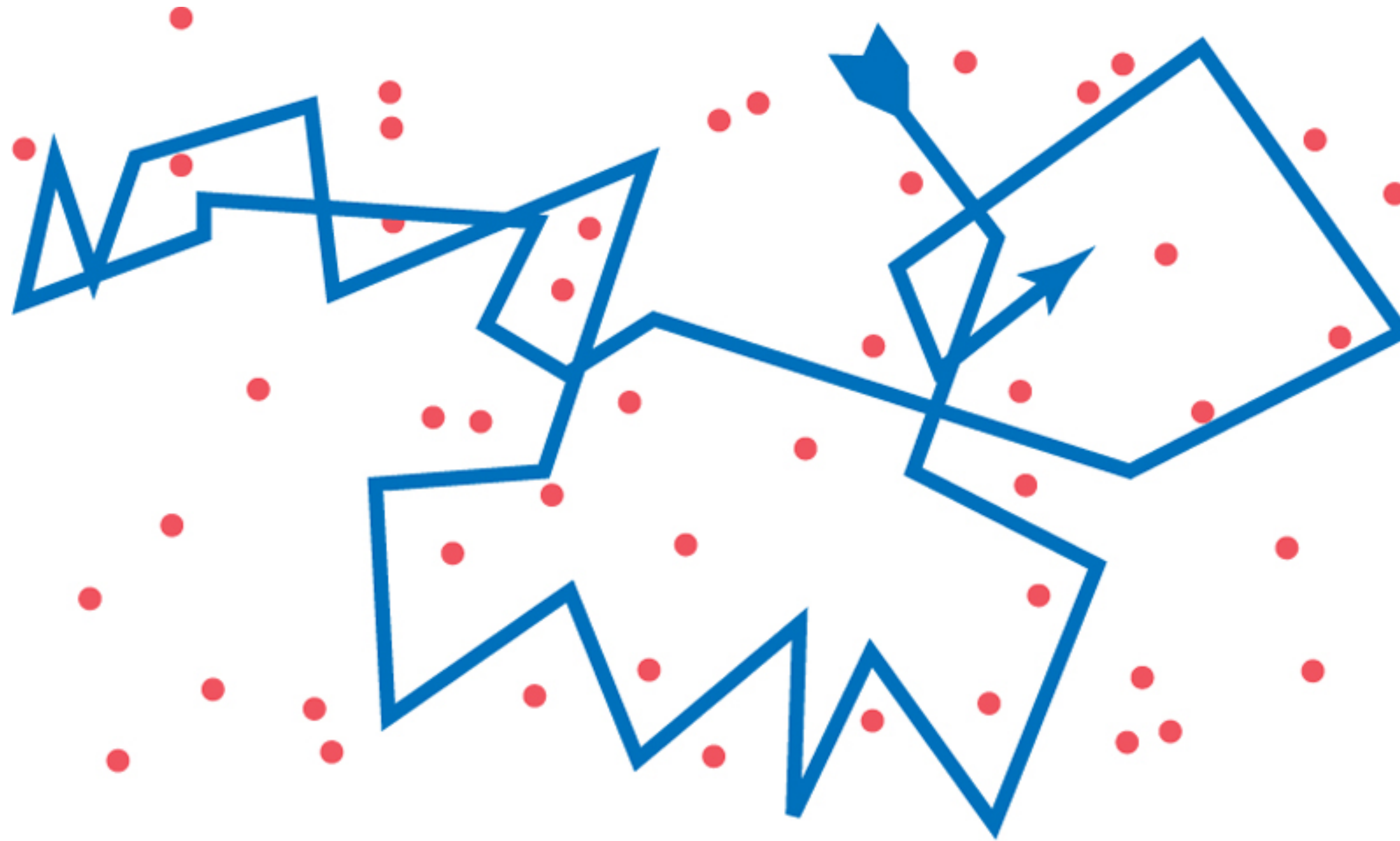


Fisiología

Equilibrio de Gibbs-Donnan, Ecuación de Nernst.

Prof. Pedro Pieruzzini

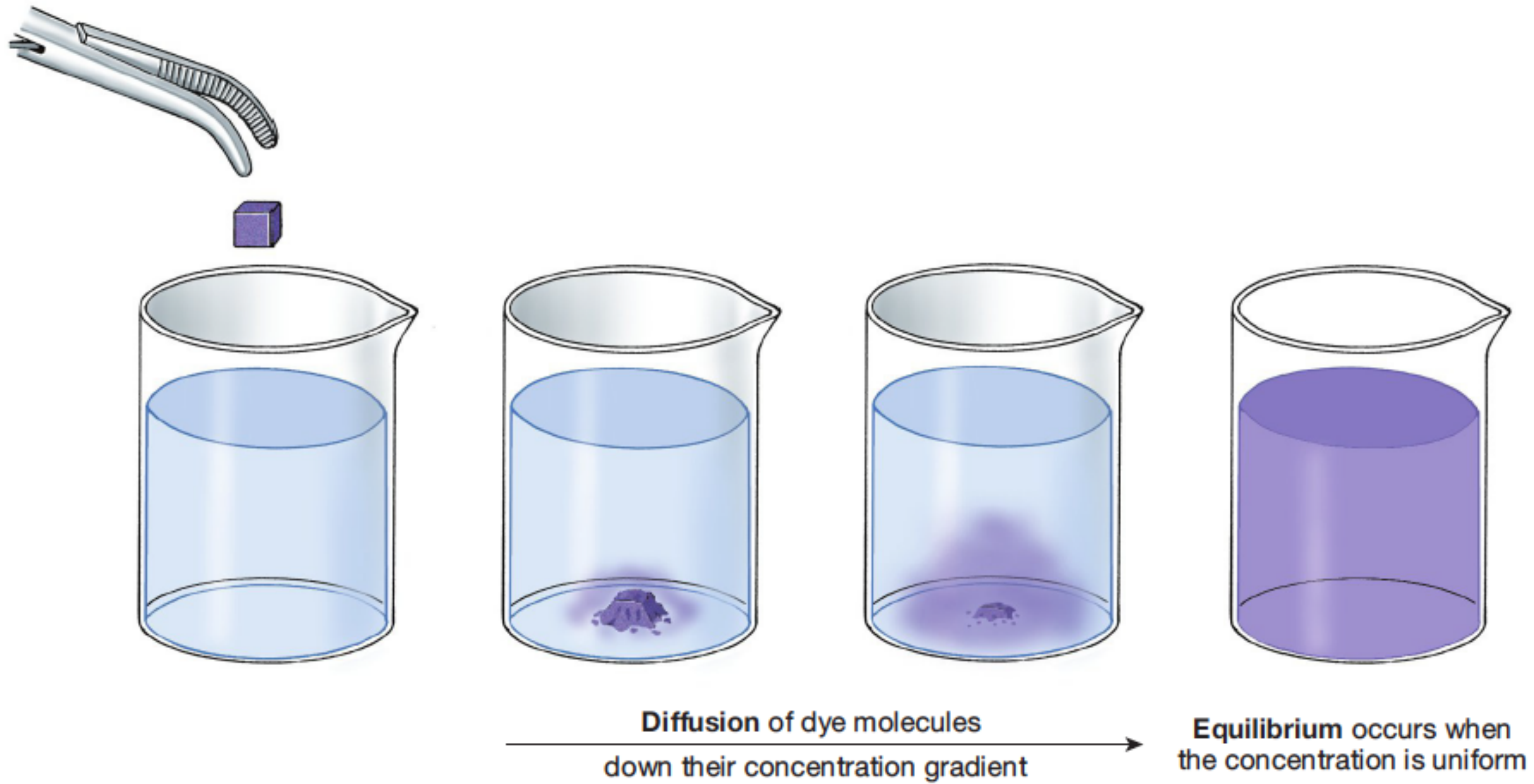


Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

Difusión

Movimiento Browniano

Difusión



Difusión

Ley de Fick

$$J = -DA \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

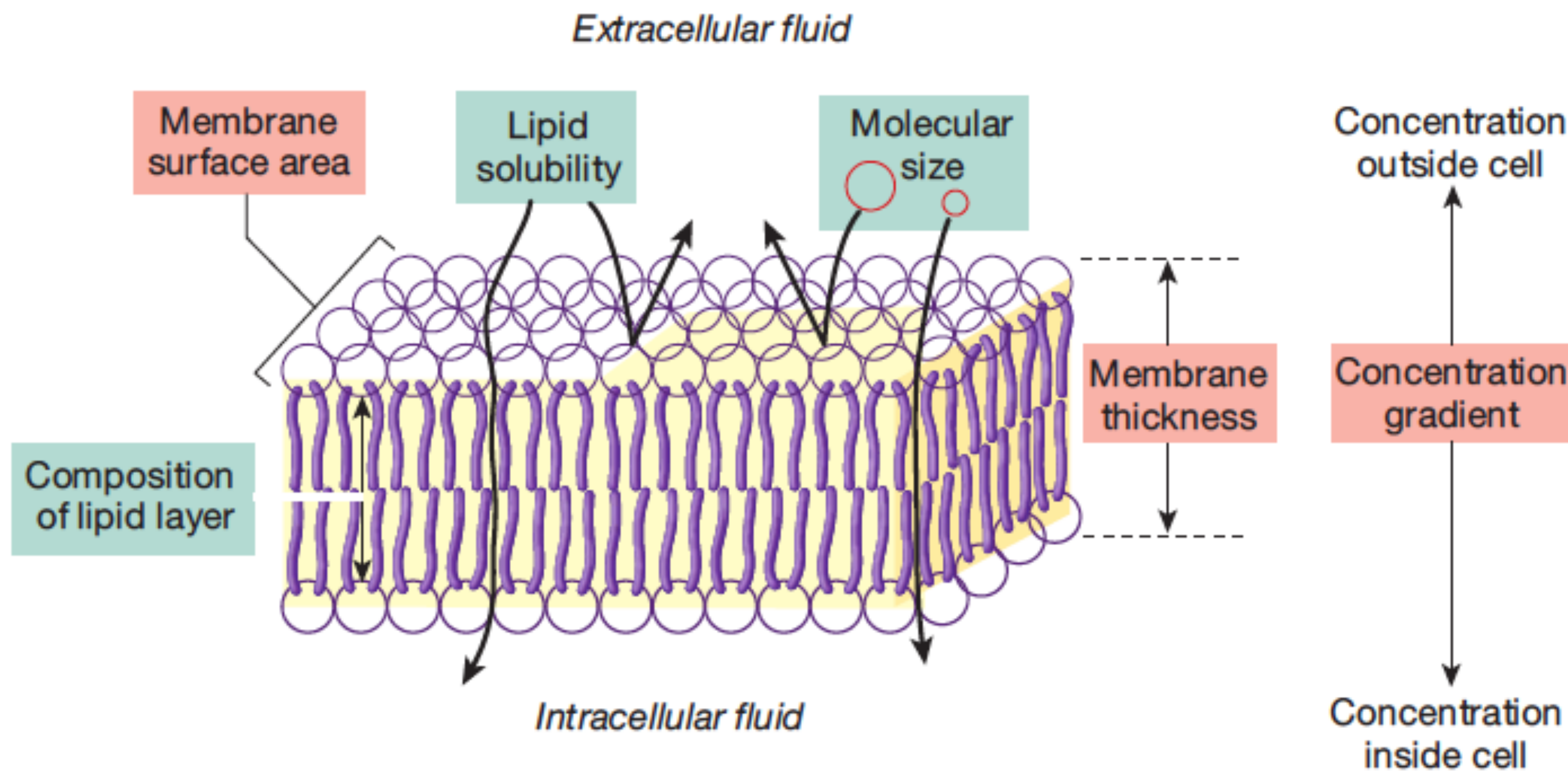
J = Flujo de moléculas

D = Coeficiente de difusión

A = Superficie de la membrana que tienen que atravesar

dc = Diferencia de concentración

dx = Longitud que tienen que recorrer



- Factors affecting rate of diffusion through a cell membrane:**
- Lipid solubility
 - Molecular size
 - Cell membrane thickness
 - Concentration gradient
 - Membrane surface area
 - Composition of lipid layer

Fick's Law of Diffusion says:

$$\text{Rate of diffusion} \propto \frac{\text{surface area} \cdot \text{concentration gradient} \cdot \text{membrane permeability}}{\text{membrane thickness}}$$

Membrane permeability

$$\text{Membrane permeability} \propto \frac{\text{lipid solubility}}{\text{molecular size}}$$

Changing the composition of the lipid layer can increase or decrease membrane permeability.

● **FIGURE 5-6** *Fick's law of diffusion.* This law mathematically relates factors that influence the rate of simple diffusion across a membrane.

Potenciales de Difusión

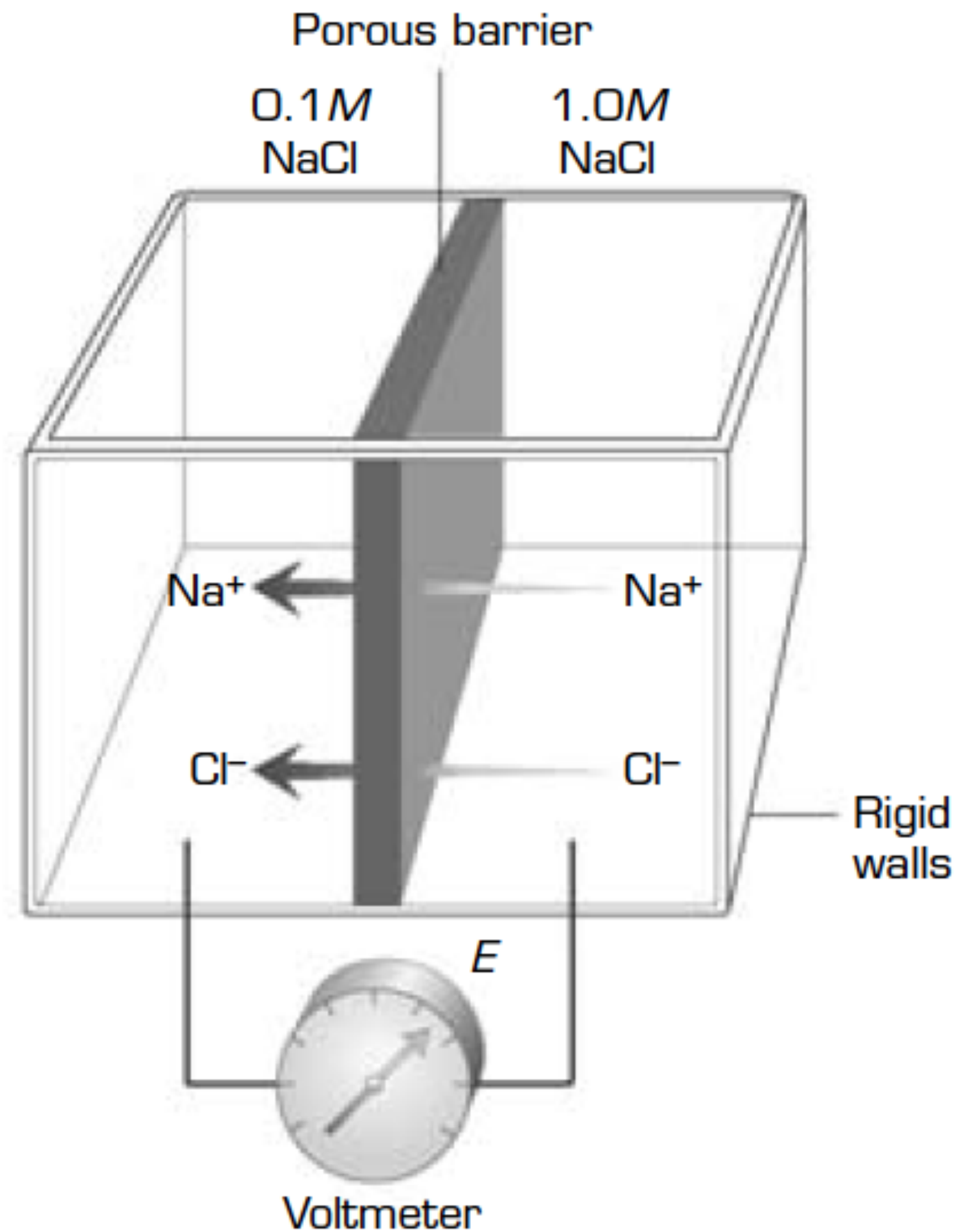
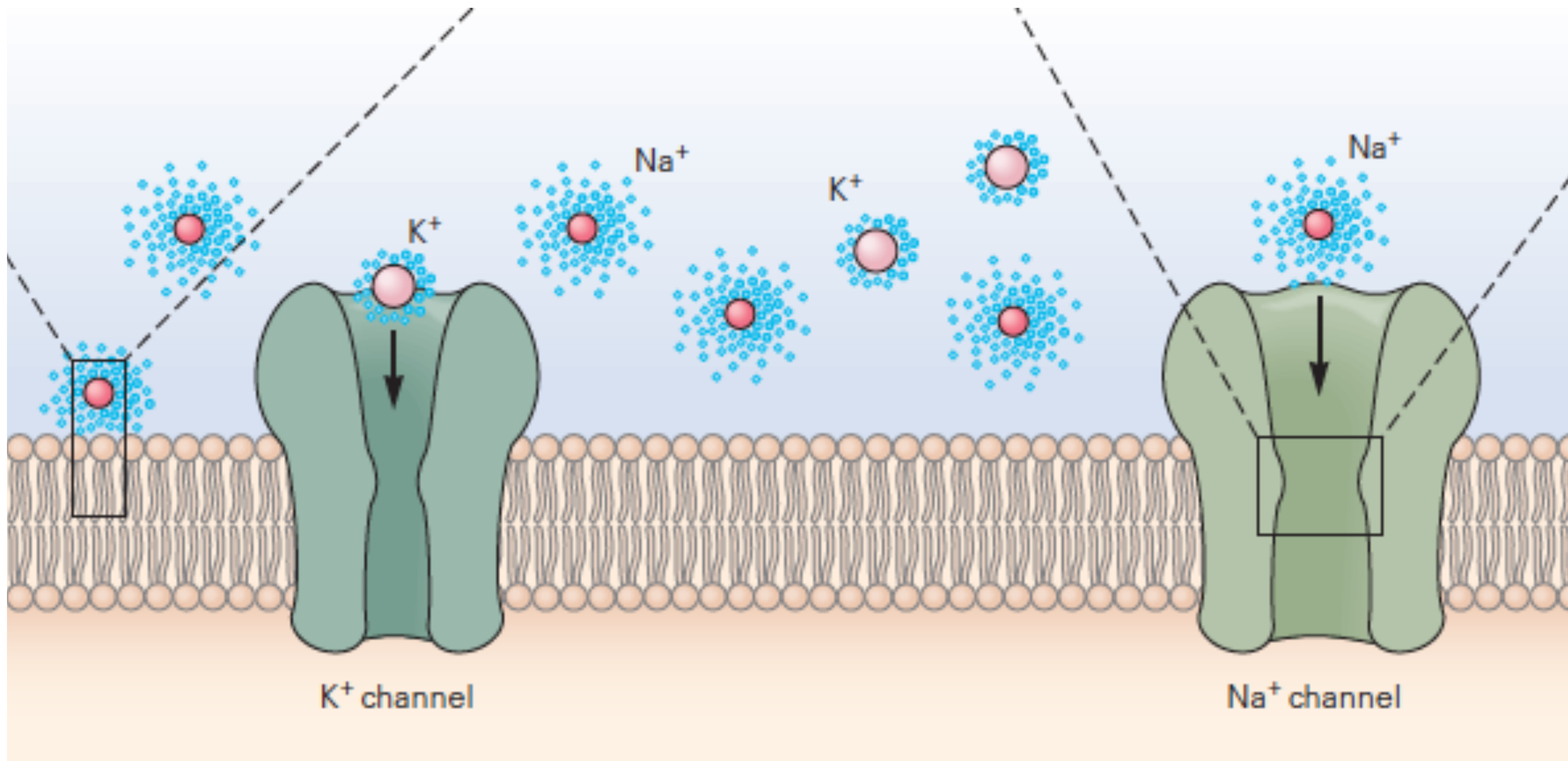


Figure 4-1 Schematic diagram of an apparatus for measuring the diffusion potential. A voltmeter measures the electrical voltage difference across the barrier separating the two salt solutions.



Potenciales de Difusión

Relación con las moléculas de agua

Potenciales de Equilibrio

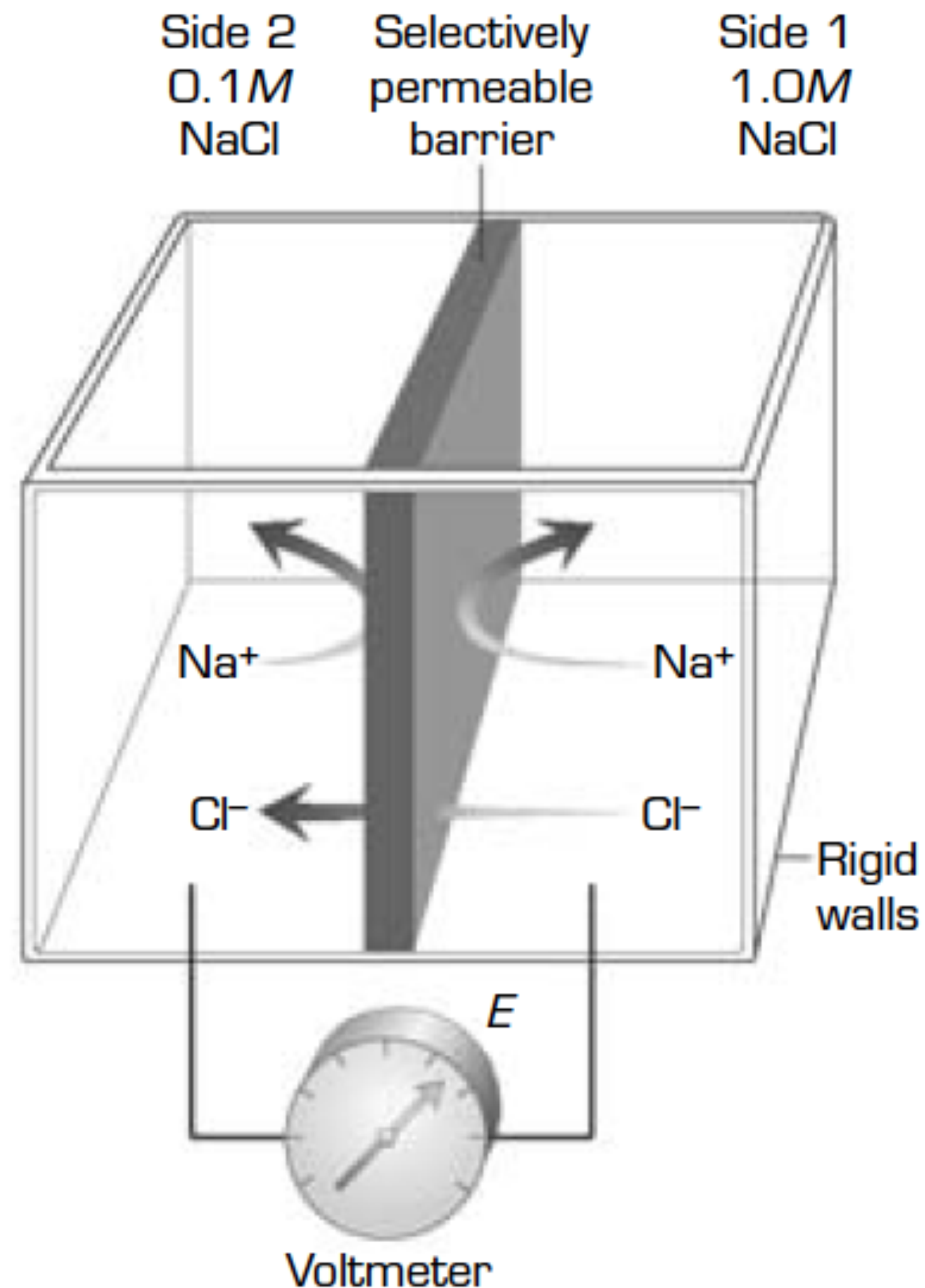


Figure 4-2 Schematic diagram of an apparatus for measuring the equilibrium, or Nernst, potential for a permeant ion. At equilibrium, a steady electrical potential (the equilibrium potential) is measured across the selectively permeable barrier separating the two salt solutions.

Potencial de Equilibrio Iónico

“Equilibrio para un ion es determinado no solo por las concentraciones del ion, también es determinado por fuerzas eléctricas. El movimiento de un ion a través de la membrana celular, es determinado por ambos, tanto por el gradiente de concentración como por la diferencia de potencial eléctrico”.

¿Cuál sería la medida del potencial de equilibrio a través de la membrana?

$$E_{\text{Cl}} = \left(\frac{RT}{ZF} \right) \ln \left(\frac{[\text{Cl}^-]_1}{[\text{Cl}^-]_2} \right)$$



Potencial de Equilibrio iónico

Ecuación de **Nernst**

$$E_{\text{Cl}} = \left(\frac{58 \text{ mV}}{Z} \right) \log \left(\frac{[\text{Cl}^-]_1}{[\text{Cl}^-]_2} \right)$$

Walther Hermann Nernst

Walther Hermann Nernst (* Briesen, Prusia, 25 de junio de 1864 - † Ober-Zibelle, Alemania, 18 de noviembre de 1941), fue un físico y químico alemán, premio Nobel de Química en 1920..

Sus trabajos ayudaron a establecer la moderna físico-química. Trabajó en los campos de la electroquímica, termodinámica, química del estado sólido y fotoquímica. Sus descubrimientos incluyen la ecuación de Nernst.

Desarrolló el llamado "teorema del calor", según el cual la entropía de una materia tiende a anularse cuando su temperatura se aproxima al cero absoluto, y que constituye la tercera ley de la termodinámica. Recibió el premio Nobel de Química, premio que fue anunciado el 10 de noviembre de 1921 y entregado aquel mismo año.

Desarrolló también una teoría osmótica para explicar y determinar el potencial de los electrodos de una pila de concentración y formuló la ley de distribución de una materia entre dos fases dadas.

Inventó la llamada *lámpara de Nernst*, cuyo filamento (constituido por óxidos de circonio e itrio) se hace conductor al calentarse, pudiendo alcanzar temperaturas superiores en más de 1000 °C a las de otras lámparas, más eficaz que las antiguas lámparas de arco de carbón y que suele emplearse como fuente de rayos infrarrojos.

A partir de 1933 se dedicó al estudio de la electroacústica y la astrofísica, inventó una microbalanza, así como un piano eléctrico en colaboración con las compañías Bechstein y Siemens , y en el que utilizó amplificadores de radio.



Ecuación de **Nernst**

$$E_K = \frac{RT}{FZ_k} \ln \frac{[K_o^+]}{[K_i^+]} = 61.5 \log \frac{[K_o^+]}{[K_i^+]} \quad (\text{at } 37^\circ\text{C})$$

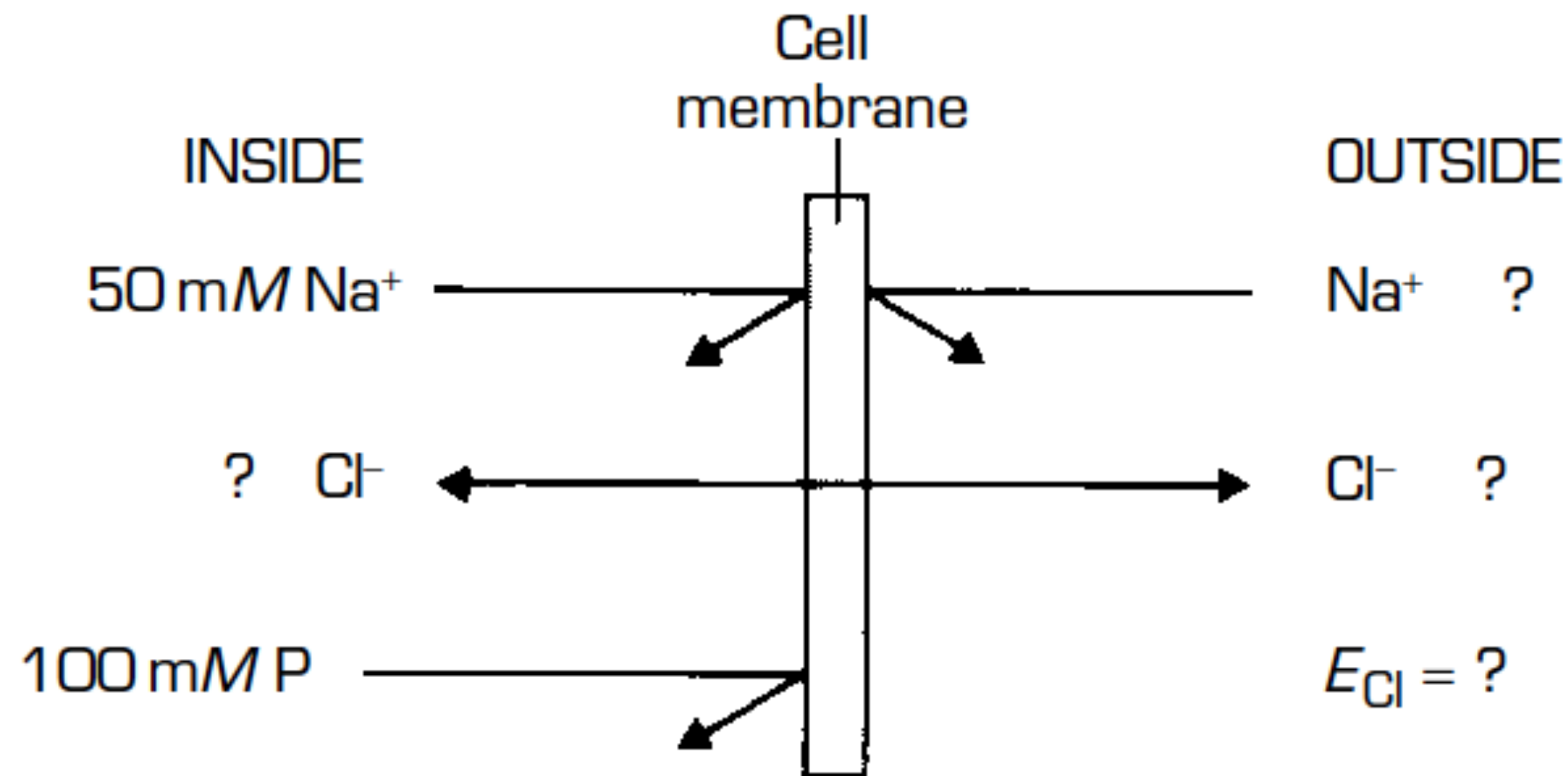
La ecuación de Nernst solo se puede aplicar a un ión a la vez, y éste debe ser capaz de atravesar la membrana plasmática.

Ecuación de **Nernst**

- Con la ecuación de Nernst calculamos el potencial de membrana en el cual la membrana se encuentra en equilibrio.
- Podemos decir entonces que el valor que dicha ecuación nos suministra es el potencial medido en voltios en el cual la fuerza eléctrica contrarresta a la fuerza química en la misma magnitud pero en diferente dirección. Éste es el valor del potencial de equilibrio iónico.

Equilibrio de Donnan

(a)



(b)

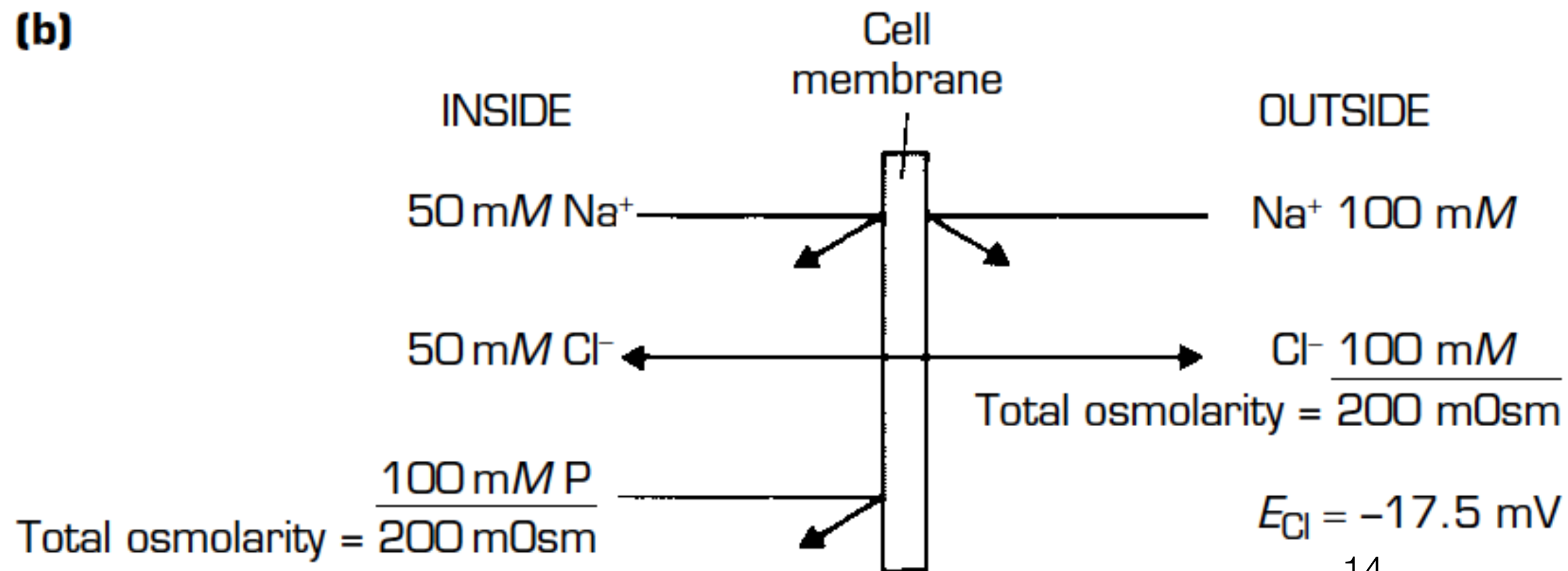
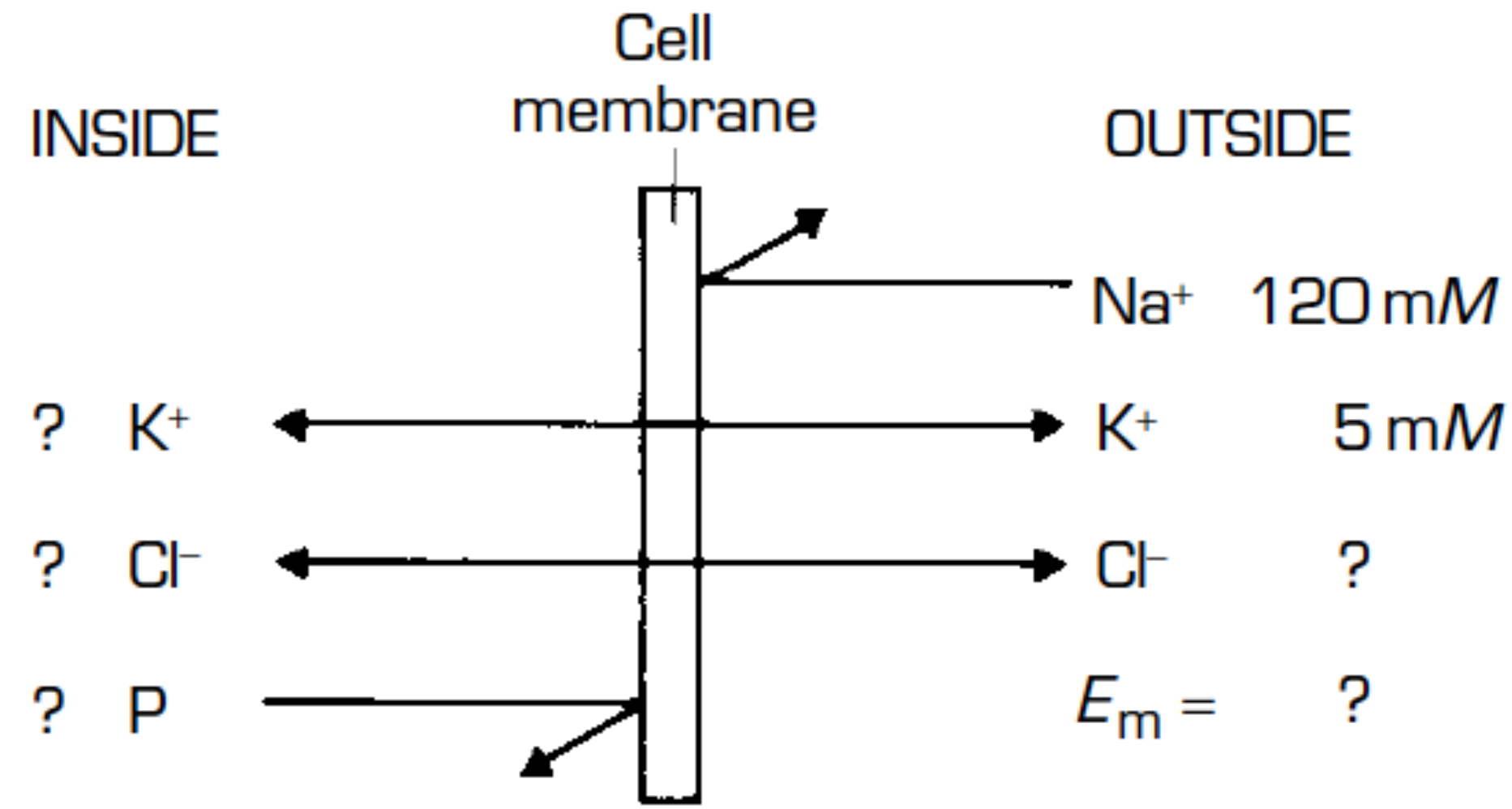


Figure 4-4 A model cell in which both osmotic and electrical factors must be considered at equilibrium. (a) The starting conditions, with initial values of some parameters provided. (b) The values of all parameters required for the cell to be at equilibrium.

Equilibrio de Donnan

(a)



(b)

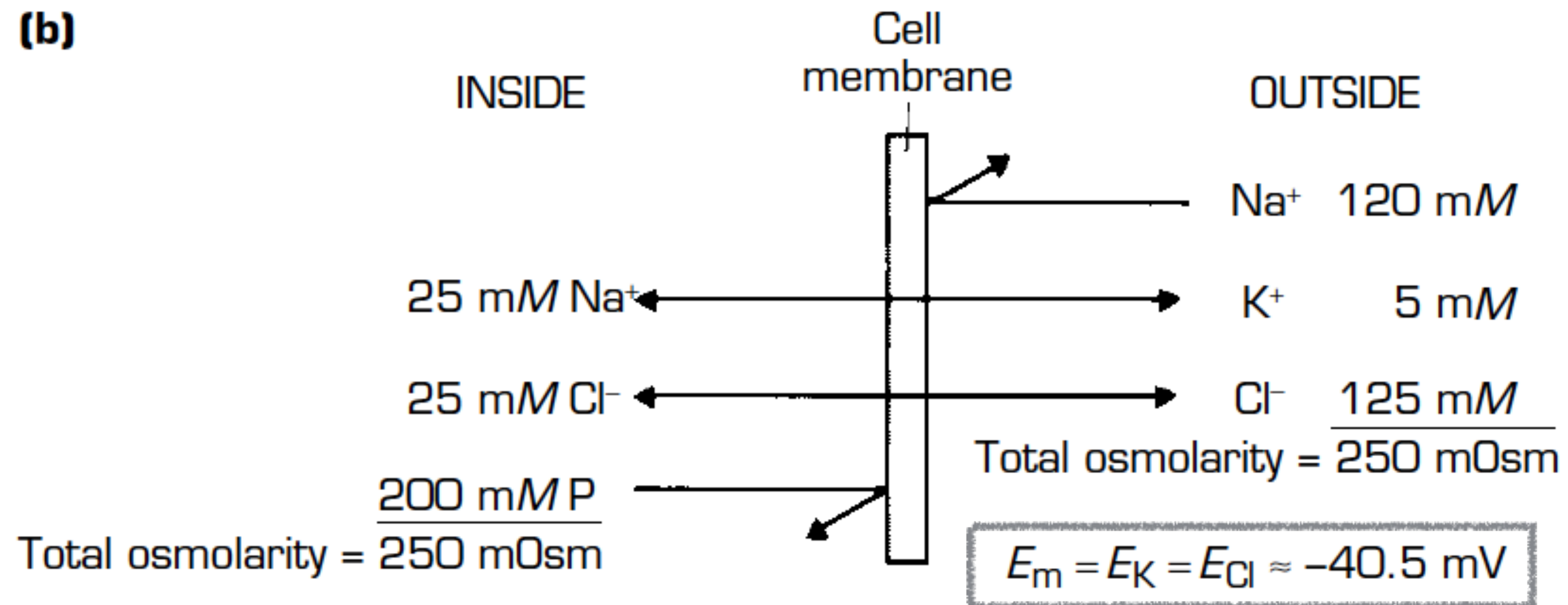
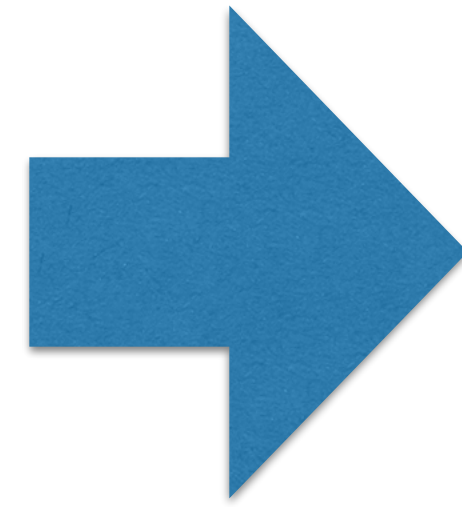


Figure 4-5 An example of a model cell at Donnan equilibrium. The cell membrane is permeable to both potassium and chloride. (a) The starting conditions, with initial values of some parameters provided. (b) The values of all parameters required for the cell to be at equilibrium.

Equilibrio de Donnan

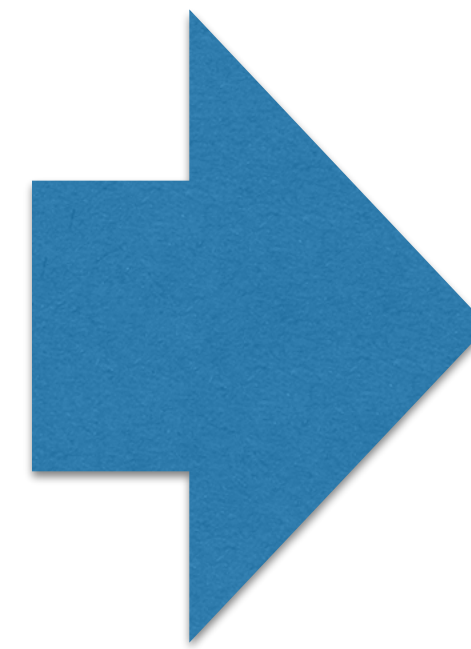
$$E_K = 58 \text{ mV} \log \left(\frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} \right) = E_{Cl} = -58 \text{ mV} \log \left(\frac{[Cl^-]_o}{[Cl^-]_i} \right)$$



$$\log \left(\frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} \right) = -\log \left(\frac{[Cl^-]_o}{[Cl^-]_i} \right)$$

Equilibrio de Donnan

$$\left(\frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} \right) = \left(\frac{[Cl^-]_i}{[Cl^-]_o} \right)$$



Ecuación de Gibbs-Donnan

“El producto de las concentraciones de los iones difusiones es igual a ambos lados de la membrana”.

$$[K^+]_o [Cl^-]_o = [K^+]_i [Cl^-]_i$$

Equilibrio de Donnan

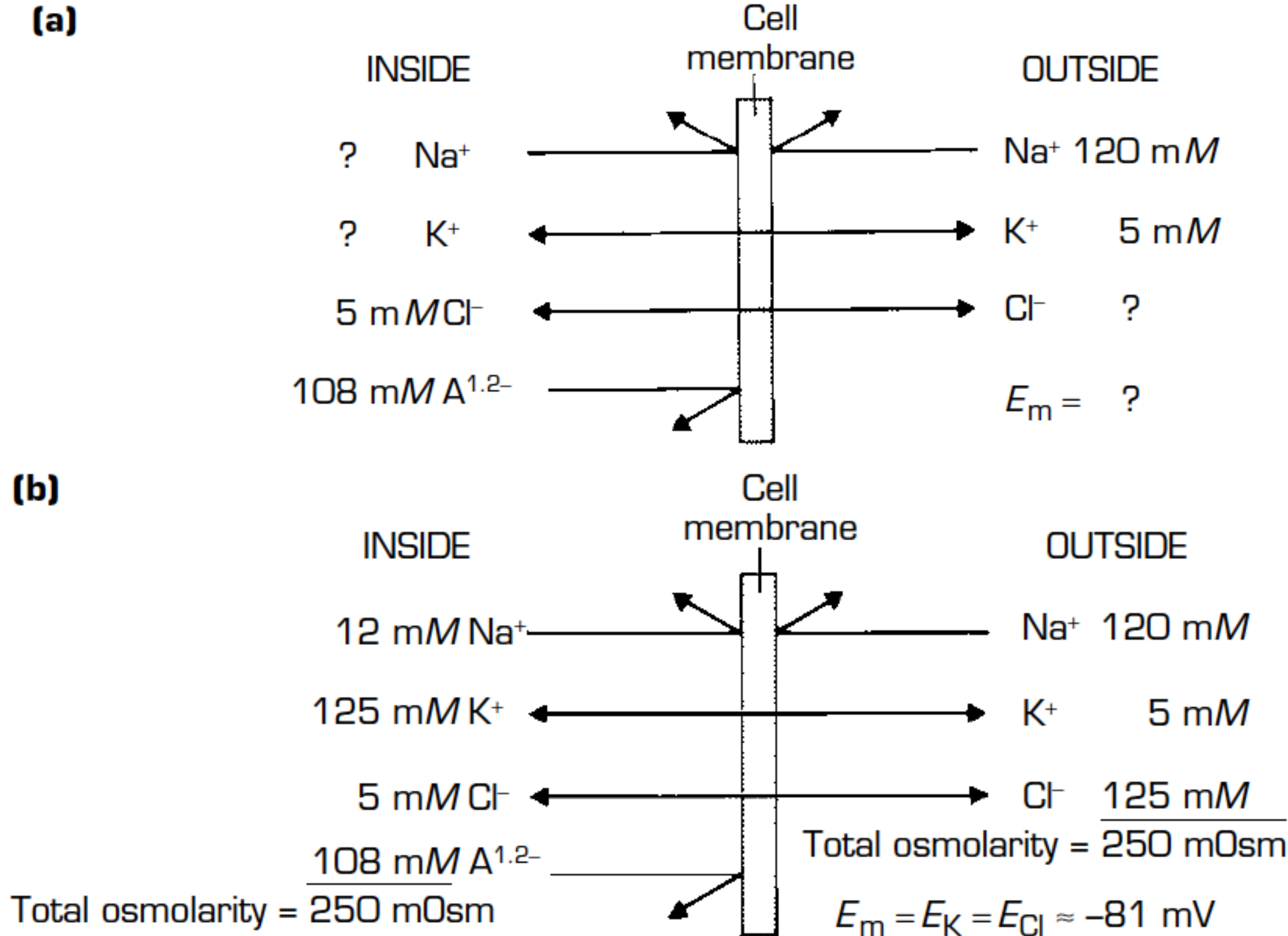
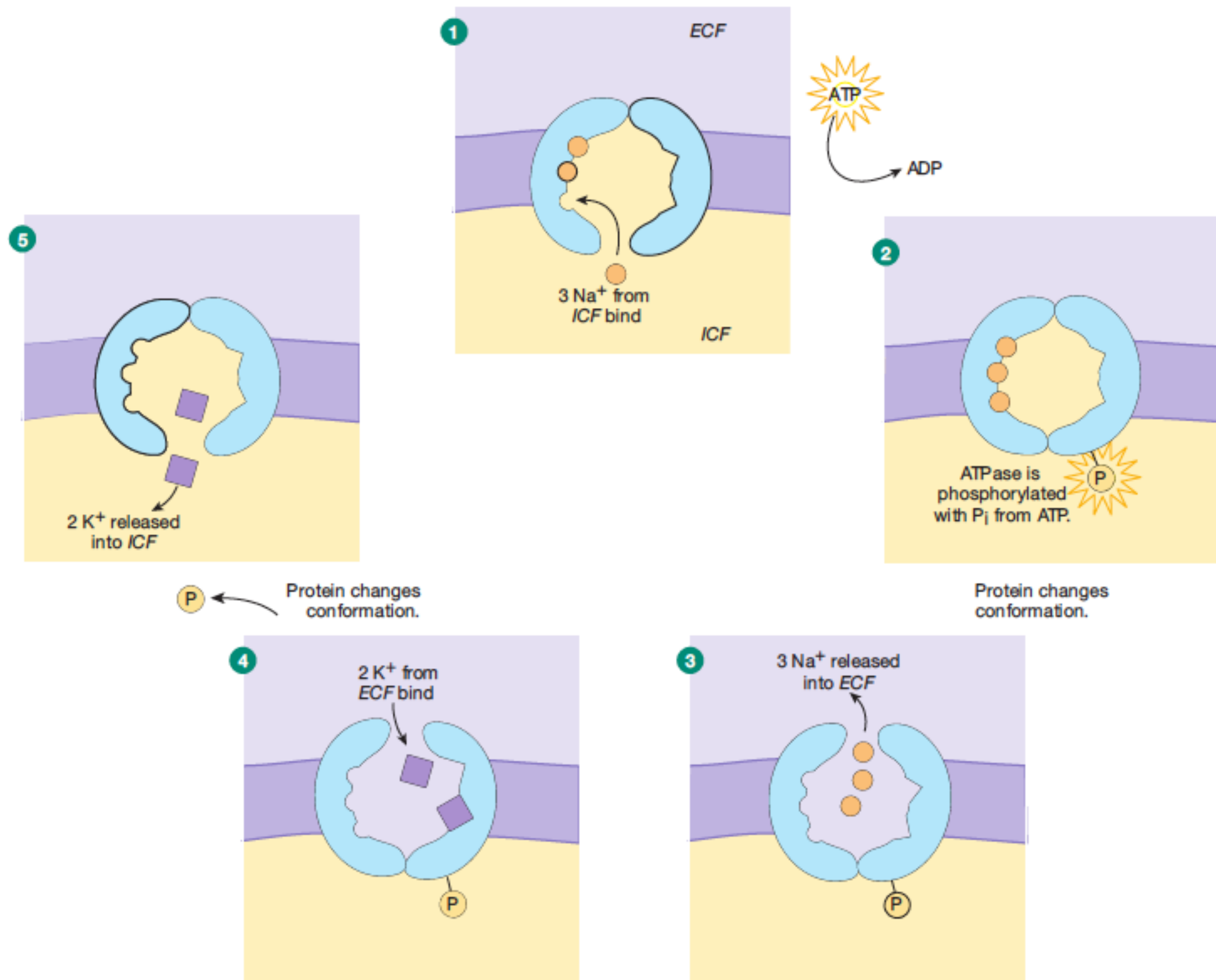


Figure 4-6 An example of a realistic model cell that is at both electrical and osmotic equilibrium. The compositions of ECF and ICF for this equilibrated model cell are the same as for a typical mammalian cell (see Table 2-1). (a) The starting conditions, with initial values of some parameters provided. (b) The values of all parameters required for the cell to be at equilibrium.

“El problema es que la célula real no se encuentra en equilibrio y necesita de un mecanismo adicional para poder mantener el volumen celular, ya que es también permeable al sodio. Dicho mecanismo implica la inversión de energía para poder mantener las concentraciones de iones a ambos lados de la membrana en un estado estable”



● **FIGURE 5-14 Mechanism of the $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$.** This figure presents one model of how the $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ uses energy and inorganic phosphate (P_i) from ATP to move ions across a membrane.

¿Que sucedería en el cerebro si se interrumpe el aporte de O₂?



Edema Cerebral