

Ejercicios complementarios: POTENCIAL DE MEMBRANA

1) Deducir la ecuación de Nernst a partir de la ecuación de Nernst-Planck:

$$J = -uRT \frac{dC}{dx} - zFuC \frac{dV}{dx} \quad \text{Ecuación de Nernst - Plank}$$

Donde u es la movilidad iónica, R la constante universal de los gases, T la temperatura absoluta, z la carga del ión, F la constante de Faraday, mientras C representa la concentración y V el potencial eléctrico.

Nota: considerar que para resolver la ecuación debe considerarse que se está frente a un campo constante.

2) Considere dos compartimientos, "I" y "E", cada uno de los cuales contiene una solución con diferente concentración de un determinado catión monovalente i^+ . Proponga un procedimiento experimental para calcular la concentración del catión en el compartimiento "I" ($[i^+]_I$), basado en medidas del potencial electroquímico del mismo (ΔV). Calcule dicha concentración, sabiendo que el cociente entre la concentración de ambos compartimientos es 10 y que $[i^+]_E = 110 \text{ mM}$.

Datos: $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$; $F = 96500 \text{ C/mol}$ (R : constante universal de los gases; F : constante de Faraday).

3) Un catión hipotético se distribuye a ambos lados de la membrana de una célula animal de forma tal que su potencial de equilibrio es de -10 mV . En condiciones de reposo para la membrana celular, es decir, para un $\Delta V_m \approx -90 \text{ mV}$, ¿usted esperaría que el flujo pasivo del catión sea nulo, entrante o saliente?

4) Un catión monovalente se dispone en equilibrio a ambos lados de una membrana semipermeable. Si la diferencia de potencial entre los compartimientos es de -60 mV , y la temperatura del sistema es de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, ¿cuál es la razón entre las concentraciones del catión en ambos comportamientos?

5) Supongamos que tenemos una célula que presenta una permeabilidad al potasio cien veces mayor que al sodio. A su vez, sabemos que las concentraciones de iones son las siguientes:

$$\begin{aligned} [Na^+]_e &= 109 \text{ nM}; [Na^+]_i = 10.4 \text{ nM} \\ [K^+]_e &= 2.25 \text{ nM}; [K^+]_i = 124 \text{ nM} \end{aligned}$$

¿Cuál será su potencial de reposo?

Datos:

$$R = 8.314 \text{ J/mol.K}; F = 96500 \text{ C/mol}; T = 20^\circ\text{C}.$$

6) Considere una célula animal no excitable en condiciones fisiológicas, cuya concentraciones interna y externa de sodio y potasio son las siguientes: $[\text{Na}^+]_i = 10 \text{ mM}$; $[\text{Na}^+]_e = 110 \text{ mM}$; $[\text{K}^+]_i = 124 \text{ mM}$; $[\text{K}^+]_e = 2 \text{ mM}$. Por su parte, la permeabilidad de la membrana a dichos iones es $P_{\text{K}^+} = 1.6 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ y $P_{\text{Na}^+} = 1.6 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$.

Datos: $RT/F = 25.7 \text{ mV}$ (R : constante universal del los gases; T : temperatura en K ; F : constante de Faraday).

- Calcule la diferencia de potencial transmembrana (V_m) de la célula bajo dichas condiciones.
- Se somete a la célula a un determinado agente que aumenta la permeabilidad de la membrana al Na^+ , alcanzándose un nuevo estado estacionario donde $[\text{Na}^+]_i = 50 \text{ mM}$, $[\text{Na}^+]_e = 70 \text{ mM}$ y $V_m = -10 \text{ mV}$. ¿Por qué factor se ha incrementado la permeabilidad de la membrana al Na^+ en comparación con el valor exhibido en condiciones fisiológicas?

7) Considere una célula animal no excitable en un medio de cultivo que posee concentraciones de Na^+ y K^+ similares a las fisiológicas. La concentración intracelular de Na^+ es 10.4 mM mientras que la de K^+ es 124 mM ; la concentración extracelular de Na^+ es 109 mM y la de K^+ es 2.25 mM . La permeabilidad de la membrana al K^+ es 100 veces superior a la del Na^+ . Estos dos son los únicos iones transportados a través de la membrana.

Datos: $RT/F = 25.7 \text{ mV}$ (R : constante universal del los gases; T : temperatura en K ; F : constante de Faraday).

- Calcule el valor de la diferencia de potencial transmembrana.
- Describa un procedimiento experimental que permita igualar ambas permeabilidades iónicas. ¿Qué efecto tendría esto sobre las concentraciones iónicas en condiciones fisiológicas? Justifique su respuesta.

8) Supongamos que tenemos una membrana que separa dos compartimentos A y B. En ambos compartimentos hay concentraciones de iones Na^+ y K^+ , según la tabla adjunta. Si sabemos que la membrana es 10 veces más permeable a Na^+ que a K^+ , ¿Puede aplicarse un potencial transmembrana para que este sistema esté en equilibrio (sin que varíen el resto de los parámetros)? ¿Cuánto debería valer el mismo?

	Compartimento A	Compartimento B
$[\text{Na}^+] \text{ (mM)}$	1	100
$[\text{K}^+] \text{ (mM)}$	60	2

9) A principios del siglo XX, una de las teorías más aceptadas sobre el potencial transmembrana y el potencial de acción fue la Teoría de Bernstein, basada en mediciones extracelulares (las disponibles en aquella época), que proponía lo siguiente:

1. En reposo, la membrana es selectivamente permeable al ión potasio (es decir, que la permeabilidad del potasio es mucho mayor que la permeabilidad del resto de los iones).

2. Durante un potencial de acción, la membrana deja de ser selectivamente permeable al ión potasio (es decir, todos los iones pasan a tener la misma permeabilidad). Luego de un cierto tiempo, se vuelve a la condición normal.

Responda lo siguiente, usando las hipótesis de esta teoría y la ecuación GHK para el potencial de reposo (descubierta, por cierto, bastante después que todo esto, pero nos permitimos el anacronismo), asumiendo que sólo importan los iones monovalentes (es decir, cuya valencia es ± 1) y que se cumple la electroneutralidad:

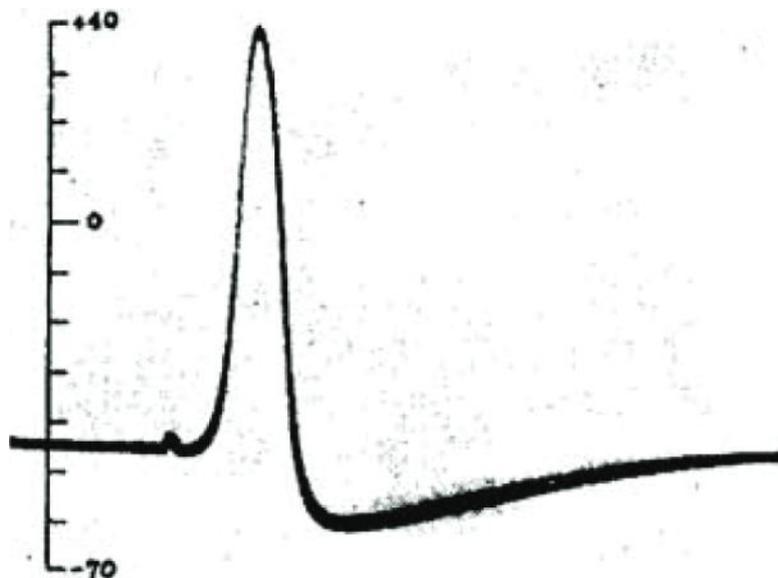
a) ¿Cuánto vale el potencial de reposo de la célula?

b) ¿Qué ocurre con el potencial transmembrana durante un potencial de acción? En particular ¿Aumenta, disminuye o no hay ningún cambio? Si lo hace ¿cuál es el valor máximo/mínimo que alcanza?

Para esto suponga que luego del cambio en permeabilidad se alcanza un nuevo reposo.

c) En esta figura se muestra mediciones intracelulares del potencial de acción realizadas por Hodgkin y Huxley (1939). (El eje horizontal se corresponde al tiempo, mientras que el vertical se corresponde al potencial de membrana V_m en mV),

¿Son compatibles con el modelo de Bernstein? ¿Por qué?



10) Se tiene un contenedor de 2 litros lleno de agua, dividido por una membrana permeable a iones que separa el volumen en partes iguales (llamémosle A y B). En el compartimento A se colocan 5g de NaCl mientras que en el B se colocan 5g de KCl. Suponga que puede aplicar una diferencia de potencial eléctrico cualquiera entre los compartimentos.

- a) ¿Cuánto es la máxima concentración de ion sodio que podría llegar a tener en el compartimento A en equilibrio? ¿A qué diferencia de potencial se correspondería?
- b) ¿Qué diferencia de potencial debería aplicar para que la concentración de ion sodio en el compartimento B sea igual a 2mM?
- c) Bajo las condiciones de la parte (b) ¿Cuáles serían las concentraciones de iones cloruro y potasio en el compartimento B en equilibrio?

Datos:

$R = 8.31 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$; $T = 25^\circ\text{C}$; $F = 96500 \text{ C/mol}$

Peso molecular del cloruro de sodio: 58.44 g/mol

Peso molecular del cloruro de potasio: 74.55 g/mol