

LÄÄKETIETEEN ALAN VALINTAKOE  
26.5.2010

VASTAUSANALYYSIT

TEHTÄVÄKOHTAISET PISTEET:

|    |    |    |          |     |
|----|----|----|----------|-----|
| 1  | 2  | 3  | 4        |     |
| 13 | 10 | 14 | 11       |     |
| 5  | 6  | 7  | 8        |     |
| 9  | 11 | 12 | 7        |     |
| 10 | 11 | 12 |          |     |
| 13 | 10 | 14 | 6        |     |
| 12 | 9  |    |          |     |
|    |    |    | yhteensä | 151 |

Vastausanalyysin tavoitteena on antaa valintakokeeseen osallistuville yleisluonteinen kuvaus kunkin valintakoe tehtävän osalta arvostelun perusteena käytettävistä keskeisimmistä asiasäällöistä. Analyysi on suuntaa antava, ei täydellinen mallivastaus. Lääketieteelliset tiedekunnat varaavat oikeuden täsmentää pisteytystä ja pisteytykseen vaikuttavia yksittäiskohtia.

Vastausanalyysit

**Tehtävä 1**

Kirjoita tehtävämonisteessa olevan tekstikappaleen numeroidut, viivalla merkityt puuttuvat sanat (substantiivi tai adjektiivi) alla olevaan taulukkoon. Kunkin vastaustaulukon numeroitua kohtaan merkitä ainoastaan yksi sana. Jos kohtaan on merkitty enemmän kuin yksi sana, tulkitaan kohta väärin ratkaistuksi.

13 pistettä

|    |  |
|----|--|
| 1  | immuunipuolustusta/vasta-ainetuotantoa |
| 2  | pepsimille                             |
| 3  | rengaspainot                           |
| 4  | villukset                              |
| 5  | mikroviillukset                        |
| 6  | tiivit                                 |
| 7  | liitokset                              |
| 8  | eksosytoosiin                          |
| 9  | konneksiini                            |
| 10 | kanavien                               |
| 11 | transsytoosiin                         |
| 12 | tyvikalvo                              |
| 13 | transsytoosi                           |

Galenos: 152, 153-154, 156, 186, 187-190, 193, 207, 327, 333, 346, 386, 387, 393, 394-395, 402-403, 416, 432, 456, 485, 487-488, aineisto

## Tehtävä 2

Ydinvoimalaonnettomuudessa vapautuu ilmakehään  $^{137}\text{Cs}$ - ja  $^{131}\text{I}$ -isotooppeja sisältävä radioaktiivinen pilvi. Pilvi aiheuttaa tarkasteltavalle alueelle laskeuman, jonka aktiivisuus pinta-alaa kohti on  $A_I = 3,0 \text{ kBq/m}^2$  ( $^{131}\text{I}$ ) ja  $A_{CS} = 1,0 \text{ kBq/m}^2$  ( $^{137}\text{Cs}$ ). Puolintumisaajat ovat  $T_I = 8,0 \text{ d}$  ja  $T_{CS} = 30,0 \text{ a}$ . Onnettomuushetkellä polttoaineessa  $^{137}\text{Cs}$ -atomien määrä oli 203 kertaa suurempi kuin  $^{131}\text{I}$ -atomien määrä. Voit olettaa, että näiden isotooppien moolimassat ovat vastaavasti  $137 \text{ g/mol}$  ja  $131 \text{ g/mol}$ .

- a) Kuinka paljon on näiden radioaktiivisten isotooppien massa neliometriä kohti? (3 p)

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}, A = \lambda N, N = A/\lambda$$

Laskeetaan isotooppien lukumäärät neliometriä kohti. Muunnetaan puolintumisaajat sekunniksi:

$$N_I = A_I/\lambda_I = \frac{A_I T_I}{\ln 2} = 3,0 \text{ kBq/m}^2 \cdot (8,0 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ s} / \ln 2 = 2,99 \cdot 10^9 / \text{m}^2$$

$$m_I = \frac{N_I}{6,02 \cdot 10^{23}} \cdot 131 \text{ g} = 6,51 \cdot 10^{-13} \text{ g/m}^2 \approx 6,5 \cdot 10^{-13} \text{ g/m}^2$$

$$N_{CS} = A_{CS}/\lambda_{CS} = \frac{A_{CS} T_{CS}}{\ln 2} = 1,0 \text{ kBq/m}^2 \cdot (30,0 \cdot 365 \cdot 25 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ s} / \ln 2 = 1,366 \cdot 10^{12} / \text{m}^2$$

$$m_{CS} = \frac{N_{CS}}{6,02 \cdot 10^{23}} \cdot 137 \text{ g} = 3,11 \cdot 10^{-10} \text{ g/m}^2 \approx 3,1 \cdot 10^{-10} \text{ g/m}^2$$

- b) Kuinka kauan radioaktiivinen pilvi on ollut matkalla ennen laskeumaa? (7 p)

Molempien isotooppien aktiivisuus on pienentynyt pilven kulkiessa ajan  $t$  ennen laskeumaa:

$$A_I = A_{I,0} e^{-\lambda_I t} = \lambda_I N_{I,0} e^{-\lambda_I t}, A_{CS} = A_{CS,0} e^{-\lambda_{CS} t} = \lambda_{CS} N_{CS,0} e^{-\lambda_{CS} t}$$

Aktiivisuuksien suhteelle saadaan:

$$\frac{A_I}{A_{CS}} = \frac{\lambda_I N_{I,0}}{\lambda_{CS} N_{CS,0}} = e^{(\lambda_{CS} - \lambda_I)t}, \frac{A_I \lambda_{CS} N_{CS,0}}{A_{CS} \lambda_I N_{I,0}} = e^{(\lambda_{CS} - \lambda_I)t}$$

Tästä voidaan ratkaista aika:

$$t = \frac{1}{\lambda_{CS} - \lambda_I} \ln \frac{A_I \lambda_{CS} N_{CS,0}}{A_{CS} \lambda_I N_{I,0}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}, \lambda_I = \frac{\ln 2}{8,0 \text{ d}} = 0,08664 / \text{d}, \lambda_{CS} = \frac{\ln 2}{30,0 \cdot 365 \cdot 25 \text{ d}} = 6,326 \cdot 10^{-5} / \text{d}$$

$$t = \frac{1}{6,326 \cdot 10^{-5} / \text{d} - 0,08664 / \text{d}} \ln \frac{3000 \cdot 6,326 \cdot 10^{-5}}{1000 \cdot 0,08664} = 9,36 \text{ d} \approx 9,4 \text{ d. Pilvi on kulkenut n. 9,4 vuorokautta.}$$

Galeos: 498, 504-505, 513

## Tehtävä 3

14 pistettä

- a) Ilmassa on 250000 hiukasta/ $\text{cm}^3$ . Oletetaan, että hiukasta 99,70 % on halkaisijaltaan  $< 0,3 \mu\text{m}$  ( $< 0,3$ -hiukkaset). Näiden massa on kuitenkin vain 0,30 % hiukkasten kokonaismassasta, joka on 75  $\mu\text{g}$  kuutiometrissä ilmaa. Mikä on  $< 0,3$ -hiukkasten keskimääräinen massa? (3 p)

$$< 0,3\text{-hiukkasten massa on } 0,30/100 \cdot 75 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 0,225 \mu\text{g ja lukumäärä huomioidulla muunnos } 1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 \text{ on } 99,7/100 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 2,49 \cdot 10^{-11} \text{ kg, joten keskimääräinen massa on } 0,225 \mu\text{g} / 2,49 \cdot 10^{-11} = 9,04 \cdot 10^{-19} \text{ g} \approx 9,0 \cdot 10^{-19} \text{ g}$$

- b) Kuinka suuri vetovoima vaikuttaa kahden massaltaan 0,11 ng:n hiukkasen välillä, kun ne ovat 0,15 mm:n etäisyydellä toisistaan? (3 p)

$$F = \gamma m_1 m_2 / r^2 = 6,6742 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot (0,11 \cdot 10^{-12} \text{ kg})^2 / (0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 = 3,589 \cdot 10^{-29} \text{ N} \approx 3,6 \cdot 10^{-29} \text{ N}$$

- c) Kaksi pienhiukasta ionisoidaan siten, että kumpikin saa sähkövarauksen, joka on nelinkertainen elektronin varaukseen verrattuna. Hiukkaset ovat alkutilanteessa 0,10 mm:n etäisyydellä toisistaan, mutta liikkuvat siten kauemmaksi toisistaan. Kuinka monta prosenttia hiukkasten välillä vaikuttavasta alkuperäisestä sähköisestä voimasta on jäljellä hiukkasten välisen etäisyyden ollessa 1,0 mm? (3 p)

$$F = Q_1 Q_2 / (4 \pi \epsilon_0 r^2), \text{ Voima on siis kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön eli } F \propto 1/r^2. \text{ Kysytty prosenttiosuus on: } 100 \cdot \frac{1/r_1^2}{1/r_2^2} = 100 \cdot \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 100 \cdot \left(\frac{0,10}{1,0}\right)^2 \approx 1,0 \%$$

- d) Sähköisesti varattu hiukkanen (varaus 4e) ohjataan ilmapinnan mukana elektroniseen ilmapuhdistimeen, jonka keruosa muodostuu viirekkäistä metallilevyistä, jotka ovat 11 mm:n etäisyydellä toisistaan ja joiden välillä on 4,0 kV:n jännite. Kuinka suuri voima vaikuttaa hiukkaseen, kun se on levyjen välissä? (3 p)

$$F = QE = QU/d = 4 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4000 \text{ V} / 11 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,330 \cdot 10^{-13} \text{ N} \approx 2,3 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

- e) Massaltaan 0,11 ng:n hiukasta kertyy edellä mainittujen metallilevyjen pinnalle 11000 kappaletta sekunnissa. Kuinka paljon hiukasta kertyy massaa levyjen pinnalle viikossa? (2 p)

$$\text{Viikossa levyjen päälle kertyy massa } 11000 \cdot 24 \cdot 7 \cdot 3600 \cdot 0,11 \cdot 10^{-9} \text{ g} = 0,732 \text{ g} \approx 0,73 \text{ g}$$

Galeos: 531



## Tehtävä 4

Oletetaan, että keuhkoihin kulkeutuvien pallomaisten partikkelien tiheys on  $2,2 \text{ g/cm}^3$  ja halkaisija  $6,0 \text{ nm}$ .

- a) Kuinka monta tällaista partikkelia tarvitaan  $1,0 \text{ grammaan}$  ainetta? (2 p)

$$\rho = m/V, \text{ yhden partikkelin massa } m = \rho V = \rho (4/3)\pi r^3. \text{ Yhdessä grammassa olevien partikkeleiden määrä } n \text{ on siis } n = 1,0 \text{ g} / (2,2 \text{ g/cm}^3 \cdot (4/3)\pi (6,0 \cdot 10^{-9} \text{ m})^3) = 4,019 \cdot 10^{18} \approx 4,0 \cdot 10^{18}$$

- b) Kuinka monta neliometriä on  $1,0 \text{ gramma}$  tällaista ainetta olevien partikkelien kokonaispinta-ala? (2 p)

$$A = 4\pi r^2. \text{ Näiden partikkelien yhteenlaskettu pinta-ala on siis } nA = 4,02 \cdot 10^{18} \cdot 4\pi (6,0 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 = 454,5 \text{ m}^2 \approx 450 \text{ m}^2$$

- c) Vertaa b-kohdassa laskettua kokonaispinta-alaa keuhkorakkuloiden kokonaispinta-alaan. (2 p)

Keuhkorakkuloiden kokonaispinta-ala on  $70\text{--}100 \text{ m}^2$  eli noin 20% edellisestä pinta-alasta.

- d) Kuinka monta prosenttia partikkelin pinta-alan suhde massaan pienenee, jos partikkelin halkaisija onkin  $0,20 \text{ }\mu\text{m}$ ? Oletetaan, että partikkelien tiheys on vakio. (3 p)

$$\text{Partikkelin pinta-ala/massa on verrannollinen } A/m = 4\pi r^2 / (\rho V) = 4\pi r^2 / (\rho (4/3)\pi r^3) = 3/(\rho r). \text{ Pinta-ala/massa pienenee siis tekijällä } (r_2/r_1) = 0,10/0,0030 = 100/3,0. \text{ Prosentuaalinen pieneneminen on } (100 - 3,0)/100 \cdot 100\% = 97\%.$$

- e) Vertaa keuhkorakkuloiden halkaisijaa halkaisijaltaan  $0,20 \text{ }\mu\text{m:n}$  partikkelien kokoon. (2 p)

Keuhkorakkuloiden läpimitta on iästä ja hengityksen vaiheesta riippuen  $100\text{--}400 \text{ }\mu\text{m}$ . Tarkastelujen  $200 \text{ nm:n}$  partikkelien halkaisija on tyypillisesti noin tuhannesosa keuhkorakkulan läpimitasta.

Galenos: 309, 357, 367

## Vastausanalyysit

## Tehtävä 5

Selosta mekaniimit, joiden avulla elimistössä pyritään estämään sisäänhengitysilman vierasainesten pääsyä keuhkorakkuloihin.

9 pistettä

Vastauksessa tulee mainita vierasainesten tarttuminen nenäkarvoihin, nielun risainukudokseen ja hengitysteiden seinämien limakerrokseen, liman kuljetus pois hengitysteistä epiteelin värekarvojen avulla sekä seloitettava tarkemmin yskän- ja aivastusheijasteet.

Galenos: 354, 359, 372-373, 384, 484, 488, 490, aineisto

**Tehtävä 6**

Mitkä tekijät ja mekanismit edesauttavat hiukkasten ja näiden hajotessa syntyneiden molekyylien pääsyä alveoli-ilmastra verenkiertoon terveellä henkilöllä?

Vastauksessa on mainittava hiukkasten ja molekyylien pieni koko, rasvaliukoisuus (solukalvoon), vesiliukoisuus (hiukkasten vesiliukoiset yhdisteet), diffuusiokapasiteetin suuruuteen vaikuttavat tekijät (suuri diffuusiopinta-ala, lyhyt diffuusiomatka, konsentraattigradientti, hiukkasten/molekyylien aktiivinen pinta-ala), aktiiviset kuljetusmenetelmät (kuljettajaproteiinit, transsytoosi), solujen välistä tapahtuva kulkeutuminen sekä keuhkokudoksen imusuomisto.

**Galenos: 105, 159, 333, 357, 366-367, 403, 484-485, 491, aineisto**

**Tehtävä 7**

Millä tavoin makrofagit toimivat puolustuksessa bakteereja vastaan?

**12 pistettä**

Vastauksessa tulee yksityiskohtaisesti kuvata makrofagien toiminta fagosytoivina soluina kudoksissa (kohteen tunnistaminen ja tuhoaminen), niiden osuus sekä luonnollisessa (ensikosketusreaktiot) että hankinnassa immuuniteetissa (siirtyminen tulehduspaikalta imusolmukkeisiin, antigeenien esittely ja vuorovaikutus auttaja-T-solujen ja B-solujen kanssa) sekä kuumeen aiheuttaminen interleukiinin välityksellä.

**Galenos: 155, 433, 447, 483, 484, 486, 488**





## Tehtävä 10

10 pistettä

a) Millaiset ja minkä molekyylien ja molekyylien osien väliset ei-kovalenttiset vuorovaikutukset pitävät koossa liposomirakkulaa? (4 p)

- Ioni-dipoli-vuorovaikutus glyserofosfolipidin ionisoituneiden ryhmien ja vesimolekyylien välillä
- van der Waals -vuorovaikutus glyserofosfolipidien hiilivetyketjujen välillä
- Vetysidokset veden ja glyserofosfolipidimolekyylin happiatomien vapaiden elektroniparien välillä
- Hydrofobinen vuorovaikutus glyserofosfolipidien hiilivetyketjujen välillä

b) Erään glyserofosfolipidin happokatalysoidun hydrolyysin tuotteet pH-arvossa 1 ovat glyseroli, fosforihappo, 2-aminoetanoli ( $\text{H}_2\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) ja (*cis*-muotoinen) öljyhappo  $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}]$ . Esiitä tämän (hydrolysoimattoman) glyserofosfolipidin fysiologisessa pH:ssa (7,4) vallitsevan muodon tiivistetty rakennekaava sellaisessa muodossa, jossa hiilet ja niiden väliset sidokset on korvattu murtoviivalla (= tikkukaavana). (6 p)



Galenos: 71-72, 76, 92-93, 102-104, 155

## Tehtävä 11

14 pistettä

Lue tehtävän johdantoteksti tehtävämonisteesta.

a) Mää lääkäri asiantuntijana vastaa äidille oheisen aineistotekstin pohjalta? (9 p)

Lääkäri kertoo nanolaakkeiden kehitystyön olevan aktiivista ja kummankin nanoinsuliinin annostelumuodon (tabletti, sumute) olevan kokeiluvaiheessa. Hän toteaa sekä tablettien että sumutteen olevan poilaalle miellyttävämpi kuin pistoshoito. Tämänhetkisen tietämyksen perusteella tablettihoito poistaisi parhaiten äitiä huolestuttavat asiat. Hän korostaa, että tabletteja on kokeiltu vasta rotilla, ja kertoo niillä tehdyissä tutkimuksissa havaituista eduista (pitkä vaikutus yhdellä annoksella, vakaa verensokeri riippumatta syödyn ruoan määrästä; insuliinia vapautuminen verenkiertoon silloin, kun verensokeri oli koholla - ei vaaraa liian korkeista tai matalista pitoisuuksista, verensokerin seurannan tarve vähentyi). Sumutetta hän toteaa jo kokeiltun ihmisillä, mutta vaikka se oli nopeavaikutteinen, hoito ei muuten toiminut odotetulla tavalla (veren insuliinipitoisuus jäi alhaisemmaksi kuin piti, annostelijalaitteen ongelmat kalliit valmistuskustannukset).

b) Mitä lääkärin täytyy erityisesti ottaa huomioon kuvatuissa vuorovaikutustilanteissa? (5 p)

Lääkärin on pyrittävä tarkemmalla haastattelulla selvittämään, miksi äiti on huolissaan hoidosta ja pojan koulunnon vaikutuksista siihen (tunteita ja pelkoja ei pidä vähätellä). Myös pojan omat näkemykset on pyrittävä saamaan esiin. Lääkärin on keskusteltava hoidosta käyttäen sellaista kieltä, jota sekä poika että äiti ymmärtävät. Lääkäri voi esim. sopia pojan kanssa ohjeiden noudattamisesta ja lääkityksestä huolehtimisesta jatkossakin. Lopuksi on varmistettava, että sekä äiti että lapsi ovat ymmärtäneet tilanteen ja annettava mahdollisuus esittää kysymyksiä.

Aineisto, Galenos: 27-28, 39-45



12

## Vastusanalyysit

## Tehtävä 12

6 pistettä

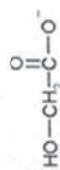
a) Mihin rakenteen toiminnalliseen ryhmään ja reaktioon polymeerien PLA, PGA ja PLGA

ensivaiheen hajoavuus elimistössä perustuu? (2 p)

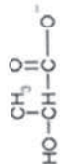
Esterisidos ja hydrolyysi. PLA, PGA ja PLGA ovat polyestereitä. Esterit hajoavat hydrolyysireaktiolla elimistön vesipitoisessa ympäristössä.

b) Nimeä PLGA:n ensivaiheen hajoamisen monomeeriset hajoamistuotteet ja esitä näiden tuotteiden fysiologisessa pH:ssa (7,4) vallitsevien muotojen rakennekaavat. (4 p)

2-hydroksietaaniliappo  
(2-hydroksietanoaatti)



2-hydroksiisopropaaniliappo  
(2-hydroksiisopropanoatti)



Myös oikeat triviaaliniimet hyväksytään.

Galenos: 81, 87, 113, 168

## Tehtävä 13

12 pistettä

Läpäsyelektronimikroskoopilla tutkitaan halkaisijaltaan 5 nm:n hiukkasia.

Jos laitteen kiihdytysjännite on 35 kV, niin mikä on laitteistolla kiihdytettyjen elektronien aallonpituus? Kuinka lähekkäin olevat kohteet pystytään laitteella tällöin erottamaan toisistaan nanohiukkasen pinnalta, kun laitteen numeerinen apertuuri on 0,012 ja mahdolliset vääristymät jätetään huomiotta?

Sähköjännitteeseen (potentiaalieroon) liittyvä potentiaalienergia:

$$E_{\text{pot}} = Ue = 35 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 5,607 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Kun elektroni kiihtyy sähkökentässä, sähköjännitteeseen liittyvä potentiaalienergia muuttuu elektronin kineettiseksi energiaksi:

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} = 5,607 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Kiihdytysjännite on tarpeeksi pieni (alle 50 kV), jotta tilannetta voidaan tarkastella ei-relativistisesti. Tällöin kineettisen energian ja elektronin nopeuden väliä vallitsee yhteys:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2E_{\text{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2E_{\text{pot}}}{m}} = \sqrt{\frac{2Ue}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 35 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 1095450106 \text{ m/s}$$

Elektronin aallonpituus (De Broglie -aallonpituus) riippuu elektronin nopeudesta:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m \sqrt{\frac{2Ue}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2Uem}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{\sqrt{2 \cdot 35 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 6,5559 \dots \cdot 10^{-12} \text{ m} \approx 6,6 \text{ pm}$$

Erotuskyky eli kuinka lähekkäiset hiukkaset voidaan erottaa toisistaan:

$$r = \frac{0,61\lambda}{NA} = \frac{0,61h}{NA \cdot \sqrt{2Uem}} = \frac{0,61 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{0,012 \cdot \sqrt{2 \cdot 35 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 3,3326 \dots \cdot 10^{-10} \text{ m} \approx 0,33 \text{ nm}$$

Galenos: 134, 139, 140

## Tehtävä 14

Lue tehtävän johdantoteksti tehtävänomisteesta.

9 pistettä

- a) Muodosta tasapainovakioiden  $K_1$ ,  $K_2$  ja  $K_3$  lausekkeet ja osoita niiden avulla, miten kokonaisreaktion (iii) tasapainovakio  $K_3$  riippuu vakioista  $K_1$  ja  $K_2$ . (5 p)

$$K_1 = \frac{[\text{NO}_2^-][\text{NAD}^+][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{NO}_3^-][\text{NADH}][\text{H}^+]} \quad \text{ja} \quad K_2 = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NAD}^+][\text{H}^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NADH}]}$$

$$K_1 = \frac{[\text{NO}_2^-][\text{NAD}^+][\text{Ag}^+][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{NO}_3^-][\text{NADH}][\text{Ag}^+]} = \frac{[\text{NO}_2^-][\text{NAD}^+][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{NO}_3^-][\text{NADH}]} \cdot \frac{[\text{Ag}^+][\text{NAD}^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NADH}]}$$

$$= \frac{[\text{NO}_2^-][\text{NAD}^+][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{NO}_3^-][\text{NADH}][\text{H}^+]} \cdot \frac{[\text{Ag}^+][\text{NAD}^+][\text{H}^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NADH}]} \Leftrightarrow K_3 = K_1 \cdot K_2$$

Voidaan myös laskea "biokemiallisesti" (olettamalla, että veden konsentraatio ja pH on vakio) ja vastaus on sama.

- b) Oletetaan, että  $K_1 = 1,00 \cdot 10^3 \text{ l/mol}$  (vettä ei oteta huomioon reaktiossa). Osoita laskemalla, mihin suuntaan reaktio (i) tapahtuu, kun  $[\text{NO}_3^-]/[\text{NO}_2^-] = 1,00 \cdot 10^3$ ,  $[\text{NAD}^+]/[\text{NADH}] = 1,00 \cdot 10^4$  ja  $[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  (ei puskuroitu). (4 p)

$$\frac{[\text{NO}_2^-][\text{NAD}^+]}{[\text{NO}_3^-][\text{NADH}][\text{H}^+]} = \frac{1}{1,00 \cdot 10^3} \cdot 1,00 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{1,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}} = 1,00 \cdot 10^6 \text{ mol/l} > K_1$$

Reaktiosuunta reaktiossa (i) on oikealta vasemmalle.

Galenos: 112