



1. Numa célula, à temperatura de 37 °C, a concentração intracelular de Cl^- é 4.3 mM. Calcule:
- a concentração extracelular de Cl^- , sabendo que o potencial de Nerst para este ião é -85 mV.
 - a variação de energia potencial eléctrica quando um ião Cl^- sai e quando entra na célula.

R: (a) $[\text{Cl}^-]_{\text{out}} = 102.1 \text{ mM}$; (b) $\Delta U^{\text{entra}} = +0.85 \text{ meV}$; $\Delta U^{\text{sai}} = -0.85 \text{ meV}$;

2. O potencial de repouso de uma célula é -80 mV. A sua capacidade por unidade de área é $2 \times 10^{-2} \text{ F/m}^2$.
- Calcule o módulo da densidade superficial de carga na membrana dessa célula.
 - A partir do valor do potencial de repouso, explique como se pode concluir que a densidade superficial de carga no interior da membrana é negativa.

R: $\sigma = 1.6 \times 10^{-3} \text{ Cm}^{-2}$

3. Verificou-se que o potencial de repouso de uma célula é $V_0 = -70 \text{ mV}$, sendo a espessura da membrana de 60 Å e a sua constante dieléctrica de $7\epsilon_0$. Calcule:
- O campo eléctrico da membrana.
 - A densidade superficial de carga em ambas as superfícies da membrana.
 - Trace os gráficos de E , σ e V em função de x . Considere x como a coordenada na direcção perpendicular à membrana.

R: (a) $E = 1.17 \times 10^{-7} \text{ Vm}^{-1}$; (b) $\sigma = 7.23 \times 10^{-4} \text{ C m}^{-2}$

4. O campo eléctrico numa membrana celular com uma espessura de 80 Å é $7.5 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$. O sentido do campo eléctrico é de fora para dentro da célula. Calcule:
- O potencial de repouso dessa célula;
 - As variações de energia potencial de o ião K^+ , quando este penetra a célula e quando ele sai da célula;
 - As variações de energia potencial para o ião Cl^- .

R: (a) $V_0 = -60 \text{ mV}$; (b) $\Delta U_{\text{K}^+} = \pm 9.6 \times 10^{-21} \text{ J}$ (0.06 eV); (c) $\Delta U_{\text{Cl}^-} = \pm 9.6 \times 10^{-21} \text{ J}$ (0.06 eV)

5. Medidas realizadas com uma célula nervosa, imersa num líquido mantido a 17°C (~290K), mostraram a existência de um potencial de repouso de -75 mV. Admita que a capacidade da membrana por unidade de área é $2 \times 10^{-2} \text{ F/m}^2$.
- Calcule a razão entre as concentrações de K^+ no interior da célula e nesse líquido.
 - Será o resultado obtido é exacto? Justifique.
 - É possível obter, com os dados do enunciado, a razão entre as concentrações de Na^+ ? Justifique.
 - Calcule a densidade superficial de carga sobre as superfícies da membrana dessa célula nervosa.

R: (a) $[\text{K}^+]_{\text{int}}/[\text{K}^+]_{\text{ext}} = 19.8$; (c) $\sigma = 1.5 \times 10^{-3} \text{ Cm}^{-2}$



6. Numa célula a 300 K, as concentrações iónicas conhecidas nos fluidos extracelular (meio 1) e intracelular (meio 2) são: $C_{Na}(1) = 145 \text{ mM}$, $C_K(1) = 5 \text{ mM}$ e $C_A(1) = 30 \text{ mM}$; $C_{Na}(2) = 15 \text{ mM}$ e $C_A(2) = 156 \text{ mM}$.

C_A é a concentração dos aniões proteicos, aos quais a membrana é impermeável. Esta membrana é, também, impermeável aos iões sódio.

Considerando que a célula está em equilíbrio de Donnan, determine:

- As concentrações do ião cloro dentro e fora da célula e a concentração do ião potássio dentro da célula.
- O potencial de Donnan para a membrana desta célula.

R: (a) $[Cl^-]_{in} = 4.1 \text{ mM}$; $[K^+]_{in} = 145.1 \text{ mM}$; $[Cl^-]_{out} = 120.0 \text{ mM}$; (b) $V_{Donnan} = -87.2 \text{ mV}$

7. Considere uma célula de um vertebrado em que são conhecidas as concentrações dos iões indicadas na tabela, à temperatura de 27°C ($\sim 300\text{K}$). A concentração de ião sódio no interior da célula (meio 2) é mantida constante por uma bomba de sódio-potássio. Admita que a membrana é igualmente permeável aos iões de K^+ e Cl^- .

Fluido extracelular (mM)	$C_{Na}(1)=140$	$C_K(1)=10$	$C_{Cl}(1)=150$	
Fluido intracelular (mM)	$C_{Na}(2)=12$			$C_A(2)=125$

- Calcule as concentrações dos iões permeáveis no meio intracelular, admitindo que se encontram em equilíbrio de Donnan.
- Calcule o potencial de Donnan.
- Represente graficamente as concentrações dos iões no interior e no exterior da célula em função de x .
- Indique para cada ião o sentido da força eléctrica e da força de difusão, quando atravessam a membrana.
- Como seriam afectadas as concentrações intracelulares no caso de não haver iões proteicos impermeáveis à membrana?
- Calcule o potencial de Nernst para os iões sódio e comente o efeito da bomba de sódio-potássio

R: (a) $[Cl^-]_{in} = 11.3 \text{ mM}$; $[K^+]_{in} = 142.3 \text{ mM}$; (b) $V_{Donnan}^{Na} = +63.6 \text{ mV}$

8. Considere uma célula nervosa de uma lula que não possuiu mielina (camada lipídica isolante que cobre o axónio). Na tabela abaixo estão representados os valores das concentrações de iões, Cl^- , K^+ e Na^+ e os respectivos potenciais de Nernst. Considerando que o potencial da membrana é -70 mV , analise o movimento passivo destes iões através da membrana.

Ião	$C_{ext} \text{ (mM)}$	$C_{int} \text{ (mM)}$	C_{int}/C_{ext}	$V_i^N \text{ (mV)}$
K^+	20		20	-75
Na^+	440	25	0.113	54
Cl^-	500		0.08	-30



9. Os potenciais de Nernst de uma célula para os iões Na^+ e K^+ são, respectivamente, 65 mV e -90 mV. O potencial de repouso dessa célula tem o valor de -80 mV. Considerando desprezáveis a densidade de corrente devida aos iões Cl^- e a soma das densidades de corrente eléctrica passiva, calcule a razão entre as condutâncias da membrana para os iões K^+ e Na^+ .

$$R: g_K/g_{Na} = 14.5$$

10. Para uma dada célula foram calculados, a partir das concentrações iónicas, os potenciais de Nernst para os iões de potássio e de sódio: $V_K^N = -90$ mV e $V_{Na}^N = +65$ mV. A relação entre as condutividades destes iões na membrana é $g_K/g_{Na} = 20$.

- Calcule o potencial de repouso dessa célula. Considere desprezável a densidade de corrente devida aos iões Cl^- e a soma das densidades de corrente eléctrica passiva.
- Faça um esquema, indicando as densidades de corrente (activa e passiva) associadas aos fluxos de Na^+ e K^+ através da membrana dessa célula.

$$R: (a) V_{0M} = -82.6 \text{ mV}$$

11. O campo eléctrico numa membrana celular com a espessura 60 \AA é $7 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$, dirigido para o interior da célula. Considere $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\sim 300\text{K}$).

- Calcule o potencial de repouso da célula.
- A concentração intracelular do Cl^- é 6 mM. Sabendo que o potencial de repouso da célula é igual ao potencial de Nernst do Cl^- , calcule a concentração extracelular deste anião.
- Considerando as concentrações iónicas representadas na tabela seguinte, calcule a razão entre as condutâncias de K^+ e Na^+ na membrana (g_K/g_{Na}).

Concentração	K^+	Na^+
Extracelular	0.012 M	0.101 M
Intracelular	0.12 M	0.03 M

$$R: (a) V_{0M} = -42 \text{ mV}; (b) [\text{Cl}^-]_{\text{ext}} = 32 \text{ mM}; (c) g_K/g_{Na} = 4.64$$

12. Mediram-se, à temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\sim 300\text{K}$), as concentrações de Cl^- , K^+ e Na^+ num axónio (ver tabela).

Admitindo que o potencial de Nernst do Cl^- está de acordo com o potencial da membrana, calcule:

- O valor do potencial de repouso da membrana.
- O valor da razão g_K/g_{Na} .

Concentração (mol dm^{-3})	Cl^-	K^+	Na^+
Intracelular	0.0018	0.129	0.015
Extracelular	0.074	0.0028	0.102

$$R: (a) V_{0M} = -96.12 \text{ mV}; (b) g_K/g_{Na} = 6.1$$



13. Considere uma célula à temperatura de 310 K, no seu estado de repouso. Sabem-se as concentrações iónicas indicadas na tabela abaixo. Considere que apenas os iões Cl^- e Li^+ se difundem livremente através da membrana. Os aniões A^- são proteínas. Admita que o potencial de Nernst do K^+ é -100 mV.

Ião	Concentração no exterior (mM)	Concentração no interior (mM)
K^+	5	
Na^+		25
Cl^-	130	
A^-	10	235
Li^+	0.1	

- Determine a concentração do K^+ no interior da célula.
- Determine as concentrações de Cl^- e de Li^+ no interior da célula, e a concentração de Na^+ no exterior da célula.
- Determine o potencial da membrana.
- Determine a razão de condutâncias eléctricas do K^+ e do Na^+ ($g_{\text{K}}/g_{\text{Na}}$).
- Represente as correntes activa e electrodifusiva (passiva) dos iões K^+ e Na^+ , indicando os seus sentidos.
- Sabendo que a capacidade por unidade de área desta membrana é 0.02 Fm^{-2} , determine a densidade superficial de carga.
- Sabendo que a permitividade eléctrica da membrana é $7\epsilon_0$, determine a espessura da membrana.

R: (a) $[\text{K}^+]_{\text{int}} = 211 \text{ mM}$; (b) $[\text{Cl}^-]_{\text{int}} = 3.9 \text{ mM}$; $[\text{Li}^+]_{\text{int}} = 3.4 \text{ mM}$; (c) $V_{\text{OM}} = 94.0 \text{ mV}$; (d) $g_{\text{K}}/g_{\text{Na}} = 23.3$; (f) $\sigma = 1.8 \times 10^{-3} \text{ Cm}^{-2}$; (g) $d = 31 \text{ \AA}$;

R

14. Um axónio em repouso, temperatura de 310 K, tem as seguintes concentrações iónicas em mM por litro:

$$[\text{K}]_1 = 2.5 \text{ mM}; [\text{Cl}]_1 = 134 \text{ mM}; [\text{K}]_2 = 140 \text{ mM}; [\text{Cl}]_2 = 2.4 \text{ mM};$$

Considere que o potencial de repouso da membrana é $V_{\text{OM}} = -105 \text{ mV}$ e que a concentração extracelular de Cl^- é instantaneamente alterada para $[\text{Cl}]_1 = 35 \text{ mM}$ devido à aplicação de um estímulo de $v = +25 \text{ mV}$.

Supondo que neste instante o potencial de Nernst do Na^+ iguala o potencial da membrana:

- Calcule os potenciais de Nernst do Cl^- , antes e após o estímulo.
- Determine a relação entre as condutâncias do K^+ e Cl^- ($g_{\text{K}}/g_{\text{Cl}}$).

R: (a) $V_{\text{Cl}^-}^{\text{antes}} = -107.4 \text{ mV}$; $V_{\text{Cl}^-}^{\text{depois}} = -71.55 \text{ mV}$; (b) $g_{\text{K}}/g_{\text{Cl}} = 0.31$;