NBE-C2101 Biofysiikka II välikoe 7.4.2017
Koskelainen

Muista kirjoittaa tehtäväpaperiin nimesi ja opiskelijanumerosi.

1. Määrittele tai vastaa lyhyesti:
   a) Voiko tarkastelemasi systeemin entropia pienentyä spontaanissa prosessissa? Perustele.
   b) Gibbsin vapaa energia
   c) Tyhjennysvuorovaikutus
   d) Kriittinen misellikonsentraatio
   e) Reaktiokoordinaatti
   f) Molekulaarinen moottori

2. Esitä kolme erilaista biofysikaalista tilannetta/ilmiötä, jossa esiintyy Boltzmann-tekijä $e^{-\frac{E}{k_B T}}$. Kuvaa lyhyesti kyseiset ilmiöt.

3. Vedessä ($T = 20$ °C) on sähköisesti varattu taso, jonka pintavaraus on $\sigma = -0{,}5e/\mathrm{nm}^2$, missä e on alkeisvaraus. Vedessä on liuenneena yksiarvoista suolaa (NaCl) varaustiheydellä $\rho(x) = \sum_i z_i e c_i(x)$, missä $c_i(\infty) = 90\ mM$.
   a) Lähtien Poisson-yhtälöstä $\nabla^2\psi = -\frac{\rho}{\varepsilon_r \varepsilon_0}$ muodosta Poisson-Boltzmann –yhtälö. Vedelle $\varepsilon_r = 80$ huoneenlämmössä. (2p)
   b) Pienillä potentiaaleilla ($\frac{ze\psi}{kT} \ll 1$) Poisson-Boltzmann saa muodon $\nabla^2\psi = \kappa^2\psi$, missä $1/\kappa$ on Debye-pituus. Mikä on Debye-pituuden lukuarvo kyseisessä liuoksessa? (2p)
   c) Millä etäisyydellä tason pinnasta sähköisen potentiaalin arvo $\psi(x)$ on puolittunut? Voit käyttää lineaarisuusoletusta. (2p)

4. Entsyymi E hajottaa substraattia S reaktiotuotetta P tuottavassa reaktiossa

$$E + S \underset{k_{-1}}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \underset{k_{-2}}{\overset{k_2}{\rightleftharpoons}} E + P.$$

   a) Johda Michaelis-Menten –yhtälö. Esitä tekemäsi oletukset. (2p)
   b) Osoita, että hyvin suurilla [S] substraatin konsentraatio pienenee lineaarisesti ajan funktiona, kun systeemiin ei tuoda lisää substraattia. Selitä sanallisesti, mistä tämä johtuu. (2p)
   c) Osoita, että hyvin pienillä [S] substraatin konsentraatio pienenee eksponentiaalisesti ajan funktiona, kun systeemiin ei tuoda lisää substraattia. Selitä sanallisesti, mistä tämä johtuu. (2p)

5. Solu on liuoksessa, jonka lämpötila on 37 °C ja jossa on 120 mM [Na^+], 5 mM [K^+] ja 125 mM [Cl^-]. Solukalvo läpäisee K^+- ja Na^+-ioneja. Solun sisällä on 1 mM samanlaisia negatiivisesti varattuja proteiineja, 60 mM [Cl^-] ja tuntemattomat pitoisuudet K^+- ja Na^+-ioneja sekä neutraaleja, solukalvoa läpäisemättömiä partikkeleita.
   a) Solussa olevat negatiivisesti varatut proteiinimolekyylit sisältävät kukin 8 karboksyyliryhmää (–COOH), joista osa on dissosioitunut (–COO^- + H^+). Karboksyyliryhmän pK-arvo on 3,7 ja solunsisäinen pH on 7,0. Mikä on proteiinimolekyylien keskimääräinen varausaste? (3p)
   b) Mikä on potentiaaliero ΔV solun sisuksen ja ulkotilan välillä tasapainotilassa? (3p)

$$S = k_B \ln \Omega \qquad S = k_B \ln\left[\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi^{3N/2}}{\left(\frac{3N}{2}-1\right)!}\right)(2mE)^{3N/2} V^N \frac{1}{N!} h^{-3N}\right]$$

$$T = \left(\frac{dS}{dE}\right)^{-1}$$

$$F = E - TS \qquad H = E + pV \qquad G = E + pV - TS$$

$$P_i(E_i) = \frac{1}{Z} e^{-\frac{E_i}{k_B T}}$$

$$p_{equil} = c k_B T$$

$$\Sigma = \frac{Rp}{2}$$

$$j_V = -L_p\left(\Delta p - \Delta c \cdot k_B T\right)$$

$$\phi = \int_A \mathrm{E} \cdot d\overline{A} = \frac{q}{\varepsilon}$$

$$\frac{d\mathrm{E}}{dx} = \frac{\rho_q}{\varepsilon} \qquad \frac{d^2V}{dx^2} = -\frac{\rho_q}{\varepsilon}$$

$$\frac{d^2V}{dx^2} = -\sum_i \frac{z_i e}{\varepsilon} c_{i0} e^{-\frac{z_i e V(x)}{k_B T}}$$

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{\varepsilon k_B T}{\sum_i (z_i e)^2 c_0}}$$

$$\mu_\alpha = -T \left.\frac{dS}{dN_\alpha}\right|_{E, N_{\beta, \beta \neq \alpha}} \qquad \mu = k_B T \ln\left(\frac{c}{c_0}\right) + \mu^0(T) + zeV$$

$$a = e^{\frac{\mu - \mu^0}{k_B T}}$$

$$\Delta G^0 = \nu_{k+1}\mu^0_{k+1} + \ldots + \nu_m \mu^0_m - \nu_1 \mu^0_1 - \ldots - \nu_k \mu^0_k$$

$$K_{eq} \equiv e^{-\frac{\Delta G^0}{k_B T}} = \frac{[X_{k+1}]^{\nu_{k+1}} \cdots [X_m]^{\nu_m}}{[X_1]^{\nu_1} \cdots [X_k]^{\nu_k}}$$

$$pK_{eq} = -\log_{10} K_{eq}$$

$$\beta = -\frac{d[HA]}{d(pH)}$$

$$V_0 = \frac{V_{\max}[S]}{[S] + K_m}$$

$$j_{q,i} = z_i e j_i = (\Delta V - V_i^{Nernst}) g_i$$

$$\Delta V = \frac{g_K V_K^{Nernst} + g_{Na} V_{Na}^{Nernst} + g_{Cl} V_{Cl}^{Nernst}}{g_K + g_{Na} + g_{Cl}}$$

BECS-C2101 Biofysiikka Vakioiden arvoja ja kaavoja

$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C
$R = 8{,}31$ J/(K mol) = 1,99 cal/(K mol)
mM = millimoolia/litra
$N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}
$M_{vesi} = 18$ g/mol
$\rho_{vesi} = 1000$ kg/m^3

$k_B = 1{,}381 \cdot 10^{-23}$ J/K
$F = 96\,487$ C/mol = 23061 cal/(V mol)
0 °C = 273,15 K
$\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$ CV^{-1}m^{-1}
$g = 9{,}81$ m/s^2
$h = 6{,}26 \cdot 10^{-34}$ Js

$\sinh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \approx x$, kun x << 1

Differentiaaliyhtälön $\frac{d^2y}{dx^2} = a^2$ ratkaisu on muotoa $(x) = A_1 e^{ax} + A_2 e^{-ax}$

$e^x - e^{-x} = 2sinhx \approx 2x, kun\ x \ll 1$

$\ln N! \approx N \ln N - N$

Pallokoordinaatiostossa radiaalisuuntaan: $\nabla^2 = \frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2 \frac{d}{dr}\right)$

$pV = Nk_BT = nRT$

$P(v_x) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v_x - \langle v_x \rangle)^2}{2\sigma_x^2}}$ 1−dim.

$\frac{-dV}{V^2}$

$\left\langle \left(\overline{r_N}\right)^2 \right\rangle = \left\langle (x_N)^2 \right\rangle + \left\langle (y_N)^2 \right\rangle + \left\langle (z_N)^2 \right\rangle = 6Dt$

$v_{drift} = \frac{f}{\varsigma}$

$\varsigma = 6\pi\eta R$

$\varsigma D = k_BT$

$R_G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i \overline{r_i}^2}{\sum_{i=1}^{N} m_i}} = \sqrt{\frac{\left\langle \overline{r_N}^2 \right\rangle}{6}}$

$D\nabla^2 c = \frac{\partial c}{\partial t}$

$j = D(-\frac{\partial c}{\partial x} + \frac{q}{k_BT}\varepsilon c)$

$\kappa = \frac{l}{A}\frac{1}{R} = \sum_i \frac{D_i q_i^2 c_i}{k_BT}$

$Q = \frac{\pi R^4}{8L\eta} p$

$I = -NK\sum_{j=1}^{M} P_j \ln P_j$