

# LÄÄKETIETEELLISTEN ALOJEN VALINTAKOE

## 27.5.2014

# TEHTÄVÄMONISTE

**Tämä on valintakokeen tehtävämoniste.** Moniste sisältää johdantoja tehtäviin, valintakoe-tehtävät sekä liitteenä valintakokeen kaavakokoelman ja taulukkotietoja.

Tehtävien ratkaiseminen edellyttää lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisten biologian, fysiikan ja kemian pakollisten ja syventävien kurssien, samoin kuin kokeessa annettujen tehtävien johdantotekstien sekä kaavojen ja taulukkotietojen hallintaa ja soveltamista. Tehtävien johdantoteksteissä olevat tiedot voivat liittyä muidenkin kuin sitä seuraavan tehtävän tai tehtäväsarjan ratkaisemiseen.

**Tarkista, että saamassasi tehtävämonisteessa on tämän kansilehden lisäksi tehtäväsivut 2–23 sekä kaava- ja taulukkosivut L1–L4.**

Kaavaliitteen (L1-L4) vakiot ja taulukkoarvot oletetaan laskutoimituksissa tarkoiksi arvoiksi.

**Tehtäviin 1, 2 ja 3c vastataan erilliselle optisesti luettavalle lomakkeelle.** Muiden tehtävien vastaukset kirjoitetaan vastausmonisteeseen.

\*\*\*\*\*

Lääketieteellisten alojen valintakoe alkaa klo 9:00 ja päättyy klo 14:00 ja kestää tasan 5 tuntia. Koesaleihin pääsee klo 9:40 asti ja kokeesta saa poistua aikaisintaan klo 10:00.

### **Vastausten arvostelu ja pisteytys:**

Vastausten arvostelu perustuu lukion opetussuunnitelman mukaisiin biologian, fysiikan ja kemian pakollisten ja syventävien kurssien oppimistavoitteisiin ja valintakoetilaisuudessa jaetun tehtävämonisteen tietoihin. Kunkin tehtävän ja osatehtävän yhteydessä on ilmoitettu siitä saatava maksimipistemäärä.

Vastausten yhteenlaskettua kokonaispistemäärää kutsutaan raakapisteiksi. Niiden muuttamisesta valintakoe pisteiksi, osatehtävien mahdollisesta karsimisesta sekä muista arvosteluun liittyvistä seikoista päättävät eri yliopistojen valintatoimikunnat itsenäisesti sääntöjensä puitteissa.

Valintakokeen päätyttyä julkaistaan vastausanalyysi, joka kuvaa pisteytyksen yleisperiaatteet ja vastauksissa vaadittavat asiakokonaisuudet. Vastausanalyysi ei ole täydellinen eikä lopulliseen muotoon yksilöity mallivastaus.

# Tehtävä 1 (Osat 1A–1C)

30 p

Vastataan optisesti luettavalle lomakkeelle.

## Osa 1A (10 p)

Pisteytys:

Valittu oikea väittämä = 0,5 p

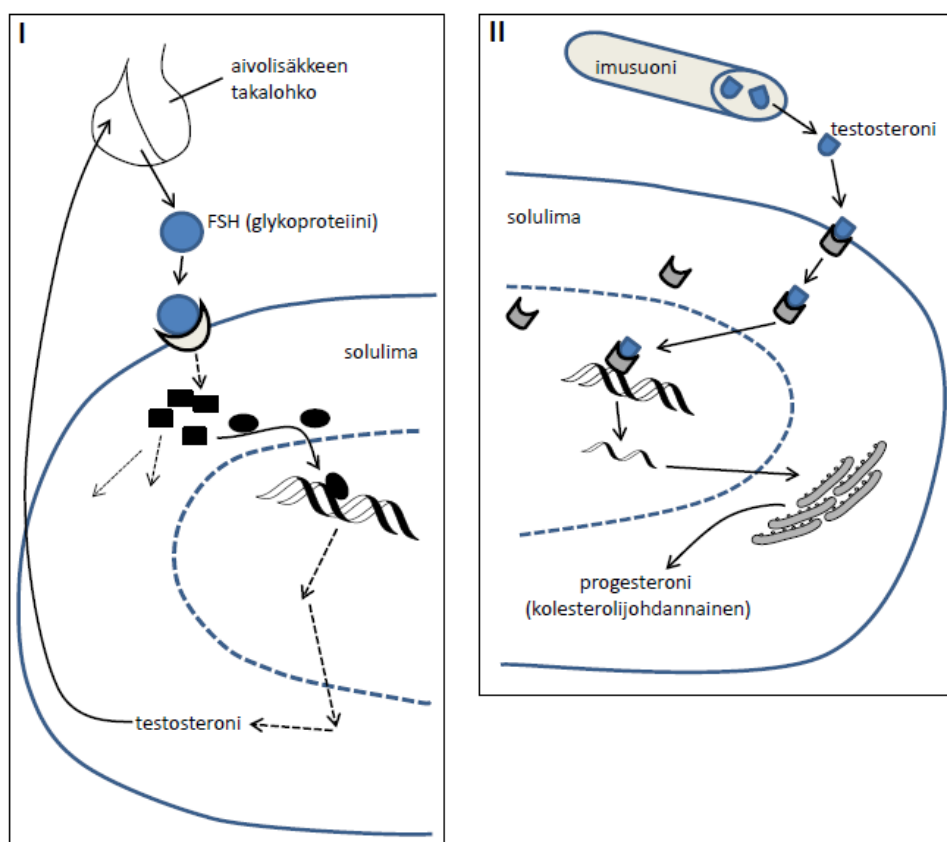
Valittu väärä väittämä = -0,5 p

Jätetty valitsematta oikea väittämä = -0,5 p

Osan 1A alin pistemäärä = 0 p

a.

Kuvat I ja II esittävät hormonaalista viestintää ihmisen elimistössä. Huom! Kuvissa on virheitä.

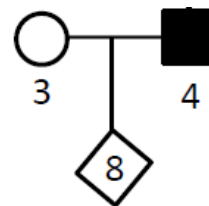


**Mikä/mitkä seuraavista hormonaaliseen viestintään liittyvistä väittämistä on/ovat oikein?**

1. Aivolisäkkeen etulohko tuottaa FSH:ta väliaivojen säätelyn alaisena.
2. FSH-reseptori sijaitsee solukalvolla.
3. FSH:n sitoutuminen reseptoriinsa käynnistää solulimassa toisiolähettiketjun.
4. FSH:n indusoima reaktioketju aiheuttaa solun testosteronituotannon voimistumisen.
5. Testosteronituotanto vähentää negatiivisen palautesäätelyn avulla LH:n tuotantoa.
6. Imusuonet ovat keskeisessä asemassa hormonien (kuten testosteronin) kuljetuksessa kohdekudoksiin.
7. Rasvaliukoisena hormonina testosteroni kiinnittyy nopeasti solukalvolla olevaan reseptoriinsa.
8. Testosteroni-reseptori-kompleksi sitoutuu kohdegeenin säätelyalueelle.
9. Lähetti-RNA ohjaa karkeassa solulimakalvostossa tapahtuvaa progesteronin tuotantoa.
10. Testosteroni ei ole keskeinen progesteronin tuotantoa stimuloiva hormoni.
11. Rauhasolujen tuottamat steroidihormonit siirtyvät kudosten kautta verenkiertoon.

b.

Pariskunta (oheisessa sukupuussa 3 ja 4) odottaa ensimmäistä jälkeläistään (8). Heitä askarruttaa miestä (4) ja tämän sukua rasittavan sairauden periytymisen todennäköisyys jälkeläiselle siinä tapauksessa, että jälkeläinen on poika. Äidin (3) suvussa ei sairautta esiinny. Sairauden periytymistapaa miehen suvussa ei tunneta.



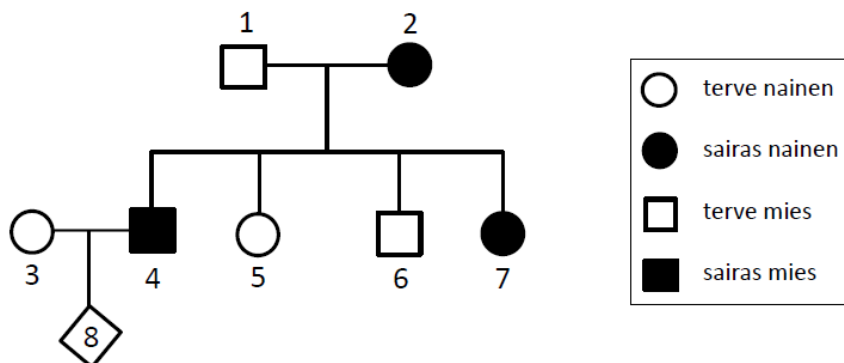
**Mikä/mitkä seuraavista sairauden periytymiseen liittyvistä väittämistä voi/voivat olla oikein tämän sukupuun kuvaamassa tilanteessa?**

12. Jos sairaus on autosomaalisen dominoivan alleelin aiheuttama, niin silloin sairauden ilmaantumisen todennäköisyys syntyvällä pojalla on 50 %.
13. Jos sairaus on autosomaalisen resessiivisen alleelin aiheuttama, niin silloin sairauden ilmaantumisen todennäköisyys syntyvällä pojalla on 50 %.
14. Jos sairaus on X-kromosomaalisen dominoivan alleelin aiheuttama, niin silloin sairauden ilmaantumisen todennäköisyys syntyvällä pojalla on 50 %.
15. Jos sairaus on X-kromosomaalisen resessiivisen alleelin aiheuttama, niin silloin sairauden ilmaantumisen todennäköisyys syntyvällä pojalla on 0 %.

c.

Jatkoa osiosta b.

Miehen (4) osalta selvitettiin sairauden periytyvyys hänen suvussaan. Tulokseksi saatiin seuraavanlainen periytymiskaavio:

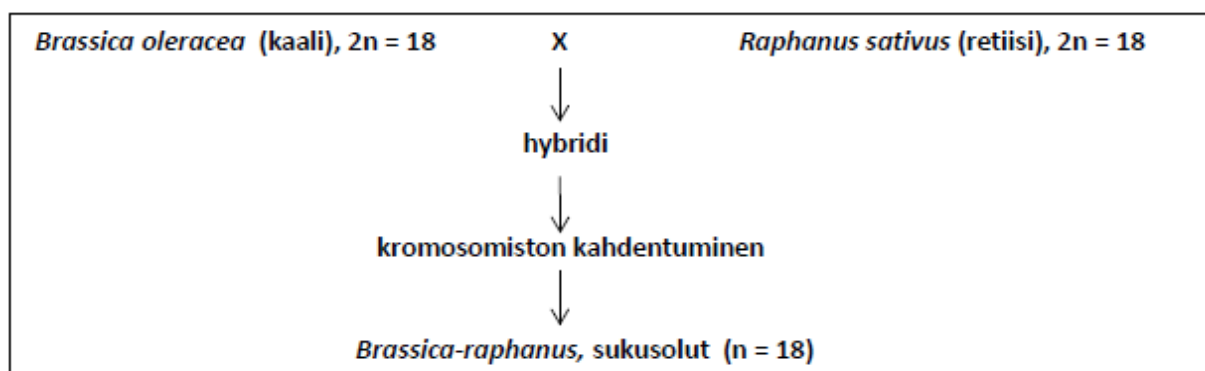


**Mikä/mitkä seuraavista tämän sairauden periytymiseen liittyvistä väittämistä on/ovat näiden uusien tietojen pohjalta oikein?**

16. Sairaus voi olla autosomaalisen dominoivan alleelin aiheuttama.
17. Sairaus voi olla autosomaalisen resessiivisen alleelin aiheuttama.
18. Sairaus voi olla X-kromosomaalisen dominoivan alleelin aiheuttama.
19. Sairaus voi olla X-kromosomaalisen resessiivisen alleelin aiheuttama.

d.

Oheinen kaavio esittää kaalin ja retiisin välistä hybridijalostusta.

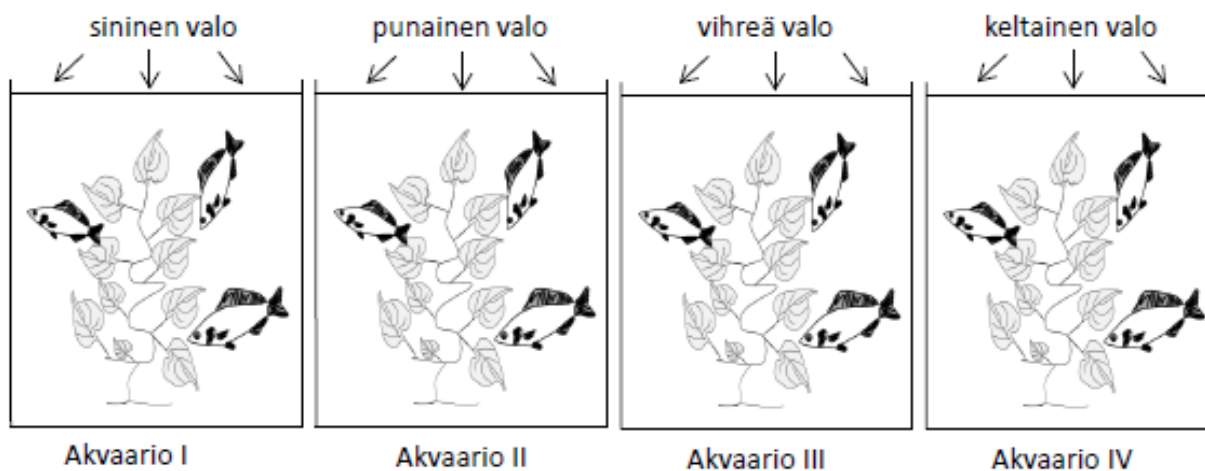


Mikä/mitkä seuraavista yllä kuvattuun hybridijalostukseen liittyvistä väittämistä on/ovat oikein?

20. Kyseessä ei ole monohybridiristeytys.
21. *Brassica-raphanus* on uusi laji.
22. Kaavion toisella rivillä mainittu hybridi on steriili.
23. Edellä mainitulla hybridillä on 18 paria homologisia kromosomeja.
24. Kaalilla ja retiisillä on keskenään 18 homologista kromosomia.
25. Kaalin ja retiisin kromosomit ovat identtiset ja siksi risteymä on mahdollinen.
26. *Brassica-raphanus* sukusolut tuottavat lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä.

e.

Alla olevia akvaarioita I–IV valaistaan joko sinisellä, punaisella, vihreällä tai keltaisella valolla. Muutoin akvaarioiden olosuhteet ovat keskenään samanlaiset. Kaloja ruokitaan kaikissa akvaarioissa samalla tavoin ja samalla pellettiravinnolla. Kasvien oletetaan käyttäytyvän järjestelyssä maakasvien tavoin.

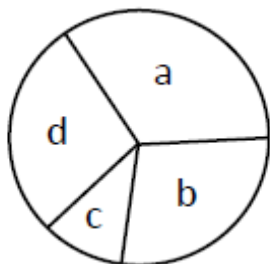


Mikä/mitkä seuraavista yleisistä tai yllä kuvattuun koeasetelmaan liittyvistä väittämistä on/ovat oikein?

27. Kuvatuissa olosuhteissa kasvit tuottavat vähiten happea akvaarioissa III ja IV.
28. Klorofylli b:n absorptiomaksimi on punaisen valon aallonpituusalueella (n. 650 nm).
29. Veden fotolyysi tapahtuu kasvin viherhiukkasten yhteyttämiskalvoston ulkopuolella.
30. Kaloilla soluhengityksen glykolyysivaihe ei vaadi happea.
31. Vedessä oleva happi siirtyy kaloilla kidusvaltimoiden kautta kolmilokeroiseen sydämeen.
32. Kuvatuissa olosuhteissa I–IV kalat ja kasvit vastaavat akvaarioekosysteemin hengityksestä.

f.

Solukierrossa (solusyklissä) voidaan erottaa neljä vaihetta: mitoottinen vaihe (M), DNA:n kahdentumisvaihe (S), kasvun vaihe (G1) ja valmistautuminen jakautumiseen (G2).

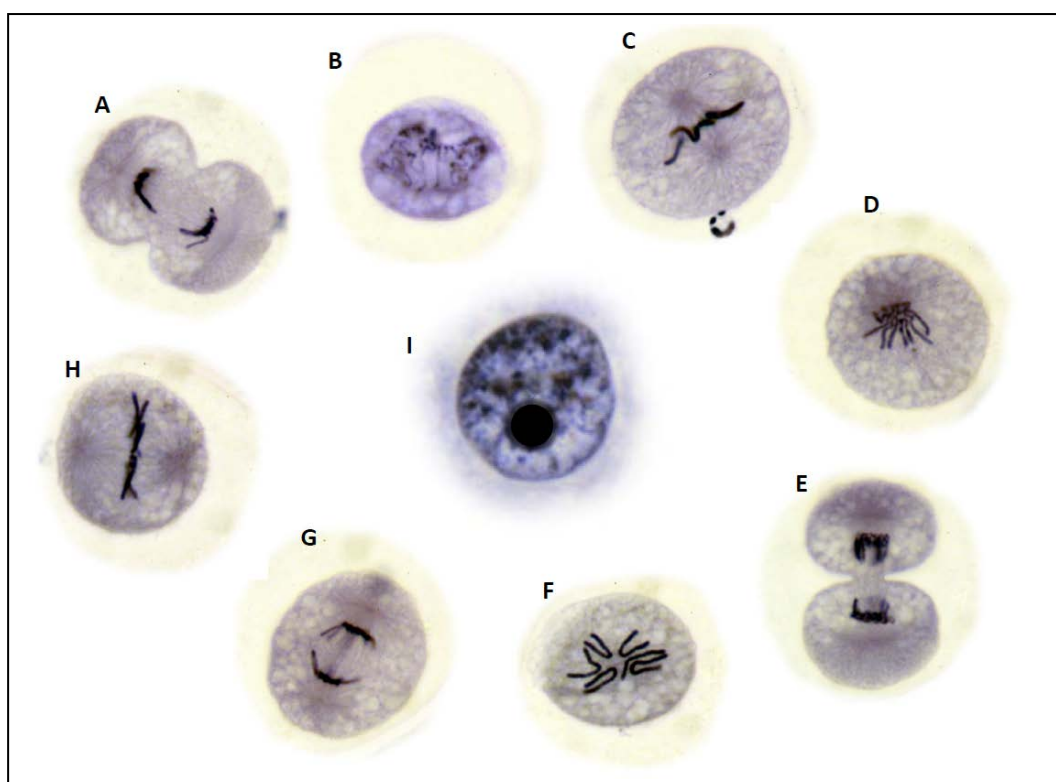


Mikä/mitkä yllä olevan kuvan neljästä sektorista a, b, c, d vastaa/vastaavat kasvun vaihetta (G1)?

33. Sektori a
34. Sektori b
35. Sektori c
36. Sektori d

g.

Alla olevat mikroskooppikuvat A–I esittävät solusyklin vaihteita satunnaisessa järjestyksessä.



Missä (yksi tai useampi) seuraavista vaihtoehdoista on mukana sekä solusyklin keskivaiheessa (metafaasi) että jälkivaiheessa (anafaasi) olevia soluja?

37. A, B, D, G
38. B, D, F, G
39. A, B, C, F
40. D, E, F, G

## Osa 1B (10 p)

*Pisteytys:*

*Osiossa (esim. 41–44) valittu ainoastaan oikeat vaihtoehdot = 0,5 p*

*Yksikin virhe osiossa = 0 p*

**Merkitse optisesti luettavaan lomakkeeseen, mitkä seuraavista väittämistä 41–120 ovat oikein. Kussakin osiossa (esim. 41–44) on yksi tai useampi väittämä oikein.**

Kun tavallista lyijyakkua aletaan kuormittaa,

41. napajännite nousee.
42. virtaa kulkee vähemmän.
43. akun sisäiset jännitehäviöt kasvavat.
44. akku jäähtyy.

Tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä

45. kappaleen nopeus kasvaa paraabelin muotoisesti ajan funktiona.
46. kappaleen nopeus muuttuu lineaarisesti ajan funktiona.
47. kappaleen paikka muuttuu lineaarisesti.
48. kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima pysyy vakiona.

Kun kaksi kappaletta törmää toisiinsa

49. kimmottomasti, liikemäärä ei säily.
50. kimmottomasti, liike-energia säilyy.
51. täysin kimmottomasti, kappaleet takertuvat toisiinsa.
52. Mikään yllämainituista (49–51) ei ole oikein.

Valon kohdatessa vinosti optisesti tiheämmän väliaineen

53. valon nopeus kasvaa.
54. valon aallonpituus pienenee.
55. valon taajuus kasvaa.
56. aaltoliike taittuu pois päin pinnan normaalista.

Hydrostaattinen paine nestealtaassa

57. on vakio.
58. riippuu nesteen tiheydestä.
59. ei muutu ilmanpaineen muuttuessa.
60. Mikään yllämainituista (57–59) ei ole oikein.

Avaruuspukuun pukeutunut astronautti kykenee hyppäämään maan pinnalta kohtisuoraan ylöspäin 0,31 metrin korkeuteen. Kuinka korkealle sama astronautti kykenisi hyppäämään Marsissa, kun kaasukehän vaikutusta ei oteta huomioon? ( $g_{Mars} = 3,74 \text{ m/s}^2$ )

61. 12 cm
62. 210 cm
63. 8,1 m
64. Mikään yllämainituista (61–63) ei ole oikein.

Valokuitu koostuu taipuisasta putkesta (kuidun vaippa), joka on täytetty kiinteällä materiaalilla (kuidun ydin). Kuidun vaippa on eri materiaalia kuin ydin. Valonsäteet ohjataan kuidun ytimeen. Jotta valo voi edetä kuidussa pitkän matkan,

65. kuituun saapumisen jälkeen valon on läpäistävä ytimen ja vaipan rajapinta.
66. vaipan materiaalin täytyy olla optisesti tiheämpää kuin ytimen materiaalin.
67. vaipan materiaalilla tulee olla pienempi taitekerroin kuin ytimen materiaalilla.
68. vaipan ja ytimen materiaalien taitekertoimien täytyy olla yhtä suuret.

Mikä tai mitkä seuraavista valaistukseen ja valon intensiteettiin liittyvistä väittämistä on/ovat oikein?

69. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks.
70. Valovoima voidaan laskea myös infrapunasäteilylle.
71. Valovoiman yksikkö on kandela.
72. Noin 500 lx riittää normaalisti hyvin lukemiseen ja kirjoittamiseen.

Mikä tai mitkä seuraavista hiukkasfysiikan väittämistä ovat oikein?

73. Kvarkit ja gluonit ovat aineen perushiukkasia.
74. Neutriino kuuluu leptoneihin.
75. Baryonit ovat kolmesta kvarkista muodostuneita hiukkasia.
76. Protoni ja neutroni ovat mesoneja.

Mikä tai mitkä seuraavista väittämistä ovat oikein?

77. Lämmön johtumista ei tapahdu täydellisessä tyhjiössä.
78. Lämpösäteily etenee hitaammin aineessa kuin tyhjiössä.
79. Lumipallo ei lähetä lämpösäteilyä.
80. Nesteet johtavat yleensä huonommin lämpöä kuin kaasut.

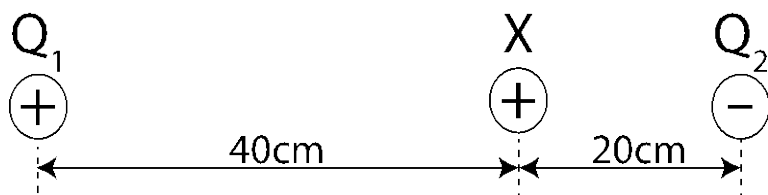
Pulka liukuu kitkattomasti alas mäkeä. Mikä seuraavista on oikea lauseke pulkan kiihtyvyydelle (a) mäen suuntaan, kun mäen kaltevuuskulma vaakatasosta on 25 astetta?

81.  $a = 9,81 \text{ m/s}^2$
82.  $a = \sin 25^\circ \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$
83.  $a = \cos 25^\circ \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$
84.  $a = \tan 25^\circ \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$

Autoilija ajaa taajama-alueelta moottoritiele ja kiihdyttää 40 km/h nopeudesta moottoritienopeuteen 120 km/h. Mitä tällöin tapahtuu auton liike-energialle?

85. Liike-energia kolminkertaistuu.
86. Liike-energia pysyy samana.
87. Liike-energia kuusinkertaistuu.
88. Liike-energia yhdeksänkertaistuu.

Varattu hiukkanen  $X$  on sähkökentässä kahden varauksen välissä alla olevan kuvan mukaisesti. Pistemäiset varaukset  $Q_1$  ja  $Q_2$  ovat samansuuruiset, mutta vastakkaismerkkiset.  $X$  on positiivisesti varattu. Jos hiukkasen  $X$  ja varauksen  $Q_1$  välinen voima on  $F$ , mikä on hiukkasen  $X$  ja varauksen  $Q_2$  välisen voiman suuruus?



89.  $F/2$
90.  $F/4$
91.  $2F$
92.  $4F$

Kun sähkönjohtimessa kulkee sähkövirta, muodostuu sen ympärille sähkökenttä ja magneettikenttä. Mitä voidaan sanoa magneettikentän suunnasta?

93. Magneettikenttä on kohtisuorassa virran kulkusuuntaan nähden.
94. Sähkömagneettisen aallon magneettikenttä on kohtisuorassa sähkökenttään nähden.
95. Magneettikenttä on johtimen suuntainen.
96. Mikään yllämainituista (93–95) ei ole oikein.

Kaksi kappaletta (A ja B) liikkuu suoraviivaisesti kitkatonta pintaa pitkin. Kappaleen A nopeus on kaksinkertainen kappaleeseen B verrattuna, mutta kappaleen A massa on vain puolet kappaleen B massasta. Mitä voidaan sanoa työn määrästä, joka tarvitaan kappaleiden pysäyttämiseen?

97. Työn määrä on sama molemmille.
98. Nopeamman kappaleen (A) pysäyttämiseen tarvitaan kaksinkertainen työ verrattuna hitaaseen kappaleeseen (B).
99. Työtä ei voida määrittää, koska ei tiedetä, kuinka pitkä matka kappaleiden pysäyttämiseen tarvitaan.
100. Hitaamman kappaleen (B) pysäyttämiseen tarvitaan neljäsosa nopeamman kappaleen (A) pysäyttämiseen tarvittavasta työstä.

Jos liikkuvaan kappaleeseen vaikuttavien voimien summa on nolla, niin silloin

101. kappale pysähtyy.
102. kappale jatkaa tasaisesti kiihtyvää liikettä.
103. kappaleen suunta muuttuu.
104. kappale jatkaa liikettä tasaisella nopeudella.

Matkustaja istuu lentokoneessa ja tuntee hetkellisesti irtautuvansa istuimesta, ts. tuntee olevansa tavallista kevyempi. Mikä/mitkä seuraavista tilanteista voi(vat) aiheuttaa edellä kuvatun tuntemuksen?

105. Lentokone on laskeutumassa, mutta laskeutumisen nopeus hidastuu.
106. Lentokone on lisäämässä korkeutta, mutta nousunopeus hidastuu.
107. Lentokone lähtee laskeutumaan.
108. Lentokone on lisäämässä korkeutta kiihtyvällä nopeudella.



Fosfori-32 isotooppia käytetään merkkiaineena lääketieteessä. Jos 90 päivän kuluttua kuvauspäivästä potilaan elimistössä saa olla 0,01 g jäännös kuvauspäivänä annetusta merkkiainemäärästä, niin kuinka paljon fosfori-32-isotooppia oli ruiskussa antohetkellä? Kyseisen isotoopin fysikaalinen puoliintumisaika on 14,29 päivää. Biologista puoliintumisaikaa ei huomioida.

109.  $0,01/e^{-(14,29 \cdot 90)}$  g

110.  $0,01 \cdot e^{(14,29 \cdot 90)}$  g

111.  $0,01 \cdot e^{-(0,0485 \cdot 90)}$  g

112.  $0,01/e^{-(0,0485 \cdot 90)}$  g

Tasavirtapiirissä on kolme identtistä yhdeksän ohmin ( $9 \Omega$ ) vastusta kytkettynä rinnan. Virtapiiriin otetaan jännite yhdeksän voltin ( $9 \text{ V}$ ) paristosta. Kuinka suuri kokonaistehohäviö vastuksiin syntyy?

113. 27 W

114. 9 W

115. 81 W

116. 1 W

Sulaa ( $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) hernekeittoa lämmitetään sähköhellalla kattilassa. Sähköhellan teho on 600 W, ja 80 % hellan tuottamasta lämpöenergiasta siirtyy keittoon. Kuinka paljon 1,0 kg keittoannoksen lämmittäminen kiehuvaaksi ( $100,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) maksaa, jos sähkön hinta on 15 senttiä/kWh? Oletetaan, että hernekeiton ominaislämpökapasiteetti on sama kuin vedellä ( $4,19 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ).

117. 18 senttiä

118. 2,2 senttiä

119. 1,7 senttiä

120. 7,2 senttiä

## Osa 1C (10 p)

Pisteytys:

Oikein valittu vaihtoehto = 0,5 p

Väärin valittu vaihtoehto = -0,5 p

Vastaamatta jättäminen = 0 p

Osan 1C alin pistemäärä = 0 p

---

**Merkitse optiseen lomakkeeseen, mitkä seuraavat ympäristö- ja happo-emäskemiaan liittyvistä väittämistä 121–140 ovat oikein ja mitkä väärin.**

121. Jos sadeveten ei ole liennut ihmisen toiminnasta peräisin olevia ilmansaasteita, sadeveden  $pH = 7,00$ .
122. Ilmasta sadeveten liennut happi ja typpi nostavat sadeveden  $pH$ :ta.
123. Rikkidioksidin hapettuessa syntyy rikkitrioksidia, joka liuetessaan veteen muodostaa rikkihappoa.
124. Sadevedessä rikkihappo esiintyy pääasiassa  $H_2SO_4$ -molekyyleinä.
125. Koska hiilidioksidin rakenteessa ei ole vetyatomia, joka voisi lohjeta protonina ( $H^+$ ), hiilidioksidin liukeneminen ei johda järiveden happamoitumiseen.
126. Typpihappo on puhtaassa kaasumaisessa muodossa pääasiassa  $HNO_3$ -molekyyleinä.
127. Typpihappo on vesiliuoksessa pääasiassa  $HNO_3$ -molekyyleinä.
128. Typpihappo on puhtaassa nestemäisessä muodossa pääasiassa  $HNO_3$ -molekyyleinä.
129. Lannoitteiden ammoniumionit nostavat maaperän  $pH$ :ta muodostamalla ammoniakkia.
130. Typen oksidien liukeneminen vesistöihin johtaa vesistöjen happamoitumiseen ja rehevöitymiseen.
131. Järvessä oleva humus kykenee estämään veden  $pH$ :n muutosta neutraloimalla sadeveden mukana tulevia happoja.
132. Suomalainen kallio- ja maaperä on luonnostaan suhteellisen emäksistä.
133. Vesistöissä olevat kalsium- ja magnesiumionit estävät tehokkaasti  $pH$ :n laskua.
134. Tiedetään, että maaperän alumiini on usein muodossa  $Al(OH)_3$ . Kun  $Al(OH)_3$  reagoi veden mukana tulevan hapon kanssa, syntyy muun muassa vettä ja  $Al^{3+}$ -ioneja.
135. Happamoituminen lisää kasvien hyödynnettävissä olevien ravinteiden määrää.
136. Suurten järvien vesissä luontaisesti liuenneena oleva kalsiumkarbonaatti ehkäisee happamoitumista.
137. Koska rikkihappo on vahvempi happo kuin muurahaishappo ( $HCO_2H$ ), rikkihapon vesiliuoksen  $pH$  on aina alhaisempi kuin muurahaishapon vesiliuoksen.
138. Kun sadeveden  $pH$  putoaa arvosta 6,0 arvoon 3,0, oksoniumionikonsentraatio kaksinkertaistuu.
139. Tiedetään, ettei maaperän  $pH$  ole pudonnut alle arvon 6,2 Keski-Euroopan pahasti happamoituneilla alueilla, koska kalsiumkarbonaatti puskuroi  $pH$ -muutosta. Kun kalsiumkarbonaatti toimii puskurina happoja vastaan, reaktiossa vapautuu mm.  $HCO_3^-$ -ioneja.
140. Kun propaanihapon vesiliuoksen konsentraatio on 0,1 M, liuoksessa on enemmän  $CH_3CH_2CO_2^-$ -ioneita kuin  $CH_3CH_2CO_2H$ -molekyylejä.

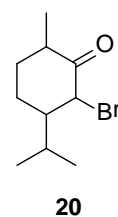
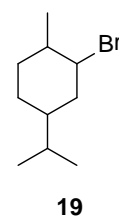
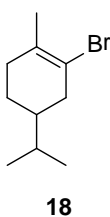
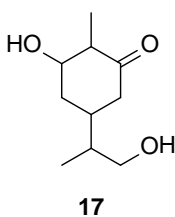
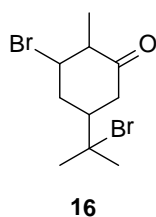
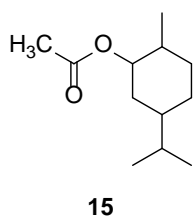
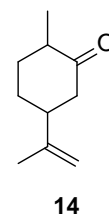
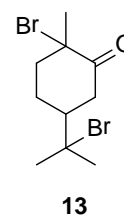
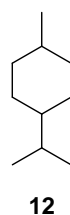
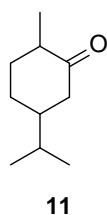
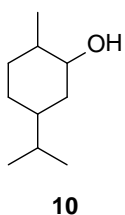
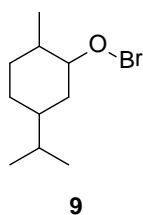
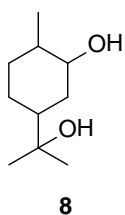
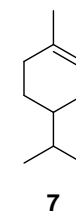
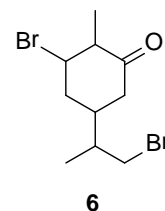
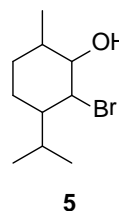
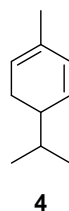
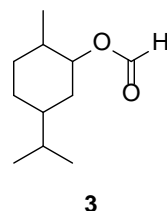
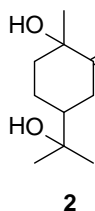
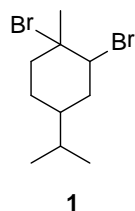
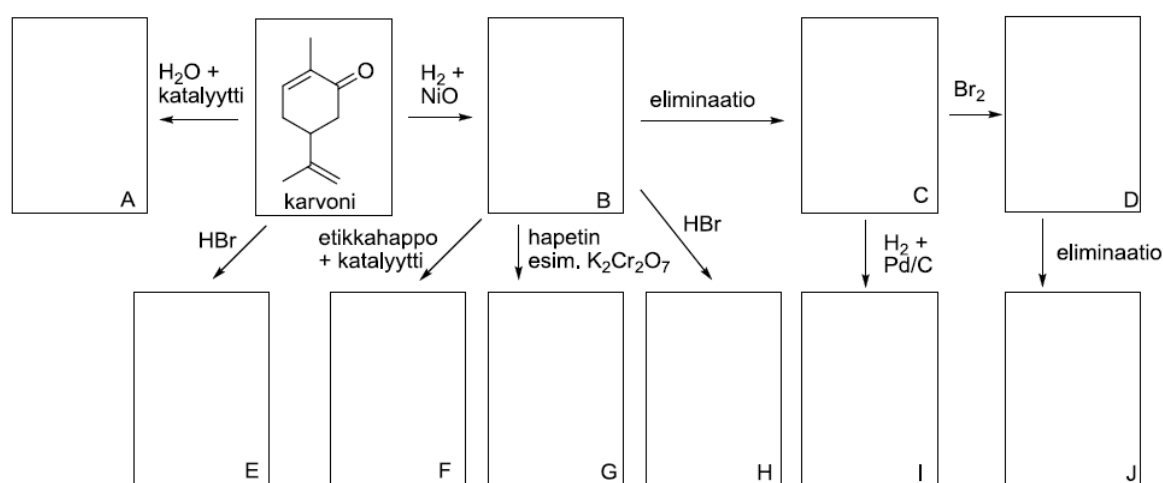
## Tehtävä 2

5 p

Vastataan optisesti luettavalle lomakkeelle kohtaan TEHTÄVÄ 2.

Karvoni on terpeeneihin kuuluva syklinen ketoni, jota esiintyy kasvien eteerisissä öljyissä. Sitä käytetään mm. hammastahnoissa tuomaan piparmintun makua. Karvoni on myös hyvä lähtöaine monille orgaanisille yhdisteille. Jos karvonia esimerkiksi hydrataan vetykaasulla ( $H_2$ ) nikkelioksidin ( $NiO$ ) toimiessa katalyyttinä, karvonin kaksoissidokset ja karbonyyliryhmä pelkistyvät. Alla olevassa kuvassa on joitakin karvonin reaktioketjuja. Etsi jokaiseen laatikkoon (A–J) oikea rakenne alla olevien rakenteiden (1–20) joukosta. Merkitse oikea vaihtoehto optiselle lomakkeelle (TEHTÄVÄ 2).

Reaktioissa annettuja reagensseja käytetään ylimäärä, ja mikäli reaktiossa on mahdollista syntyä useita tuotteita, vain päätuote valitaan.



## Tehtävä 3

7 p

Energiapatukoiden käyttö on lisääntynyt viime vuosina. Yksi 60 g:n energiapatukka saattaa sisältää esim. energiaa 1036 kJ, proteiinia 5,2 g, hiilihydraattia 38,4 g (josta sokeria 22,5 g), rasvaa 7,5 g (josta tyydyttyneitä rasvoja 3,8 g), ravintokuitua 1,8 g, natriumia 0,34 g sekä vitamiineja (C-vitamiini, E-vitamiini, B6-vitamiini, B2-vitamiini, B1-vitamiini, pantoteenihappo, foolihappo, niasiini ja B12-vitamiini).

a) (2 p)

Mihin solu tarvitsee

- 1) E-vitamiinia?
- 2) B-ryhmän vitamiineja?

b) (2 p)

Mainitse neljä ruoansulatuselimistön tapahtumaa, joihin parasympaattinen hermosto vaikuttaa stimuloivasti energiapatukan syömisen aikana ja sen jälkeen.

c) (3 p) **Vastataan optisesti luettavalle lomakkeelle kohtaan TEHTÄVÄ 3c.**

Merkitse optisesti luettavan lomakkeen taulukkoon (Tehtävä 3c) **Kyllä-vaihtoehto** niiden yhdisteiden kohdalle, joita maksa pystyy tarvittaessa valmistamaan energiapatukan sisältämistä ravintoaineista. Merkitse **Ei-vaihtoehto** niiden yhdisteiden kohdalle, joita maksa ei pysty valmistamaan energiapatukan sisältämistä ravintoaineista.

*Valittu kaikki oikeat Kyllä- ja Ei-vaihtoehdot = 3 p*

*Valittu väärä vaihtoehto = -0,5*

*Valittu molemmat vaihtoehdot = 0 p*

*Tehtävän 3c alin kokonaispistemäärä = 0 p*

	Kyllä	Ei		Kyllä	Ei		Kyllä	Ei
insuliini			pepsiini			melatoniini		
keto-/ketoniaine			kolesteroli			urea		
tärkkelys			glukokortikoidi			oksitosiini		
glukagoni			fruktoosi			adrenaliini		
erytropoietiini			lipoproteiini			laktaasi		
amylaasi			laktoosi			fibrinogeeni		
sakkaroosi			gastrini			somatotropiini		
triglyseridi			maltoosi			kolekystokiniini		

## Tehtävä 4

6 p

Ihmisen hengityksen tiheys ja syvyys vaihtelevat huomattavasti eri tilanteissa. Esimerkiksi liikunnan aikana hapen tarve kasvaa, jolloin keuhkotuuletus lisääntyy. Selosta tahdosta riippumattomat tekijät ja mekanismit, jotka säätelevät hengitystehokkuutta.

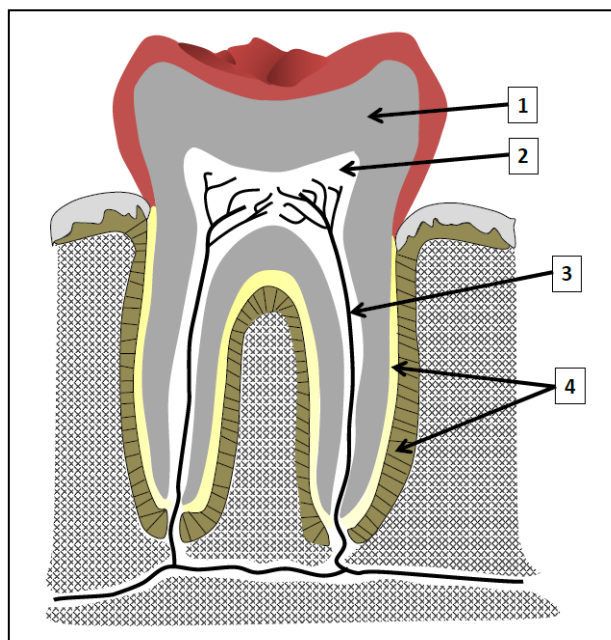
## Tehtävä 5

9 p

Hampaista on tullut evoluutiobiologian suosituimpia tutkimuskohteita, koska ne säilyvät fossiilisissa näytteissä. Hampaista tutkimalla on saatu tietoa lajien kehityksestä ja elinympäristöistä. Ensimmäiset hampaan kaltaiset rakenteet kehittyivät noin 500 miljoonaa vuotta sitten. Ihmisen kehityshistorian aikana leukojen ja hampaiden muoto on muuttunut merkittävästi. Linnuilla hampaat ovat evoluution aikana hävinneet ja tilalle on muodostunut nokka, jonka kehitystä kuitenkin säätelevät osittain samat geenit kuin nisäkkäiden hampaiden ja leukojen kehitystä. Toisistaan kaukaisillakin lajeilla voi olla keskenään samankaltaiset hampaat. Esimerkkejä tällaisista lajeista ovat hauki, niilinkrokotiili ja saimaannorppa.

a) (2 p)

Kuvassa on pitkittäisleikkaus aikuisen ihmisen hampaasta. Nimeä kuvan numeroidut (1–4) rakenteet.



b) (3 p)

Miten hampaiden ja leukojen muodon muuttuminen liittyi ihmisen varhaiseen evoluutioon?

c) (4 p)

Hyvin läheistä sukua toisilleen olevat darwininsirkut ovat muovautuneet yhdestä kantalajista, kun taas esimerkiksi hauki, niilinkrokotiili ja saimaannorppa kuuluvat aivan eri selkärankaisten luokkiin. Miten selittyvät darwininsirkkujen nokan rakenteiden erot ja toisaalta kaukaista sukua toisilleen olevien eläinlajien, kuten hauen, niilinkrokotiilin ja saimaannorpan hampaiden samankaltaisuus?

## Tehtävä 6

6 p

Impulssit saapuvat aksonia pitkin hermopäätteeseen. Mitkä elimistön omat solutason mekanismit liittyvät impulssien siirtymiseen synaptisen raon ylitse, sekä siihen, miten tiheään impulsseja syntyy vastaanottajasolussa?

## Tehtävä 7

6 p

Mikä lihassolutyyppi on ominainen kullekin taulukossa esiintyvälle rakenteelle?

*Arvostelu:*

*Oikea vastaus = 0,5 p/rakenne*

*Väärä vastaus = -0,5 p/rakenne*

*Vastaamatta jättäminen = 0 p*

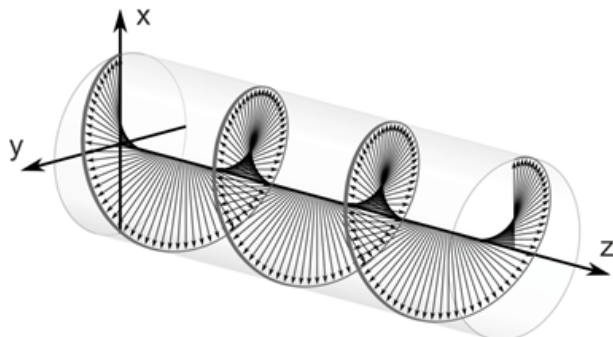
*Tehtävän minimipistemäärä = 0 p*

<b>Rakenne</b>	<b>Lihassolutyyppi</b> (vain yksi kunkin rakenteen kohdalle)
Hauislihas	
Pallea	
Peräaukon ulompi sulkija	
Virtsarakon seinämä	
Ruokatorven yläosan seinämä	
Ihokarvan kohottajalihas	
Aortan seinämä	
Sydämen kammio	
Hiussuonen seinämä	
Epäkäslihas	
Sädelihas	
Ohutsuolen pitkittäissuuntainen lihas	

## Tehtävä 8

10 p

Tasopolarisoidun valon sähkökenttävektori värähtelee samassa tasossa. Ympyräpolarisoidussa valossa sähkökenttävektori muuttaa suuntaansa jatkuvasti, mutta suunnanmuutos on (tyhjiössä) vakio (kuva).



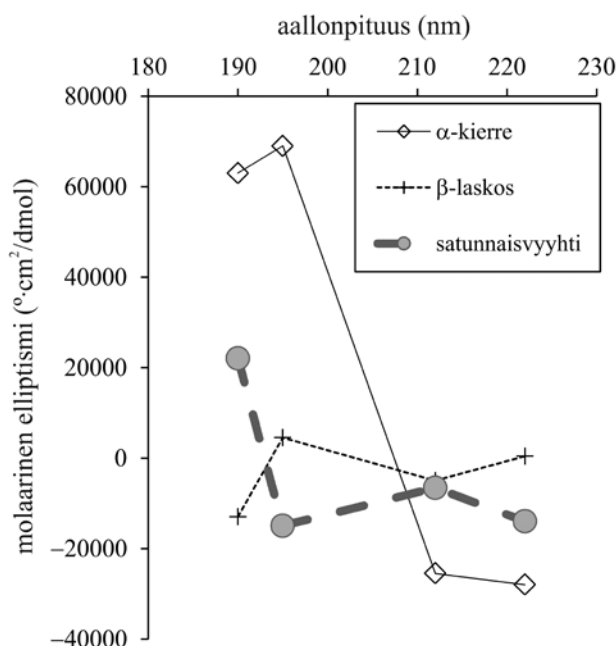
Ympyräpolarisoidun valon sähkökenttävektorin  $\mathbf{E}$  värähtelysuunnan kiertyminen valon edetessä suuntaan  $z$  (Kuva: Wikimedia; [http://en.wikipedia.org/wiki/Circular\\_polarization](http://en.wikipedia.org/wiki/Circular_polarization)).

Sekä taso- että ympyräpolarisoidulla valolla on monia sovelluksia luonnontieteellisissä ja biolääketieteellisissä mittauksissa. Sirkulaarinen dikroismispektroskopia (CD-spektroskopia) perustuu siihen, että väliaineessa (näytteessä) vasemmalle ja oikealle kiertyvän ympyräpolarisoidun valon vaimeneminen (absorptio) voi olla eri vahvuinen määrättyllä aallonpituudella. Lisäksi tämä absorbanssien suhde voi muuttua valon aallonpituutta muutettaessa. Tasopolarisoitua valoa syntyy, kun yhdistetään eri suuntiin ympyräpolarisoituneet valonsäteet, joilla on sama aallonpituus ja amplitudi. Mikäli toinen valonsäteistä vaimenee väliaineessa enemmän, saadaan elliptisesti polarisoitunutta valoa. Käytännössä tämän absorptioeron tuottama elliptisyys ( $\Theta$ , yksikkö:  $^\circ$ ) määritetään välillisesti absorbanssien erotuksen avulla ( $\Delta A = A_{vk} - A_{ok}$ ; vk ja ok, vasemmalle ja oikealle kiertyvä valo) mittaamalla näytteeseen vuorotellen syötettyjen, vastakkaisesti ympyräpolarisoitujen valonsäteiden intensiteettien ero. Näytteen CD-vaste saadaan suorittamalla mittaus usealla eri aallonpituudella. Kun tiedetään valon näytteessä kulkema matka ja näytteen konsentraatio, voidaan mitatusta elliptisyydestä laskea näytteen molaarinen elliptisyys ( $\Theta_{mr}$ ; yksikkö:  $^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{dmol}$ ). Yksikkö " $\text{cm}^2$ " johtuu laskusta, jossa tilavuus ( $\text{cm}^3$ ) jaetaan valon näytteessä kulkemalla matkalla (cm).

CD-spektroskopiaa voidaan käyttää peptidien ja proteiinien rakenteen tutkimiseen. Näiden sekundaarirakenteilla (esim.  $\alpha$ -kierre,  $\beta$ -laskos, satunnaisvyyhti) on tietty vakiovasteensa aallonpituusalueella 190–250 nm (ks. esimerkit alla olevassa taulukossa ja kuvaajassa), jonka avulla ne voidaan tunnistaa. Sekundaarirakenteiden yhdistetty vaste muodostaa peptidin/proteiinin "sormenjäljen" tällä aallonpituusalueella. Sormenjäljen avulla voidaan päätellä peptidin/proteiinin eri sekundaarirakenteiden suhteelliset osuudet, mutta ei esimerkiksi rakenteiden keskinäistä järjestystä. Eri aminohappoja ei myöskään voi tunnistaa. Taulukossa on annettu kolmen keskeisen sekundaarirakenteen mittaustulokset, ja samat arvot on esitetty kuvaajassa.

Taulukko: Kolmen keskeisen sekundaarirakenteen CD-vasteet. Arvot viittaavat proteiinin/peptidin sekundaarirakenteen tuottamaan molaariseen elliptisyyteen. Yksikkö  $^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{dmol}$  kertoo vaikutuksen, joka yhdellä desimoolilla mitä tahansa aminohappoa annetussa rakenteessa on ympyräpolarisoitun valoon kyseisellä aallonpituudella.

Aallonpituus (nm)	Molaarinen elliptisyys ( $10^3 \cdot ^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{dmol}$ )		
	$\alpha$ -kierre	$\beta$ -laskos	Satunnaisvyyhti
190	+63,00	-13,000	+22,00
195	+69,00	+4,500	-15,00
212	-25,50	-5,000	-6,600
222	-28,00	+0,4000	-14,00



Kuvaaja: Kolmen keskeisen sekundaarirakenteen CD-vasteet. Edellisen sivun taulukko kuvaajan muodossa.

Molaarinen elliptisyys ( $\Theta_{mr}$ ) ilmoitetaan yleensä aminohappoa kohti (taulukko ja kuvaaja), mikä antaa mahdollisuuden eri proteiinien ja peptidien keskinäiseen vertailuun ilman, että niiden koko ja aminohappokoostumus vaikuttavat tulokseen.

Jos tietyssä peptidissä/proteiinissa on vain yhtä (tunnettua) sekundaarirakennetta, on mahdollista laskea näytteen elliptisyys tietyllä aallonpituudella hyvin yksinkertaisesti taulukossa kyseiselle rakenteelle annetun molaarisen elliptisyyden ja yhtälön  $\Theta = \Theta_{mr} \cdot c \cdot l \cdot n_{ah}$  avulla.  $\Theta$  on mitattu elliptisyys,  $c$  liuoksen pitoisuus ( $\text{dmol}/\text{cm}^3$ ),  $l$  valotien pituus näytteessä (cm) ja  $n_{ah}$  aminohappojen lukumäärä.

Esimerkki: Kymmenen aminohappoa sisältävä peptidi on kokonaan  $\alpha$ -kierteinen.  $100,0 \mu\text{M}$  puskuroitu liuos tästä peptidistä mitataan mitta-astiassa (kyveti), jossa valotien pituus näytteessä =  $2,00 \text{ mm}$ , aallonpituudella  $190 \text{ nm}$ . Yllä määritellyn yhtälön mukaan

$$\Theta = \Theta_{mr} \cdot c \cdot l \cdot n_{ah} \Rightarrow \Theta = 63000 \text{ }^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{dmol} \cdot 100,0 \mu\text{mol}/\text{l} \cdot 0,200 \text{ cm} \cdot 10 \Leftrightarrow$$

$$\Theta = 0,126 \text{ }^\circ \text{ [olettaen, että muut komponentit (kyveti ja puskuriliuos) eivät vaikuta tulokseen].}$$

a) (3 p)

Eräällä denaturoituneella proteiinilla ei ole muuta sekundaarirakennetta kuin satunnaisvyyhti.

Kyseisestä proteiinista valmistetaan liuos ( $c = 10,0 \mu\text{M}$ ), jolle mitataan  $\Theta = -0,021045 \text{ }^\circ$  aallonpituudella  $195 \text{ nm}$  (valotien pituus näytteessä =  $0,100 \text{ mm}$ ). Arvosta on vähennetty puskuriliuoksen ja kyvetin aiheuttama muutos elliptisyydessä, joten se edustaa ainoastaan kyseistä proteiinia. Laske taulukoituja arvoja hyödyntäen, kuinka monta aminohappoa kyseisessä proteiinissa on.

b) (7 p)

Kymmenestä aminohaposta muodostunut peptidi liuotettiin puskuriliuokseen pitoisuuteen  $47,0 \mu\text{M}$ . Liuokselle mitattiin  $\Theta = 0,018048 \text{ }^\circ$  aallonpituudella  $190 \text{ nm}$  (valotien pituus näytteessä =  $1,00 \text{ mm}$ ). Arvosta on vähennetty puskuriliuoksen ja kyvetin aiheuttama muutos elliptisyydessä, joten se edustaa ainoastaan kyseistä peptidiä. Laske taulukoituja arvoja hyödyntäen, kuinka moni peptidin kymmenestä aminohaposta on  $\alpha$ -kierteessä ja kuinka moni satunnaisvyyhdissä olettaen, että ainoastaan näitä rakenteita löytyy tästä peptidistä. Anna vastaus kokonaislukuina.



## Tehtävä 9

6 p

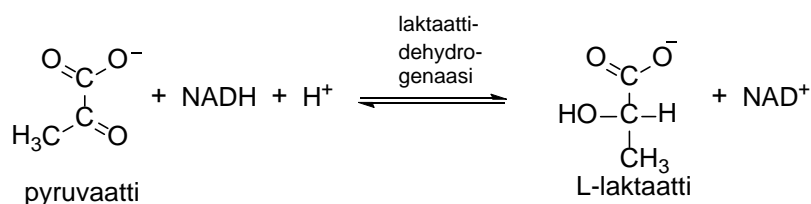
a) (1 p)

Voimakkaassa lihasrasituksessa ATP:n kulutus tuottaa runsaasti protoneita ja lihassolun  $pH$  laskee tutkimusten mukaan 7,10:stä 6,60:een.

Paljonko protoneita tällöin muodostuu (mol/l)? Pelkkä numeerinen vastaus riittää.

b) (1 p)

Voimakkaasti työskentelevä lihas kuluttaa glykogeenivarastojaan tuottaakseen ATP:tä glykolyysissä ja syntetisoi pyruvaatista eli palorypälehapon emäsmuodosta laktaattia (eli maitohapon emäsmuotoa) laktaattidehydrogenaasin katalysoimassa tasapainoreaktiossa.



Maitohapon  $pK_a$  on 3,86. Laske happo- ja emäsmuotojen suhteellinen osuus  $pH$ -arvossa 6,60. Pelkät numeeriset vastaukset riittävät.

c) (1 p)

Protonien kertyminen lihassoluun on haitaksi solun toiminnalle, koska glykolyysi hidastuu ja lihassupistus vaikeutuu.

Miten protonit ja laktaatti pääsevät lihassolusta soluvälitilaan (kudosnesteeseen) kohdan a tilanteessa?

d) (1 p)

Lyhytaikaista, voimakasta urheilusuoritusta voidaan tiettävästi parantaa hengittämällä nopeasti ja syvään (ylihengitys eli hyperventilaatio) ennen urheilusuoritusta.

Miten hyperventilaatio voi edistää protonien poistumista lihassoluista?

e) (1 p)

Laktaatin avulla voidaan välittää energiaa erityyppisille soluille. Näin tapahtuu erityisesti lihasrasituksen yhteydessä, kun laktaatin pitoisuus suurenee verenkierrassa ja kudosten soluvälitiloissa (kudosnesteessä).

Miten laktaatti pääsee sydänlihassoluihin ja käytetään niissä energian tuottamiseen?

f) (1 p)

Sydänlihassolut ja maksasolut käyttävät mieluummin rasvahappoja kuin glukoosia pääasiallisena energialähteenään.

Mikä on rasvahappojen ja glukoosin katabolian (hajotuksen) väliaine, joka hapettuu mitokondrioiden sitruunahappokierrossa?

## Tehtävä 10

3 p

Yhdisteen konsentraatio liuoksessa voidaan määrittää spektrofotometrisesti mittaamalla valon absorptio yhdisteelle ominaisella aallonpituudella. Analysoitavaan liuokseen johdetusta valosta osa absorboituu ja osa pääsee läpi. Valon absorboitumista voidaan kuvata kvantitatiivisesti absorbanssin avulla. Absorbanssi on suure, joka on suoraan verrannollinen absorboivan kerroksen paksuuteen eli valon matkaan liuoksen läpi sekä absorboivien molekyylien pitoisuuteen.

Veren hemoglobiinipitoisuus voidaan määrittää spektrofotometrisesti. Kun verinäytteet tai hemoglobiinia sisältävät standardiliuokset käsitellään reagenssiseoksella, jossa on runsas ylimäärä kaliumferrisyaniidia ja kaliumsyaniidia, deoksi- ja oksihemoglobiinimolekyylit muuttuvat syanomethemoglobiiniksi. Syanomethemoglobiini absorboi näkyvää valoa aallonpituudella 540 nm. Reagenssiseos itsessään ei absorboi ko. aallonpituudella, eikä sen määrällä ole kokeen kannalta merkitystä, niin kauan kuin reagenssia on selvä ylimäärä.

Hemoglobiinista valmistettiin standardiliuos, jonka pitoisuus oli 0,600 g/l. Taulukossa ilmoitetut määrät standardiliuosta laimennettiin reagenssiseoksella 5,00 ml:ksi ja spektrofotometrisen määrittämisen tuloksena saatiin laimennetuille standardiliuoksille taulukossa näkyvät absorbanssit. Kun 10,00 µl verinäytettä laimennettiin reagenssiseoksella 5,00 ml:ksi, saatiin absorbanssiksi 0,16. Laske näytteen hemoglobiinipitoisuus (g/l).

Taulukko. Hemoglobiinistandardeille mitatut absorbanssit.

Standardiliuoksen määrä (ml)	Absorbanssi 540 nm
0,00	0,0000
1,00	0,0650
2,00	0,1300
3,00	0,1950
4,00	0,2600

## Tehtävä 11

10 p

Metalliatomit tai -ionit voivat usein vastaanottaa ioneilta tai neutraaleilta molekyyileiltä yhden tai useamman elektroniparin, jolloin elektroniparin luovuttaneet ionit tai molekyylit asettuvat metalliatomin ympärille ja sitoutuvat siihen. Muodostuneessa metallikompleksissa metalliatomia kutsutaan kompleksin keskusatomiksi ja sen ympärille asettuneita ryhmiä ligandeiksi.

Kompleksometrinen titraus on titrimetrinen menetelmä, jossa hyödynnetään stabiilien metallikompleksien muodostumista. Kompleksometrisessä titrauksessa käytetään esimerkiksi karboksyylihappoja sisältäviä tertiäärisiä amiineja, koska ne muodostavat lähes kaikkien metalli-ionien kanssa stabiileja rengasrakenteisia kompleksiyhdisteitä eli kelaatteja. Yleisimmin käytetty reagenssi kompleksometrisissä titrauksissa on etyleenidiamiinitetraetikkahappo eli EDTA. Tämä reagoi metalli-ionien kanssa aina ainemääräsuhteessa 1:1 riippumatta kationin varauksesta ja muodostaa stabiileja vesiliukoisia kelaatteja. EDTA:ta hyödyntäviä kompleksometrisiä titrauksia on käytetty useiden metallikationien määrittämiseen lukuun ottamatta alkalimetalli-ioneja.

EDTA-titrauksen selektiivisyys tarkoittaa menetelmän kykyä määrittää tarkasti ja spesifisesti kysymyksessä olevia metalli-ioneja. Koska EDTA muodostaa komplekseja useimpien kationien kanssa, reagenssin selektiivisyyteen pyritään vaikuttamaan titrausten yhteydessä muun muassa *pH*:ta säätämällä. Esimerkiksi kalsium- ja magnesiumionipitoisuus tai niiden summa voidaan määrittää tarkasti EDTA-titrauksella näytteestä, joka on puskuroitu *pH*-arvoon 10. Tätä titrausta hyödynnetään muun muassa virtsanäytteen kalsium- ja magnesiumionipitoisuuden määrittämisessä. Puskuroinnin avulla varmistetaan myös titrauksessa käytettävän metalli-indikaattorin virheetön toiminta. EDTA-titrauksessa indikaattorina voi olla jokin metalli-indikaattori, kuten erikromimusta T [(1-hydroksi-2-naftyyliatso)-5-nitro-2-naftolisulfonihapon natriumsuola]. Kompleksometrisissä titrauksissa voidaan käyttää suoraa titrausta, jossa metalli-ionit titrataan esimerkiksi metalli-indikaattorin läsnäollessa standardoidulla EDTA-liuoksella. Titrauksessa voidaan hyödyntää myös välillistä menetelmää, jossa tunnettu määrä EDTA-standardiliuosta lisätään määritettävää metallia sisältävään näyteliuokseen niin, että EDTA:ta on varmasti ylimäärä. Kun reaktio metallin ja EDTA:n välillä on tapahtunut täydellisesti, EDTA-ylimäärä titrataan joko magnesium- tai sinkkistandardiliuoksella.

Eräässä sairaalalaboratoriossa tutkittiin kompleksometriseen titraukseen perustuvan menetelmän käyttökelpoisuutta virtsan kalsium- ja magnesiumionien määrittämiseen. Tutkimuksessa kompleksometrisen titrauksen vertailumenetelmänä käytettiin aiemmin luotettavaksi osoittautunutta fotometristä menetelmää.

Kompleksometristä titrausta varten potilaan virtsanäytteestä otettiin 50,0 ml, joka laimennettiin mittapullossa vedellä lopputilavuuteen 100,00 ml (näyte A). Mittapullosta siirrettiin pipetillä tarkasti 15,00 ml osanäyte Erlenmeyer-kolviin. Tämän jälkeen liuokseen lisättiin 2,00 ml puskuriliuosta ja indikaattoriksi erikromimusta T:tä. Tämän jälkeen näyteliuos titrattiin 0,0300 mol/l EDTA:lla *pH*-arvossa 10, jolloin EDTA:ta kului 7,00 ml.

Toista titrausta varten näytteestä A pipetoitiin 30,0 ml osanäyte dekantterilasiin. Tähän lisättiin ammoniumoksalaattia  $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4]$ , jolloin liuoksen  $\text{Ca}^{2+}$  saostui kalsiumoksalaattina. Saostuma erotettiin suodattamalla, pestiin vedellä ja hehkutettiin kuumassa uunissa, jolloin kalsiumoksalaatti reagoi kalsiumkarbonaatiksi. Seuraavassa vaiheessa kalsiumkarbonaattisaostuma liuotettiin happoon, liuos puskuroitiin *pH*-arvoon 10, ja liuokseen lisättiin 15,00 ml 0,0300 mol/l EDTA-liuosta. Tämän jälkeen liuos titrattiin 0,0300 mol/l  $\text{MgCl}_2$ -liuoksella, jota kului titrauksessa 11,00 ml.

Vertailumenetelmänä käytettyä fotometristä mittausta varten pipetoitiin näytteestä A kolmas osanäyte (25,00 ml) potilaan laimennettua virtsaa mittapulloon. Näyteliuos tehtiin happamaksi lisäämällä 0,500 ml väkevää, 38,0 massaprosenttista suolahappoa ( $\text{HCl}$ ,  $\rho = 1,18 \text{ kg/dm}^3$ ). Tämän jälkeen liuos laimennettiin tislattulla vedellä 100,0 ml:n merkkiin asti. Mittausta varten valmistettiin myös vertailuliuos, jolloin mittapulloon pipetoitiin näytteen A asemesta 25,00 ml puhdasta vettä, mutta muutoin vertailuliuos valmistettiin samalla tavalla.

a) (8 p)

Laske titraustulosten perusteella, kuinka monta milligrammaa potilaan virtsasta otettu laimentamaton 50,0 ml:n näyte sisälsi  $\text{Ca}^{2+}$ -ioneja ja kuinka monta milligrammaa  $\text{Mg}^{2+}$ -ioneja.

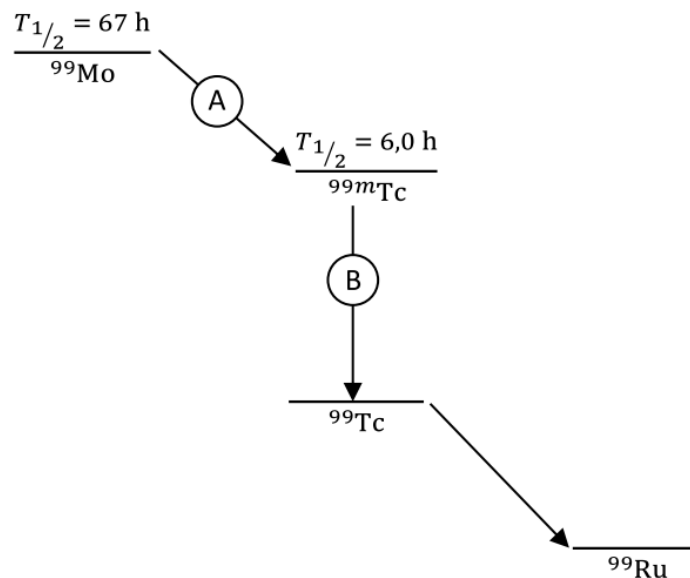
b) (2 p)

Laske fotometrisessä mittauksessa käytetyn vertailuliuoksen  $pH$ .

## Tehtävä 12

5 p

Teknetium-generaattorin toiminta on esitetty alla olevassa kaaviossa. Generaattorissa lähtöaine on radioaktiivinen molybdeeni-isotooppi (puoliintumisaika  $T_{1/2} = 67$  h). Molybdeenin hajotessa (A) syntyy teknetiumin metastabiili välitila (puoliintumisaika  $T_{1/2} = 6,0$  h). Välitila purkautuu (B) teknetiumytimen perustilaan. Generaattorin  $^{99}\text{Mo} - ^{99m}\text{Tc}$  -seoksesta erotetaan kemiallisesti  $^{99m}\text{Tc}$ -ytimiä.



a) (1 p)

Millä tavalla radioaktiivisen molybdeenin hajoaminen  $^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99m}\text{Tc}$  tapahtuu? Perustele.

b) (1 p)

Millä tavalla metastabiilin teknetiumin hajoaminen  $^{99m}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc}$  tapahtuu? Perustele.

c) (1 p)

Luuston isotooppikuvauksessa annettiin potilaalle  $^{99m}\text{Tc}$ -liuos, jonka aktiivisuus oli 670 MBq. Kuinka monta  $^{99m}\text{Tc}$  -ydintä liuoksessa oli?

d) (2 p)

Kuinka monta  $^{99m}\text{Tc}$  -hajoamista potilaassa on tapahtunut 10 tunnin aikana?

## Tehtävä 13

5 p

Kiipeilijän (massa 72,7 kg) ote lipeää ja hän putoaa vapaasti 5,8 metrin matkan ennen kuin turvaköysi alkaa kiristyä. Turvaköyteen kiinnitetty voima-anturi antaa oheisen kuvan mukaisen voimakuvaajan.

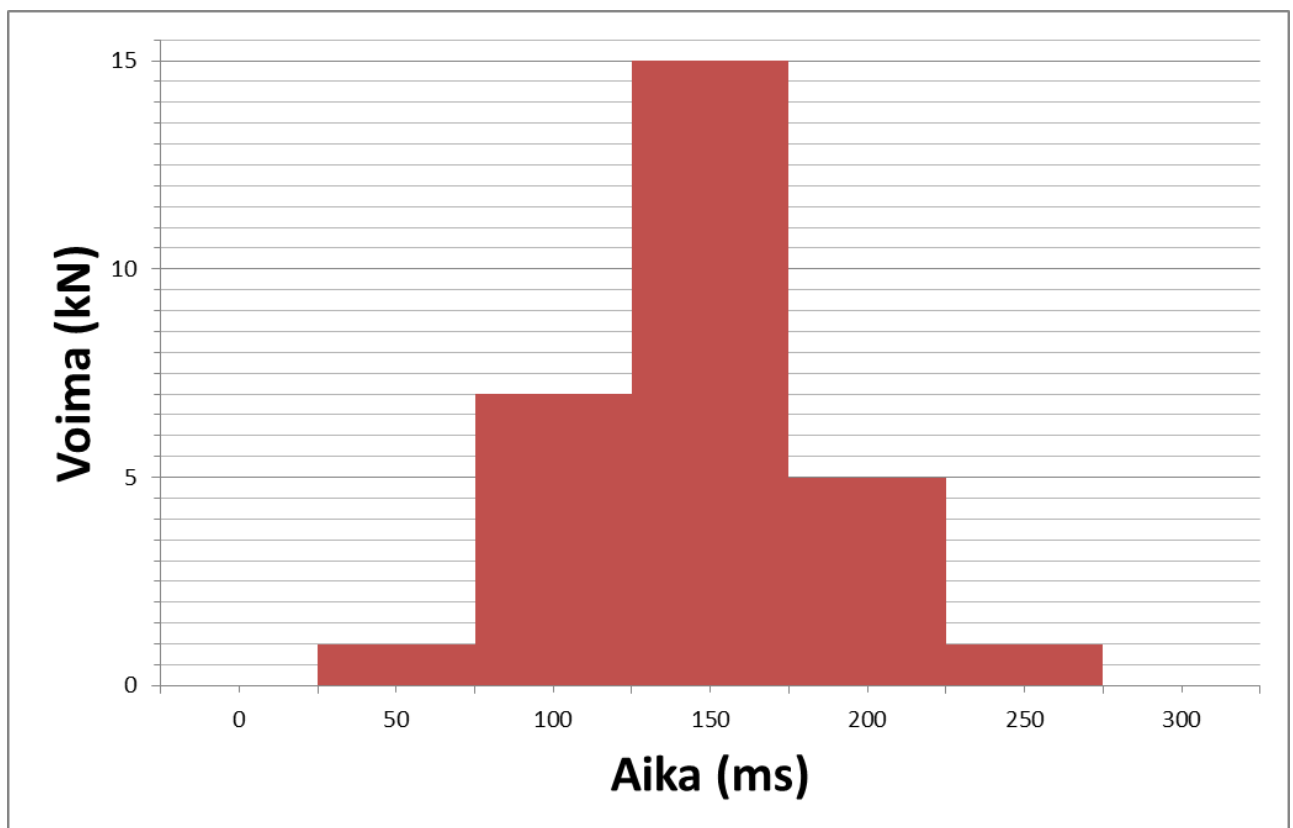
a) (1 p)

Kuinka suuri on voiman huippuarvo?

b) (4 p)

Määritä voiman impulssi.

Laske kiipeilijän nopeus sillä hetkellä, kun elastinen köysi palaa lepopituuteensa ja alkaa löystyä ensimmäisen joustoliikkeen jälkeen. Köyden massaa ei tarvitse huomioida.



## Tehtävä 14

6 p

Laboratoriossa on tutkittavana koeputkessa oleva näyte, joka sisältää pieniä määriä rasvapisaroita nesteeseen tasaisesti levinneinä. Pallomaiset rasvapisarat koostuvat pelkästään triglyserideistä ja neste on puhdasta vettä.

Nesteessä olevien rasvapisaroiden liikkeeseen vaikuttaa painovoiman ja nosteen lisäksi liikettä hidastava kitkavoima  $F = bv$ , jossa  $b = 6\pi\eta r$  ( $\eta$  = veden viskositeetti huoneenlämmössä ja  $r$  = rasvapisaran säde). Lähtiessään nesteessä liikkeelle rasvapisara kiihtyy hyvin lyhyen ajan (voidaan jättää huomioimatta), jonka jälkeen se saavuttaa tasaisen nopeuden.

Koeputken korkeus on 5,0 cm ja se on täynnä. Rasvapisaroiden säde on 1,0  $\mu\text{m}$  ja tiheys noin 0,91  $\text{g/cm}^3$ . Veden viskositeetti huoneenlämmössä on noin  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms}$ .

a) (1 p)

Oleta koeputken tilavuudesta yhden sadasosan olevan rasvapisaroita. Laske rasvapisaroiden konsentraatio näytteessä ja anna vastauksesi yksiköissä mol/l.

b) (2 p)

Laske aika, joka yhdellä rasvapisaralla kuluu, kun se nousee pystysuorassa olevan koeputken pohjalta näytteen pinnalle.

c) (3 p)

Rasvapisaroiden erottumista voidaan nopeuttaa sentrifugin avulla pyörittämällä koeputkea vaakatasossa suurella, tasaisella nopeudella. Sentrifugin pyörimisnopeus on 10 000 kierrosta minuutissa (tarkka arvo) ja sen pyörimiskehän halkaisija on 220 mm. Laske aika, joka yhdellä rasvapisaralla kuluu, kun se siirtyy 5,0 cm matkan. Jätä laskussa huomioimatta rasvapisaran liikkua tapahtuva etäisyyden muutos sentrifugin keskipisteestä ja käytä pyörimisliikkeen vaikutukselle vakioarvoa, jonka lasket pyörimiskehän halkaisijan avulla.

## Tehtävä 15

4 p

Lääkintävahtimestari siirtää tutkimuhuoneen vaakasuoralla lattialla olevaa tutkimuslaitetta (massa 22 kg).

a) (1 p)

Kuinka suuri voima vähintään tarvitaan laitteen siirtämiseksi nostamalla?

b) (3 p)

Lääkintävahtimestari siirtää tutkimuslaitetta vetämällä sitä lattiaa pitkin laitteeseen kiinnitetystä köydestä. Köysi muodostaa 45 asteen kulman lattiapinnan suhteen. Kuinka suuri vetävä voima tarvitaan, jos siirto tapahtuu tasaisella kiihtyvyydellä 0,52  $\text{m/s}^2$  ja laitteen ja lattian välinen liikekitkakerroin on 0,26?

## Tehtävä 16

5 p

Aktiinin ja myosiinin voimantuottokykyä voidaan tutkia yksittäisten aktiinisäikeiden tasolla. Koeolosuhteissa yhden myosiinimolekyylin on havaittu aiheuttavan kiinnityskohtaansa aktiinisäikeessä keskimäärin 5,3 pN voiman, kun ATP:tä on saatavilla. Ilman ATP:tä voimaa ei havaittu.

Oletetaan, että jokaisessa lihassäikeessä (poikkipinta-ala =  $1,8 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ ) on 100 myosiinimolekyyliä rinnakkain. Oleta lihaksen poikkipinta-alaksi  $10,0 \text{ cm}^2$ . Lihaksen supistumisen aiheuttama pinta-alan muutos jätetään huomioimatta.

a) (1 p)

Laske kuinka suuren voiman tällainen lihas voi maksimissaan saada aikaan.

b) (4 p)

Kuntoilija menee salille ja ottaa käteensä 20,0 kg käsipainon. Hän pitää kyynärvartensa vaakatasossa oheisen kuvan mukaisesti. Kuinka suuren voiman hauislihas tällöin kohdistaa kyynärvarteeseen? Laskua varten oletetaan kyynärvarsi suoraksi tangoksi, jonka pituus (kyynärnivelistä nyrkkiin; kuva) on 40,0 cm, oma massa (ilman käsipainoa) 4,0 kg, ja painopiste (ilman käsipainoa) kyynärvarren keskikohdassa. Hauislihaksen tuottaman voiman vaikutussuoran kohtisuora etäisyys kyynärnivelistä on 5,0 cm.



## Tehtävä 17

5 p

Lääkäri on määrännyt potilaalle hengitettäväksi lääketieteellistä happea potilaan mukana kuljetettavasta painesäiliöstä. Täyden säiliön tilavuus on 10,0 litraa ja paine 20,0 MPa. Oleta kaasun käyttäytyvän ideaalikaasun tavoin.

a) (1 p)

Potilas on säätänyt happikaasun virtauksen happiviiksiinsä lääkärin ohjeen mukaisesti arvoon 1,0 litraa/min, jolloin pullosta virtaa normaalipaineista happikaasua tällä nopeudella. Kuinka paljon normaalipaineista happea kuluu vuorokaudessa?

b) (4 p)

Kuinka moneksi tunniksi täydestä pullosta riittää happea virtausnopeudella 1,5 litraa/min?

Jos alun perin täydestä pullosta on käytetty 450 litraa normaalipaineista happea, mikä on silloin pullon paine, jos lämpötila on pysynyt samana?

## KAVALIITE (4 sivua)

Maan painovoiman aiheuttama

putoamiskiikkyvyys  $9,81 \text{ m/s}^2$

Gravitaatiovakio  $\gamma = 6,6742 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

Äänen nopeus ilmassa  $334 \text{ m/s}$

Veden tiheys  $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Veren tiheys  $1050 \text{ kg/m}^3$

Elohopean tiheys  $13534 \text{ kg/m}^3$

Planckin vakio  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$

Veden höyrystymislämpö  $2260 \text{ kJ/kg}$

Veden ominaislämpökapasiteetti  $4,19 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{kg})$

Elektronin varaus  $e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Avogadron luku  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}/\text{mol}$

$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$

Yleinen kaasuvakio  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

Faradayn luku  $F = 96,5 \cdot 10^3 \text{ C/mol}$

Ideaalikaasun moolitilavuus  $V_m = 22,41 \text{ l/mol}$  (NTP)

Kuivan ilman tiheys  $1,29 \text{ kg/m}^3$  (NTP)

Normaali-ilmanpaine  $101,3 \text{ kPa}$

Valon nopeus  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Stefan-Bolzmännin vakio  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

Tyhjiön permittiivisyys  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

$k = 1$  mustalle kappaleelle

$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ curie} = 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$

protoni:  $m_p = 1,6726586 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

neutroni:  $m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

elektroni:  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

atomimassayksikkö:  $m_u = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$m_p = 1,0072825 m_u$

$m_n = 1,0086650 m_u$

Henryn vakion arvoja eri kaasuille  $37 \text{ }^\circ\text{C}$ :ssa,

$\mu\text{mol}/(\text{l} \cdot \text{Pa})$ :

typpi	0,0054
happi	0,011
hiilidioksidi	0,250

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$K = \frac{[A^-][HB^+]}{[HA][B]}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$\frac{[A^-]}{[HA] + [A^-]} = \frac{1}{1 + 10^{(pK_a - pH)}}$$

$$\frac{[HA]}{[HA] + [A^-]} = \frac{1}{1 + 10^{(pH - pK_a)}}$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot C_{tot}}$$

$$V_0/V_{max} = \frac{[S]}{K_m + [S]}$$

$$c = Hp_0$$

$$J_d = -D \frac{dc}{dx}$$

$$A = 4\pi r^2$$

$$V = (4/3)\pi r^3$$

$$D^0 = \sqrt[3]{\frac{\rho N_A}{162\pi^2} \frac{kT}{\eta}} M^{-1/3}$$

$$\frac{J_d}{\Delta c} = P = \frac{KD}{\Delta x}$$

$$P = \phi D / \Delta x$$

$$\Pi = RTc$$

$$\Pi = nRT / V$$

$$\Pi = \phi RTc$$

$$\Pi = \sum \Pi_i = \sum \frac{n_i RT}{V}$$

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln c_i + Z_i FV$$

$$J_i = -\frac{c}{N_A f} \frac{d\mu_i}{dx} = -\frac{RT}{N_A f} \frac{dc_i}{dx} - \frac{cZ_i F}{N_A f} \frac{dV}{dx}$$

$$\mu^{0s} + RT \ln c^s + Z_i FV^s = \mu^{0u} + RT \ln c^u + Z_i FV^u$$

$$\Delta V = -\frac{RT}{ZF} \ln \frac{c^s}{c^u}$$

$$J = -D \left( \frac{dc}{dx} + Zc \frac{F}{RT} \frac{dV}{dx} \right)$$

$$\Delta V = V_s - V_u = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_{Na} c_{Na}^u + P_K c_K^u + P_{Cl} c_{Cl}^s}{P_{Na} c_{Na}^s + P_K c_K^s + P_{Cl} c_{Cl}^u}$$

$$\frac{c_K^s}{c_K^u} = \frac{c_{Cl}^u}{c_{Cl}^s}$$

$$(c_{Cl}^u + |Z_p| c_p^u) c_{Cl}^0 = c_K^s c_{Cl}^s$$

$$\Delta \Pi = RT \Delta c = RT (c_K^u + c_{Cl}^u + c_p^u - c_K^s - c_{Cl}^s)$$

$$I = C_m \frac{dE}{dt} + g_{Na} (E - E_{Na}) + g_K (E - E_K) + g_l (E - E_l)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$r = k(\lambda / NA), k = 0,61$$



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

$$\bar{F} = q(\bar{v} \times \bar{B}); \quad F = qvB \sin \alpha$$

$$F = Q_1 Q_2 / (4\pi \epsilon_0 r^2)$$

$$F = QE, \quad E = U/d$$

$$U = RI$$

$$P = UI$$

$$F = m\omega^2 r = V(\rho_m - \rho_n)\omega^2 r$$

$$v = F/f = V(\rho_m - \rho_n)\omega^2 r/f$$

$$W = \frac{1}{2}J\omega^2$$

$$v = QE \frac{1}{6\pi r \eta}$$

$$U = Kdq/ti$$

$$L = U_i V t$$

$$I/I_0 = 10^{-\text{scd}}$$

$$A = \log_{10}(I_0/I)$$

$$A = \text{scd}$$

$$E_s = [Zm_p + Nm_n - m_Y]c^2$$

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

$$\lg A = \lg A_0 - (\lg e)\lambda t$$

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

$$\lambda_e = \lambda_f + \lambda_b$$

$$T_e = \frac{T_f T_b}{T_f + T_b}, T_b = \frac{T_f T_e}{T_f - T_e}$$

$$A = A_1 e^{-\lambda_1 t} + A_2 e^{-\lambda_2 t}$$

$$E_\gamma = E_\gamma \left[ 1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \right]^{-1}$$

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

$$H = w_R D; \quad H_T = w_R D_T$$

$$E = \sum_R \sum_T w_R w_T D_T; \quad \sum w_T = 1$$

$$E = hf = hc/\lambda; \quad E(eV) = 1240/\lambda(nm)$$

$$f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

$$v = \sqrt{\gamma RT/M}$$

$$v = \sqrt{E/\rho}$$

$$I_0 = 10^{-12} W/m^2$$

$$\beta = 10 \lg(I/I_0)$$

$$R = 10 \lg(P_1/P_2) = 10 \lg(1/\tau)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 A_1 + \tau_2 A_2 + \dots}{A}$$

$$f = f_0 \frac{c}{c \pm v}; \quad f = f_0 \frac{c \pm v}{c}$$

$$F = mv^2/r$$

$$T = \sqrt{4\pi^2(r/a)}$$

$$F = m\omega^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} mr$$

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\phi = \frac{\lambda A \theta}{d}$$

$$q = \frac{\lambda \theta}{d}$$

$$\phi = h \cdot A \cdot \theta$$

$$\theta = T_1 - T_2$$

$$h = h_{lk} = C |T_{iho} - T_{ilma}|^{0.25}, C = 2,38 W/(K^{5/4} \cdot m^2)$$

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4; \quad \frac{P}{A} = k \sigma T^4$$

$$\phi_A = h_h \frac{A_h}{A} (p_{ilma} - p_{iho})$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v = v_0 + gt$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$T = 2\pi/\omega$$

$$n = 1/t$$

$$a = v^2/r$$

$$F = mv^2/r = m\omega^2 r = (4\pi^2/T^2)mr$$

$$y(x,t) = y_{\max} \sin(\omega t - kx)$$

$$p(x,t) = p_{\max} \cos(\omega t - kx)$$

$$\beta = (10dB) \lg(I/I_0)$$

$$I = \Phi/\omega = \Phi_{tot}/4\pi$$

$$E = \Phi/A$$

$$L = I/A; \quad [L] = \text{cd/m}^2 = 1 \text{ Nit} = 1 \text{ nitti}$$

$$L = I_g/(A \cos \varepsilon)$$

$$(n_1/a) + (n_2/b) = (n_2 - n_1)/r$$

$$f_2 = [(n_2 - n_1)r + n_1 r]/(n_2 - n_1) = f_1 + r$$

$$(f_1/f_2) = (n_1/n_2)$$

$$I = I_0 e^{-\alpha t}$$

$$pV = nRT$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$V = V_0(1 + \alpha_v \Delta T)$$

$$p = p_0(1 + \alpha_p \Delta T)$$

$$Q = cm\Delta T$$

$$W = \gamma \Delta A$$

$$W = F\Delta l$$

$$P_1 = \frac{W_1}{\Delta t} = pA \frac{\Delta s}{\Delta t} = pAv$$

$$P_2 = \frac{1}{2}\rho A \frac{\Delta s}{\Delta t} v^2 = \frac{1}{2}\rho v^3 A$$

$$P = P_1 + P_2 = (p + \frac{1}{2}\rho v^2)q_v$$

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2}\rho (\langle v_i^2 \rangle + \langle v_p^2 \rangle) \langle q_v \rangle + (\langle p_1 \rangle + \langle p_2 \rangle) \langle q_v \rangle$$

$$\langle v_i^2 \rangle \approx \langle v_p^2 \rangle \approx 3,5 \langle v \rangle^2$$

$$\langle P \rangle = \frac{3,5\rho}{A^2} \langle q_v \rangle^3 + \frac{7}{6} \langle p_i \rangle \langle q_v \rangle$$

$$q_v = \frac{V}{t}$$

$$q_v = \frac{Al}{t} = Av_k$$

$$q_m = \frac{m}{t} = \rho \frac{V}{t} = \rho q_v = \rho Av_k$$

$$q_{v1} = A_1 v_1 = A_2 v_2 = q_v$$

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{vakio}$$

$$\frac{E_k}{V} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{V} = \frac{1}{2}\rho v^2$$

$$\frac{E_p}{V} = \frac{mgh}{V} = \rho gh$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{Fs}{As} = \frac{W}{V}$$

$$c = \sqrt{(\Delta p / \Delta V)(V / p)}$$

$$F = (EA/l)(\Delta l)$$

$$R = \Delta p / q_v = 8\eta L / (\pi r^4)$$

$$PRU = \Delta p (\text{mmHg}) / q_v (\text{ml/s})$$

$$PVR = 80(PA_m - LA_m) / V_p$$

$$SVR = 80(AO_m - RA_m) / V_p$$

$$q_v = \frac{\pi \Delta p R^4}{8\eta L}$$

$$Re = \frac{\rho v R}{\eta}$$

$$v = \frac{2(\rho - \rho_0)gr^2}{9\eta}$$

$$\bar{I} = \bar{F}\Delta t$$

$$\bar{I} = m\Delta \bar{v}$$

$$W = Fs$$

$$E_p = mgh$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_r = \frac{1}{2}J\omega^2$$

$$P = W / t$$

$$\eta = W_a / W_o$$

$$\eta = (W_a / t) / (W_o / t) = P_a / P_o$$

$$TT - \text{luku} = 1000 \frac{\mu(x, y, z) - \mu_{\text{vesi}}}{\mu_{\text{vesi}}}$$

$$R = \left( \frac{v_1 \rho_1 - v_2 \rho_2}{v_1 \rho_1 + v_2 \rho_2} \right)^2$$

$$\Delta f = 2fv \cos \alpha / c$$

$$M = F \cdot r$$

$$I = A^2$$

$$E_{\text{pot}} = qU$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	II	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	III	IV	V	VI	VII	VIII
<sup>1</sup> H 1.0079																	<sup>2</sup> He 4.0026
<sup>3</sup> Li 6.9412	<sup>4</sup> Be 9.0121											<sup>5</sup> B 10.811	<sup>6</sup> C 12.010	<sup>7</sup> N 14.006	<sup>8</sup> O 15.999	<sup>9</sup> F 18.998	<sup>10</sup> Ne 20.179
<sup>11</sup> Na 22.989	<sup>12</sup> Mg 24.305											<sup>13</sup> Al 26.981	<sup>14</sup> Si 28.085	<sup>15</sup> P 30.973	<sup>16</sup> S 32.065	<sup>17</sup> Cl 35.453	<sup>18</sup> Ar 39.948
<sup>19</sup> K 39.098	<sup>20</sup> Ca 40.078	<sup>21</sup> Sc 44.955	<sup>22</sup> Ti 47.867	<sup>23</sup> V 50.941	<sup>24</sup> Cr 51.996	<sup>25</sup> Mn 54.938	<sup>26</sup> Fe 55.845	<sup>27</sup> Co 58.933	<sup>28</sup> Ni 58.693	<sup>29</sup> Cu 63.546	<sup>30</sup> Zn 65.409	<sup>31</sup> Ga 69.723	<sup>32</sup> Ge 72.641	<sup>33</sup> As 74.921	<sup>34</sup> Se 78.963	<sup>35</sup> Br 79.904	<sup>36</sup> Kr 83.798
<sup>37</sup> Rb 85.467	<sup>38</sup> Sr 87.621	<sup>39</sup> Y 88.905	<sup>40</sup> Zr 91.224	<sup>41</sup> Nb 92.906	<sup>42</sup> Mo 95.942	<sup>43</sup> Tc 98.906	<sup>44</sup> Ru 101.07	<sup>45</sup> Rh 102.90	<sup>46</sup> Pd 106.42	<sup>47</sup> Ag 107.86	<sup>48</sup> Cd 112.41	<sup>49</sup> In 114.81	<sup>50</sup> Sn 118.71	<sup>51</sup> Sb 121.76	<sup>52</sup> Te 127.60	<sup>53</sup> I 126.90	<sup>54</sup> Xe 131.29
<sup>55</sup> Cs 132.90	<sup>56</sup> Ba 137.32	<sup>57</sup> La 138.90	<sup>72</sup> Hf 178.49	<sup>73</sup> Ta 180.94	<sup>74</sup> W 183.84	<sup>75</sup> Re 186.20	<sup>76</sup> Os 190.23	<sup>77</sup> Ir 192.21	<sup>78</sup> Pt 195.08	<sup>79</sup> Au 196.96	<sup>80</sup> Hg 200.59	<sup>81</sup> Tl 204.38	<sup>82</sup> Pb 207.21	<sup>83</sup> Bi 208.98	<sup>84</sup> Po 208.98	<sup>85</sup> At 209.98	<sup>86</sup> Rn 222.01
<sup>87</sup> Fr 223.01	<sup>88</sup> Ra 226.02	<sup>89</sup> Ac 227.02	<sup>104</sup> Rf 261.10	<sup>105</sup> Db 262.11	<sup>106</sup> Sg 266.12	<sup>107</sup> Bh 264.12	<sup>108</sup> Hs	<sup>109</sup> Mt	<sup>110</sup> Ds	<sup>111</sup> Rg	<sup>112</sup> Uub	<sup>113</sup> Uut	<sup>114</sup> Uuq	<sup>115</sup> Uup	<sup>116</sup> Uuh	<sup>117</sup> Uus	<sup>118</sup> Uuo
Lantanoidit				<sup>58</sup> Ce 140.11	<sup>59</sup> Pr 140.90	<sup>60</sup> Nd 144.24	<sup>61</sup> Pm 146.91	<sup>62</sup> Sm 150.36	<sup>63</sup> Eu 151.96	<sup>64</sup> Gd 157.25	<sup>65</sup> Tb 158.92	<sup>66</sup> Dy 162.50	<sup>67</sup> Ho 164.93	<sup>68</sup> Er 167.25	<sup>69</sup> Tm 168.93	<sup>70</sup> Yb 173.04	<sup>71</sup> Lu 174.96
Aktinoidit				<sup>90</sup> Th 232.03	<sup>91</sup> Pa 231.03	<sup>92</sup> U 238.02	<sup>93</sup> Np 237.04	<sup>94</sup> Pu 244.06	<sup>95</sup> Am 243.06	<sup>96</sup> Cm 247.07	<sup>97</sup> Bk 247.07	<sup>98</sup> Cf 251.07	<sup>99</sup> Es 252.08	<sup>100</sup> Fm 257.09	<sup>101</sup> Md 258.09	<sup>102</sup> No 259.10	<sup>103</sup> Lr 260.10

### Kudos- ja säteilykohtaisia painotuskertoimia

Elin/kudos	w <sub>T</sub>	Säteilyn laji	w <sub>R</sub>
sukupuolirauhaset	0,20	fotonit	1
punainen luuydin	0,12	elektronit* ja myonit	1
paksusuoli	0,12	neutronit E < 10 keV	5
keuhkot	0,12	neutronit 10 keV < E < 100 keV	10
mahalaukku	0,12	neutronit 100 keV < E < 2 MeV	20
virtsarakko	0,05	neutronit 2 MeV < E < 20 MeV	10
rintarauhaset	0,05	neutronit E > 20 MeV	5
maksa	0,05	protonit** E > 2 MeV	5
ruokatorvi	0,05	alfahiukkaset	20
kilpirauhanen	0,05	fissiofragmentit, raskaat ytimet	20
iho	0,01		
luun pinta	0,01	* ei DNA:n Auger-elektronit	
muut kudokset yht.	0,05	** ei rekyyliprotonit	
yhteensä	1,00		