

15. Garraioaren oinarri fisiko-kimikoa

1. Difusio indarrak

1.1. Fick-en legea

Lege honen bitartez zehazten da difusio tasa:

$$dQ/dt = D_s A dC_s/dX$$

Q: difunditzen den solutu kantitatea

t: denbora

D_s: solutuaren difusio koefizientea, solutu bakoitzarentzat berezkoa.

A: azalera

C_s: difunditzen ari den solutuaren kontzentrazioa.

X: distantzia

dQ/dt-ri j edo fluxua deritzo eta dC_s/dx kontzentrazio gradientea.

Mintz iragazkor batean adierazten den soluarentzat honelaxe adierazten da Fick legea:

$$J = D_s A dC/l$$

l: lodiera

Beste era batera adierazita:

$$D_s (A/l) = P \text{ edo } J = P (C_1 - C_2)$$

P permeabilitatea edo iragazkortasuna

Sustantzia kargatuekin ezin da formula hau erabili, kargak garraioa erraztu edo zailtzen dutelako.

1.2. Gradiante elektrokimikoa

$$W_k = R T c_b/c_k$$

$$W_e = z F E$$

F: Faraday konstantea R: gas konstantea

T: temperatura

b: barne eta k: kanpo inguruneak

E: ΔV: potentzial diferentzia z: karga

2. Mintz potentziala (Vm)

Def: Zelularen mintzaren bi aldeetan potentzial diferentzia bat egoteari deritzo mintz potentziala. Zelula guztietan agertzen den gertaera da, zelula guztiak elektrikoki kargaturik daudela esan daitekeelarik beraz.

$$V_m = V_{\text{barne}} - V_{\text{kanpoan}}$$

Kanpoko ingurunea erreferentzia bezala hartzen denez 0 mV izango da.

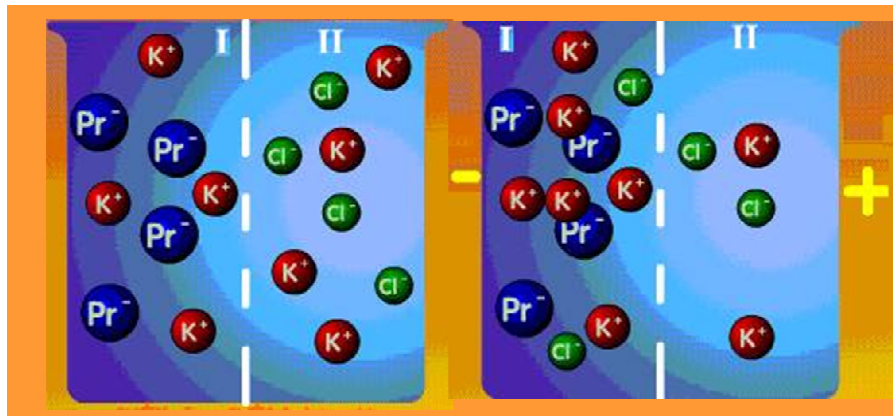
loien banaketa asimetrikoak eragindakoa da mintz potentziala, Donan oreka edo sodio potasio ponpak medio. Honetaz gain kanal ionikoen iragazkortasunak ere eragin du.

2.1. Donan oreka

Esperimentua:

Hasierako egoera:

Orekan:



H₂O -z beteriko kubeta batean mintz erdi iragazkor bat jartzen da, alde batean KCl botaz. Erdi iragazkortasunari esker, K⁺ eta Cl⁻ ioien kontzentrazioa berdintzerajoko du konpartimentuetan:

$$[K^+]_I = [K^+]_{II} \quad [Cl^-]_I = [Cl^-]_{II}$$

Anio (-) iragazkaitzak (proteinak) gehituz gero alde batean, bertako ioiak beste aldera igaroko dira, elektroneutralitatea mantentzen saiatuz, baita kontzentrazio berdintasuna. Gehien mugituko edo desplazatuko dena kasu honetan Cl⁻ izango da, bere negatibotasuna medio.

$$\text{Beraz } [K^+]_I \geq [K^+]_{II} \quad [Cl^-]_I \leq [Cl^-]_{II}$$

Hau da, oreka difusionala lortuko da, oreka honetan ioien mugimendu netoak nuloa delarik.

$$[K^+]_I \times [Cl^-]_I = [K^+]_{II} \times [Cl^-]_{II} \text{ lortzen da,}$$

$$[K^+]_I/[K^+]_{II} = [Cl^-]_{II}/[Cl^-]_I \text{ –ren berdina delarik.}$$

Elektroneutralitate egongo denez honakoa beteko da baita ere:

$$[K^+]_I = [Cl^-]_I + [A^-]_I$$

$$[K^+]_{II} = [Cl^-]_{II} + [A^-]_{II}$$

Honako lortzen delarik ordezkapenak eginez:

$$[Cl^-]_I + [A^-]_I / [K^+]_I = [Cl^-]_{II} / [K^+]_{II}$$

$$[K^+]_I = [Cl^-]_I + [A^-]_I$$

$$[K^+]_{II} = [Cl^-]_{II}$$

$$[K^+]_{II} = x$$

$$[Cl^-]_I = y$$

$$[A^-]_I = z \quad [K^+]_I = y+z \quad (y+z)/x = x/y$$

Ondorioak

- Ioi iragazkaitzak disoluzio batean sartzeak ioi iragazkorren banaketa aldarazten dute.
- Gero eta proteina gehiago gehitu bukaerako oreka hasierakotik ezberdinagoa izango da.
- Proteinak sartzean elektroneutralitatea mantentzeko, ioi iragazkorren banaketa asimetrikoa izan beharko du.

Oreka difusionala:

$[Solutua]_k = [Solutua]_b$, baina zeluletan $[S]_k = [S]_b + [A^-]_b$ izango da, beraz oreka egoteko $[A^-] = 0$ izan beharko du.

Hau berez ez da posible naturan, hori dela eta mekanismo ezberdinak sortu dira presio osmotikoa mantentzeko:

- Mintz plasmatikoa **urarekiko iragaztezina** egitea, hau zelula epitelial batzuek erabiltzen dute.

- b) Mintz plasmatico normalaren inguruan **babeserako horma gogor** bat egotea, adibidez landare eta ondoetan.
- c) Zelularen kanpoan **iragazkaitza izango den elementu bat pilatzea** eta horrek kanpoko presioa handituz berdintzea. Sustantzia hau sodio ioia da orokorrean, iragazkaitz moduan jokatzen duelarik, berez ez izan arren, hau sodio/potasio ponpei zor zaie.

$$[Na^+]_k + [S]_k = [S]_b + [A^-]_b$$

Iragazkaitz moduan jokatzeke posibilitatea Na^+ gradientea mantentzeari esker lortzen da, kanpo eta barne kontzentrazioak orekan mantenduz.

2.3. Nerts-en ekuazioa

Ioiek bi lan edo indar jasaten dituzte, kimikoa eta elektrikoa, W_e eta W_k . Bi lan hauen artean oreka egon beharko du, hau da, gradiente elektrokimikoa nulua izan beharko du.

$$W_k + W_e = 0 \rightarrow W_e = -W_k$$

$$zFE = +(RT \ln (c_k/c_b))$$

E potentzial diferentzia izanik eta hau bakanduz:

$$E_x = (RT/zF) \ln (c_k/c_b)$$

Formula honi esker oreka elektrokimikoa lortzeko zein baldintzak behar diren kalkula daiteke

$$R=0,082 \text{ atm/kmol}$$

$$F= 96500 \text{ c}$$

$$\text{Sinplifikatuz, } Na^+ \text{aren } E_x = 58mV \log (c_k/c_b) \quad |OI +$$

$$E_x = 58mV \log (c_b/c_k) \quad |OI -$$

Proporzioak: Na^+ : k 120nM/b 12nM

K^+ : k5nM/125nM

Cl^- : k125nM/b5nM

Honi esker ioi bakoitzaren potentzial diferentzia kalkula dezakegu.

Ioia oreka potentzian egotean ez da desplazatuko, beraz desplazamendua potentzialak eragingo du egotekotan, oreka potentziala lortzeko.

loiak mintzaren bi aldeetan asimetrikoki banatzean, hauen oreka potentziala ezberdina izango da 0tik. Ioi proportzioarekiko proportzionala izango da potentzial diferentzia. Hau da, zehazturiko potentzial diferentzia gradiente elektrokimikoa 0 izateko behar den potentzial diferentzia bera izango da.

Zeluletan -50mVetik -80mVetara joan daiteke, balio normalena -70 eta -60 artean badago ere.

2.4. Godman-Hodgkin-Katz-en ekuazioa

Mintz potentziala K^+ , Na^+ eta Cl^- ioiek baldintzatzen zutela frogatu zuten **Godman-Hodgkin-Katz**-en ekuazioaren bitartez. Ekuazio hau Nerst-en ekuazioan oinarritzen da, baina [ioi guztien] kontuan hartuz.

Gainera ioi bakoitzaren iragazkortasuna kontuan hartu behar zegoelaz oharkabetu ziren, iragazkortasun gutxi zuten ioiek potentzial diferentzian eragina txikia zutelarik.

Beraz bi faktorek baldintzatzen dute:

- Ioiaren iragazkortasuna
- Ioiaren kontzentrazioa.

Azkenik honako formula lortu zen:

$$V_m = \frac{2,3.R.T}{z.F} \log \frac{[K^+]_k + [Na^+]_k + [Cl^-]_b}{[K^+]_b + [Na^+]_b + [Cl^-]_k}$$

$$P_{Na^+} / P_{K^+} = a, \quad P_{Cl^-} / P_{K^+} = b$$

$$V_m = \frac{2,3.R.T}{z.F} \log \frac{[K^+]_k + a[Na^+]_k + b[Cl^-]_b}{[K^+]_b + a[Na^+]_b + b[Cl^-]_k}$$

$$A = 0,02 = P_{Na^+} / P_{K^+}$$

$$B = 0,1 = P_{Cl^-} / P_{K^+}$$

Askotan ez da kontuan hartzen kloruroa $V_m = -71mV$ lortzen delarik. Zer dela eta ez da kontuan hartzen? Cl^- ponpak ez daudelako eta pasiboki sartzen delako mintz plasmatikoa zehar eta potentzial diferentzial horrek baldintzaturik, beraz ez du aldaketarik eragingo.

2.5. Zelularen potentzial negatiboa

Zelularen barnealdean karga negatibozko gehiegizko kopurua dago, mintzaren inguruan pilatzen direlarik karga horiek.

loi positiboak ordea ugarien, beraz mintz zelularren inguruan metatuko dira kanpoaldetik.

Era honetan elektroneutralitatea mantenduko da bai gune extrazelularrean zein zelularen barneko gune gehienetan. Nolatan gertatzen da? Mintzak kondentsadore moduan lan egiten dutelako.

Karga negatiboaren arrazoiak:

1. *loi negatibo gehiago daudelako*
2. *K^+ delako ioi iragazkorrena eta bere oreka potentziala negatiboa delako*
3. *K^+ erraz igaro daitekeenez, eragin handia izango du V_m -rengan*

Hala ere, atsedendian daudenean bakarrik daude negatiboki kargaturik euren mintzak, mezu edo seinale bat agertuz gero, negatiboagoa (hiperpolarizatu) edo positiboagoa bilaka daitekeelarik (despolarizatu)

Estimulu hauek kanalak irekitzeko gai dira, sodioa bere kontzentrazioaren alde sartuz (voltai menpeko sodio kanala) eta potasioa askatuz (voltai menpeko potasio kanalak).

Karga aldaketa hauek zelulek komunikazioan erabiliko dituzte, baina bakarrik propietate elektriko aktiboak dituztenak gutxi batzuk izango dira horien artean zuntz muskularrak, neuronak eta zelula hartzailak.

