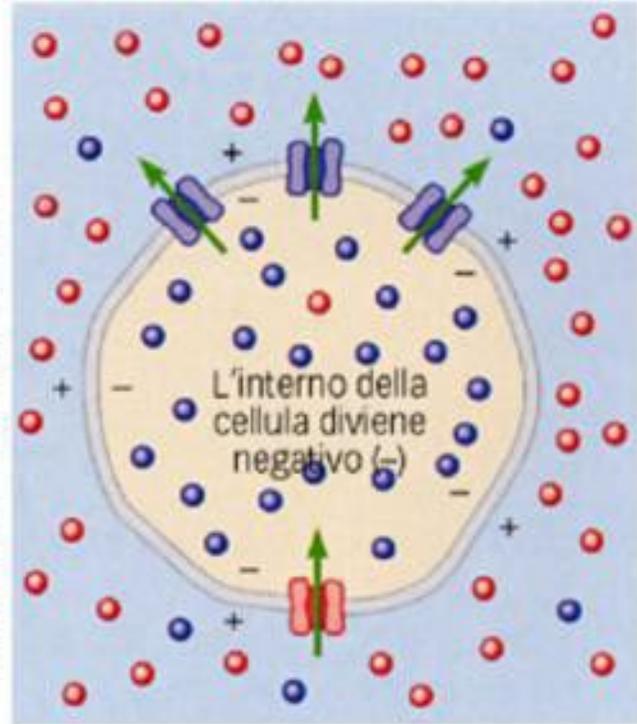


2) essendo elettrogenica (scambia 3 ioni  $\text{Na}^+$  con 2 ioni  $\text{K}^+$ ) può essa stessa generare un potenziale elettrico attivo che si addiziona a quello di diffusione di  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$

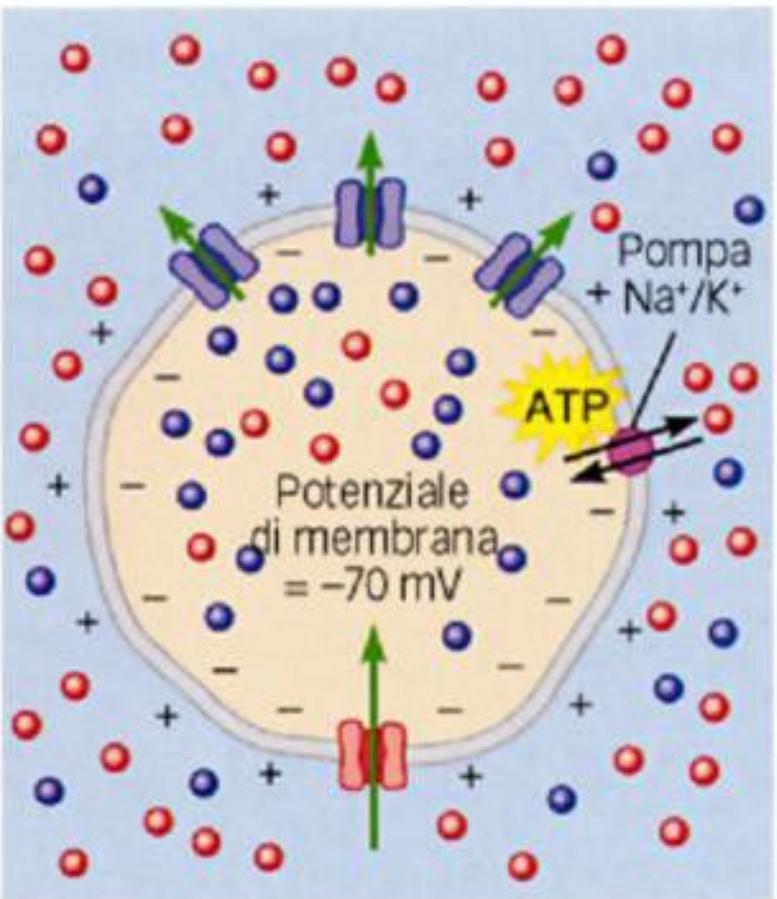
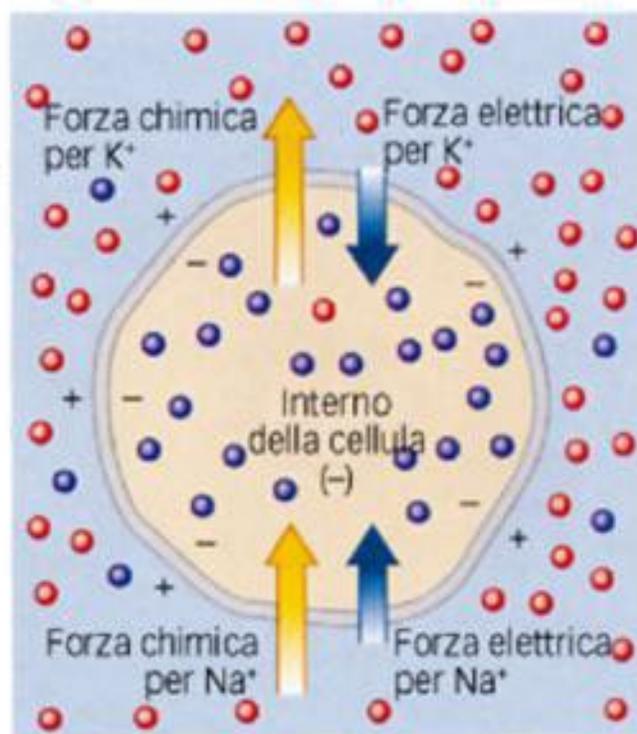
# RIEPILOGO genesi del potenziale elettrico della membrana cellulare



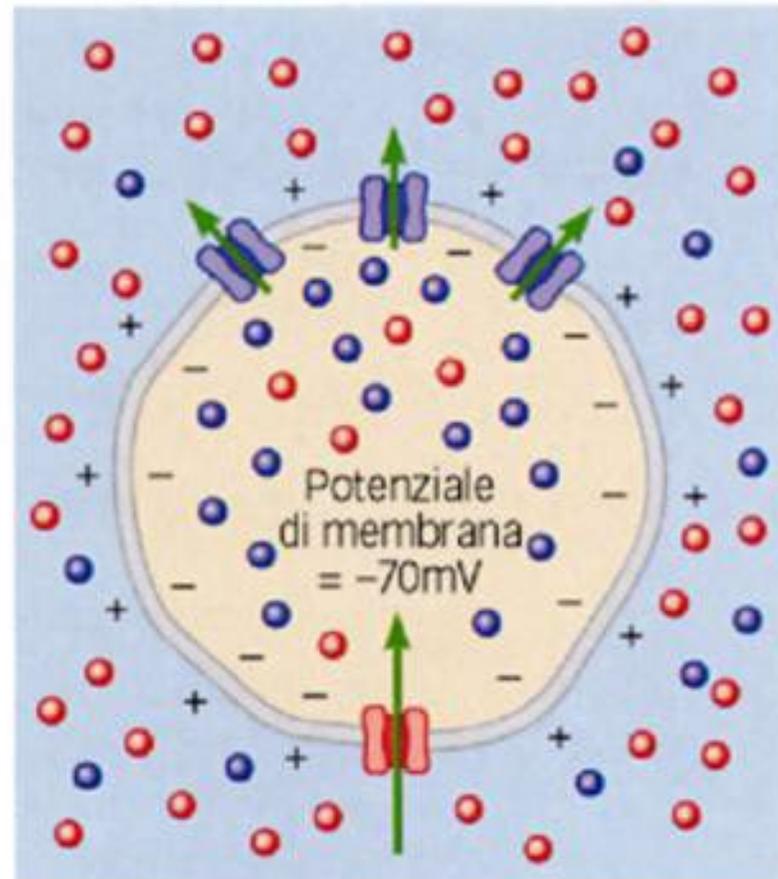
essendo la membrana più permeabile al  $K^+$ , esso viene estruso a maggiore velocità rispetto alla entrata del  $Na^+$ . Si sviluppa perciò un potenziale di membrana



la forza elettrica ostacola la fuoriuscita del  $K^+$  e favorisce l'entrata del  $Na^+$



La  $Na^+/K^+$  ATPasi bilancia le perdite attraverso la membrana mantenendo i gradienti di  $Na^+$  e di  $K^+$  costanti (stato stazionario)



La fuoriuscita di  $K^+$  diminuisce e l'ingresso di  $Na^+$  accelera. Alla fine il potenziale di membrana si stabilizza