
FYSA270 Biologinen fysiikka / JY

Loppukoe (Perjantai 10.06.2011, tentaattori: J. Akola)

Tehtävä 1. (3 p)

Tarkastele satunnaiskävelijää, jonka paikka hetkellä t on $\vec{r}(t)$. Olkoon $\vec{r}(0) = 0$. Osoita (johda), että satunnaiskävelijälle $\langle [\vec{r}(t) - \vec{r}(0)]^2 \rangle \sim A t^x$, jossa eksponentti $x = 1$.

Edellisen osan etetekijä A on verrannollinen diffuusiotekijään D . Seuraavaksi oletetaan, että satunnaiskävelijä on (integraali)proteiini, joka liikkuu solukalvon pinnan suuntaisesti siihen upotettuna. Solukalvo ympäröi pallomaista solua, jonka halkaisija on $30 \mu\text{m}$. Arvioi kuinka kauan kestää, että ko. proteiini kulkee satunnaiskävelijän tavoin liikkuen solun ympäri lähtöpisteestä solun vastakkaiselle puolelle ja sieltä takaisin. Voit olettaa, että proteiinin diffuusiotekijä on suuruudeltaan $D = 1 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$.

Tehtävä 2. (12 p)

Määrittele oheiset käsitteet ja keskustele niistä. Voit piirtää myös havainnollistavia kuvia.

- Solukalvopotentiaali. (1 p)
- Kemiallinen potentiaali. (1 p)
- Vapaa energia. (1 p)
- Adenosinitrifosfaatti (ATP). (1 p)
- Arrhenius-laki (Arrhenius-kuvaus). (1 p)
- Michaelis-Mentenin sääntö. (1 p)
- pK ja pH ja niiden välinen yhteys. Mitä tapahtuu, kun tarkasteltavan aineen pK on pienempi kuin nesteen pH ? Voiko pK olla nolaa pienempi? (2 p)
- Mikä on allaolevan yhtälön merkitys?

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

Mitä ovat muuttujat? (1 p)

- Reynoldsin luku. (1 p)
- Vetyidos ja sen merkitys biomolekyylien rakenteen kannalta. (2 p)

Tehtävä 3. (3 p)

Tyypillisesti tekstikirjoissa kerrotaan ATP:n hydrolyysissä vapautuvan energiaa $\Delta G'^0 = -7.3 \text{ kcal/mol}$. Toisaalta on todettu, että eräs molekyylimoottori kuluttaa yhden ATP-molekyylin per askel ja tekee tällöin työtä $14 k_B T$:n verran. Osoita näiden väitteiden yhteensopivuus lähtien liikkeelle tiedosta, että tyypilliset solunsisäiset konsentraatiot ovat: $[\text{ATP}] = 0.01$ (eli $c_{\text{ATP}} = 10 \text{ mM}$), $[\text{ADP}] = 0.001$ ja $[\text{P}_i] = 0.01$ (tämä viimeinen on siis inorgaaninen fosfaatti).

KÄÄNNÄ SIVUA!

Tehtävä 4. (6 p)

Entropia voi saada aikaan entropisen voiman. Tätä varten tarkastele Gaussista ketjua, jossa N monomeeriä on kytketty lineaarisesti toisiinsa siten, että ainoa monomeerien välinen sisäinen potentiaali on monomeeri-monomeeri kytkentä (joka pitää kahden toisiinsa kytketyn monomeerin etäisyyden ℓ vakiona). Muilta osin monomeerit saavat mennä päällekkäin ja ketjun peräkkäiset segmentit voivat heilua vapaasti suhteessa toisiinsa. Laske tällaiselle ketjulle sen vapaaenergia. Laske siitä edelleen voima, joka tarvitaan ketjun päiden välisen etäisyyden pitämiseksi vakiona. [Vinkki: lähde liikkeelle Gaussisesta jakaumasta.]

Tehtävä 5. (6 p)

Tee allaolevista *joko* kohta (a) *tai* (b).

(a) Oleta nesteen olevan kokoonpuristumatonta ja oleellisesti homogeenista. Samalla oletta, että nesteessä oleva kalvo on puoliläpäisevä siten, että se päästää lävitseen kaiken nesteen, mutta ei siinä olevia liuotainepartikkeleita kuten ioneja, joiden lukumääräkonsentraatio on c . Puoliläpäisevän kalvon ylitse muodostuu silloin niin kutsuttu osmoottinen paine, joka lämpötilassa T ideaalikaasun tyyppiselle systeemille noudattaa van 't Hoffin yhtälöä $p_{\text{equil}} = c k_B T$. Johda tämä yhtälö ja keskustele sen merkityksestä biologisissa systeemeissä.

(b) Kirjoita esse molekyyli-moottoreiden toimintaperiaatteista ja yhteydestä malleihin termisistä räikistä (thermal ratchets).