

**LÄÄKETIETEELLISTEN ALOJEN VALINTAKOE  
20.5.2015**

**VASTAUSANALYYSI / HYVÄN VASTAUKSEN  
PIIRTEET**

**Vastausanalyysi julkaistaan välittömästi valintakokeen päätyttyä. Analyysin tavoitteena on antaa valintakokeeseen osallistuville yleisluonteinen kuvaus kunkin valintakoetehtävän osalta arvostelun perusteena käytettävistä keskeisimmistä asiasisällöistä. Analyysi on suuntaa antava, ei täydellinen mallivastaus tai arvosteluperiaatteiden kuvaus. Lääketieteelliset tiedekunnat varaavat oikeuden täsmentää pisteytystä, pisteytysperiaatteita ja pisteytykseen vaikuttavia yksityiskohtia.**

*Huom.*

*Tehtävän 1A kohdassa c12 hyväksytään molemmat vaihtoehdot (homotsygootti/heterotsygootti).*



63154

**Lääketieteellisten alojen valintakoe 20.5.2015****VASTAUSLOMAKE, TEHTÄVÄT 1, 2, 3 ja 4.**

Vastauslomakkeita ei saa lisää, vaan niitä on ainoastaan yksi kpl/hakija.

**Huomioi oikeanlainen merkkaustapa:**

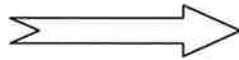
Merkitse vastauksesi lyijykynällä näin: . Mikäli haluat korjata vastauksesi, pyyhi se huolellisesti pois; optinen lukulaite tulkitsee vähäisenkin merkinnän vastaukseksi.

NIMI (tikkukirjaimin):

Sukunimi

Kaikki etunimet

Kirjoita henkilötunnuksesi yläriville ja rastita vastaavat neliöt.



HENKILÖTUNNUS:

	pv	kk	vv					tunnusosa			
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**TEHTÄVÄ 1 (rastita tehtävänannon mukaiset oikeat vaihtoehdot)**

Osa A

a. oikein

- 1   
2   
3   
4   
5

b.

- 6   
7   
8   
9   
10

c.

- 11   
12   
13   
14   
15

d.

- 16   
17   
18   
19   
20

e.

- 21   
22   
23   
24   
25   
26

Osa A

f. oikein

- 27   
28   
29   
30   
31

g.

- 32   
33   
34   
35   
36

h.

- 37   
38   
39   
40   
41

i.

- 42   
43   
44   
45   
46   
47

j.

- 48   
49   
50   
51   
52

Osa B

k. oikein

- 53   
54   
55   
56

l.

- 57   
58   
59   
60

m.

- 61   
62   
63   
64

n.

- 65   
66   
67   
68   
69   
70

o.

- 71   
72   
73   
74   
75   
76

p.

- 77   
78   
79   
80   
81   
82

Osa C

q. oikein

- 83   
84   
85   
86   
87

r.

- 88   
89   
90   
91   
92

s.

- 93   
94   
95   
96   
97

t.

- 98   
99   
100   
101   
102

u.

- 103   
104   
105   
106   
107

v.

- 108   
109   
110   
111   
112



63154

**TEHTÄVÄ 2 (rastita tehtävänannon mukaiset oikeat vaihtoehdot)**

Yhdisteen vesiliuos	Yhdiste											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(a) Hapan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Neutraali tai lähellä neutraalia (pH 6,9–7,1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
(c) Emäksinen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**TEHTÄVÄ 3 (rastita tehtävänannon mukaiset oikeat vaihtoehdot)**

Yhdisteet	sama yhdiste	konformeeriä	rakenneisomeeriä	peilikuvisomeeriä	cis-transisomeeriä
1 ja 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1 ja 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 ja 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 ja 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 ja 6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 ja 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 ja 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 ja 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 ja 6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 ja 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**TEHTÄVÄ 4 (rastita tehtävänannon mukaiset oikeat vaihtoehdot)**

Väittämä	Täysin oikein	Virheellinen
1.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Tehtävä 5

10 p

### a) 5 p

Glukoosi kuljetetaan äidin verenkierron mukana istukkaan ja edelleen istukan nukkalisäkkeiden kautta sikiön verenkiertoon GLUT-kuljettimien (esim. GLUT3) avulla avustetulla diffuusiolla suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Äidin ja sikiön verenkierrot eivät istukassa sekoitu. Glukoosi siirtyy sikiöön napalaskimon välityksellä. Sikiön soluihin glukoosi siirtyy GLUT-avusteisesti (esim. GLUT1–GLUT4).

Sikiön veren sokeripitoisuus kasvaa, ja sikiön oma insuliinituotanto kiihtyy. Äidin diabetes nopeuttaa sikiön kasvua, koska sikiön kohonnut verensokeri ja insuliinierityksen lisääntyminen saavat aikaan anabolisen vaikutuksen.

### b) 5 p

Aikuisen ihossa ja alkion (alkiorakkula/blastokysti) sisäsolumassassa (alkionysty) on monikykyisiä/ useakykyisiä (pluripotentteja) kantasoluja. Nämä solut voidaan saada erilaistumaan haluttuun suuntaan muuttamalla kasvatusolosuhteita (sääteleyaineet, kasvutekijät) tai siirtämällä niihin geenejä, joiden avulla solu saadaan erilaistumaan haiman  $\beta$ -soluiksi.

Munasoluun, josta tuma on poistettu, voidaan siirtää potilaan somaattisen esim. ihosolun tuma ja näin palauttaa solu kantasoluksi (hoidollinen kloonauus). Saadut solut ovat potilaan omia soluja. Jos solut saadaan sopivissa kasvatusolosuhteissa ja kasvutekijöiden vaikutuksesta erilaistumaan haiman  $\beta$ -soluiksi ja siten tuottamaan insuliinia, niillä voidaan korvata tuhoutuneita haiman Langerhansin saarekesoluja.

## Tehtävä 6

9 p

### a) 5 p

Sympaattinen aktivaatio ja adrenaliinin erityis lisämunuaisytimestä lisääntyvät, jolloin maksan glykogenolyysi käynnistyy. Glukoosia vapautuu maksan glykogeenivarastoista verenkiertoon (verensokeria kohottava vaikutus). Glukagonin erityis kasvaa ja insuliinin erityis vähenee. Glukagoni käynnistää maksan glykogenolyysin ja glukoosia vapautuu verenkiertoon (verensokeria kohottava vaikutus). Lihasten glykogeeni ei vapaudu glukoosina verenkiertoon. Fyysinen kuormitus (lihas-supistukset) saa aikaan GLUT4-kuljettimien siirron soluliman varastorakkuloista solukalvolle, mikä tehostaa glukoosin ottoa lihassoluihin (verensokeria alentava vaikutus). Veren rasvahappojen käyttö tehostuu lihasten aerobisessa energia-aineenvaihdunnassa, mikä tasapainottaa verensokeria.

### b) 4 p

Yöunen aikana insuliinin erityis vähenee, mikä hillitsee verensokerin laskua. Verensokeri pysyy vakaana maksan autoregulaation ansiosta: maksan glykogenolyysi käynnistyy, samoin glukoneogeneesi (glukoosia muistakin ravintoaineista, kuten maitohapoista, aminohapoista ja glyserolista). Glukoneogeneesi käynnistyy myös munuaisissa. Lyhytaikaisessa paastossa (yön yli) glykogenolyysi ja glukoneogeneesi (erityisesti maksassa) ovat yhtä merkittäviä.

## Tehtävä 7

5 p

Kahvi kaadetaan pois termospullosta, ja termospulloa käytetään reaktioastianana. Pulloon lisätään vettä, oliiviöljyä sekä rikottuja pankreatiinkapseleita tai pelkästään näiden sisältöä. Kapselit saa tarvittaessa rikottua kirurginveitsellä. Kapselien sisältämä lipaasi katalysoi öljyn triglyseridien hydrolyysiä, ja reaktion tuloksena syntyy rasvahappoja. Seokseen lisätään ruokasoodaa, jolloin syntyy saippuaa eli rasvahappojen natriumsuoloja. Valmistuksessa voi käyttää veden sijasta myös kahvia.

## Tehtävä 8

8 p

### a) 5 p

Lähettiläis-RNA (mRNA) on ensin käännettävä vastin-DNA:ksi eli komplementaariseksi DNA:ksi (cDNA), jota voidaan monistaa PCR:lla, pilkkoa restriktioensyymeillä ja ajaa näytteestä geelielektroforeesi. Kolmesta restriktioensyymistä *AfeI* katkaisukohtasta yksi (1) on hävinnyt mutaation myötä, yksi (1) sijaitsee intronissa, jota ei enää ole mRNA:ssa eli alkuperäisessä potilasnäytteessä. Jäljelle jää siis yksi katkaisukohta, joten tutkittu näyte pilkkoutui kahteen osaan. (Sama lopputulos on pääteltävissä, jos PCR-monistuksen jälkeen näyte sekvensoidaan ja tehdään sekvenssivertailua annetulta alueelta).

### b) 3 p

Juoste A. Muodostuvat juosteet ovat vastakkaisuuntaiset alkuperäisen DNA:n kanssa. Uusi juoste syntyy aina 5'–3'-suunnassa, koska DNA-polymeraasi pystyy liittämään uuden nukleotidin vain juosteessa valmiina olevan nukleotidin vapaaseen 3'-OH-ryhmään.

## Tehtävä 9

6 p

a) 2 p

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$A_0 = A e^{\lambda t} = A e^{\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} \approx 660 \text{ MBq} e^{\frac{0,693 \cdot 21 \text{ d}}{2,83 \text{ d}}} \approx 817 \text{ MBq} \approx 820 \text{ MBq}$$

b) 2 p

Liuoksen aktiivisuus ke klo 09:00

$$A_{09} = A_0 e^{-\lambda t_1} \quad t_1 = \text{ti klo 12:00} - \text{ke klo 09:00 eli 21 h}$$

$$A_{12} = A_{09} e^{-\lambda t_2} \quad t_2 = \text{ke klo 09:00} - \text{ke klo 12:00 eli 3 h}$$

$$A_{12} = A_0 e^{-\lambda t_1} e^{-\lambda t_2} = A_0 e^{-\lambda(t_1+t_2)} \approx 660 \text{ MBq} e^{-\frac{0,693 \cdot 24 \text{ d}}{2,83 \text{ d}}} \approx 516 \text{ MBq}$$

$$\text{tilavuus} = 660 \text{ MBq} / 111 \text{ MBq/ml} \approx 5,95 \text{ ml}$$

$$\text{ominaisaktiivisuus klo 12:00} \approx 516 \text{ MBq} / 5,95 \text{ ml} \approx 86,72 \text{ MBq/ml}$$

ruiskeen tilavuus = potilasannos/ominaisaktiivisuus

$$\approx 180 \text{ MBq} / 86,72 \text{ MBq/ml} \approx 2,08 \text{ ml} \approx 2,1 \text{ ml}$$

c) 2 p

$$A = A_0 e^{-\lambda t}, \quad A = \lambda N, \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

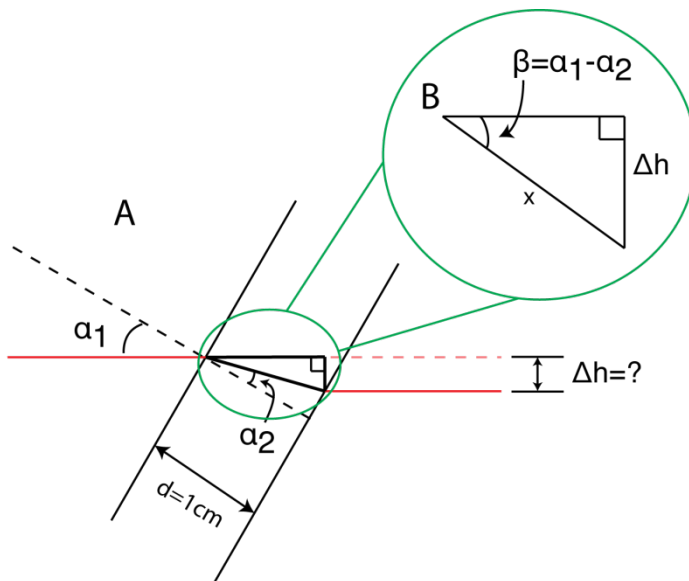
$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = \frac{A_0}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\Delta N = \frac{A_0}{\frac{\ln 2}{T_{1/2}}} \left( 1 - e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} \right) \approx \frac{660 \cdot 10^6 \frac{\text{s}}{\text{s}}}{\frac{0,693}{2,83 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}}} \left( 1 - e^{-\frac{0,693 \cdot 21 \text{ d}}{2,83 \text{ d}}} \right) \approx 45 \cdot 10^{12} \text{ hajoamista.}$$

# Tehtävä 10

7 p

Kuva:



Laskutoimitus:

Voidaan ratkaista  $\alpha_2$  Snellin lain perusteella:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Leftrightarrow \alpha_2 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin \alpha_1\right) = 19,4712206^\circ$$

Kuvan B kolmion hypotenuusa  $x$  voidaan nyt laskea:

$$\frac{d}{x} = \cos(\alpha_2)$$

$$x = \frac{d}{\cos(\alpha_2)} = \frac{1 \text{ cm}}{\cos(19,4712206^\circ)}$$

$$= 1,06066017155 \text{ cm}$$

Sivuttaissiirtymä voidaan nyt laskea kuvan B kolmiosta, koska tiedämme yhden kulman ja hypotenuusan:

$$\frac{\Delta h}{x} = \sin \beta \quad \left\| \beta = \alpha_1 - \alpha_2 \right.$$

$$\Delta h = x \sin(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$= 1,06066017155 \text{ cm} \cdot \sin(30^\circ - 19,4712206^\circ)$$

$$= 0,19381378273 \text{ cm} \approx \underline{\underline{0,2 \text{ cm}}}$$

# Tehtävä 11

12 p

## a) 2 p

Pd-pitoisuus 10,0 ml osanäytteessä =  $0,095 \mu\text{g} / 0,0100 \text{ l} = 9,5 \mu\text{g/l}$

Palladiumpitoisuus näytteessä =  $(9,5 \mu\text{g/l} \cdot 0,0500 \text{ l}) / 0,5052 \text{ g} = 0,94 \mu\text{g/g} = 0,94 \text{ mg/kg}$

## b) 2 p

Annostus  $3,00 \text{ mg/kg} \cdot 56 \text{ kg} = 168 \text{ mg}$

Infuusioliuoksen infliksimabipitoisuus:  $(30,0 \text{ ml} \cdot 10 \text{ mg/ml}) / 250 \text{ ml} = 1,2 \text{ mg/ml}$

Potilaalle annettiin  $168 \text{ mg} / 1,2 \text{ mg/ml} = 140 \text{ ml} = 0,14 \text{ l}$

## c) 2 p

Annostus ensimmäisen kahden tunnin aikana  $240 \text{ mg/h}$ .

Seuraavien 22 tunnin aikana yhteensä  $3520 \text{ mg}$ , eli  $160 \text{ mg/h} / 6,00 \text{ mg/ml} = 26,66... \text{ ml/h}$   
 $= 26,7 \text{ ml/h}$ .

## d) 3 p

Ekvivalenttikohdassa liuoksessa on konjugaattiemästä ( $\text{A}^-$ ).

Liuoksen kokonaistilavuus  $V_{\text{tot}} = 250 \text{ ml} + 25 \text{ ml} = 275 \text{ ml}$

Konjugaattiemäksen konsentraatio:

$$c(\text{A}^-) = \frac{c(\text{HA}) \cdot V(\text{HA})}{V_{\text{TOT}}} = 18,18 \text{ mmol/l}$$

Reaktio:

	$\text{A}^-$	$\text{H}_2\text{O}$		$\rightleftharpoons$	$\text{HA}$		$\text{OH}^-$
Konsentraatio tasapainossa (mmol/l)	$18,18 - x$				$x$		$x$

$$K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{x \cdot x}{0,01818 - x} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1,008 \cdot 10^{-14} \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2}{5,37 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}}$$

$$x = [\text{OH}^-] = 1,8464... \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

## e) 3 p

$$n(\text{CO}_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1,01325 \text{ bar} \cdot 1,413 \text{ dm}^3}{0,08314 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273,15 \text{ K}} = 63,04 \text{ mmol} \rightarrow m(\text{C}) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{C}) = 0,75716 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = 43,575 \text{ mmol} \rightarrow m(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}) = 0,08784 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 1,00 \text{ g} - m(\text{C}) - m(\text{H}) = 0,155 \text{ g} \rightarrow 15,5 \text{ m-\%}$$



## Tehtävä 12

7 p

$$\begin{aligned} I_M &= I_{Na} + I_K + I_{Cl} \\ &= \frac{V_M + V_{Na}}{R_1} + \frac{V_M - V_K}{R_2} + \frac{V_M - V_{Cl}}{R_3} \end{aligned}$$

Viimeinen termi = 0, koska solun lepokalvopotentiaali on sama kuin Cl<sup>-</sup> ionin lepokalvopotentiaali eli  $V_M = V_{Cl}$ .

$$I_M = 0$$

$$\Rightarrow \frac{V_M + V_{Na}}{R_1} + \frac{V_M - V_K}{R_2} = 0$$

$$\Rightarrow R_2 = -\frac{V_M - V_K}{V_M + V_{Na}} R_1$$

$$\Rightarrow R_2 = -\frac{71 \text{ mV} - 88 \text{ mV}}{71 \text{ mV} + 61 \text{ mV}} 1000,0 \Omega \approx 130 \Omega$$

(Lukuarvot on sijoitettava itseisarvoina.)

## Tehtävä 13

9 p

### a) (3 p)

Haiman yläpinnan syvyys eli rasvakudoksen paksuus ( $d_1=3,0$  cm) saadaan suoraan kuvasta A. Kasvaimen yläpinnan syvyys ( $d_2$ ) voidaan laskea aikaviiveiden sekä äänen nopeuden avulla. Kuvasta B nähdään aikaviiveet haiman yläpinnalla (ensimmäinen pulssi,  $t_1$ ) sekä kasvaimen yläpinnalla (toinen pulssi,  $t_2$ ). Kaavaliitteen taulukosta saadaan äänen nopeudeksi haimakudoksessa ( $c_2$ ) 1560 m/s. Syvyyttä laskettaessa tulee muistaa, että äänipulssin täytyy edetä kahteen suuntaan - ultraäänianturilta rajapinnalle sekä rajapinnalta takaisin anturille. Tällöin kysytylle syvyydelle voidaan kirjoittaa yksinkertainen yhtälö:

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 + (d_2 - d_1) = d_1 + c_2 \frac{t_2 - t_1}{2} = 0,030 \text{ m} + \frac{1560 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (60 \cdot 10^{-6} \text{ s} - 41 \cdot 10^{-6} \text{ s})}{2} \\ &\approx 0,04482 \text{ m} \approx 4,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

### b) (6 p)

*Kaavaliitteessä vaimennuskertoimien yksikkö oli virheellinen, oikea yksikkö on  $\text{m}^{-1}$ . Sekä oikeilla yksiköillä että kaavaliitteen virheellisillä yksiköillä lasketut vastaukset hyväksytään.*

Lasku vaimennuskertoimen yksiköllä  $\text{cm}^{-1}$

Olkoon alkuperäinen ultraäänipulssin paine  $p_0$ . Rasvakudos (paksuus  $d_1 = 3,0$  cm) vaimentaa ultraäänipulssin paineamplitudia eksponentiaalisen vaimenemislain mukaisesti. Rasvakudoksen vaimennuskerroin ( $\alpha_1$ ) saadaan kaavaliitteen taulukosta ja se on  $6,91 \text{ cm}^{-1}$ . Saapuessaan rasvakudoksesta haiman yläpintaan ultraäänipulssin paine ( $p_1$ ) on:

$$p_1 = p_0 e^{-\alpha_1 d_1} = p_0 e^{-6,91 \frac{1}{\text{cm}} \cdot 3,0 \text{ cm}} \approx 9,933 \cdot 10^{-10} p_0$$

Rasvakudoksen ja haiman rajapinnalla osa ultraäänipulssin paineamplitudista heijastuu takaisin ja osa läpäisee rajapinnan. Läpäisykerroin ( $T$ ) määrittää läpimenneen paineamplitudin suhteellisen suuruuden. Lasketaan ultraäänen läpäisykerroin rasvakudoksen ja haimakudoksen rajapinnalle. Kaavaliitteen taulukosta saadaan rasvakudoksen akustiseksi impedanssiksi ( $Z_1$ )  $1,35 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  ja haimakudoksen akustiseksi impedanssiksi ( $Z_2$ )  $1,72 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Läpäisykerroin on siis:

$$T = 1 - R = 1 - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = 1 - \frac{1,72 \cdot 10^6 - 1,35 \cdot 10^6}{1,72 \cdot 10^6 + 1,35 \cdot 10^6} \approx 1 - 0,1205 = 0,8795$$

(2 p)

Näin ollen rajapinnan läpäissyt paineamplitudi on:

$$p_2 = T p_1 = 0,8795 \cdot 9,933 \cdot 10^{-10} p_0 \approx 8,736 \cdot 10^{-10} p_0$$

Haimakudos (paksuus  $d_2 - d_1 = 1,5 \text{ cm}$ ) edelleen alentaa paineamplitudia eksponentiaalisen vaimenemislain mukaisesti. Haimakudoksen vaimennuskerroin ( $\alpha_2$ ) saadaan kaavaliitteen taulukosta ja se on  $11,17 \text{ cm}^{-1}$ . Saapuessaan haimakudoksesta kasvaimen yläpintaan ultraäänipulssin paine on:

$$p_3 = p_2 e^{-\alpha_2 d_2} = 8,736 \cdot 10^{-10} p_0 \cdot e^{-11,17 \frac{1}{\text{cm}} \cdot 1,5 \text{ cm}} \approx 4,621 \cdot 10^{-17} p_0$$

Eli saapuessaan kasvaimen yläpinnalle n.  $5 \cdot 10^{-15} \%$  alkuperäisen ultraääniaallon paineamplitudista on jäljellä ennen heijastusta ja läpäisyä haiman ja kasvaimen rajapinnalla.

#### Lasku vaimennuskertoimen yksiköllä $\text{m}^{-1}$

Olkoon alkuperäinen ultraäänipulssin paine  $p_0$ . Rasvakudos (paksuus  $d_1 = 3,0 \text{ cm}$ ) vaimentaa ultraäänipulssin paineamplitudia eksponentiaalisesti vaimenemislain mukaisesti. Rasvakudoksen vaimennuskerroin ( $\alpha_1$ ) saadaan kaavaliitteen taulukosta ja se on  $6,91 \text{ m}^{-1}$ . Saapuessaan rasvakudoksesta haiman yläpintaan ultraäänipulssin paine ( $p_1$ ) on:

$$p_1 = p_0 e^{-\alpha_1 d_1} = p_0 e^{-6,91 \frac{1}{\text{m}} \cdot 0,030 \text{ m}} \approx 0,8128 p_0$$

Rasvakudoksen ja haiman rajapinnalla osa ultraäänipulssin paineamplitudista heijastuu takaisin ja osa läpäisee rajapinnan. Läpäisykerroin ( $T$ ) määrittää läpimenneen paineamplitudin suhteellisen suuruuden. Lasketaan ultraäänen läpäisykerroin rasvakudoksen ja haimakudoksen rajapinnalle. Kaavaliitteen taulukosta saadaan rasvakudoksen akustiseksi impedanssiksi ( $Z_1$ )  $1,35 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  ja haimakudoksen akustiseksi impedanssiksi ( $Z_2$ )  $1,72 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Läpäisykerroin on siis:

$$T = 1 - R = 1 - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = 1 - \frac{1,72 \cdot 10^6 - 1,35 \cdot 10^6}{1,72 \cdot 10^6 + 1,35 \cdot 10^6} \approx 1 - 0,1205 = 0,8795$$

Näin ollen rajapinnan läpäissyt paineamplitudi on:

$$p_2 = T p_1 = 0,8795 \cdot 0,8128 p_0 \approx 0,7149 p_0$$

Haimakudos (paksuus  $d_2 = 1,5 \text{ cm}$ ) edelleen alentaa paineamplitudia eksponentiaalisen vaimenemislain mukaisesti. Haimakudoksen vaimennuskerroin ( $\alpha_2$ ) saadaan kaavaliitteen taulukosta ja se on  $11,17 \text{ m}^{-1}$ . Saapuessaan haimakudoksesta kasvaimen yläpintaan ultraäänipulssin paine on:

$$p_3 = p_2 e^{-\alpha_2 d_2} = 0,7149 p_0 \cdot e^{-11,17 \frac{1}{\text{m}} \cdot 0,015 \text{ m}} \approx 0,6046 p_0$$

Saapuessaan kasvaimen yläpinnalle n.  $60 \%$  alkuperäisen ultraääniaallon paineamplitudista on jäljellä ennen heijastusta ja läpäisyä haiman ja kasvaimen rajapinnalla.

## Tehtävä 14

4 p

a) 2 p

$$p = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r^2} = 4,4 \frac{N}{\pi \left(\frac{0,0086}{2} m\right)^2} = 75,747 \text{ kPa} \approx 76 \text{ kPa}$$

b) 2 p

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{9,4 \text{ kPa}}{1042 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,9196 \text{ m} \approx 92 \text{ cm}$$