

**LÄÄKETIETEELLISTEN ALOJEN VALINTAKOE**  
**15.5.2019 (päivitetty 7.6.2019)**

**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! Ruotsinkielisen tehtävämonisteen kohdan 1 C.18. painovirheestä tiedotettiin kokeen alussa eikä se siten vaikuta kokeen arvosteluun.*

*Vastausanalyysiä on päivitetty 7.6.2019 tehtävien 4, 6, 7 ja 15 osalta.*

**Tehtävä 1 (osiot A – C)**

59 p.

A (20 p.)				
	a	b	c	d
1		X		
2	X			
3		X		
4		X		
5		X		
6		X		
7				X
8	X			
9	X			
10	X			
11	X			
12		X		
13			X	
14		X		
15				X
16	X			
17	X			
18			X	
19		X		
20		X		

B (21 p.)				
	a	b	c	d
1			X	
2	X			
3			X	
4			X	
5			X	
6		X		
7		X		
8	X			
9		X		
10			X	
11		X		
12			X	
13			X	
14		X		
15				X
16				X
17				X
18		X		
19				X
20	X			
21			X	

C (18 p.)				
	a	b	c	d
1		X		
2	X			
3		X		
4		X		
5	X			
6	X			
7				X
8		X		
9				X
10	X			
11		X		
12		X		
13	X			
14		X		
15			X	
16				X
17				X
18				X

**Tehtävä 2****9 p.**

	0,1	0,75	2	5	15	100	300	$5 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{12}$
a.											<b>X</b>
b.										<b>X</b>	
c.				<b>X</b>							
d.					<b>X</b>						
e.						<b>X</b>					
f.			<b>X</b>								
g.		<b>X</b>									
h.		<b>X</b>									
i.		<b>X</b>									

## Tehtävä 3

8 p.

- a) Metyyliryhmän liittäminen DNA:n sytosiiniin tai histoniproteiineihin (histonihäntä, lys/arg).
- b) Ei, yksilöllinen DNA-profiili (DNA-sormenjäljet, DNA-tunniste) koostuu eripituisten toistojaksojen määrästä eri yksilöillä, eikä metylaatio muuta toistojaksojen määriä eikä pituutta.
- c) Lyhyen opas-RNA:n ja Cas9-entsyymin yhteistyöhön. Opas-RNA tunnistaa kohdegeenin DNA:sta vastaavan alueen emäspariperiaatteen mukaisesti ja Cas9 katkaisee sen. (Menetelmän avulla voidaan leikata pois, lisätä ja vaihtaa emäksiä.)

## Tehtävä 4

6 p.

a)

1. Istukka
2. Sikiön verisuonet
3. Nukkalisäke/villus/villuspuusto/villi
4. Napavaltimo
5. Äidin verisuonet

b) 4, napavaltimoissa

## Tehtävä 5

11 p.

a	1	pohjukaissuoli
	2	haima
	3	umpisuoli

b	4	sileä lihaskerros
---	---	-------------------

c	Numero	Nimi
	8	karkea solulimakalvosto
	9	Golgin laite
	6	eriterakkula

d	nukkalisäke
	mikrovillus

**Tehtävä 6**

14 p.

TAUTI / SJUKDOM	A	B (1–5)	C (+/-)	D (1–7)
Tuhkarokko / Mässling	tuhkarokkivirus morbillivirus	<b>1</b>	+	<b>2</b>
Keuhkotuberkuloosi / Lungtuberkulos	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> / tuberkuloosibakteeri/ mykobakteeri/ <i>mycobacterium</i>	<b>1</b>	+	<b>5</b>
Botulismi / Botulism	<i>Clostridium botulinum</i> / botuliinibakteeri/ botulinumbakteerin tuottama myrkky/ bakteerin tuottama botuliini/ botuliinia tuottava bakteeri	<b>5</b>	-	<b>7</b>
Malaria	<i>Plasmodium falciparum</i> / malarialoiso/ malarialoinen/ malariaparasiitti/ malariaplasmodium/ <i>Plasmodium</i> -suvun loinen tai itiö- eläin/ malariahyttysen levittämä loinen tai parasiitti	<b>4/3</b>	-	<b>1</b>
Polio	poliovirus/pikornavirus/ enterovirus	<b>2/3</b>	+	<b>6</b>
Ebola	ebolavirus/filovirus/ nauhavirus	<b>2/3</b>	-	<b>4</b>
Myyräkuume/ Sorkfeber	Puumala virus/ hantavirus	<b>1/3</b>	-	<b>3</b>

Latinankielisistä taudinaiheuttajien nimistä hyväksytään ne, jotka löytyvät lukion oppikirjoista, sekä näistä johdetut, OIKEIN KIRJOITETUT suomen kielen lainasanat.

**Tehtävä 7****8 p.**

	Vaiheen nimi	Meioosi I	Meioosi II
1.	metafaasi (keskivaihe)	x	
2.	telofaasi (loppuvaihe)		x
3.	profaasi (esivaihe)	x	
4.	anafaasi (jälkivaihe)		x
5.	metafaasi (keskivaihe)		x
6.	profaasi (esivaihe)	x	
7.	telofaasi (loppuvaihe)	x	
8.	anafaasi (jälkivaihe)	x	

Kohdassa 3 vastaukseksi on hyväksytty myös metafaasi (keskivaihe).



## Tehtävä 8

7 p.

a)



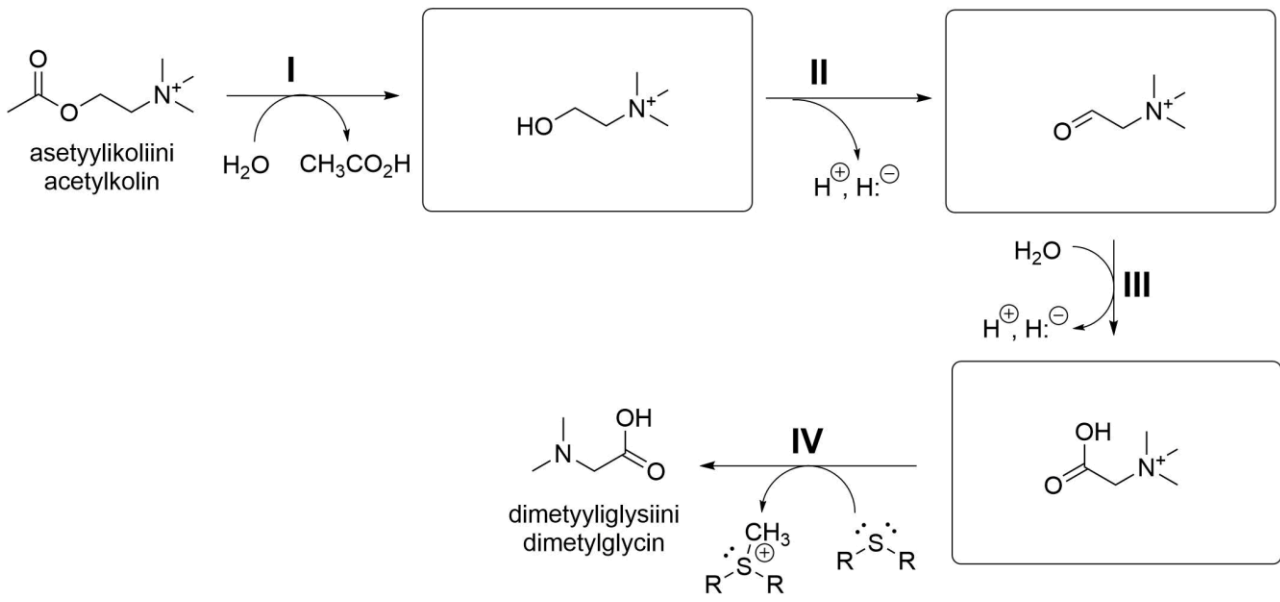
b) 4 ms

c) Estyy/vaikeutuu  $K_v$ -kanavien kautta solusta ulos virtaavien  $K^+$ -ionien pyrkiessä pitämään solukalvon sisäpuolen varauksen negatiivisena

d) Estää/vähentää vapautumista

# Tehtävä 9

9 p.



**Tehtävä 10**

8 p.

I Eliminaation nopeusvakio:

$$k = -\frac{\ln \frac{c(t_2)}{c(t_1)}}{t_2 - t_1} = -\frac{\ln \frac{0,062 \text{ mmol}}{0,10 \text{ mmol}}}{4 \text{ h}} = 0,1195 \text{ h}^{-1} \approx 0,12 \text{ h}^{-1}$$

II Aika, jossa lääkeaineen pitoisuus veressä puolittuu ( $t_{1/2}$ ):

$$t_2 - t_1 = \frac{t_1}{2}, \text{ kun}$$

$$c(t_2) = \frac{1}{2}c(t_1)$$

$$t_2 - t_1 = -\frac{\ln \frac{c(t_2)}{c(t_1)}}{k}$$

$$t_{1/2} = -\frac{\ln \frac{\frac{1}{2}c(t_1)}{c(t_1)}}{k} = -\frac{\ln \frac{1}{2}}{k} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,1195 \text{ h}^{-1}} = 5,799 \text{ h} \approx 5,8 \text{ h}$$

**Tehtävä 11**

14 p.

$$a) \lambda = \frac{1}{\nu} = \frac{1 \text{ cm}}{1740} = \frac{0,01 \text{ m}}{1740} = 5747 \text{ nm} \approx \mathbf{5750 \text{ nm}}$$

$$b) E = \frac{hc}{\lambda} N_A = hc \nu N_A = 6,626 \ 070 \ 150 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 299 \ 792 \ 458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 174 \ 000 \text{ m}^{-1} \cdot 6,022 \ 140 \ 76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 20,82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \approx \mathbf{20,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}$$

c) (1) *Suhdekaava: (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)<sub>x</sub>.*

Pystytään laskemaan massaprosentteina ilmoitetusta alkuainekoostumuksesta. Alkuaineiden suhteelliset ainemäärät saadaan jakamalla massaprosentit niiden moolimassalla:

$$\text{C:n suhteellinen ainemäärä} = \frac{48,6 \text{ m-\%}}{12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{48,6 \cdot \left(\frac{1\text{g}}{100\text{g}}\right)}{12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 4,047 \frac{\text{mol}}{100\text{g}}$$

$$\text{O:n suhteellinen ainemäärä} = \frac{43,2 \text{ m-\%}}{16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{43,2 \cdot \left(\frac{1\text{g}}{100\text{g}}\right)}{16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,700 \frac{\text{mol}}{100\text{g}}$$

$$\text{H:n suhteellinen ainemäärä} = \frac{8,2 \text{ m-\%}}{1,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{8,2 \cdot \left(\frac{1\text{g}}{100\text{g}}\right)}{1,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 8,119 \frac{\text{mol}}{100\text{g}}$$

Jaetaan kaikki pienimmällä suhteellisella ainemäärällä (2,700 mol/100g):

C: 1,50

O: 1,00

H: 3,00

Koska suhdekaava ilmoittaa alkuaineatomien ainemäärien pienimmän kokonaislukusuhteen, kerrotaan saadut luvut kahdella:

C: 3

O: 2

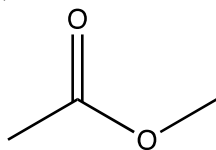
H: 6

(2) *Molekyylikaava: C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>.*

Tarvitaan edellisen lisäksi massaspektristä saatava molekyyli massa (74 u) eli suurimmalla massaluvulla näkyvää signaalia vastaava massa. Tässä tapauksessa suhdekaavasta laskettu molekyyli massa on sama kuin massaspektristä havaittu molekyyli massa.

(3) *Nimi: **Metyyliasetaatti eli metyylietanaatti.***

(4) *Rakennekaava:*

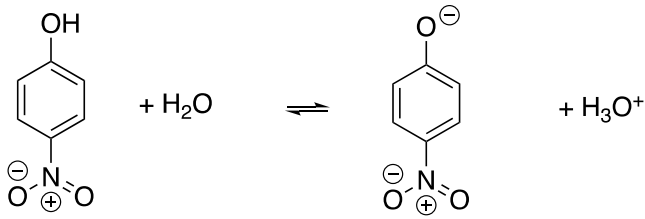


Rakenne saadaan ratkaistua käyttäen edellisten kohtien molekyylikaavaa ja IR- ja NMR-spektrin tietoja. IR-spektristä nähdään, että yhdisteessä on C=O-ryhmä, mutta ei HO-ryhmää. NMR-spektristä havaitaan yhdisteessä olevan kahdenlaisia protoneja (vetyjä). Lisäksi NMR-spektristä voidaan huomata näitä kahdenlaisia vetyjä olevan suhteessa 1:1. Viimeksi mainittua tietoa ei välttämättä tarvita rakenteen päättelemiseksi.

## Tehtävä 12

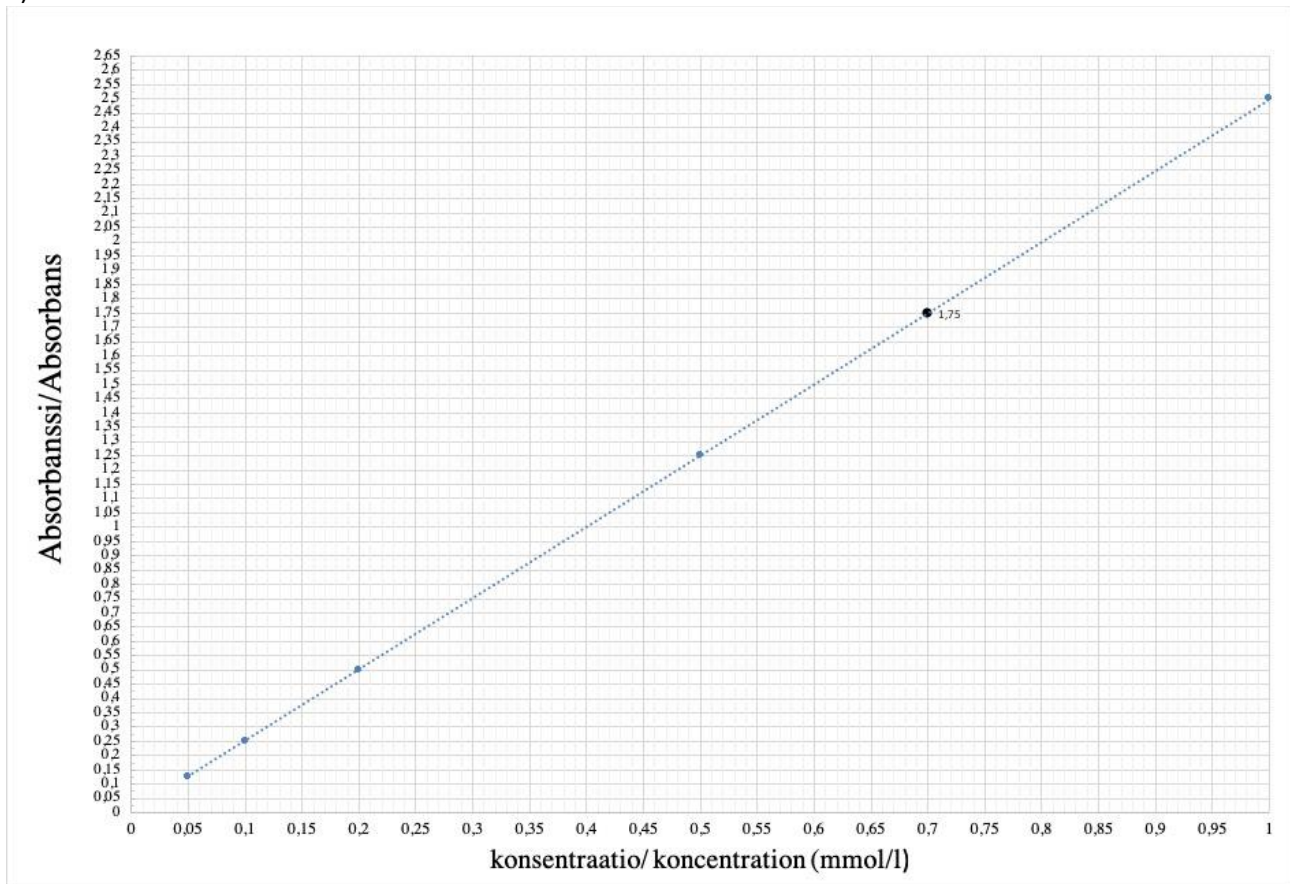
14 p.

a)



b) 395–405 nm.

c)

Laimennetun näytteen  $c = 0,70$  mMAlkuperäisen näytteen  $X$  konsentraatio:

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

$$c_1 = (0,70 \text{ mmol/l} \cdot 10,00 \text{ ml}) / 2,000 \text{ ml} = \underline{\underline{3,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l tai } 3,5 \text{ mmol/l}}}$$

## Tehtävä 13

14 p.

a)

Glukoosimonomeerien lukumäärä saadaan jakamalla glykogeenin keskimääräinen moolimassa yksittäisen glukoosiyksikön keskimääräisellä moolimassalla:

$$4\,600\,000 \text{ g/mol} / 162 \text{ g/mol} = 28\,395 \approx \underline{\underline{28000 \text{ monomeeria}}}$$

$$\text{Glykogeenin ainemäärä: } n_{\text{glyk}} = m/M = 2,20 \cdot 10^{-10} \text{ g} / 4\,600\,000 \text{ g/mol} = 4,783 \cdot 10^{-17} \text{ mol}$$

$$\text{Glukoosin ainemäärä: } n_{\text{gluk}} = 28395 \cdot 4,783 \cdot 10^{-17} \text{ mol} = 1,358 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$$

$$\text{Glukoosin konsentraatio: } c_{\text{gluk}} = n_{\text{gluk}} / V = 1,358 \cdot 10^{-12} \text{ mol} / 3,4 \cdot 10^{-12} \text{ l} = \underline{\underline{0,40 \text{ mol/l}}}$$

Koska maksasolussa olevan glukoosin konsentraatio olisi huomattavasti korkeampi kuin solun ulkopuolella, vesi siirtyisi maksasoluun johtaen sen turpoamiseen tai hajoamiseen.

b)

Ketjun haarautumiskohtien glukoosiyksiköistä syntyy 2,3-di-*O*-metyyli-D-glukoosia.

Glykogeenissä olevien kaikkien glukoosiyksiköiden ainemäärä:

$$n = m/M = 81,0 \text{ mg} / 162 \text{ g/mol} = 0,500 \text{ mmol}$$

Haarautumiskohdissa olevien glukoosiyksiköiden osuus:

$$62,5 \text{ } \mu\text{mol} / 500 \text{ } \mu\text{mol} \cdot 100 \% = \underline{\underline{12,5 \%}}$$

**Tehtävä 14**

7 p.

Kuinka pitkä (tämän mallin mukaan) on pisin mahdollinen DNA-molekyyli, joka mahtuu tuman sisälle? Ilmoita vastauksesi metreinä.

$L$  = DNA-molekyylin pituus

$d$  = DNA-molekyylin halkaisija

$R$  = tuman säde

$$\text{DNA-molekyylin tilavuus} = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi L$$

$$\text{Tuman tilavuus} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Kun DNA täyttää 70 % tuman tilavuudesta:

$$\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 L = 0,7 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$L = \frac{0,7 \cdot 16 R^3}{3 d^2} \approx \mathbf{0,93 \text{ m}}$$

Mikä on tässä tapauksessa tuman sisällä olevien fosfaattiosien yhteenlaskettu varaus? Ilmoita vastauksesi coulombeina.

$l$  = emäsparin pituus

$e$  = alkeisvaraus

Ensimmäisessä kohdassa lasketun pituuden ( $L$ ) avulla:

$$\text{Fosfaattiryhmien yhteenlaskettu varaus on } 2 \cdot \frac{L}{l} (-e) \approx \mathbf{-8,8 \cdot 10^{-10} \text{ C}}$$

**Tehtävä 15**

14 p.

a) Pisaraan vaikuttavat painovoima  $G$  ja ilmanvastus  $F_v$ . Rajanopeudella liikuttaessa kiihtyvyys  $a = \mathbf{0}$ . Öljyn tiheys on  $\rho$  ja putoamiskiihtyvyys  $g$ . Liikkeyhtälö ja pisaran säteen ratkaisu:

$$G + F_v = \mathbf{0} \Rightarrow 6\pi\eta r v - mg = 6\pi\eta r v - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g = 0$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g}} \approx \sqrt{\frac{9 \cdot 1,80 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \cdot 437 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 2,124 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx \mathbf{2,1 \mu\text{m}}$$

b) Pisaraan vaikuttavat painovoima, ilmanvastus ja sähköinen voima  $F_s$ . Rajanopeudella liikuttaessa kiihtyvyys  $a = \mathbf{0}$ . Pisaran varaus on  $Q$  ja sylinterissä olevan sähkökentän voimakkuus  $E$ . Liikkeyhtälö:

$$G + F_v + F_s = \mathbf{0} \Rightarrow QE + 6\pi\eta r v - mg = 0 \Rightarrow v = \frac{mg - QU/d}{6\pi\eta r}$$

c) Pisara on paikallaan, kun  $v = 0$  m/s eli

$$v = \frac{mg - \frac{QU}{d}}{6\pi\eta r} = 0 \Rightarrow Q = \frac{mgd}{U} = \frac{4\pi r^3 \rho g d}{3U} \approx$$

$$\frac{4 \cdot 3,14 \cdot (2,124 \cdot 10^{-6} \text{ m})^3 \cdot 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1 \text{ m}}{3 \cdot 4790 \text{ V}} \approx$$

$$6,573 \cdot 10^{-18} \text{ C} \approx \frac{6,573 \cdot 10^{-18} \text{ C}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C/e}} \approx 41,03e \approx \mathbf{41e}$$



**Tehtävä 16**

8 p.

Sillä hetkellä, kun levyn ja pallon systeemi lähtee pyörähtämään vastapäivään, on systeemi tasapainossa kiilan A päällä ja kiilaan B ei enää kohdistu voimaa, joten

$$F = (2M + 3M)g = 5Mg$$

Levyn pituus on  $3S$ , joten sen aiheuttama momentti kiilan A kärjen suhteen on  $\left(\frac{3}{2} - 1\right)S \cdot 2M = \frac{1}{2}S \cdot 2M = SM$  ja se kääntää levyä myötäpäivään. Merkitään  $x$ :llä sitä matkaa, jonka pallon painopiste on kulkenut kiilan A kärjen yli, kun kallistuminen alkaa. Tällöin pallon aiheuttama momentti kiilan A kärjen suhteen on  $3Mx$  vastapäivään ja tasapainotilanteessa voidaan merkitä:

$$SM = 3Mx \Leftrightarrow x = \frac{1}{3}S$$

Pallon kulkema kokonaismatka on siis  $l = \frac{1}{3}S + 2S = \frac{7}{3}S$ , jolloin tähän kulunut aika saadaan yhtälöstä

$$l = vt \Leftrightarrow t = \frac{l}{v} = \frac{7S}{3v}$$

**Tehtävä 17****12 p.**

I) Vaihtoehto 1: Työ  $W = Fs$ , jossa  $F$  on vakiovoima ja  $s$  on kuljettu matka. Koska gravitaatiovoima on vastakkaisuuntainen liikkeen kanssa, on tehty työ negatiivinen ts.

$$W_1 = -mg_r h.$$

Vaihtoehto 2: Gravitaatiovoiman tekemä työ  $W_1 = -\Delta E_p$ . Valitaan potentiaalienergian nollassoksi maapallon pinta. Tällöin  $W_1 = -mg_r h$ .

II) Voima ei ole vakio. Kappaleen potentiaalienergia gravitaatiokentässä on  $E_p = -G \frac{mM}{r}$ , missä  $G$  on gravitaatiovakio,  $M$  on maapallon massa ja  $r$  on massan  $m$  etäisyys maapallon keskipisteestä. Tällöin

$$\begin{aligned} W_2 &= -\Delta E_p = -\left(-G \frac{mM}{R+h} - \left(-G \frac{mM}{R}\right)\right) = G \frac{mM}{R+h} - G \frac{mM}{R} \\ &= GmM \left(\frac{1}{R+h} - \frac{1}{R}\right) = GmM \frac{R - (R+h)}{R(R+h)} = -GmM \frac{h}{R(R+h)} \end{aligned}$$

III) Gravitaatiosta aiheutuva putoamiskiihtyvyyden arvo maapallon gravitaatiokentässä on  $g_r = G \frac{M}{r^2}$ . Tällöin putoamiskiihtyvyys maapallon pinnalla on

$$\begin{aligned} g &= G \frac{M}{R^2} \Rightarrow W_1 = -m G \frac{M}{R^2} h \Rightarrow \frac{|W_2 - W_1|}{|W_2|} = \frac{\left| -GmM \frac{h}{R(R+h)} - \left(-GmM \frac{h}{R^2}\right) \right|}{GmM \frac{h}{R(R+h)}} = \frac{\left| GmM h \left( \frac{1}{R^2} - \frac{1}{R(R+h)} \right) \right|}{GmM \frac{h}{R(R+h)}} = \\ &= \frac{\left| \frac{R+h-R}{R^2(R+h)} \right|}{\frac{1}{R(R+h)}} = \frac{\frac{h}{R^2(R+h)}}{\frac{1}{R(R+h)}} = \frac{h}{R} \end{aligned}$$

$$\text{Jos } \frac{|W_2 - W_1|}{|W_2|} = 0,01 \text{ (1 \%)} \Rightarrow \frac{h}{R} = 0,01 \text{ (1 \%)} \Leftrightarrow \mathbf{h = 0,01 R \text{ (1 \% maapallon säteestä)}}.$$

Toinen tapa (muokataan  $W_2$ : sta):  $W_2 = -mgh \frac{R}{R+h}$

$$\Rightarrow \frac{|W_2 - W_1|}{|W_2|} = \frac{\left| -mgh \frac{R}{R+h} - (-mgh) \right|}{mgh \frac{R}{R+h}} = \frac{\left(1 - \frac{R}{R+h}\right)}{\frac{R}{R+h}} = \frac{h}{R}$$

**Tehtävä 18**

12 p.

Mäntään vaikuttavat painovoiman  $G$  lisäksi sekä ulkoinen ilmanpaine  $p_0$  että säiliön sisäinen kaasunpaine  $p_1$ . Kun mäntä liikkuu, kohdistuu siihen myös jousivoima  $-kx$ . Alussa jousivoima on kuitenkin nolla, koska jousi on tasapainoasemassa.

Ratkaistaan ensin säiliön sisällä olevan kaasun paine alkutilassa:

$$\begin{aligned}
 F_{p1} &= G + F_{p0} & || p &= \frac{F}{A} \rightarrow F = pA, G = mg \\
 p_1 A &= mg + p_0 A & ||: A & \\
 p_1 &= \frac{mg}{A} + p_0 \\
 p_1 &= \frac{0,500 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^2} + 101\,325 \text{ Pa} = 106\,230 \text{ Pa} \approx \underline{\underline{106 \text{ kPa}}}
 \end{aligned}$$

Lämmitetyn kaasun paine voidaan laskea ideaalikaasulaista:

$$\begin{aligned}
 \frac{p_1 V_1}{T_1} &= \frac{p_2 V_2}{T_2} \\
 p_2 &= \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} & ||: V_1 = Ah, V_2 = A(h+x) \\
 p_2 &= \frac{p_1 Ah T_2}{T_1 A(h+x)} \\
 p_2 &= \frac{106\,230 \text{ Pa} * 0,500 \text{ m} * 393,15 \text{ K}}{293,15 \text{ K} \times (0,500 \text{ m} + 0,100 \text{ m})} \approx 118\,723 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Jousivakio voidaan nyt laskea lopputilan tasapainoehdosta, jossa jousivoima ei enää olekaan nolla:

$$\begin{aligned}
 F_{p2} &= G + F_{p0} + kx & || p &= \frac{F}{A} \rightarrow F = pA, G = mg \\
 p_2 A &= mg + p_0 A + kx \\
 kx &= (p_2 - p_0)A - mg \\
 k &= \frac{(p_2 - p_0)A - mg}{x} \\
 k &= \frac{(118\,723 \text{ Pa} - 101\,325 \text{ Pa}) \times 10,0 \text{ cm}^2 - 0,500 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{0,100 \text{ m}} \approx 124,9 \text{ N/m} \\
 &\approx \underline{\underline{125 \text{ N/m}}}
 \end{aligned}$$

**Tehtävä 19****10 p.**

a) Annosnopeus jakautuu etäisyydellä  $r$  säteilylähteestä  $r$ -säteisen pallon pinnalle eli pinta-alalle  $4\pi r^2$ , joten annosnopeus 3,0 m:n päässä lähteestä saadaan ratkaistua suhteesta

$$\frac{I(3,0 \text{ m})}{I(1,0 \text{ m})} = \frac{4\pi(1,0 \text{ m})^2}{4\pi(3,0 \text{ m})^2} \Rightarrow I(3,0 \text{ m}) = I(1,0 \text{ m}) \cdot \left(\frac{1,0 \text{ m}}{3,0 \text{ m}}\right)^2 = 51,8 \frac{\text{mSv}}{\text{h}} \cdot \left(\frac{1,0 \text{ m}}{3,0 \text{ m}}\right)^2 \approx 5,8 \frac{\text{mSv}}{\text{h}}$$

b) Säteilyn vaimentuminen väliaineessa noudattaa yhtälöä

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

missä  $x$  on väliaineen paksuus ja  $\mu$  väliaineen heikennyskerroin. Kun väliaineen paksuus  $x$  vastaa puoliintumispaksuutta  $d = 45,0 \text{ mm}$ , saadaan

$$\frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu d} \Rightarrow \mu = \frac{\ln 2}{d} = \frac{\ln 2}{45,0 \text{ mm}} \approx 0,0154 \frac{1}{\text{mm}}$$

c) Nyt  $I_0 = 8,3 \text{ mSv/h}$  ja  $I = 20,0 \mu\text{Sv/h}$ , joten saadaan

$$I = I_0 e^{-\mu x} \Rightarrow$$

$$-\mu x = \ln \frac{I}{I_0} \Rightarrow x = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{\mu} \Rightarrow x = \frac{\ln \frac{8,3 \text{ mSv/h}}{20,0 \mu\text{Sv/h}}}{0,0154 \frac{1}{\text{mm}}} \approx 109,6 \text{ mm} \approx 11 \text{ cm}$$