

Vastausanalyysi

Biolääketieteen valintakoe 25.5.2021

Tehtävät 7-18

Lääketieteellisten alojen valintakoe 25.5.2021

Tehtävät 1-18: Lääketieteen, hammaslääketieteen ja eläinlääketieteen yhteinen valintakoe

Tehtävä 1 (10 p.)

a) Fotonin aallonpituuden muutos ($\lambda - \lambda'$) on suurin, kun sironneen fotonin energia $E_{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda'}$ on pienin. Tämä toteutuu, kun fotoni siroaa takaisin tulosuuntaansa eli $1 + \left(\frac{E_{\lambda}}{m_e c^2}\right)(1 - \cos \theta)$ saa maksimi-arvon:

$$\theta = 180^\circ \Leftrightarrow \cos \theta = -1 \Leftrightarrow E_{\lambda'} = \frac{E_{\lambda}}{1 + \left(\frac{E_{\lambda}}{m_e c^2}\right)(1 - (-1))} = \frac{E_{\lambda}}{1 + \left(\frac{2E_{\lambda}}{m_e c^2}\right)}. \quad (2 \text{ p.})$$

b) Koska siroonnassa fotonin menettämä energia muuttuu kokonaan elektronin liike-energiaksi, voidaan elektronin saama liike-energia E_k laskea yhtälöstä

$$E_k = E_{\lambda} - E_{\lambda'}.$$

Sijoittamalla lukuarvot Comptonin yhtälöön saadaan elektronin kineettiseksi energiaksi ($\cos \theta = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$)

$$E_k = E_{\lambda} - E_{\lambda'} = E_{\lambda} - \frac{E_{\lambda}}{1 + \left(\frac{E_{\lambda}}{m_e c^2}\right)(1 - \cos \theta)} = 30,0 \text{ keV} - \frac{30,0 \text{ keV}}{1 + \left(\frac{30,0 \text{ keV}}{511 \text{ keV}}\right)(1 - \frac{1}{2})} = 0,86 \text{ keV}. \quad (3 \text{ p})$$

c) Liikemäärä säilyy siroonnassa eli

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}' + \mathbf{p}_e.$$

Jakamalla liikemäärä komponentteihin saadaan tulevan fotonin suunnassa (valittu x-suunnaksi)

$$p_x = p = \frac{h}{\lambda} = p' \cos \theta + p_e \cos \phi = p_e \cos \phi$$

ja tätä suuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa (valittu y-suunnaksi)

$$p_y = 0 = p' \sin \theta - p_e \sin \phi \Leftrightarrow p' = \frac{h}{\lambda'} = p_e \sin \phi.$$

Koska

$$p_e = \sqrt{(p_e \cos \phi)^2 + (p_e \sin \phi)^2} \text{ ja } \phi = \arctan \left(\frac{p_e \sin \phi}{p_e \cos \phi} \right),$$

saadaan

$$p_e = \sqrt{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2} = h \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{1}{\lambda'}\right)^2}$$

ja

$$\phi = \arctan \left(\frac{\frac{h}{\lambda'}}{\frac{h}{\lambda}} \right) = \arctan \left(\frac{\lambda}{\lambda'} \right). \quad (5 \text{ p})$$

Tehtävä 2 (9 p.)

Energiaperiaatteen nojalla ioneja kiihdyttävän sähkökentän ioneille tekemä työ W on yhtä suuri ionien liike-energian kanssa:

$$W = qU = \frac{1}{2}mv^2.$$

Kalsiumionien varaus $q = 2e$. Ionien massa saadaan taulukosta (kahden hävinneen elektronin massaa ei huomioida): $m(\text{Ca}^{2+}) \approx m(\text{Ca}) = 40,078 \text{ u}$. Ratkaistaan energian yhtälö nopeuden suhteen:

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

Newtonin II lain mukaan magneettikentän aiheuttamalle voimalle $F = qvB_2 \sin \alpha$ pätee myös $F = ma$, missä $a = \frac{v^2}{r}$ on normaalikiihtyvyys. Spektrometrin analysointimagneettikentän vuon tiheys on kohtisuorassa tulevien ionien liikerataan nähden ts. $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Tällöin voimille voidaan muodostaa yhtälö

$$qvB_2 \sin \alpha = qvB_2 \cdot 1 = ma = \frac{mv^2}{r},$$

josta voidaan ratkaista ionien radan säteen suuruus

$$r = \frac{mv}{qB_2} = \frac{m\sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qB_2} = \frac{\sqrt{2mU}}{B_2} = \frac{\sqrt{2 \cdot 40,078 \cdot 1,6605389 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1000 \text{ V}}}{2 \cdot 1,602176 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = \frac{\sqrt{132,144 \cdot 10^{-24}}}{3,204352 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = \frac{11,49 \cdot 10^{-12} \text{ m}}{3,204352 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 3,58 \text{ mm}$$

$$= 0,2516 \text{ m} \approx \mathbf{25 \text{ cm}}.$$

Tehtävä 3 (8 p.)

Ratkaistaan nopeus annetusta kaavasta:

$$\begin{aligned}
 \frac{\lambda_h}{\lambda_l} &= \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}} \\
 \Leftrightarrow \frac{\lambda_h^2}{\lambda_l^2} &= \frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}} \\
 \Leftrightarrow \lambda_h^2 \left(1 + \frac{v}{c}\right) &= \lambda_l^2 \left(1 - \frac{v}{c}\right) \\
 \Leftrightarrow \lambda_h^2 + \frac{\lambda_h^2 v}{c} &= \lambda_l^2 - \frac{\lambda_l^2 v}{c} \\
 \Leftrightarrow \frac{\lambda_h^2 v}{c} + \frac{\lambda_l^2 v}{c} &= \lambda_l^2 - \lambda_h^2 \\
 \Leftrightarrow \frac{v}{c} (\lambda_h^2 + \lambda_l^2) &= \lambda_l^2 - \lambda_h^2 \\
 \Leftrightarrow \frac{v}{c} &= \frac{\lambda_l^2 - \lambda_h^2}{\lambda_l^2 + \lambda_h^2} \\
 \Leftrightarrow v &= \frac{\lambda_l^2 - \lambda_h^2}{\lambda_l^2 + \lambda_h^2} c
 \end{aligned}$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$v = \frac{\lambda_l^2 - \lambda_h^2}{\lambda_l^2 + \lambda_h^2} c = \frac{(650 \text{ nm})^2 - (540 \text{ nm})^2}{(650 \text{ nm})^2 + (540 \text{ nm})^2} \cdot 299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 54954254 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Muunnetaan nopeus ja lasketaan sakko:

$$\left(54954,254 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} - 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right) \cdot 0,99 \text{ €} \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^{-1} = 195856882 \text{ €} \approx \mathbf{2,0 \cdot 10^8 \text{ €}}$$

Tehtävä 4 (11 p.)

Äänen intensiteetti I_1 lennokin lentäessä viinitarhurin yli:

$$20 \text{ dB} = 10 \text{ dB} \cdot \log_{10} \frac{I_1}{I_0}, \quad I_0 = \text{kuulokynnys} \Leftrightarrow$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^2 \Leftrightarrow I_1 = 100I_0$$

Äänen intensiteetti on kääntäen verrannollinen säteen eli äänilähteen etäisyyden neliöön $I \sim \frac{1}{r^2}$, ja intensiteetti lähestyy kuulokynnyksen raja-arvoa lennokin loitontuessa.

$$\begin{aligned} \frac{I_1}{I_2} &= \frac{r_2^2}{r_1^2}, & I_2 &= I_0 \Leftrightarrow \\ r_2^2 &= \frac{I_1}{I_0} r_1^2 = \frac{100I_0}{I_0} r_1^2 \Leftrightarrow r_2 = \sqrt{100r_1^2} = 10r_1 \end{aligned}$$

Kulma α vaakatasosta nähden ylöspäin, kun $r_1 = h$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{h}{10h} = \sin^{-1} \frac{1}{10} \approx \sin^{-1} 0,096 = 5,5^\circ$$

Tehtävä 5 (11 p.)

Magneettivuon tiheys saadaan kaavasta $e = NAB\omega \sin(\omega t)$, jonka perusteella huippuarvo jännitteelle on $e_0 = NAB\omega = NAB2\pi f$.

Ratkaistaan jännitteen kaavasta $B = \frac{e_0}{NA2\pi f}$

Lasketaan kierrostaajuus f :

renkaan ympärysmitta: $s = d \cdot \pi = 0,66 \text{ m} \cdot 3,1416 \approx 2,0735 \text{ m}$
nopeuden yksikkömuunnos hyödyntäen tietoa, että $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$:

$$v = \frac{28,8 \text{ km/h}}{3,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} / \frac{\text{km}}{\text{h}}\right]} = 8,0 \text{ m/s}$$

Lasketaan kuinka monta kertaa rengas pyörähtää ympäri sekunnin aikana:

$$f_{rc} = \frac{v}{s} = \frac{8,0 \text{ m/s}}{2,0735 \text{ m}} \approx 3,8582 \frac{1}{\text{s}}$$

Dynamon kierrostaajuus välityssuhteen kautta:

$$f = 22 \cdot f_{rc} = 22 \cdot 3,8582 \frac{1}{\text{s}} = 84,8804 \frac{1}{\text{s}}$$

Vaihtoehtoisesti voi käyttää jakson aikaa $T = 1/f$.

Ratkaistaan A silmukan halkaisijan mukaan:

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{0,02 \text{ m}}{2}\right)^2 = 3,1416 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Lasketaan

$$\mathbf{B} = \frac{e_0}{NA2\pi f} = \frac{0,50 \text{ V}}{42 \cdot 3,1416 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 84,8804 \frac{1}{\text{s}}} \approx 0,071 \text{ T} = \mathbf{71 \text{ mT}}$$

Tehtävä 6 (11 p.)

Putoamiskiihtyvyys planeetan pinnalla saadaan Newtonin painovoimalaista ja Newtonin II laista

$$F = G \frac{Mm}{r^2} = mg \Rightarrow g = G \frac{M}{r^2},$$

missä g on putoamiskiihtyvyys, G gravitaatiovakio, M planeetan massa ja r planeetan säde.

Sijoitetaan pallon muotoisen planeetan massaksi tiheyden ρ ja tilavuuden V tulo

$$M = \rho V = \rho \frac{4\pi}{3} r^3$$

Tällöin $g = \frac{4\pi}{3} Gr\rho$.

Vieraan planeetan tapauksessa $r = \frac{4}{5} r_M$, joten tämän planeetan putoamiskiihtyvyys

$$g_p = \frac{4}{5} \cdot \frac{4\pi}{3} Gr_M \rho = \frac{4}{5} g_M.$$

Pienimmällä maaliin osuvalla lähtönopeudella kuula etenee ajassa t matkan $100,0 \text{ m} - \frac{4,00}{2} \text{ m} = 98,0 \text{ m}$ ja putoaa $20,0 \text{ m}$.

Kappaleen sijainnille pätee sekä vaaka- että pystysuunnassa erikseen $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$.

Lähtöpisteeksi voidaan valita koordinaatiston origo, jolloin tehtävänannosta saadaan

vaakasuuntaiselle liikkeelle $s_x = 98,0 \text{ m}$, $s_{x0} = 0 \text{ m}$, $a_x = 0 \text{ m/s}^2$

ja

pystysuuntaiselle liikkeelle $s_z = 20,0 \text{ m}$, $s_{z0} = 0 \text{ m}$, $v_{z0} = 0 \text{ m/s}$, $a_z = g_p$.

Sijoittamalla nämä yleiseen kaavaan, saadaan vaakasuunnassa

$$s_x = 98,0 \text{ m} = 0 \text{ m} + v_{x0} t + \frac{1}{2} \cdot 0 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 \Leftrightarrow v_{x0} t = 98,0 \text{ m}$$

ja pystysuunnassa

$$s_z = 20,0 \text{ m} = 0 \text{ m} + 0 \text{ m/s} \cdot t + \frac{1}{2} g_p t^2 \Leftrightarrow \frac{g_p}{2} t^2 = 20,0 \text{ m} \Leftrightarrow g_p t^2 = 40,0 \text{ m}.$$

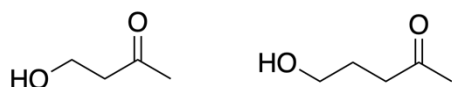
Jälkimmäinen yhtälö antaa $t = \sqrt{\frac{40,0 \text{ m}}{g_p}}$, joka sijoitettuna vaakasuunnan yhtälöön antaa tulokseksi

$$v_0 = \frac{98,0 \text{ m}}{t} = \frac{98,0 \text{ m}}{\sqrt{40,0 \text{ m}}} \sqrt{g_p} = \frac{98,0 \text{ m}}{\sqrt{40,0 \text{ m}}} \sqrt{\frac{4}{5} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 43,40858 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \mathbf{43,5 \frac{m}{s}}.$$

Pyöritys ylöspäin, jotta saadaan nopeuden arvo, jolla kuula varmasti osuu maalialueeseen.

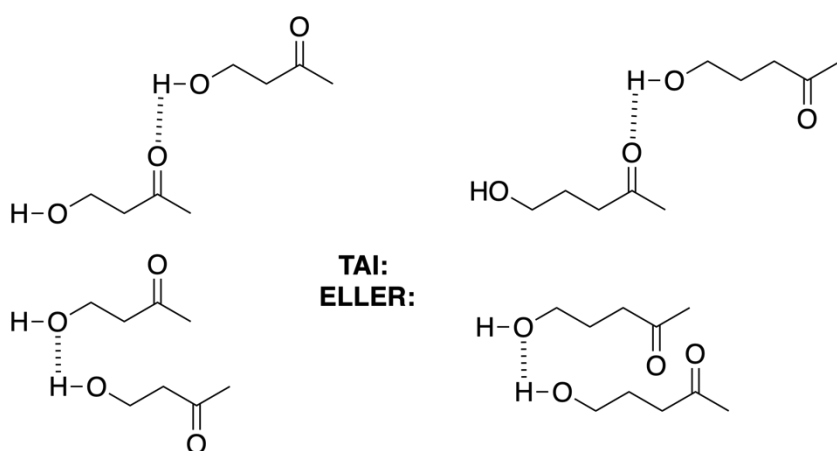
Tehtävä 7 (8 p.)

a-1:



a-2:

Vastauksesta tulee ilmetä vetysitoutuminen karbonyyli- ja hydroksiryhmien välillä sekä kahden hydroksiryhmän välillä, esimerkiksi seuraavasti:



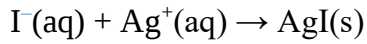
a-3:



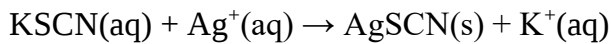
a-4: 4-hydroksi-2-butanoni muodostaa helpoimmin molekyylin sisäisiä vetysidoksia, koska sen aaltoluku poikkeaa eniten yhdisteistä, jotka eivät muodosta vetysidoksia. (Kuusijäseninen rengas muodostuu helpommin kuin seitsemänjäseninen rengas.)

Tehtävä 8 (11 p.)

Saostuminen:



Titrauksessa tapahtuva reaktio:



Hopea, joka reagoi jodin kanssa:

$$n_{\text{Ag}}(\text{saostuva}) = n(\text{I}^-) = ?$$

Hopean kokonaisainemäärä:

$$n_{\text{Ag}}(\text{kok}) = c \cdot V = 0,100 \text{ mol/l} \cdot 0,05000 \text{ l} = 0,005000 \text{ mol}$$

Ylimäärä hopeaa, joka saostuu titrattaessa kaliumtiosyanaatilla:

$$n_{\text{Ag}}(\text{titraus}) = n(\text{KSCN}) = c \cdot V = 0,100 \text{ mol/l} \cdot 0,01807 \text{ l} = 1,8070 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ag}}(\text{kok}) = n_{\text{Ag}}(\text{titraus}) + n_{\text{Ag}}(\text{saostuva})$$

$$n(\text{I}^-) = n_{\text{Ag}}(\text{saostuva})$$

$$= n_{\text{Ag}}(\text{kok}) - n_{\text{Ag}}(\text{titraus})$$

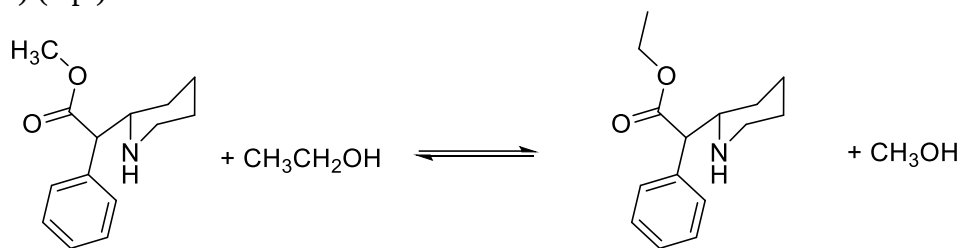
$$= 0,005000 \text{ mol} - 0,0018070 \text{ mol} = 3,193 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{I}^-) = n \cdot M = 3,193 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 126,90 \text{ g/mol} = 0,40519 \text{ g}$$

$$\text{m-\%} = \frac{m(\text{jodi})}{m(\text{näyte})} \cdot 100\% = \frac{0,40519 \text{ g}}{0,500 \text{ g}} \cdot 100\% = 81,038\% \approx \mathbf{81,0\%}$$

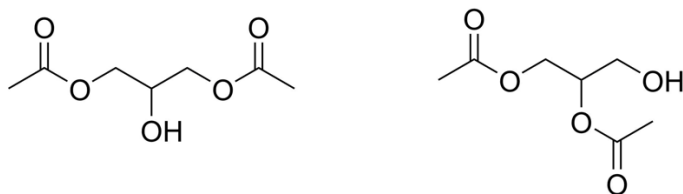
Tehtävä 9 (10 p.)

a) (3 p.)



b) (7 p.)

I.



II. Kaasukromatografian injektorin korkea lämpötila saa aikaan molekyylin sisäisen vaihtoesteröinti-reaktion ja tämän seurauksena syntyy uusi piikki.

Tehtävä 10 (11 p.)

Kloorin ainemäärä kaasupullossa ennen reaktiota:

$$n_0 = \frac{m_0}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{45,0 \text{ g}}{2 \cdot 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,63470 \text{ mol}$$

Klooria kuluu reaktiossa:

$$n_1 = \frac{1}{2} n(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{NS}_2\text{Na}) = \frac{m(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{NS}_2\text{Na})}{2 \cdot M(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{NS}_2\text{Na})} = \frac{100 \text{ g}}{2 \cdot 171,27 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,29194 \text{ mol}$$

Kloorin ainemäärä kaasupullossa reaktion jälkeen:

$$n_2 = n_0 - n_1 = 0,63470 \text{ mol} - 0,29194 \text{ mol} = 0,34276 \text{ mol}$$

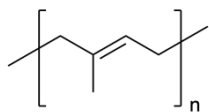
$$\frac{p_0}{n_0} = \frac{RT}{V} \quad \frac{p_2}{n_2} = \frac{RT}{V}$$

$$\frac{p_0}{n_0} = \frac{p_2}{n_2}$$

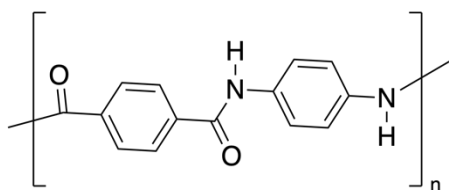
$$p_2 = \frac{p_0}{n_0} n_2 = \frac{309 \text{ kPa}}{0,63470 \text{ mol}} \cdot 0,34276 \text{ mol} = 166,87 \text{ kPa} \approx \mathbf{167 \text{ kPa}}$$

Tehtävä 11 (9 p.)

a) (5 p.)



b) (4 p.)



Tehtävä 12 (11 p.)**L1**

	[S] = 0,20 mol/l	[S] = 0,050 mol/l
$t = 0,0 \text{ s}$	[P] = 0,0 mol/l	[P] = 0,0 mol/l
$t = 5,0 \text{ s}$	[P] = $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$	[P] = $3,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$
$t = 10,0 \text{ s}$	[P] = $12,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$	[P] = $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$

L2

1	<i>B</i>
2	<i>C</i>
3	<i>D</i>

Tehtävä 13 (12 p.)

a	
1	lehtisuoni
2	ilmarako
3	huulisolu
4	vakuoli

(4 p.)

b		
	fotosynteesin vaihe	viherhiukkasen osa
5	valoreaktio	yhteyttämiskalvosto
6	pimeäreaktio	(nestemäinen) välitila

7	vesi	8	happi
9	hiilidioksidi	10	glukoosi

(6 p.)

c	
Lehden ilmarakojen kautta kasvi ottaa hiilidioksidia, vapauttaa fotosynteesissä muodostunutta happea ja haihduttaa vettä.	

(2 p.)

Tehtävä 14 (10 p.)

a) Viruksen koodaamat glykoproteiinit/pintaproteiinit. (1 p.)

b) RNA:n eristyksen jälkeen tarvitaan käänteistä transkriptaasia (käänteiskopioijaentsyymi), joka kopioi RNA:n DNA:ksi. Tämän jälkeen näyte voidaan monistaa PCR:llä käyttäen hyväksi virusspesifisiä alukkeita, nukleotideja, sopivaa puskuria ja DNA-polymeraasia. Monistunut tuote voidaan tunnistaa fluoresoivan koettimen avulla. PCR:n aikana koettimessa olevan väriaineen aiheuttama signaali voidaan lukea lukulaitteella. (6 p.)

c) (3 p.)

1. Hajukäämi/Hermosolut
2. Hajusolun viejähaarakkeet
3. Hajuepiteeli

Tehtävä 15 (11 p.)

- a) Asetaldehydi (etanaali) ja etikkahappo. Disulfiraamin käytön yhteydessä alkoholin palamisreaktiossa elimistölle haitallinen asetaldehydi kertyy elimistöön aiheuttaen antabusreaktion. (2 p.)
- b) Alkoholi lisää rasvan kertymistä maksasoluihin. Alkoholin käytön jatkuessa runsaana normaali maksakudos korvautuu sidekudoksella ja käyttäjälle kehittyy maksan toimintaa heikentävä maksakirroosi. (2 p.)
- c) 1 = välittäjäaine; 2 = välittäjäainerakkula; 3 = reseptori; 4 = viejäharakkeen eli aksonin hermo-pääte; 5 = synapsirako; 6 = tuojaharake/dendriitti (6 p.)
- d) Limbinen järjestelmä. (1 p.)

Tehtävä 16 (8 p.)

a) (4 p.)

1)	Eksokriininen (ruoansulatukseen liittyvä)	Endokriininen (umpieritykseen liittyvä)
2)	Esim. amylaasi	Esim. insuliini
3)	Pilkkoo hiilihydraatteja	Alentaa verensokeria

b) B₁₂-vitamiinia tarvitaan solujen, erityisesti punasolujen tuotannossa. Jos punasolujen tuotanto häiriintyy, veren hemoglobiinipitoisuus laskee ja syntyy anemia. Anemian oireita ovat etenkin väsymys ja voimattomuus. (2 p.)

c) Suolahappo laskee suolen sisällön pH-arvoa ja muuntaa samalla pepsinogeenin pepsiiniksi, joka on proteiineja pilkkovan entsyymin aktiivinen muoto. (1 p.)

Tehtävä 17 (12 p.)

a) Vaikutus sikiön kasvuun ja lapsen normaalia pienempi syntymäkoko selittyvät alkoholin haitallisella vaikutuksella aineenvaihduntaan ja solujen viestijärjestelmiin. Äidin veressä oleva alkoholi läpäisee istukan ja pääsee siirtymään sikiöön. Alkoholi heikentää solujen jakautumisen ja erilaistumisen kannalta tärkeiden ravintoaineiden ja vitamiinien imeytymistä sekä rasvaliukoisten hormonien muodostumista äidillä ja vähentää siten näiden aineiden määrää sikiön verenkierrossa. Alkoholi voi myös häiritä kasvulle ja erilaistumiselle tärkeiden kasvutekijöiden tuotantoa ja toimintaa. (6 p.)

b) Raskauden aikainen alkoholi-altistus haittaa keskushermoston (aivojen) kehitystä sekä sikiöaikana että sen jälkeen. Keskushermosto kehittyy varhain (gastrulaatio) hermostoputkesta (neurulaatio) ja kehitys jatkuu koko sikiöajan. Hermosolujen määrä lisääntyy koko sikiöajan, mutta ei sen jälkeen. Syntymän jälkeen aivojen kehitys jatkuu ja koko kasvaa hermosolujen haarakkeiden ja synapsien määrän lisääntyessä. Elimistö ei kuitenkaan syntymän jälkeen pysty merkittävästi korjaamaan alkoholin sikiön aivoihin aiheuttamia vaurioita. (6 p.)

Tehtävä 18 (7 p.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1.	X											X
2.										X		
3.					X					X	X	
4.	X					X	X					X
5.												X
6.			X									
7.		X		X								