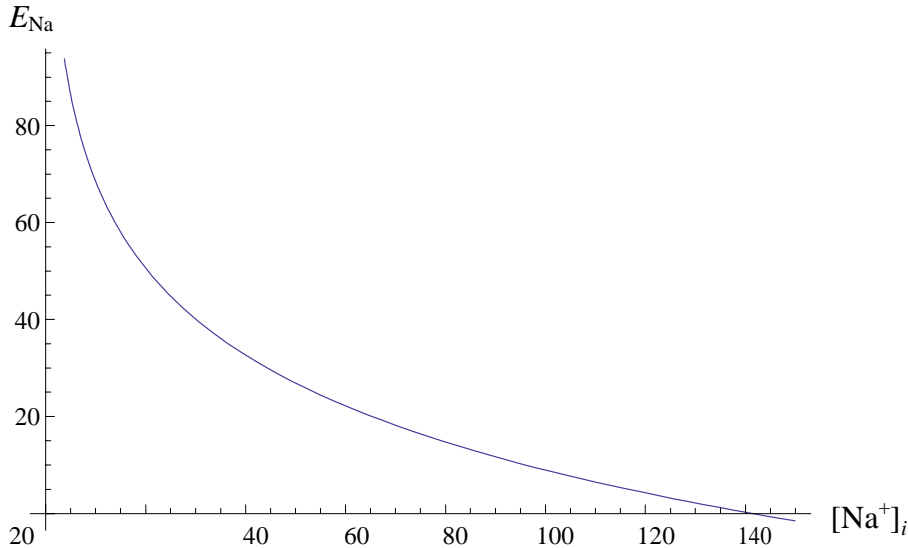


Membraanpotentialiaal 1

Opgave 1, Natrium:

Grafiek van de Nernstvergelijking waarbij $[\text{Na}^+]_i$ veranderd wordt ziet er als volgt uit:



1. Als je de natriumconcentratie binnen de cel dus verhoogt, neemt de Nernstpotentialiaal af.

2. Uiteindelijk gaat het om de ratio $\frac{[\text{Na}^+]_o}{[\text{Na}^+]_i}$; dus de natriumconcentratie buiten de cel twee keer zo klein maken heeft hetzelfde effect als de concentratie binnen twee keer zo groot te maken.

3. Aangezien geldt dat $\log(1) = 0$, is de Nernstpotentialiaal gelijk aan 0 als de ionconcentraties binnen en buiten gelijk zijn.

4. De Nernstvergelijking is in dit geval gelijk aan $E_{\text{ion}} = 60 \cdot \log_{10} \left(\frac{[\text{Na}^+]_o}{[\text{Na}^+]_i} \right)$. Uit de rekenregels voor de logaritme met grondtal 10 geldt dat met elke vermenigvuldigingsfactor 10 in concentratieverhouding buiten: binnen de Nernstpotentialiaal met 60 mV toeneemt.

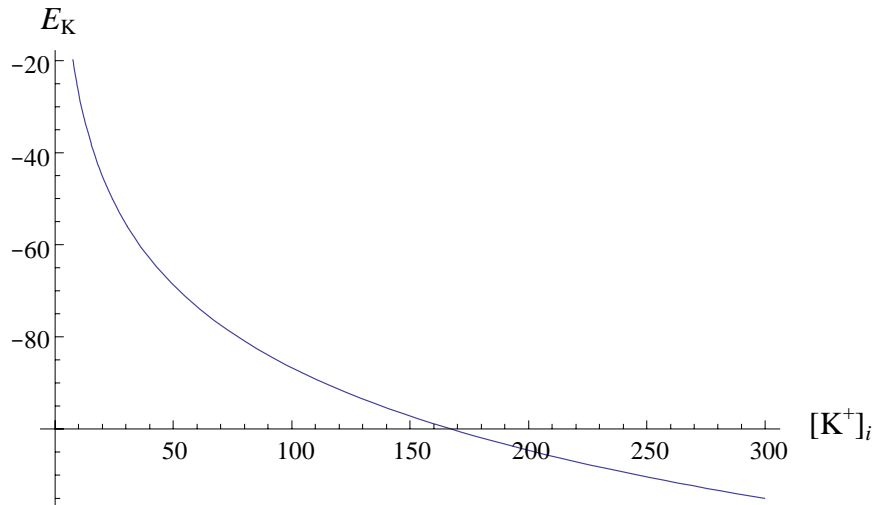
5. Als er maar één ion in het spel is, dan zal de membraanpotentialiaal gelijk zijn aan de Nernstpotentialiaal.

6. De Nernstvergelijking is in dit geval meer algemeen gelijk aan

$$E_{\text{ion}} = \frac{R \cdot T}{F} \cdot \log_{10} \left(\frac{[\text{Na}^+]_o}{[\text{Na}^+]_i} \right)$$
 en hangt dus lineair van de tijd af. Als de temperatuur hoger wordt, zal de membraanpotentialiaal ook hoger worden.

Opgave 2, Kalium:

Grafiek van de Nernstvergelijking waarbij $[K^+]_i$ veranderd wordt ziet er als volgt uit:



1. Als je de kaliumconcentratie binnen de cel dus verhoogt, neemt de Nernstpotentiaal af.

2. Uiteindelijk gaat het om de ratio $\frac{[K^+]_o}{[K^+]_i}$; dus de kaliumconcentratie buiten de cel twee keer zo klein maken heeft hetzelfde effect als de concentratie binnen twee keer zo groot te maken.

3. Aangezien geldt dat $\log(1) = 0$, is de Nernstpotentiaal gelijk aan 0 als de ionconcentraties binnen en buiten gelijk zijn.

4. De Nernstvergelijking is in dit geval gelijk aan $E_{\text{ion}} = 60 \cdot \log_{10} \left(\frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} \right)$. Uit de rekenregels voor de logaritme met grondtal 10 geldt dat met elke vermenigvuldigingsfactor 10 in concentratieverhouding buiten: binnen de Nernstpotentiaal met 60 mV toeneemt.

5. Als er maar één ion in het spel is, dan zal de membraanpotentiaal gelijk zijn aan de Nernstpotentiaal.

6. De Nernstvergelijking is in dit geval meer algemeen gelijk aan

$$E_{\text{ion}} = \frac{R \cdot T}{F} \cdot \log_{10} \left(\frac{[K^+]_o}{[K^+]_i} \right)$$
 en hangt dus lineair van de tijd af. Als de temperatuur hoger wordt, zal de membraanpotentiaal ook hoger worden.

Opgave 3, Natrium en kalium:

De Goldman-Hodgkin-Katz formule voor de membraanpotential is:

$$V_m = 60 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_K \cdot [K^+]_o + P_{Na} \cdot [Na^+]_o}{P_K \cdot [K^+]_i + P_{Na} \cdot [Na^+]_i} \right)$$

1. Als de kaliumconcentratie binnen de cel hoger wordt, dan wordt de noemer onder de logaritme in bovenstaande formule groter en neemt de membraanpotential af; deze komt dus dichterbij de Nernstpotential van kalium te liggen.
2. Alternatieven om hetzelfde effect te bereiken zijn de kaliumconcentratie en/of natriumconcentratie buiten de cel te verlagen.
3. De membraanpotential is gelijk aan nul als de teller en noemer onder de logaritme in bovenstaande formule aan elkaar gelijk zijn; dit is bijvoorbeeld het geval als de ionconcentraties binnen en buiten de cel gelijk aan elkaar zijn.
4. De membraanpotential hangt eigenlijk lineair van de tijd af. Als de temperatuur lager wordt, zal de membraanpotential ook lager worden.

Membraanpotentialiaal 2

Opgave 1:

De gelineariseerde Goldman-Hodgkin-Katz vergelijking is te schrijven als gewogen som van Nernstpotentialen

$$V_m = \alpha \cdot E_K + \beta \cdot E_{Na}$$

met

$$\alpha = \frac{g_K}{g_K + g_{Na}} \quad \text{en} \quad \beta = \frac{g_{Na}}{g_K + g_{Na}}.$$

Er geldt dus: $\alpha + \beta = 1$.

1. Als de geleidbaarheid van natrium toeneemt, neemt α af en dus β toe. De membraanpotentialiaal, als gewogen som van Nernstpotentialen, neemt dus toe en schuift op in de richting van de Nernstpotentialiaal voor natrium. $V_m - E_K$ zal dus groter worden, en de kaliumstroom zal groter worden omdat deze evenredig is met dit potentiaalverschil. Er stromen dus meer kaliumionen naar buiten. De ionstromen blijven elkaar opheffen en dus zal de natriumstroom ook in grootte toenemen, d.w.z. ook meer natriumionen stromen in.
2. Als de geleidbaarheid van kalium toeneemt, neemt β af en dus α toe. De membraanpotentialiaal, als gewogen som van Nernstpotentialen, neemt dus af en schuift op in de richting van de Nernstpotentialiaal voor kalium. $V_m - E_{Na}$ zal dus negatiever worden, en de natriumstroom zal in grootte toenemen omdat deze evenredig is met dit potentiaalverschil. Er stromen dus meer natriumionen naar binnen. De ionstromen blijven elkaar opheffen en dus zal de kaliumstroom ook toenemen, d.w.z. ook meer kaliumionen stromen uit.
3. Depolariseren:
 - g_{Na} omhoog
 - g_K omlaag
 - $[Na]_o/[Na]_i$ omhoog (E_{Na} omhoog)
 - $[K]_o/[K]_i$ omhoog (E_K omhoog)
4. Hyperpolariseren:
 - g_{Na} omlaag
 - g_K omhoog
 - $[Na]_o/[Na]_i$ omlaag (E_{Na} omlaag)
 - $[K]_o/[K]_i$ omlaag (E_K omlaag)
5. Verander de geleidbaarheid van kalium- en natriumkanalen (g_K en g_{Na}) zonder dat de som van deze geleidbaarheden wijzigt.

Actiepotentiaal

5. Prikkel drempel:

Bij een stimulus van 2mA is er geen actiepotentiaal

Bij een stimulus van 10mA is er een actiepotentiaal

Bij een stimulus van 20mA is er eenzelfde actiepotentiaal, die net iets sneller optreedt na het begin van de prikkel.

Experimenteren leidt tot de conclusie dat de prikkel drempel tussen 3 en 4mA ligt.

6. Refractaire periode

Bij stimuli van 2ms en intensiteit 2mA starten op tijdstip 1 ms en 30 ms krijg je twee actiepotentialen.

Bij stimuli van 2ms en intensiteit 2mA starten op tijdstip 1 ms en 10 ms krijg je maar één actiepotentiaal.

We concluderen dat na de opwekking van een actiepotentiaal er een periode is gedurende welke de cel niet kan vuren. Dit heet de relatief refractaire periode.

Experimenteren levert op dat de tweede prikken op tijdstip 19ms geen twee actiepotentialen opgewekt worden en op tijdstip 20 ms wel twee actiepotentialen opwekt.

Als de tweede prikkel een veel grotere intensiteit heeft wordt de relatief refractaire periode korter. Maar ook dan is er een minimale tijdsduur nodig voordat de cel weer kan vuren. Dit heeft de absolute refractaire periode.

Bij een tweede prikkelintensiteit van 50mA vindt je door experimenteren dat de refractaire periode zo'n 10ms is.

7. Refractaire periode

Bij de prikkels van 50, 20 en 10mA worden periodiek actiepotentialen opgewekt. Hoe sterker de stimulus hoe groter de frequentie waarmee de actiepotentialen opgewekt worden.

Bij een prikkel van 5 mA wordt nog meer één actiepotentiaal opgewekt, waarna de potentiaal stabiliseert. Er is dus een minimale continue stimulus nodig voor een serie van actiepotentialen. Dit heet de rheobase. De simulatie wijst in de richting van een rheobase tussen 5 en 5 mA.