



Tehtävät A1–A10, B1–B8 ja C1–C8:

Lääketieteelliset alat (lääketiede, hammaslääketiede ja eläinlääketiede)

Tehtävät A1–A10 ja B1–B8:

Biokemia ja molekyylibiotieteet

Biolääketiede

Farmasia

Ravitsemustiede

A1. Vesi – elämän edellytys (7 p.)

- a) liejukotilo
- b) Solukalvo irtoaa soluseinästä.
- c) Vesi hajoaa ja reaktiossa vapautuu happea.
- d) Elektroninsiirtoketjussa muodostuu vettä hapen toimiessa yhtenä lähtöaineena.
- e) Veden takaisinimeytyminen munuaisissa lisääntyy.
- f) Vettä siirtyy osmoottisesti punasolujen sisään ja ne turpoavat.
- g) munuaisvaltimo – hiussuonikeränen – keräsenkotelo – munuaistiehyen alkuosa – Henlen linko – munuaistiehyen loppuosa – kokoojaputki – munuaisallas

A2. Immunologia (10 p.)

a) (5 p.)

Synnynnäisen eli luontaisen immunitietin toimintaan osallistuu useita eri veren soluja, kuten neutrofiilit, eosinofiilit ja **#1# makrofagit**. Neutrofiilit saapuvat ensimmäisinä tulehduspaikalle ja tuhoavat bakteereja **#2# solusyönnin avulla**. Myös syöttösolut ovat osa synnynnäistä immunitettä. Ne vapauttavat **#3# histamiinia**, joka lisää verisuonten läpäisevyyttä ja aiheuttaa tulehdusoireita.

Hankittu eli vasta-ainevälitteinen immunitetti aktivoituu, kun taudinaiheuttajaa ei saada pysäytettyä alkuvaiheen vasteilla. Hankitun immunitietin toimintaan osallistuvat B-lymfosyytit tunnistavat taudinaiheuttajan antigeenin ja erilaistuvat **#4# plasmasoluiksi**, jotka tuottavat vasta-aineita. T-lymfosyytit kehittyvät **#5# kateenkorvassa** ja ne jaetaan T-auttajasoluihin ja T-tappajasoluihin. T-auttajasolujen tehtävä on **#6# aktivoida muita immuunisoluja**.

Osa B- ja T-lymfosyyteistä muuttuu **#7# muistisolueiksi**. Immuunisolut toimivat yhteistyössä: esimerkiksi makrofagit voivat esitellä antigeenejä **#8# T-lymfosyyteille**, jotka puolestaan aktivoivat B-lymfosyyttejä ja muita immuunijärjestelmän osia.

Monoklonaalaisia vasta-aineita käytetään useiden sairauksien, kuten syövän ja autoimmuunisairauksien hoidossa. Ne tunnistavat kohdesolun sitoutumalla sen **#9# pintarakenteeseen**. Monoklonaalinen vasta-aine sitoutuu antigeeniin vasta-aineessa olevan tunnistuskohdan (CDR, *complementarity-determining region*) avulla. Näissä tunnistuskohdissa on useita aromaattisia aminohappoja, kuten **#10# fenyylialaniinia**.



b) (5 p.)

- b1. 3.
- b2. 2.
- b3. 1.
- b4. vetysidos
- b5. ionisidos

A3. Maksan aineenvaihdunta (9 p.)

a) (6 p.)

- a1. porttilaskimon ja maksavaltimon
- a2. aktiivinen kuljetus
- a3. B
- a4. A
- a5. Yksi aminohappo vaihtuu toiseksi entsyymin rakenteessa.
- a6. Pienet glutationivarastot

b) (3 p.)

22,5 g

A4. Sikamainen juttu (5 p.)

Siat kehittyivät noin 40 miljoonaa vuotta sitten eoseenikaudella, joka kuuluu elämän **#1# kenotsooiseen eli uuteen aikaan**. Nykyään villisikoja elää lähes kaikilla mantereilla ja erilaisissa ympäristöissä. Ne ovat kaikkiruokaisia ja niiden ekolokero on **#2# laaja**. Suomeen villisika on levinnyt viime vuosikymmeninä Virosta ja Venäjältä, minkä vuoksi sitä kutsutaan **#3# tulokaslajiksi**. Suomessa kanta on edelleen pieni, mutta suotuisissa oloissa villisiat voivat lisääntyä nopeastikin. Jossain vaiheessa populaation nopea kasvu kuitenkin tahtuu, koska populaation tiheyden alkaessa kasvaa ympäristön **#4# vastusvoimistuu**. Villisioilla esiintyy afrikkalaista sikaruttoa, joka on levinnyt jo muun muassa Baltian maihin. Taudinaiheuttaja on afrikkalainen sikaruttovirus, jonka perintöaines on samanlainen kuin esimerkiksi adeno-, herpes- ja rokkoviruksilla eli se on **#5# DNA-virus**.

Villisioilla voi olla lihaksissa loisina trikiinimatoja (*Trichinella spiralis*). Kypsentämätöntä sianlihaa syötäessä trikiinimadon toukat voivat siirtyä myös ihmiseen ja hakeutua ihmisen lihaksiin. Tämä voi aiheuttaa lihassärkyä ja eosinofiliaa, jossa eosinofiilisten **#6# jyväsolujen** määrä on lisääntynyt. Trikiinimadot kuuluvat sukkulamatoihin, jotka sijoittuvat eliökunnan luokittelussa samalle tasolle kuin muun muassa laakamadot. Siten sukkulamadot ja laakamadot muodostavat kumpikin oman **#7# pääjakson**. Ensimmäisten sukkulamatojen on arvioitu kehittyneen jo yli 500 miljoonaa vuotta sitten elämän vanhan ajan ensimmäisellä kaudella eli **#8# kambrikaudella**. Sukkulamatoihin kuuluu myös suolinkainen (*Ascaris lumbricoides*), joka on ihmisen yleisin matoinfektion aiheuttaja. Sen aiheuttamat oireet ovat yleensä lieviä. Joskus suolinkaiset voivat kuitenkin tukkia haima- ja sappitiehyet, mistä voi seurata haimatulehdus. Tiehyiden tukkeutuminen voi vaikuttaa myös ruoansulatukseen ja varsinkin **#9# lipidien** pilkkoutumiseen. Sian suolinkainen (*Ascaris suum*) on eri laji kuin ihmisillä yleisesti esiintyvä laji. Sian suolinkaisen aiheuttama tauti on zoonoosi, joka **#10# voi** tarttua ihmiseen.



A5. Luut muodostavat elimistön tukirangan (9 p.)

a) (2 p.)

Luut muodostavat selkärankaisten tukirangan. Tukiranka mahdollistaa liikkumisen sekä suojaa sisäelimiä ja aivoja. Ensimmäiset (a. pääjakso) **selkäjänteiset**, joilla on sisäinen tukiranka ja joihin myös selkärankaiset kuuluvat, kehittyivät noin **#1# 500** miljoonaa vuotta sitten. Eri selkärankaisilla tukirangan osat ja niitä ympäröivät kudokset ovat erilaistuneet eri tehtäviin. Esimerkiksi ihmisen kättä ja linnun siipeä voidaan kutsua (b.) **homologisiksi/samasyntyisiksi** rakenteiksi, koska niillä on sama geneettinen alkuperä. Ihmisen tukiranka eroaa useimpien muiden nisäkkäiden tukirangasta, sillä evoluution myötä pystyasento sai aikaan **#2# selkärangan S-kirjaimen muodon**, mitä ei tavata neljällä jalalla liikkuvilla selkärankaisilla.

b) (3 p.)

b1. osteonin reuna

b2. Kyseisen rakenteen kautta kulkee verisuonia ja hermoja.

b3. osteosyytti

c) (4 p.)

Nivel tai sarananivel.

1. Nivelrusto on luun pinnalla ja sen tehtävänä on **toimia liukupintana/iskunvaimentimena / suojata luuta kulumiselta / vähentää kitkaa.**

2. Nivelkapseli/nivelkotelo/nivelpussi ympäröi nivelonteloa. Se on niveltä luusta toiseen ulottuva umpinainen pussi, jossa on sisimpänä **nivelnestettä tuottava nivelkalvo** ja tämän ulkopuolella syykalvo. **Nivelneste voitelee nivelrustoa / vähentää kitkaa / ravitsee nivelrustoa.**

3. Nivelside on sidekudosta, joka **yhdistää toisiinsa kaksi luuta / vahvistaa nivelkapselia / tukee niveltä.**



A6. Miehen lisääntymisbiologia (9 p.)

a) (4 p.)

a1. 2n2c

a2. 2n4c

a3. 1n2c

a4. 1n1c

b) (5 p.)

Kyseessä on negatiivinen palautesäätely.

Kohonneen testosteronipitoisuuden seurauksena hypotalamuksen hormonituotanto vähenee, mikä puolestaan vähentää aivolisäkkeen etulohkon luteinisoivan hormonin (LH) ja follikkelia stimuloivan hormonin (FSH) eritystä. Hormonien erityksen muutos vähentää kiveksen välisolujen (Leydigin solujen) testosteronin tuotantoa. Lisäksi muutos vaikuttaa siementiehyiden tukisolujen (Sertolin solujen) toimintaan siten, että siittiöiden tuotanto vähenee.

A7. Veriryhmätekijöiden merkitys raskaudessa (8 p.)

Ensimmäisessä raskaudessa ei yleensä synny ongelmia, koska äidin ja sikiön veret eivät ole suorassa yhteydessä toisiinsa. Synnytyksen yhteydessä veret kuitenkin ovat yhteydessä toisiinsa, jolloin äidin elimistö tuottaa vasta-aineita ja muistisoluja reesustekijää vastaan. Siksi myöhäisemmissä raskauksissa muodostuu vasta-aineita sikiön punasoluja vastaan. Vasta-aineet pääsevät istukan läpi sikiöön ja alkavat hajottaa sikiön punasoluja. Tätä ennaltaehkäistään antamalla naiselle ensimmäisen synnytyksen jälkeen vasta-aineita reesusantigeeniä vastaan. Näin naisen oma elimistö ei ala tuottaa näitä vasta-aineita eikä muistisoluja reesustekijää vastaan.



A8. Hermoston rakenne ja toiminta (11 p.)

a) (1 p.)

#1# polttiaiseläimille

b) (3 p.)

1. #2# natrium-kaliumpumppu

2. #3# natriumkanava

3. #4# kaliumkanava

c) (3 p.)

Vaihe I #5# (b)

Vaihe II #6# (a)

Vaihe III #7# (c)

d) (1 p.)

Toimintajännitettä ei synny.

e) (2 p.)

Tauti vaurioittaa hermosolun viejähaaraketta ja sitä ympäröivää myeliinituppea. Tällöin hermoimpulssin etenemisnopeus hidastuu ja lopulta estyy kokonaan.

f) (1 p.)

säätelijä-T-solut



A9. MELAS-tauti (11 p.)

a) (1 p.)

arkeonit ja bakteerit

b) (3 p.)

1. #1# matriksi
2. #2# sisäkalvo
3. #3# välitila
4. #4# ribosomi
5. #5# DNA
6. #6# hiilidioksidi

c) (1 p.)

c

d) (6 p.)

Aerobisissa olosuhteissa glykolyysistä ja sitruunahappokierrosta saatavat elektroninsiirtäjät (NADH ja FADH) kuljettavat elektronit ja vedyn mitokondrion sisäkalvolle. Kalvolla elektroninsiirtäjältä saadut elektronit siirtyvät elektroninsiirtäjältä toiselle, ja samalla saadaan energiaa. Saatu energia käytetään protonien pumppaamiseen matriksista sisä- ja ulkokalvon väliseen tilaan, jolloin sisäkalvon eri puolille muodostuu protonien pitoisuusero. Ketjun lopussa elektroni siirtyy hapelle, joka pelkistyy. Tällöin muodostuu vettä. Protonien pitoisuusero pyrkii tasoittumaan, jolloin protonit virtaavat sisäkalvolla olevan entsyymin kautta välitilasta takaisin matriksiin. Entsyymi katalysoi samalla ATP:n muodostumista fosfaatista ja ADP:sta.



A10. Geenisäätely ja geeniteknologia (11 p.)

a) (4 p.)

a1. AUGUUUAGCGUACCGUA

a2. AUGACACGAAUAAAAGUAACCUGGAGUUGUA

b) (7 p.)

Rekombinantti-DNA-tekniikassa proteiinia koodaava geeni siirretään (kloonataan) alkuperäisestä lähteestä plasmidivektoriin transloituvasa muodossa. Prosessissa voi käyttää vaihtoehtoisia menetelmiä ja erilaisia tarkistusvaiheita. Pisteitä saa esimerkiksi seuraavista seikoista:

- Genomisen DNA:n/mRNA:n eristäminen HeLa-soluista (solujen hajotus: esimerkiksi jauhaminen tai kemiallinen)
- DNA:n puhdistus (esimerkiksi sentrifugointi, alkoholisaostus tai eristyskitin käyttö, DNA-pitoisuuden määrittäminen)
- Plasmidivektorin eristäminen bakteereista vastaavalla tavalla kuin DNA:n puhdistuksessa ja käsittely restriktioentsyymillä
- Geenin monistaminen PCR-menetelmällä (PCR:ssä käytetään geenisekvenssin mukaisia alukkeita ja lämpöstabiilia polymeeraasia)
- Geenisekvenssin suunnittelu transloituvaan muotoon (säätelyalue, ATG-kodoni)
- Geenituotteen tarkastus esimerkiksi elektroforeesilla, jossa DNA-palat erotellaan pituuden mukaan
- Geenin siirto plasmidivektoriin restriktio- ja ligaasientsyymien avulla
- Kloonatun plasmidin siirtäminen bakteereihin esimerkiksi sähkövirralla
- Bakteerien maljaus ja kasvatus lämpökaapissa
- Plasmidin eristys ja puhdistus
- Kloonatun geenin sekvensointi esimerkiksi Sangerin sekvensointi -menetelmällä, jolla varmistetaan, että geenin rakenne on oikea proteiinin tuottamiseksi
- *Southern*, *Northern* tai *Western blotting* -menetelmien soveltava käyttö
- Proteiinin tuotto bioreaktorissa

**B1. Virvoitusjuomien makeutus (11 p.)****a) (4 p.)**

Kuuluuko sukraloosi seuraaviin yhdisteryhmiin?		[Oikea vastaus:]
- aldehydit	#1#	ei
- aromaattiset yhdisteet	#2#	ei
- esterit	#3#	ei
- fenolit	#4#	ei
- ketonit	#5#	ei
- primääriset alkoholit	#6#	kyllä
- sekundääriset alkoholit	#7#	kyllä
- tertiääriset alkoholit	#8#	ei

Onko aspartaamissa seuraavia funktionaalisia ryhmiä?		[Oikea vastaus:]
- aldehydiryhmä	#9#	ei
- amidiryhmä	#10#	kyllä
- aminoryhmä	#11#	kyllä
- bentseenirengas / aromaattinen rengas	#12#	kyllä
- esteriryhmä	#13#	kyllä
- fenolinen hydroksiryhmä	#14#	ei
- karboksyyli(happo)ryhmä	#15#	kyllä
- keto(ni)ryhmä	#16#	ei

b) (7 p.)

- b1.** $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$
b2. 201,3 g/mol
b3. ionisidos
b4. 0,0204 mol
b5. 147 tölkkiä
b6. $7,8 \cdot 10^{-4}$ mol/l
b7. 240 l



B2. Ibuprofeeni (15 p.)

a) (3 p.)

a1. 9

a2. $\text{pH} > 7$

a3. 7

b) (6 p.)

b1. 15,5 %

b2. 0,40 %

c) (6 p.)

Natriumhydroksidin ainemäärä:

$$n(\text{NaOH}) = cV = 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0,00967 \text{ l} = 0,000967 \text{ mol.}$$

Ibuprofeenin ainemäärä on sama kuin NaOH:n.

Ibuprofeenin määrä koko liuoksessa:

$$4 \cdot 0,000967 \text{ mol} = 0,003868 \text{ mol.}$$

Ibuprofeenin moolimassa:

$$M(\text{ibuprofeeni}) = (13 \cdot 12,01 + 18 \cdot 1,008 + 2 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 206,274 \text{ g/mol.}$$

Ibuprofeenin massa:

$$m = nM = 0,003868 \text{ mol} \cdot 206,274 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,7978678 \dots \text{ g} \approx \mathbf{798 \text{ mg.}}$$

B3. Ionien nimeäminen (5 p.)

Ioni 1: #1# vv2 Asetaatti-ioni

Ioni 2: #2# vv10 Vetykarbonaatti-ioni

Ioni 3: #3# vv1 Ammoniumioni

Ioni 4: #4# vv6 Nitriitti-ioni

Ioni 5: #5# vv4 Karbonaatti-ioni

B4. Tyrosiinin reaktioita (10 p.)

Reaktio 1: #1# vv4 Bromi ja katalyytti

Reaktio 2: #2# vv12 Metanoli ja happokatalyytti

Reaktio 3: #3# vv8 Etikkahappoanhydridi

Reaktio 4: #4# vv16 Pentaani-1,5-diamiini ja emäs

Reaktio 5: #5# vv15 Natriumvetykarbonaatti



B5. Energiaprofiili (10 p.)

a) (3 p.)

Reaktiossa vapautuu energiaa, koska tuotteiden entalpia on alempi kuin lähtöaineiden.

Reaktio on eksoterminen.

b) (1 p.)

Siirtymätila / transiitio-tila / aktivoitu kompleksi / siirtymäkompleksi

c) (3 p.)

Vaihe (1) on hitaampi, koska sen aktivoitumisenergia on korkeampi kuin vaiheen (2).

d) (3 p.)

Energiaprofiiliin sopii reaktio **#1#3**.

B6. Palamisreaktio (13 p.)

Yksi kilogramma kyseistä kivihiiltä sisältää 50 g palamatonta mineraalituhkaa, 20 g vettä, 790,5 g hiiltä (C), 46,5 g vetyä (H) ja 93 g happea (O).

Palamisen reaktioyhtälöt: $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ja $4H + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

Tällöin hiili ja vety tarvitsevat palamiseen happea:

$$n(O_2) = 790,5 \text{ g} / 12,01 \text{ g/mol} + 46,5 \text{ g} / (4 \cdot 1,008 \text{ g/mol}) \\ = 77,35289 \text{ mol.}$$

Kivihiili sisältää happiatomeja:

$$n = 93 \text{ g} / 16,00 \text{ g/mol} = 5,8125 \text{ mol.}$$

Näistä saadaan palamiseen happea

$$n(O_2) = 5,8125 \text{ mol} / 2 = 2,90625 \text{ mol.}$$

Veden happi ja mineraalituhka eivät osallistu palamiseen. Siten happea tarvitaan ilmasta

$$n = 77,35289 \text{ mol} - 2,90625 \text{ mol} = 74,44664 \text{ mol.}$$

Koska ilmassa on happea 21 tilavuusprosenttia, polttamiseen tarvittavan ilman tilavuus on $100/21 = 4,7619$ -kertainen.

Siten kivihiilinäytteen polttamiseen tarvittava ilmamäärä on

$$4,7619 \cdot 74,44664 \text{ mol} \cdot 22,711 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol} = 8,0512 \text{ m}^3.$$

Vastaus: 8,1 m³



B7. Fysiologinen suolaliuos (11 p.)

a) (1 p.)

0,360 g

b) (2 p.)

32,5 ml

c) (3 p.)

82 % liuosta 1 ja 18 % liuosta 2

d) (5 p.)

$$V_{\text{alku}} + V_{\text{lisäys}} = V_{\text{loppu}}$$

$$n_{\text{alku}} + n_{\text{lisäys}} = n_{\text{loppu}}$$

$$c_{\text{alku}}V_{\text{alku}} + c_{\text{lisäys}}V_{\text{lisäys}} = c_{\text{loppu}}V_{\text{loppu}}$$

$$c_{\text{alku}}V_{\text{alku}} + c_{\text{lisäys}}V_{\text{lisäys}} = c_{\text{loppu}}(V_{\text{alku}} + V_{\text{lisäys}})$$

$$V_{\text{lisäys}} = \frac{(c_{\text{alku}} - c_{\text{loppu}})V_{\text{alku}}}{c_{\text{loppu}} - c_{\text{lisäys}}} = \frac{\left(0,100 \frac{\text{mol}}{\text{l}} - 0,154 \frac{\text{mol}}{\text{l}}\right) \cdot 0,0500 \text{ l}}{0,154 \frac{\text{mol}}{\text{l}} - \frac{22,0 \frac{\text{g}}{\text{l}}}{58,44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}} = 0,012137314 \text{ l} \approx \underline{\underline{12,1 \text{ ml}}}$$

B8. Punasolun solukalvon biomolekyylit (15 p.)

$$m_{\text{lipidit}} = n_{\text{fos}} \cdot M_{\text{fos}} + n_{\text{kol}} \cdot M_{\text{kol}} + n_{\text{gly}} \cdot M_{\text{gly}}$$

$$0,50 \cdot 10^{-12} \text{ g} = n_{\text{fos}} \cdot 750 \text{ g/mol} + 0,75 \cdot n_{\text{fos}} \cdot 386,64 \text{ g/mol} + (n_{\text{fos}} / 7,02) \cdot 810 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{fos}} = 4,3276 \cdot 10^{-16} \text{ mol}$$

$$n_{\text{kol}} = 0,75 \cdot 4,3276 \cdot 10^{-16} \text{ mol} = 3,2457 \cdot 10^{-16} \text{ mol}$$

Kolesterolimolekyylien lukumäärä solukalvolla:

$$N_{\text{kol}} = n_{\text{kol}} \cdot N_{\text{A}} = 3,2457 \cdot 10^{-16} \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,9546 \cdot 10^8 \text{ molekyyliä}$$

Kolesterolimolekyylien pinta-ala solukalvolla:

$$A = 0,40 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2/\text{molekyyli} \cdot 1,9546 \cdot 10^8 \text{ molekyyliä} = 7,818 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$$

Kolesterolimolekyylien pinta-ala solun ulkopinnalla on puolet tästä alasta, koska solukalvo on kaksoiskerros.

Siten kolesterolimolekyylien pinta-ala on punasolun ulkopinta-alasta

$$7,818 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2 / (2 \cdot 120 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2) = 0,3258 \approx \underline{\underline{33 \%}}$$



C1. Fysiikan monivalintatehtäviä, osa 1 (18 p.)

- a) 16 km/h
- b) 19 J
- c) 2,3 kg m/s
- d) 380 μN
- e) 0,20 mm
- f) -58 V
- g) 420 μT
- h) 14,4 m^3
- i) 10 kJ
- j) 0,09 %
- k) 1,5-kertainen
- l) 128 kPa
- m) Lämpöenergia katkaisee hiukkasten välisiä sidoksia.
- n) $6,8 \cdot 10^3\text{ s}$
- o) 13 cm
- p) 195 Nm
- q) 16 pF
- r) 25 Ω

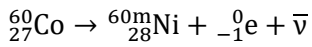
C2. Fysiikan monivalintatehtäviä, osa 2 (10 p.)

- a) 1,5 km/s
- b) 1,3 m
- c) 14 A
- d) 20 Ω
- e) $6,1 \cdot 10^{-12}$



C3. Kobolttikanuuna (12 p.)

a) (1,5 p.)



#1# vv2 b

#2# vv1 e

#3# vv2 j

b) (1,5 p.)

0,318 MeV

c) (4 p.)

Alussa ${}^{60}\text{Co}$ -isotoopin massa kapselissa oli

$$m_0({}^{60}\text{Co}) = N_0 \cdot m_{60\text{Co}} = \frac{A_0}{\lambda} \cdot m_{60\text{Co}} = \frac{A_0 \cdot T_{1/2}}{\ln 2} \cdot m_{60\text{Co}}$$

$$= \frac{113 \text{ TBq} \cdot 5,27 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}}{\ln 2} \cdot 59,9338 \cdot 1,6605389 \cdot 10^{-24} \text{ g} \approx 2,696 \text{ g.}$$

Vuoden 2024 loppuun mennessä ${}^{60}\text{Co}$ -isotoopin massa kapselissa oli

$$m_{25\text{v}}({}^{60}\text{Co}) = N \cdot m_{60\text{Co}} = \frac{A}{\lambda} \cdot m_{60\text{Co}} = \frac{A_0 e^{-\lambda t} \cdot T_{1/2}}{\ln 2} \cdot m_{60\text{Co}}$$

$$= \frac{113 \text{ TBq} \cdot e^{-\ln 2 \cdot \frac{25}{5,27}} \cdot 5,27 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}}{\ln 2} \cdot 59,9338 \cdot 1,6605389 \cdot 10^{-24} \text{ g} \approx 0,101 \text{ g.}$$

${}^{60}\text{Co}$ -isotoopin massa pieneni siten

$$m = 2,696 \text{ g} - 0,101 \text{ g} \approx \mathbf{2,60 \text{ grammaa.}}$$

d) (5 p.)

Koska liikemäärä säilyy viritystilan purkautuessa ja gammakvantit emittoituvat vastakkaisiin suuntiin, ${}^{60}\text{Ni}$ -atomi saa liikemäärän

$$\Delta p = \frac{E_2 - E_1}{c} = \frac{1,332 \text{ MeV} - 1,173 \text{ MeV}}{c} = \frac{0,159 \text{ MeV}}{c} = \frac{0,159 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 176 \cdot 634 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{299 \cdot 792 \cdot 458 \text{ m/s}} \approx 8,497 \cdot 10^{-23} \text{ kgm/s.}$$

Atomin kineettiseksi energiaksi saadaan edelleen

$$E_{kin} = \frac{\Delta p^2}{2m} = \frac{(8,497 \cdot 10^{-23} \text{ kgm/s})^2}{2 \cdot (59,9308 \cdot 1,6605389 \cdot 10^{-27}) \text{ kg} \cdot 1,602 \cdot 176 \cdot 634 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}} \approx \mathbf{0,226 \text{ eV.}}$$



C4. Magneettikuvan kuvanmuodostus (15 p.)

a) (6 p.)

Ratkaistaan nettomagnetisaation pitkittäissuuntaisen komponentin yhtälö

$$M_z(t) = M_z(0) \cdot (1 - e^{-t/T_1}), \text{ kun } \frac{M_z(t)}{M_z(0)} = 0,5.$$

$$\Rightarrow 0,5 = 1 - e^{-t/T_1} \Leftrightarrow e^{-t/T_1} = 0,5$$

$$\Rightarrow \ln 0,5 = -t/T_1 \Leftrightarrow t = -1,2 \text{ s} \cdot \ln 0,5 = 0,8318 \text{ s} \approx \mathbf{0,83 \text{ s}}$$

b) (4 p.)

Nettomagnetisaation poikittaissuuntaisen komponentin M_{xy} osuus ajanhetkellä $t = 40 \text{ ms}$:

$$\frac{M_{xy}(40 \text{ ms})}{M_{xy}(0)} = e^{-40/80} = e^{-0,5} = 0,6065 \approx \mathbf{60 \%}$$

c) (5 p.)

Kulmataajuuksien välinen ero on

$$\omega(x) - \omega_0 = \Delta\omega = \gamma G_x x = 2,675 \cdot 10^8 \text{ rad/s/T} \cdot 0,01 \text{ T/m} \cdot 0,02 \text{ m} = 53500 \text{ rad/s.}$$

Tällöin taajuuksien ero on

$$\Delta f = \frac{\Delta\omega}{2\pi} = \frac{53500 \text{ rad/s}}{2\pi} = 8,5148 \cdot 10^3 \text{ Hz} \approx \mathbf{8,5 \text{ kHz.}}$$



C5. Varatut pallot lankojen varassa (12 p.)

Lasketaan pallojen välinen etäisyys r :

$$r = 2 \cdot \sin 15^\circ \cdot 1,35 \text{ m} = 0,6988 \text{ m}.$$

Etäisyyden avulla voidaan laskea pallojen välinen sähköinen voima F_C :

$$F_C = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{(3,00 \cdot 10^{-9} \text{ C})^2}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot (0,6988 \text{ m})^2} = 1,657 \cdot 10^{-7} \text{ N}.$$

F_E on käytävän seinien välisestä sähkökentästä E aiheutuva voima, joka riippuu seinien välisestä jännitteestä U ja käytävän leveydestä d siten, että

$$F_E = qE = \frac{qU}{d}.$$

Painovoiman suunnassa langan jännitysvoima T noudattaa yhtälöä

$$T \cos \alpha = mg.$$

Sähköisen voiman suunnassa T noudattaa yhtälöä

$$T \sin \alpha = F_E - F_C.$$

Yhdistämällä langan jännitysvoiman yhtälöt, saadaan

$$mg \tan \alpha + F_C = \frac{qU}{d},$$

josta ratkaistaan d ja saatuun yhtälöön sijoitetaan lukuarvot:

$$d = \frac{qU}{mg \tan \alpha + F_C} = \frac{3,00 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 255 \cdot 10^3 \text{ V}}{155 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \tan 15^\circ + 1,657 \cdot 10^{-7} \text{ N}} = 1,877 \text{ m} \approx \mathbf{1,88 \text{ m}}.$$



C6. Vuoristorata (10 p.)

Alkutilanteessa vaunun kineettiseksi energiaksi saadaan $E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$,

josta saamme ratkaistua $v_0 = \sqrt{\frac{2E_0}{m}}$.

Vaunun energia silmukan huipulla on $E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 + 2mgr$.

Energian säilymisen takia tiedämme, että $E_1 = E_0$.

Silmukan huipulla painovoima toimii keskihakuvoimana $F = mg = \frac{mv_1^2}{r}$,

josta saamme ratkaistua $v_1^2 = rg$.

Näin ollen $E_1 = \frac{5}{2}mgr$ ja vaunun vauhti silmukan alussa on

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_1}{m}} = \sqrt{5gr} = \sqrt{5 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6,50 \text{ m}} = 17,855... \text{ m/s} \approx \mathbf{17,9 \text{ m/s}}$$

C7. Kuuloaisti (5 p.)

Äänen intensiteettitaso desibeleinä on

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right).$$

Tästä saamme ratkaistua

$$\begin{aligned} I &= I_0 \cdot 10^{\left(\frac{L}{10}\right)} \\ &= 10^{-12} \cdot 10^{85/10} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 3,16228 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}. \end{aligned}$$

Äänen intensiteetti on

$$I = \frac{P}{A},$$

josta voimme ratkaista äänen tehon:

$$P = I \cdot A = 3,16228 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 1,4230 \cdot 10^{-8} \text{ W} \approx \mathbf{1,4 \cdot 10^{-8} \text{ W}}.$$

**C8. Insuliinipumpun käyttö lentokoneessa (8 p.)**

Alkutilanteessa $V_1 = 10 \mu\text{l}$ ja paine p_1 . Lopullinen paine on $p_2 = p_1 \cdot 0,75$.

Prosessi on isoterminen:

$$V_1 p_1 = V_2 p_2$$

$$V_2 = \frac{V_1 p_1}{0,75 p_1} = \frac{10}{0,75} \mu\text{l} = 13,33 \dots \mu\text{l}.$$

Lasketaan tilavuuden muutos:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 3,33 \dots \mu\text{l}.$$

Muunnetaan tulos insuliiniyksikköön U:

$$k = 100 \frac{\text{U}}{\text{ml}} = 0,1 \frac{\text{U}}{\mu\text{l}}$$

$$\Delta V[\text{U}] = \Delta V[\mu\text{l}] \cdot k = 3,33 \dots \mu\text{l} \cdot 0,1 \frac{\text{U}}{\mu\text{l}} = 0,3 \text{ U}$$

Käyttäjä saa liikaa insuliinia, koska paineen laskiessa kuplan tilavuus kasvaa työntäen insuliinia enemmän kehoon.