

Magistrieksami ülesanded

1. Kirjeldage, kuidas valmistate 100 ml suhkrulahust (sahharoos), mille osmootne rõhk oleks toatemperatuuril 1 MPa.
2. Joogiveeklaasis on 200 ml vett ja selles ujub 50 g jääd. Mitme protsendi võrra tõuseb vee tase jää sulades?
3. Mitu vee molekuli tuleb ühe suhkrumolekuli kohta 0.1 M lahuses?

16. Keemilises reaktsioonis läheb elektron orbiidilt raadiusega $4A$ üle uuele orbiidile raadiusega $5A$. Kui suur on niisuguse reaktsiooni keemilise energia muutus mooli kohta? Elektroni laeng on $e = 1.601 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, mass on $9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, elektriline konstant $k_e = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

Tuuma ümber tiirleva elektroni koguenergia: $E_k + E_p = -\frac{k_e e^2}{r} + \frac{k_e e^2}{2r} = -\frac{k_e e^2}{2r}$

$$\Delta E = N_a \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (1.601 \cdot 10^{-19})^2 \left(\frac{1}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-10}} - \frac{1}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-10}} \right) = N_a \cdot 2.307 \cdot 10^{-28} (1.25 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^9) = N_a \cdot 5.768 \cdot 10^{-20} = 3.478 \cdot 10^4 \text{ J} = 34.78 \text{ kJ}$$

17. ATP hüdrolyüsil vabaneb 35 kJ mol^{-1} . Kui kõrgele lendaks vabanenud ADP kui kogu energia kasutatakse liikumiseks? Kui kõrgele lendaks fosforhappe jääk kui molekul oleks orienteeritud vastupidiselt eelmisele näitele? ADP molekulmass on 410, fosforhappejäägil 96.

$$mgh = 35000; h_{ADP} = \frac{35000}{0.41 \cdot 9.81} = 8700 \text{ m}; h_{Pi} = \frac{35000}{0.096 \cdot 9.81} = 37000 \text{ m}$$

18. Kõrgushüppaja massiga 80 kg hüppab 2 m. Mitu mooli ATP tuleb hüppel hüdrolyüsida, kui lihaste mehaaniline kasutegur on 20% ja ATP hüdrolyüsienergia on 35 kJ mol^{-1} ?

$$80 \cdot 9.81 \cdot 2 = n \cdot 35000 \cdot 0.2, \text{ kust } n = \frac{80 \cdot 9.81 \cdot 2}{35000 \cdot 0.2} = 0.224 \text{ mooli}$$

19. Jaaniussike helendab siniselt. Kas ühe ATP energiast jätkub ühe kvandi kiirgamiseks? Kui ei, siis mitme ATP energia oleks vaja summeerida? Arvesta ATP hüdrolyüsi energiaks 35 kJ mol^{-1} .

Siniste kvantide energia on umbes 3 eV ehk $3 \cdot 96.5 = 290 \text{ kJ mol}^{-1}$ Tarvis oleks $290/35 = 8.3$ mooli energia.

20. Fotosünteesis kulub ühe CO₂ sidumiseks 10 punast kvanti. Kilogrammi puidu põlemisel saadakse soojust 3500 kcal. Kui suur on fotosünteesi energeetiline kasutegur?

10 mooli punaseid kvante = $10 \cdot 1.8 \cdot 96.5 = 1737$ kJ. Puit on süsivesik nCH₂O molekulmassiga n* 30. Seega, 1 kg puidu = $1000/30 = 33.3$ mooli põlemisel eraldub iga mooli kohta $3500/33.3 = 105$ kcal = $105 \cdot 4.18 = 439$ kJ. Fotosünteesi energeetiline kasutegur on $439/1737 = 0.253 = 25.3\%$

22. Päikese spektris on kvandi keskmine energia 2.2 eV ja kvante langeb 2000 μmol m⁻² s⁻¹. Kui suur on päikesekiirguse võimsus maapinna ruutmeetri kohta?

Võimsuse arvutamiseks tuleb kvantide voo energia ümber arvutada wattidesse. Aluseks võtame selle, et 1 mool e⁻ läbides potentsiaalide vahe 1 V vabastab 96.5 kJ energiat. Meil on $2.2 \text{ V} \times 96.5 \times 2000 \times 10^{-6} = 0.425$ kW

24. Kui suure veesisaldusega puitu on veel võimalik põletada, nii et soojust eraldub? Võtke kuiva puidu põlemissoojuseks 3500 kcal kg⁻¹, vee aurumissoojuseks 560 cal g⁻¹.

1 kg kuiva puidu põlemisel eraldub soojust 3500 kcal aurustab $3500/560 = 6.25$ kg vett. Seega, kui kogu puidu mass oleks $1 + 6.25 = 7.25$ kg, siis põlemissoojus oleks võrdne aurumis-soojusega. Sellise puidu protsentuaalne veesisaldus oleks $6.25/7.25 = 0.86 = 86\%$. Metsamärja puu veesisaldus on alati väiksem, seega on võimalik põletada ka märga puitu.

26. Mitu mooli õhku on keskmiselt 1 m² maapinna kohal atmosfääris? Mitu mooli on CO₂? Mitu mooli CO₂ on kogu maakera atmosfääris?

Normaalne atmosfäärirõhk on 101300 N m^{-2} (=Pa), millele vastab mass $101300/9.81 = 10326 \text{ kg m}^{-2}$. Õhu keskmine molekulmass on $0.21 \cdot 32 + 0.78 \cdot 28 + 0.01 \cdot 36 = 29 \text{ Da}$. Seega, iga m² kohal on $10326/0.029 = 356069$ mooli õhku. Sellest on CO₂ 0.00036 osa, ehk $0.00036 \cdot 356069 = 128$ mooli CO₂ m⁻². Maakera pindala on $4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (6.36 \times 10^6)^2 = 5.08 \times 10^{14} \text{ m}^2$, CO₂ moole on 6.5×10^{16} .

29. Taimelhel on 5000 õhulõhet 1 cm²-l. Iga õhulõhe ava on 10 μm pikk ja 5 μm lai, kanali pikkus risti läbi epidermise on 10 μm. Kui suur saab maksimaalselt olla fotosünteesis CO₂ assimilatsiooni kiirus, ühikutes μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, kui õhus on CO₂ kontsentratsioon 14 μM ja lehe sisemuses 6 μM. CO₂ difusioonikonstant õhus on 0.16 cm² s⁻¹.

Arvestades difusiooni ainult õhulõhe torus, on difusioonivoog iga ruutsentimeetri kohta

$$A = 5000 \cdot 0.16 \cdot \frac{(14 - 6) \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 10^{-4}} = 3.2.$$

Ühikuks on $\frac{1 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{nmol} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{cm}} = \frac{\text{nmol}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$. Nõutud ühikutes oleks väärtus

$3.2 \times 10000/1000 = 32 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Pange tähele, et kui difusioonikonstant on antud cm² baasil, siis ka kõik teised suurused, kaasa arvatud kontsentratsioon, tuleb anda cm³ baasil, mitte liitri kohta.

33. Aine A muundub keemiliselt aineks B, kusjuures aines B on siseenergia 24 kJ mol⁻¹ kohta väksem kui aines A. Missugune on ainete A ja B kontsentratsioonide suhe keemilise tasakaalu korral toatemperatuuril?

$$\Delta E = RT \ln \frac{B}{A}; 24 = 8.314 \cdot 293 \ln \frac{B}{A}; \text{Antilogaritmime mõlemad pooled:}$$

$e^{\frac{24000}{2436}} = \frac{B}{A} = e^{9.85} = 19000$. Pange tähele, et seda ainet, mille energia on madalam, peab tasakaaluseisundis rohkem olema.

41. Kui suur on füsioloogilise lahuse osmootne rõhk?

Füsioloogiline on 0.9% soolalahus, kus on 0.9 g soola 100 g lahuses. 1 kg = 1l lahuses on siis 9 g soola. NaCl molekulmass on 23 + 35 = 58 g mool⁻¹. 9 g moodustab 9/58 = 0.155 M. Arvestades, et Na⁺ ja Cl⁻ dissotsieeruvad täielikult, annab kumbki ioon eraldi osmootse rõhu, seega on lahus ekvivalentselt 0.31 M. Toatemperatuuril on niisuguse lahuse osmootne rõhk 24 x 0.31 = 7.44 atm ehk 0.754 MPa

42. Kui suur on turgor-rõhk taimerakus, mis asetseb 10 m kõrgusel maapinnast ja milles on 0.3 M osmootselt aktiivsete ainete lahus? Seesama rõhk kui rakk oleks maapinnal?

0.3M lahus põhjustab toatemperatuuril osmootse rõhu 0.3*24 = 8 atm. Turgorrõhk oleks niisama suur kui rakk oleks maapinnal. Kui see on aga 10 m kõrgusel, väheneb turgorrõhk vee üles-surumiseks vajaliku võrra, mis on umbes 1 atm. Seega, 10 m kõrgusel on turgor-rõhk 7 atm.

43. Kevadel voolab kasemahl, milles on lahustunud 120 g sahharoosi liitri kohta. Kui kõrgele tõuseb mahl kui eeldada, et juurte pinnal on ideaalsed pool-läbilaskvad membraanid ja maapinnas on vett vabalt saada.

Mahlasammas tõuseks nii kõrgele, et selle vasturõhk tasakaalustaks osmootse rõhu. Sahharoosi (12*CH₂O) molaarmass on 12*30= 360. 120 g sahharoosi liitris on 0.3M lahus, mille osmootne rõhk on 8 atm. Veesamba rõhk on umbes 10 m atmosfääri kohta, seega vesi tõuseks kuni 80 m kõrgusele.

46. Biomembraani lipiidosa paksus on 50Å. Potentsiaalide vahe membraanil on 0.2V. Mitu Volti/mm kohta on elektrivälja tugevus ja kas see võiks olla läbilöögi-ohklik, arvestades õlide läbilöögi-väljatugevuseks 30000 V/mm?

Elektrivälja tugevust mõõdetakse laenguühikule mõjuva jõuga, aga see on ekvivalentne pikkusühikule vastava tööga, seega potentsiaali muutusega pikkusühiku kohta. Potentsiaalide vahe 0.2V 50Å kohta on 0.2/(50 10⁻⁷ mm) = 40000 V/mm. Paistab, et ongi läbilöögi-ohklik.

48. Membraanil $\Delta pH = 3$ aga elektriline potentsiaalide vahe puudub. Kui suur on membraanil vabanenud energia ühe mooli prootonite läbimisel?

Valem on $\Delta E = RT \ln \frac{H_i}{H_o}$. Meie juhul H^+ iooni kontsentratsioonide suhe on 1000.

Seega arvudes $\Delta E = 2.4 \ln 1000 = 2.4 \cdot 6.9 = 16.6 \text{ kJ mol}^{-1}$.

49. Missugune on inimorganismis raku membraanil tasakaaluline potentsiaalide vahe kui K^+ ionide kontsentratsioon raku sees on 10 mM ja väljaspool rakku 100 μM , K^+ ioone juhtiv kanal on avatud?

Avatud kanali korral kontsentratsioonide vahe energia võrdsustub potentsiaalide vahe

energiaga $F\Delta U = RT \ln \frac{K_i}{K_o}$ kust $\Delta U = \frac{RT}{F} \ln \frac{K_i}{K_o} = \frac{2.4}{96} \ln 1000 = 0.025 \cdot 6.9 = 0.17 \text{ V}$

50. Arvatakse, et kogu atmosfääris olev hapnik on tekkinud fotosünteesist. Kui see on nii, siis mitu kg orgaanilist ainet (CH_2O ekvivalendis) peaks olema maa sees igal ruutmeetril?

Normaalne atmosfäärirõhk on 101300 N m^{-2} (=Pa), millele vastab mass $101300/9.81 = 10326 \text{ kg m}^{-2}$. Õhu keskmine molekulmass on $0.21 \cdot 32 + 0.78 \cdot 28 + 0.01 \cdot 36 = 29 \text{ Da}$. Seega, iga m^2 kohal on $10326/0.029 = 356069$ mooli õhku. Sellest on O_2 0.21 osa, ehk $0.21 \cdot 356069 = 74774.49$ mooli $\text{O}_2 \text{ m}^{-2}$. Kuna fotosünteesiprotsessis tekib CH_2O ja O_2 võrdses moolhulkades, siis peaks igal ruutmeetril olema samapalju moole CH_2O –d. Massiühikutes teeks see $74774.49 \cdot 30 = 2243235 \text{ g} = 2243 \text{ kg} = 2.24 \text{ tonni/m}^2$! Kas ikka on nii palju naftat, põlevkivi ja kivisütt?

52. Mitokondri membraanil on potentsiaalide vahe 100 mV, $\Delta pH = 1$, temperatuur 36 C. Hingamise käigus hoitakse ATP/ADP suhe = 5, Pi kontsentratsioonil 5 mM. Kui palju energiat vabaneb (mooli kohta) soojusena ATP süntaasi reaktsioonis (eeldage prootonikulu $4H^+/\text{ATP}$ ja ATP hüdrolyüsi standard-energiat 30 kJ mol^{-1})?

Temperatuuril 36 C $RT = 8.315 \cdot 309 = 2569.3 \text{ J mol}^{-1}$. Ühe mooli elektronide läbiliikumisel vabanenud energia on $96500 \cdot 0.1 + 2569.3 \cdot \ln 10 = 15566 \text{ J mol}^{-1}$. Nelja mooli liikumisel vabanenud energia on $4 \cdot 15566 = 62264 \text{ J mol}^{-1}$. Etteantud kontsentratsioonide juures on ATP sünteesiks vajalik energia $30000 + RT \ln (\text{ATP}/(\text{ADP} \cdot \text{Pi})) = 30000 + 2569 \cdot \ln (5/0.005) = 47746 \text{ J mol}^{-1}$. Soojust tekib $62264 - 47746 = 14518 \text{ J mol}^{-1}$, ehk ATP süntaasi energieetiline kasutegur on $47746/62264 = 0.77$

53. Mitokondri membraanil on potentsiaalide vahe 100 mV, $\Delta pH = 1$, temperatuur 36 C. Missugune oleks nendes tingimustes tekkiv tasakaaluline ATP/ADP suhe, kui Pi kontsentratsioon on 5 mM (eeldage prootonikulu $4H^+/\text{ATP}$ ja ATP hüdrolyüsi standard-energiat 30 kJ mol^{-1})?

Temperatuuril 36 C $RT = 8.315 \cdot 309 = 2569.3 \text{ J mol}^{-1}$. Ühe mooli elektronide läbiliikumisel vabanenud energia on $96500 \cdot 0.1 + 2569.3 \cdot \ln 10 = 15566 \text{ J mol}^{-1}$. Nelja mooli liikumisel vabanenud energia on $4 \cdot 15566 = 62264 \text{ J mol}^{-1}$. Keemilise tasakaalu

korral see peab võrduma ATP süsteemi energiaga $62264 = 30000 + RT \ln$
(ATP/(ADP*Pi)). Siit $RT \ln(ATP/ADP*Pi) = 32264$ ja $ATP/(ADP*Pi) = \exp(32264/RT)$
 $= \exp(32264/2569) = \exp 12.6 = 284637.7$. Siit $ATP/ADP = 284637.7 * 0.005 = 1423$.

Kui aga ATP sünteesiks kuluks 3 H⁺, siis energia oleks $46698 = 30000 + RT \ln$
(ATP/(ADP*Pi); Siit $RT \ln(ATP/ADP*Pi) = 16698$ ja $ATP/(ADP*Pi) = \exp(16698/RT)$
 $= \exp(16698/2569) = \exp 6.499 = 665$. Siit $ATP/ADP = 665 * 0.005 = 3.32$. See oleks nagu
reaalsem suurus!