

# LÄÄKETIETEELLISTEN ALOJEN VALINTAKOE

## 20.5.2015

### TEHTÄVÄMONISTE

**Tämä on valintakokeen tehtävämoniste.** Moniste sisältää aineistotekstin ja valintakoetehtävät johdantoineen, 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 2–21 sekä kaava- ja taulukkosivut L1–L4.**

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

**Tehtäviin 1–4 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 perusteiden 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 valintakoepisteiksi, osatehtävien mahdollisesta karsimisesta sekä muista arvosteluun liittyvistä seikoista päättävät eri yliopistojen valintatoimikunnat itsenäisesti sääntöjensä puitteissa.

Valintakokeen päätyttyä julkaistaan vastauksissa vaadittavat asiakokonaisuudet ja pisteytyksen yleisperiaatteet. Nämä ovat suuntaa antavia eivätkä edusta täydellisiä tai lopulliseen muotoon yksilöityjä mallivastauksia tai tarkkoja arvosteluperiaatteiden kuvauksia.

# AINEISTOTEKSTI

Lihavuus on Suomessa merkittävä kansanterveydellinen ongelma, joka lisää sairastuvuutta esimerkiksi tyyppin 2 diabetekseen. FINRISKI 2012 -terveystutkimuksen mukaan (taulukko 1) ylipainoiseksi katsotaan henkilö, jonka painoindeksi (BMI, eng. body mass index,  $\frac{\text{paino}[\text{kg}]}{(\text{pituus}[\text{m}])^2}$ ) on vähintään 25 kg/m<sup>2</sup> ja lihavaksi henkilö, jonka painoindeksi on vähintään 30 kg/m<sup>2</sup>. Vyötärölihavia työikäisessä väestössä on keskimäärin 30 %. Laaja FINRISKI-väestötutkimus kroonisten, ei-tarttuvien tautien riskitekijöistä tehdään joka viides vuosi.

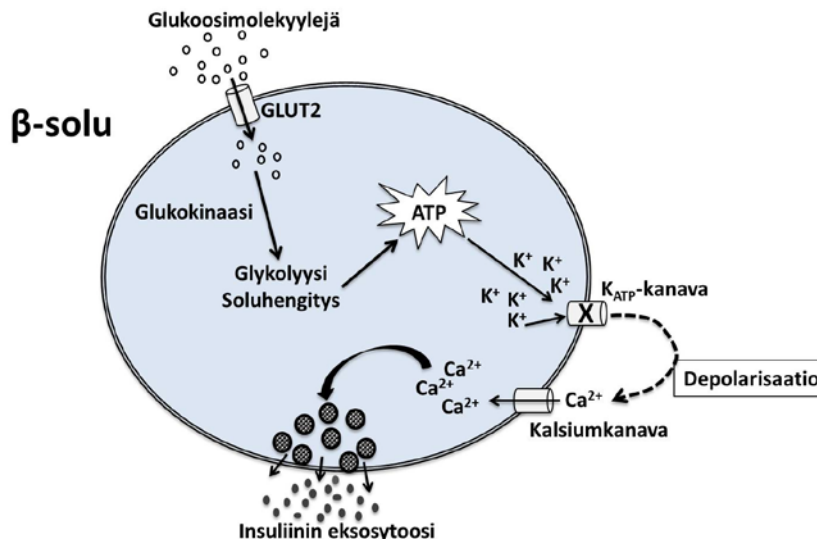
Taulukko 1. Ylipaino ja lihavuus 25–64 -vuotiailla miehillä ja naisilla vuosina 2007 ja 2012. (Lähde: Terveiden ja hyvinvoinnin laitos: Suomalaisten lihavuus ennen ja nyt)

	FINRISKI 2007 25–64 v	FINRISKI 2012 25–64 v
<b>MIEHET</b>		
BMI, keskiarvo (kg/m <sup>2</sup> )	27,0	27,1
≥25 kg/m <sup>2</sup> (%)	65,9	66,3
≥30 kg/m <sup>2</sup> (%)	18,8	20,4
Vyötärön ympärysmitta, keskiarvo (cm)	96,5	96,1
Vyötärölihavioiden (>100 cm) osuus (%)	31,8	31,0
<b>NAISET</b>		
BMI, keskiarvo (kg/m <sup>2</sup> )	26,3	26,0
≥25 kg/m <sup>2</sup> (%)	49,5	46,4
≥30 kg/m <sup>2</sup> (%)	18,3	19,0
Vyötärön ympärysmitta, keskiarvo (cm)	86,6	85,4
Vyötärölihavioiden (>90 cm) osuus (%)	30,9	29,7

Lihavoitumiskehityksen syyt ovat Suomessa pitkälti samat kuin muualla. Lapset ja etenkin nuoret ovat lisänneet sokeri- ja rasvapitoisten juomien ja ruokien kulutustaan. Tässä yhteydessä merkittävin hiilihydraatti on sakkaroosi, joka pilkkoutuu elimistössä soluille käyttökelpoiseen muotoon, kuten glukoosiksi. Ylimääräinen glukoosi varastoituu elimistöön erityisesti rasvana aiheuttaen lihavuutta.

Glukoosi siirtyy ohutsuolen ja munuaistiehyen epiteelisoluihin natriumavusteisesti, mutta muualla elimistön soluihin GLUT-kuljettajaproteiinien (glukoosikuljettimien) kautta (ns. avustettu diffuusio, kuva 1). Glukoosin siirtotehokkuus on riippuvainen solunulkoisen ja solunsisäisen glukoosipitoisuuden erosta ja GLUT-kuljettimien lukumäärästä solukalvolla. GLUT-proteiineista tunnetaan toistakymmentä toisistaan eroavaa muotoa (GLUT1, GLUT2, jne.). GLUT1–GLUT5-muodot ovat elimistössämme yleisimpiä. Näistä GLUT1, GLUT3 ja GLUT4 liittyvät pääosin glukoosin siirtoon verestä soluihin. Esimerkiksi GLUT1 ylläpitää solujen perustason glukoosin saantia, mikä on tärkeää soluhengityksen kannalta. GLUT2 on keskeinen glukoosikuljetin maksan, munuaisputkien ja ohutsuolen soluissa sekä haiman β-soluissa. Kuljettajaproteiinit voivat toimia myös kaksisuuntaisesti, kuten GLUT2 maksassa ja munuaisissa. GLUT3 on ominainen hermosoluille ja istukalle. GLUT4 on insuliiniriippuvainen glukoosikuljetin, jota esiintyy rasvasoluissa sekä luustolihas- ja sydänlihassoluissa. GLUT5 on fruktoosin siirtäjä, ja sillä on keskeinen tehtävä kiveskudoksessa ja ohutsuolen seinämän epiteelissä.

Kuva 1 esittää, miten veren glukoosipitoisuuden (veren sokeripitoisuuden, verensokerin) nousu aktivoi haiman β-soluissa insuliinin erityksen. Veren glukoosipitoisuuden noustessa glukoosia pyrkii diffundoitumaan β-soluihin GLUT2-kuljettimien välityksellä. Glukokinaasi fosforyloi glukoosin glukoosi-6-fosfaatiksi, joka jatkaa glykolyysiin. ATP-pitoisuuden nousu suhteessa ADP:hen sulkee solukalvon K<sub>ATP</sub>-tyypin K<sup>+</sup>-kanavat, mikä johtaa solun depolarisaatioon ja tästä seuraavaan jänniteriippuvaisten Ca<sup>2+</sup>-kanavien avautumiseen. Solunsisäisen Ca<sup>2+</sup>-pitoisuuden nousu saa aikaan insuliinia sisältävien rakkuloiden eksosytoosin eli rakkuloissa olevan insuliinin vapautumisen verenkiertoon.



Kuva 1. Insuliinierityksen aktivoitumismekanismi haiman Langerhansin saarekkeiden  $\beta$ -solussa verensokerin noustessa esim. aterian jälkeen. X =  $K_{ATP}$ -kanavien sulkeutuminen.

Veren insuliinipitoisuus säätelee solukalvon GLUT4-kuljettimien määrää. Kun veren insuliinipitoisuus nousee, GLUT4-kuljettajaproteiineja siirretään solunsisäisen kalvoston rakkuloissa esim. luustolihasolun solukalvolle. Insuliinipitoisuuden lasku taas käynnistää nopeasti GLUT4-kuljettajaproteiinien siirron takaisin solunsisäisiin kalvorakkuloihin. Poikkijuovaisissa lihassoluissa GLUT4-kuljettajaproteiinien siirron solukalvolle saa insuliinin lisäksi aikaan lihasten supistuminen fyysisen kuormituksen aikana. Mekanismi tehostaa lihassolujen glukoosin saantia verenkierrosta energia-aineenvaihdunnan tarpeisiin.

Aterian jälkeen veren glukoosipitoisuus nousee nopeasti, mutta terveellä ihmisellä insuliini palauttaa sen tasolle 4–6 mmol/l kahden tunnin sisällä. Kun ateriasta kuluu lisää aikaa ja verensokeri laskee edelleen, käynnistyy kaksi tasapainottavaa mekanismia: glykogenolyysi (glykokeenin pilkkoutuminen glukoosimolekyyleiksi) ja glukoneogeneesi (glukoosin muodostus laktaatista, aminohapoista ja glyserolista). Molempia tapahtuu maksassa, mutta glukoneogeneesiä uudempien tutkimusten mukaan merkittävässä määrin myös munuaisissa. On arvioitu, että lyhytaikaisessa paastossa (10–16 tuntia ilman ravintoa) noin puolet verenkiertoon vapautuvasta glukoosista on peräisin maksan glykogenolyysistä ja toinen puolikas maksan ja munuaisten glukoneogeneesistä. Lyhytaikaisessa paastossa 5–20 % glukoneogeneesistä tapahtuu munuaisissa, mutta pitkäaikaisessa paastossa (yli vuorokausi) 25–50 %.

Veren glukoosipitoisuuden säätelyssä on sekä hormonaalisia että neuraalisia tekijöitä. Insuliini on elimistön tunnetuin energian siirtymistä ja varastoitumista soluihin edistävä anabolinen hormoni. Samanaikaisesti insuliini estää glukoosin tuotantoa lisääviä prosesseja kuten glykogenolyysiä, glukoneogeneesiä ja rasvojen hajotusta (lipolyysiä). Glukagoni on tunnetuin insuliinin vastavaikuttaja, joka edistää maksassa glykogenolyysiä ja glukoneogeneesiä. Myös lisämunuaissytimen hormonit edistävät glykogenolyysiä ja glukoneogeneesiä maksassa sekä glukoneogeneesiä munuaisissa. Kasvuhormoni ja kortisoli ovat myös insuliinin vastavaikuttajia, mutta niiden stimuloiva vaikutus glukoneogeneesiin näkyy vasta pidemmällä aikavälillä (useita tunteja erityshuipusta). Kasvuhormonin erityksessä on selvä huippu alkuyöstä ja kortisolin erityksessä aamun tunteina.

Neuraalisen ja hormonaalisen säätelyn rinnalla toimii maksassa myös verensokerin itsesäätely eli autoregulaatio. Maksasolut (hepatosyytit) pystyvät aistimaan verensokerin muutoksia ja reagoimaan esim. vapauttamalla glykogenolyysin avulla glukoosia verenkiertoon silloin, kun verensokeri laskee lähelle normaaliarvoa. Maksan autoregulaatiossa glukoneogeneesi voi aktivoitua ilman glukagonia sitä mukaan, kun maksan glykokeenivarat hupenevat. Näin autoregulaatio on verensokerin säätelyssä maksan kompensatorinen, hormoneista riippumaton mekanismi. Sillä on fysiologista merkitystä esim. yöunen aikana, kun insuliinin ohella glukagonin erityksessä laskee vähitellen aamua kohden.

Poikkijuovaisten luustolihasolujen keskeinen energialähde fyysisen kuormituksen alkuvaiheessa (noin 30 minuuttia riippuen kuormituksen voimakkuudesta) on niiden oma glykogeenivarasto. Luustolihasissa adrenaliini käynnistää glykogeenin pilkkoutumisen. Jos kuormitus kestää pitempään, verenkierrasta saatavan glukoosin ja rasvahappojen merkitys tulee suuremmaksi, sillä glukoosin siirto verestä lihas-soluihin tehostuu fyysisen kuormituksen aikana. On arvioitu, että verenkierrasta tulevan glukoosin osuus työskentelevän lihaksen energiankäytöstä on kuormituksesta riippuen 15–40 %. Se on suurempi anaerobisessa kuin aerobisessa aineenvaihdunnassa. Tästä huolimatta verensokeri pysyy lähes muuttumattomana, sillä maksa pystyy vastaamaan lihasten lisääntyneeseen glukoosin käyttöön tuottamalla ja vapauttamalla glukoosia enemmän verenkiertoon edellä aiemmin kuvattujen mekanismien avulla. Tämä tapahtuu lyhytkestoisessa kuormituksessa pääosin maksan glykogenolyysin avulla; tuolloin glukoneogeneenin osuus on vain 10–20 %. Voimakkaassa fyysisessä kuormituksessa lihasten aineenvaihdunta muuttuu pääosin anaerobiseksi, jolloin laktaatin muodostus soluissa lisääntyy merkittävästi. Laktaatti vapautuu lihassoluista verenkiertoon ja siirtyy maksan ja munuaisten glukoneogeneesiin. Laktaatti on glukoneogeneenin tärkein lähtöaine: 60–70 % maksan ja munuaisten glukoneogeneesistä perustuu saatavilla olevaan laktaattiin.

Kansainvälisen diabetessäätiön IDF:n mukaan noin 400 miljoonaa ihmistä maailmassa sairastaa diabetesta ja sairastuneiden määrää nousee koko ajan. Diabetes on monitahoinen terveysongelma itse sairauden hoidon, mutta myös lisäsairauksien (esimerkiksi verisuoni- ja hermovaurioiden) vuoksi. Lisäksi diabetesta on useaa tyyppiä, jotka kaikki johtuvat eri syistä. Nuoruusiän eli tyypin 1 diabetes johtuu haiman insuliinia tuottavien  $\beta$ -solujen tuhoutumisesta. Kyseessä on ns. autoimmuunisairaus, jossa elimistö hylkii haiman saarekesoluja ja immuunipuolustus tuhoaa ne. Tämän autoimmuuniprosessin käynnistymisen syyt tunnetaan vain osittain. Kun soluja on tuhoutunut kriittinen määrä, diabetes puhkeaa.

Tyypin 2 eli aikuistyyppin diabeetikoita on Suomessa tilastojen mukaan noin 250 000. Lisäksi on arvioitu, että noin 200 000 henkilöä sairastaa diabetesta tietämättään. Aikuistyyppin diabeteksessa haima tuottaa insuliinia, mutta se vaikuttaa heikosti tai insuliinia ei erity tarpeeseen nähden riittävästi. Insuliinituotanto voi myös vuosien kuluessa ehtyä kokonaan. Taudin syinä on pidetty mm. ylipainoa, mutta myös perimä vaikuttaa. Riski sairastua tyypin 2 diabetekseen on 40 %, jos toisella vanhemmista on tyypin 2 diabetes, ja 70 %, jos molemmilla vanhemmista on tyypin 2 diabetes. Sairaus puhkeaa useimmiten yli 40-vuotiailla, mutta sairastuvuus on lisääntynyt nopeasti kaikkialla maailmassa, ja sitä esiintyy yhä nuoremmissa ikäryhmissä.

Raskausdiabetes on raskauden aikana ensimmäistä kertaa ilmenevä sokeriaineenvaihdunnan häiriö, joka yleensä häviää synnytyksen jälkeen. Raskaushormonien määrä veressä lisääntyy odotusaikana. Samoin kehon rasvamäärä kasvaa. Näiden seurauksena insuliinin teho alkaa heiketä tai sitä ei tuoteta tarpeeksi kasvavaan tarpeeseen, jolloin veren glukoosipitoisuus nousee. Noin joka kymmenennellä odottavalla äidillä veren glukoosipitoisuus lisääntyy siinä määrin, että todetaan raskausdiabetes.

Tyypin 1, tyypin 2 tai raskausdiabetesta sairastavalla äidillä sikiön todennäköisyys kasvaa ylisuureksi (yli 4500 grammaa) on moninkertainen normaalitilanteeseen verrattuna. Keskimääräinen syntymäpaino on Suomessa 3485 grammaa. Sokeriaineenvaihdunnan häiriö johtaa tyypillisesti sikiön kasvun kiihtymiseen. Sikiön haima alkaa tuottaa insuliinia kahdentoista raskausviikon jälkeen.

# Tehtävä 1 (osat A – C)

34 p

Vastataan optisesti luettavalle lomakkeelle merkitsemällä rasti (X) valitsemiesi vaihtoehtojen kohdalle.

Kussakin väittämöosiossa (a–v) voi useampi väittäjä olla oikein.

Tehtävän 1 yhteenlaskettu enimmäispistemäärä on 34 pistettä ja vähimmäispistemäärä 0 pistettä.

## Osa A (10 p)

Pisteytys:

Väittämöosiossa (esim. a 1–5) rastitettu ainoastaan oikeat vaihtoehdot = 1 p/osio

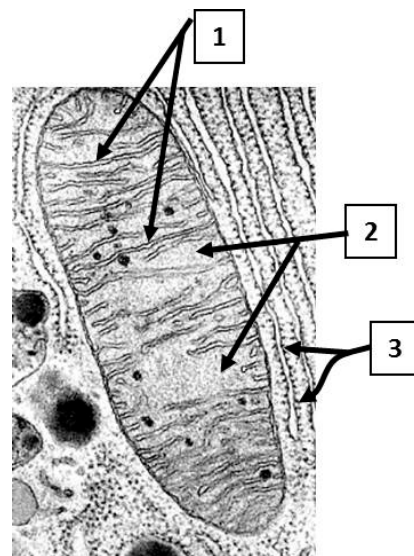
Yksikin väärä valinta väittämöosiossa = 0 p/osio

Jätetty valitsematta yksikin oikea vaihtoehto = 0 p/osio

Väittämöosioon ei vastattu lainkaan = 0 p/osio

### a. Elektronimikroskooppikuva soluelimistä.

1. Rakenteessa 1 tapahtuu veden fotolyysi.
2. Rakenteessa 1 tapahtuu hiilidioksidin pelkistyminen.
3. Rakenteessa 2 hiilidioksidi pelkistyy sokeriksi.
4. ADP:tä fosforyloidaan rakenteessa 1.
5. Rakenteen 3 sisältää mm. ATP:tä.



Kuva:

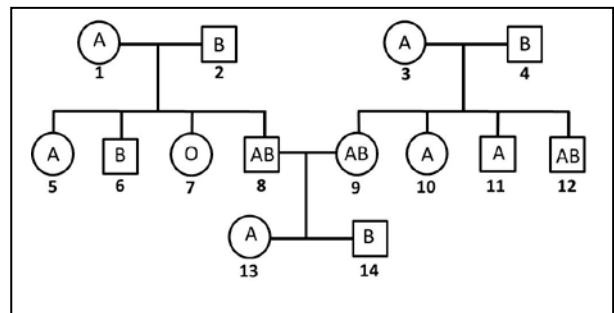
<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/C/.html>

### b. Eliökunnan kehityksestä tiedetään, että

6. selkäjänteisten kehitys on alkanut noin 250 miljoonaa vuotta sitten.
7. sammakkoeläimet ilmaantuivat elämän vanhalla ajalla (paleotsooinen kausi).
8. ensimmäisiä sikiökalvollisia eläimiä olivat linnut.
9. avoin verenkiertojärjestelmä on tyypillinen hyönteisille.
10. eläinkunnan kaikkien pääjaksojen (*phylum*, mon. *phyla*) ensimmäiset edustajat ilmaantuivat noin 500 miljoonaa vuotta sitten.

### c. Oheinen sukupuu esittää ABO-veriryhmän periytymistä. Mikä tai mitkä seuraavista henkilöistä ovat ABO-veriryhmätekijän suhteen homotsygotteja?

11. Henkilö 2
12. Henkilö 3
13. Henkilö 4
14. Henkilö 7
15. Henkilö 13



#### d. Suot ovat tärkeitä ekosysteemejä.

16. Soiden ojittaminen saa aikaan elohopean kertymistä lähivesistöihin.
17. Aktiivinen hajotustoiminta tekee soista tehokkaita hiilinieluja.
18. Suot eivät ole tärkeitä hiilinieluja, koska niissä on suhteellisen vähän kasvillisuutta.
19. Alkuvaiheessa suon kuivattaminen lisää hiilidioksidipäästöjä, koska hajottajien toiminta voimistuu.
20. Soiden kuivattaminen vähentää metaanipäästöjä.

#### e. Heteroosi

21. Heteroosilla tarkoitetaan lajien välistä energiariippuvuussuhdetta.
22. Heteroosilla tarkoitetaan lajien välistä geneettistä muuntelua.
23. Heteroosi-termillä viitataan X- ja Y-kromosomien kokoeroon.
24. Heteroosi voidaan saada kasveilla aikaan risteyttämällä saman lajin perimältään erilaisia itsesiitoslinjoja keskenään.
25. Heteroosi on vastakohta homotsygotialle ja sille on ominaista hybridien elinvoima.
26. Sisäsiitos vähentää heteroosia.

#### f. DNP:tä (2,4-dinitrofenoli) käytetään teollisuudessa esimerkiksi väriaineiden, lahonsuoja-aineiden ja räjähteiden lähtöaineena sekä kasvi- ja hyönteismyrkkynä. Aikaisemmin sitä käytettiin myös laihdutuslääkkeenä ”rasvojen polttamiseen”.

Kilpirauhasen hormoneilla on aineenvaihduntaan monia säätelyvaikutuksia lähes kaikissa kudoksissa. Yksi tärkeimmistä on kudosten hapenkulutuksen lisääntyminen natrium-kaliumpumpun aktivoituessa. Ne myös säätelevät lämmöntuottoa ruskeassa rasvakudoksessa. Tämä perustuu mitokondrioiden irtikytkijä-proteiineihin, joista termogeniini on parhaiten tunnettu. Kilpirauhashormonit lisäävät termogeniini-synteesiä. Termogeniini aiheuttaa vetyionien kontrolloimatonta vuotamista mitokondrion sisäosaan (matriksiin). Seurauksena on lisääntynyt lämmöntuotto, kun energiaa ei varastoidakaan ATP:ksi, vaan sitä vapautuu lämpönä. Syynä on mitokondrioiden elektroninsiirtoketjun ja ATP-tuotannon välisen yhteyden katkeaminen. Mitokondrioiden proteiinien lisäksi tunnetaan muitakin irtikytkentämekanismia ja -molekyylejä. Myös DNP:n irtikytkentävaikutus perustuu vetyionien kontrolloimattomaan vuotamiseen mitokondrion matriksiin.

*Edellä esitetyn ja aiemman tiedon perusteella voidaan päätellä, että*

27. tyroksiini saa aikaan irtikytkijäproteiinien tuotannon sitoutumalla omiin solukalvoseptoreihinsa.
28. DNP vähentää solujen ATP-tuotantoa inhiboimalla sitruunahappokierron entsyymejä.
29. DNP:llä käsitellyt solut voivat tuottaa ATP:tä glykolyysin avulla.
30. DNP:n irtikytkentävaikutus voi johtaa energiakulutuksen lisääntymiseen.
31. tyroksiinin aikaansaamalla irtikytkijävaikutuksella viitataan sitruunahappokierron ja elektroninsiirtoketjun väliseen häiriöön.

#### g. Jäteveden puhdistuksen biologisissa vaiheissa

32. käytetään enimmäkseen aerobisia olosuhteita.
33. käytetään fosforin ferrosulfaattisaostusta.
34. allasta hapetetaan, jotta ferrosulfaattisaostus nopeutuisi.
35. hyödynnetään tehokkaasti biologista typensidontaa.
36. hyödynnetään alkueläimiä orgaanisen jätteen hajottamisprosesseissa.

**h. Ihmisyksilön kehitys hedelmöittyneestä munasolusta (tsygootista) alkio- ja sikiövaiheiden kautta käsittää mm. elinten muodostumisen. Ihmisen sydän muistuttaa kehityksensä alkuvaiheessa kalan sydäntä, minkä vuoksi voidaan todeta, että**

37. ihmisalkion putkimaisessa kehitysvaiheessa oleva sydän pumppaa verta hapetettavaksi kehittyvään istukkaan, josta veri kiertää takaisin sydämeen.
38. ihmisalkion putkimaisessa kehitysvaiheessa olevassa sydämessä on yksi eteinen ja yksi kammio. Lisäksi tiedetään, että
39. ihmisalkion sydän alkaa sykkiä alkion ollessa noin kolmen viikon ikäinen.
40. ihmisalkio ei ole vielä sydämen sykkeen käynnistyessä kiinnittynyt kohdun limakalvoon.
41. sikiön verenkierrossa on väliaikainen yhteys keuhkolaskimon ja aortan välillä.

**i. Dissosiaatiovakio ( $K_d$ ) on tasapainovakio, joka ilmaisee esim. proteiinin ominaisuutta sitoa pienimolekyylisiä aineita (ligandeja).**

Dissosiaatiovakio viittaa assosiaatioreaktion (proteiini + ligandi  $\leftrightarrow$  proteiini-ligandi) käänteisreaktion eli dissosiaatioreaktion (proteiini-ligandi  $\leftrightarrow$  proteiini + ligandi) tasapainovakioon, ja se on näin ollen assosiaatiovakion käänteisluku. Dissosiaatiovakiota käytetään yleisesti proteiinin ja ligandin välisen affiniteetin eli sitoutumisvoimakkuuden ilmaisuun. Mitä pienempi  $K_d$ -arvo on, sitä voimakkaammalla affiniteetilla proteiini sitoo ligandia. Veriplasman albumiini sitoo steroidihormoneja ja esimerkiksi estrogeenien kanssa samalla tavoin elimistössä vaikuttavia ympäristökemikaaleja, kuten bisfenoli A:ta ja DDT:tä.

Oheisessa taulukossa on esitetty estradiolin (eräs estrogeeni), bisfenoli A:n ja DDT:n  $K_d$ -arvot albumiinin ja estrogeenireseptorin suhteen.

Yhdiste (ligandi)	Dissosiaatiovakio ( $K_d$ )	
	Albumiini	Estrogeenireseptori
Estradioli	$10^{-6}$ M	$10^{-10}$ M
Bisfenoli A	$10^{-4}$ M	$10^{-7}$ M
DDT	$10^{-3}$ M	$10^{-6}$ M

Taulukon ja aiemman tiedon perusteella voidaan päätellä, että

42. albumiini toimii hydrofobisten yhdisteiden kantajamolekyylinä.
43. taulukon yhdisteet voivat soluissa aktivoida estrogeenireseptorivälitteisiä vasteita vasta sitten, kun ne ovat vapautuneet albumiinista.
44. vapauduttuaan albumiinista taulukon yhdisteet sitoutuvat solukalvolla sijaitseviin reseptoreihinsa.
45. bisfenoli A pystyy syrjäyttämään DDT:tä sitoutumisessa estrogeenireseptoriin, kun oletetaan, että ligandien pitoisuudet ovat samat ja ne kilpailevat samoista reseptoripaikoista.
46. kun DDT sitoutuu estrogeenireseptoriin, se voi esimerkiksi naarashiirillä saada aikaan kohdun limakalvon paksuuntumisen.
47. bisfenoli A ja DDT eivät läpäise istukkaa.

**j. Neurofysiologisissa tutkimuksissa on voitu osoittaa, että**

48. hermoimpulssin eteneminen "kaikki tai ei mitään" -periaatteella varmistaa, että jos impulssi syntyy, se pääsee esteettä siirtymään hermosolusta toiseen.
49. isoaivojen n. 25 mm:n paksuinen kuorikerros vastaa mm. tahdonalaisten liikkeiden säätelystä.
50. ihminen voi vaikuttaa hermosolujen rakenteeseen omalla tietoisella toiminnallaan.
51. lisämunuaisen kuoresta verenkiertoon erittyvä adrenaliini on tärkein sydämen sykettä kiihdyttävä tekijä.
52. kyynärvarren koukistusrefleksi voidaan estää sympaattisen hermovälittäjäaineen toiminnan estäjillä.

## Osa B (12 p)

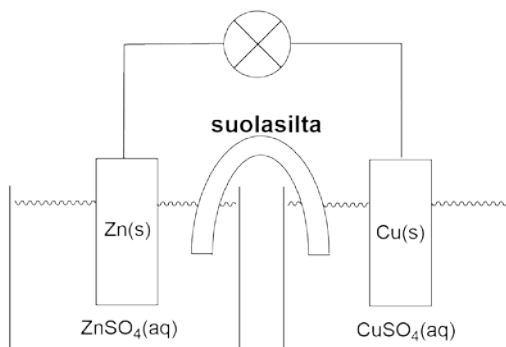
Pisteytys:

Väittämöosiossa (esim. k 53–56) rastitettu ainoastaan oikeat vaihtoehdot = 2 p/osio

Yksikin väärä valinta väittämöosiossa = 0 p/osio

Jätetty valitsematta yksikin oikea vaihtoehto = 0 p/osio

Väittämöosioon ei vastattu lainkaan = 0 p/osio



**Rastita yllä olevan galvaanisen kennon toimintaan ja muuhun sähkökemian liittyvät oikeat väittämät:**

**k.**

53. Sinkin hapettuessa liuokseen vapautuu yhtä hapettuvaa sinkkiatomia kohti kaksi elektronia, mikä mahdollistaa sähkövirran etenemisen liuoksessa.
54. Jos sinkki- ja kuparilevyt yhdistävät (lampun kautta kulkevat) johtimet poistetaan, kennoreaktiot hidastuvat merkittävästi.
55. Suolasillan positiivisesti varautuneet ionit liikkuvat kohti katodiosaa.
56. Sinkkisulfaatti on liuenneena veteen  $\text{ZnSO}_4$ -molekyyleinä.

**l.**

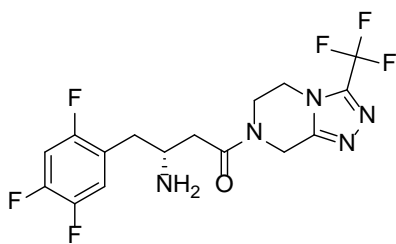
57.  $\text{Cu}^{2+}$ -ionin pelkistyessä alkuainekupariksi  $\text{Cu}^{2+}$ -ioni vastaanottaa kaksi elektronia suolasillan kautta.
58. Jos suolasillan tilalla on metallilanka, lamppu tuottaa valoa.
59. Jos sinkkisulfaatti korvataan sinkkikloridilla ( $\text{ZnCl}_2$ ), kenno menettää toimintakykynsä.
60. Jos sinkki- ja kuparilevyt (ilman yhdistäviä johtimia) upotetaan samaan, kupari(II)sulfaatin vesiliuoksella täytettyyn astiaan, liuoksessa havaitaan hetken kuluttua kuparisaostumia.

**m.**

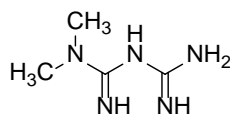
61. Katodi on positiivisesti varautunut, koska kupari on luovuttanut elektroneja. Anodi on negatiivisesti varautunut, koska sinkki on vastaanottanut elektroneja.
62. Tiedetään, että sinkin normaalipotentiali (pelkistyspotentiali) on  $-0,76\text{ V}$  ja kuparin  $+0,34\text{ V}$ . Lähdejännite on siten  $+1,10\text{ V}$ .
63. Galvaanisen kennon jännitteen takia kennosta on mahdollista saada kouristuksia aiheuttava sähköisku.
64. Hapetus-pelkistysreaktio  
 $\text{malaatti} + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{oksaloasetaatti} + \text{NADH} + \text{H}^+$  (reaktio 1)  
 on osa Krebsin sykliä (sitruunahappokiertoa). Lisäksi tunnetaan reaktioiden  
 $\text{oksaloasetaatti} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{malaatti}$   $E = -0,166\text{ V}$   
 $\text{NAD}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NADH}$   $E = -0,320\text{ V}$   
 pelkistyspotentialit (mitattu solunsisäisissä olosuhteissa).  
 Näistä voidaan päätellä, että yllä mainittu reaktio (reaktio1) tapahtuu esitettyyn suuntaan ilman ulkopuolista energiaa.



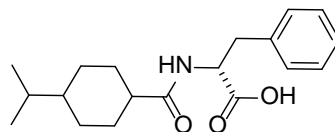
Alla on esitetty viiden diabeteksen hoidossa käytetyn lääkeaineen rakenteet. Rastita oikeat väittämät.



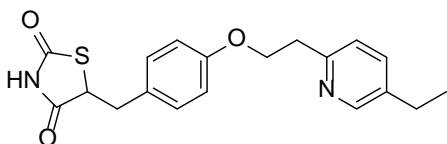
Sitagliptiini



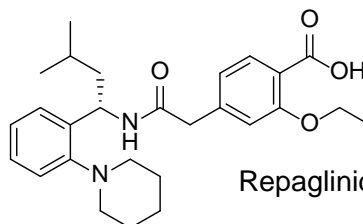
Metformiini



Nateglinidi



Pioglitatsoni



Repaglinidi

**n.**

65. Nateglinidi ja repaglinidi ovat rakenneisomeereja.
66. Nateglinidin molekyylikaava on  $C_{17}H_{27}NO_3$ .
67. Sitagliptiinissä, nateglinidissä ja repaglinidissä on kussakin vähintään yksi amidisisidos.
68. Kaikki viisi lääkeainetta sisältävät ainakin yhden syklisen rakenteen.
69. Pioglitatsoni, repaglinidi ja nateglinidi voivat veteen liuetessaan muodostaa vetysisidoksia.
70. Vain sitagliptiinissä esiintyy yksi tai useampi  $sp^3$ -hiiliatomi.

**o.**

71. Esitetyistä lääkeaineista nateglinidi, repaglinidi ja sitagliptiini kuuluvat aldehydeihin.
72. Esitetyistä lääkeaineista vain yksi voi esteröityä etanolin kanssa happamissa olosuhteissa.
73. Pioglitatsonissa ja repaglinidissä on kummassakin etyyli-ryhmä.
74. Lääkeaineista neljässä on primäärinen aminoryhmä.
75. Liuetessaan veteen nateglinidi muodostaa kahtaisionin.
76. Kuvan lääkeaineissa ei esiinny isopropyyl- eikä alkoholiryhmää.

**p.**

77. Kuvan lääkeaineista neljässä esiintyy kiraliakeskus, joten nämä yhdisteet voivat esiintyä rasemaatteina (raseemisina seoksina).
78. Repaglinidissä on bentsoehappo-osa, joka voidaan pelkistää ensin aldehydiksi ja edelleen bentsyylialkoholiksi eli fenoliksi.
79. Kaikki yhdisteet ovat amiineja.
80. Kaikissa kuvan lääkeaineissa esiintyy elektronegatiivisia heteroatomeja sisältäviä funktionaalisia ryhmiä.
81. Sitagliptiini, nateglinidi ja repaglinidi sisältävät eetterirakenteen.
82. Nateglinidi on fenyylialaniinin johdos.

## Osa C (12 p)

Pisteytys:

Väittämöosiossa (esim. q 83–87) rastitettu ainoastaan oikeat vaihtoehdot = 2 p/osio

Yksikin väärä valinta väittämöosiossa = 0 p/osio

Jätetty valitsematta yksikin oikea vaihtoehto = 0 p/osio

Väittämöosioon ei vastattu lainkaan = 0 p/osio

**q. Kuinka suuri osa 25–64-vuotiaista suomalaisista miehistä oli normaali- tai alipainoisia vuonna 2012?**

- 83. 43,7 %
- 84. 79,6 %
- 85. 13,3 %
- 86. 66,3 %
- 87. 33,7 %

**r. Mikäli lihavien naisten osuuden kasvuvauhti pysyy samana kuin aikavälillä 2007–2012, mikä on lihavien osuus naisista vuonna 2020?**

- 88. 19,4 %
- 89. 19,7 %
- 90. 20,1 %
- 91. 23,3 %
- 92. 22,5 %

**s. Montako neutronia on  $^{111}\text{In}$ -ytimessä?**

- 93. 49
- 94. 62
- 95. 64
- 96. 111
- 97. Ei mikään näistä

**t.  $^{111}\text{In}$  on radioaktiivinen ydin, joka muuttuu elektronisieppauksen kautta. Mikä on elektronisieppauksen hajoamisyhtälö? ( $e^-$ , elektroni;  $\nu$ , neutriino)**

- 98.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{111}\text{Sn} + \nu$
- 99.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{111}\text{Cd} + \nu$
- 100.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{112}\text{In} + \nu$
- 101.  $^{111}\text{In} + e^- \rightarrow ^{110}\text{In} + \nu$
- 102. Ei mikään näistä

**u. Uimari vetää keuhkot täyteen ilmaa ja sukeltaa järven pinnalta 10 m:n syvyyteen. Kuinka paljon keuhkojen tilavuus muuttuu sukeltaessa, mikäli kudosten tukevaa vaikutusta ei huomioida?**

- 103. Ei muutu.
- 104. Pienenee yhteen kymmenesosaan.
- 105. Pienenee kymmenesosan.
- 106. Puolittuu.
- 107. Kasvaa kymmenesosan.

**v. Mikä vuorovaikutus pitää stabiilin atomin ytimen koossa?**

- 108. Gravitaatiovuorovaikutus
- 109. Vahva vuorovaikutus
- 110. Sähköinen vuorovaikutus
- 111. Heikko vuorovaikutus
- 112. Magneettinen vuorovaikutus



## Tehtävä 3

10 p

Vastataan optisesti luettavalle lomakkeelle kohtaan TEHTÄVÄ 3.

Pisteytys:

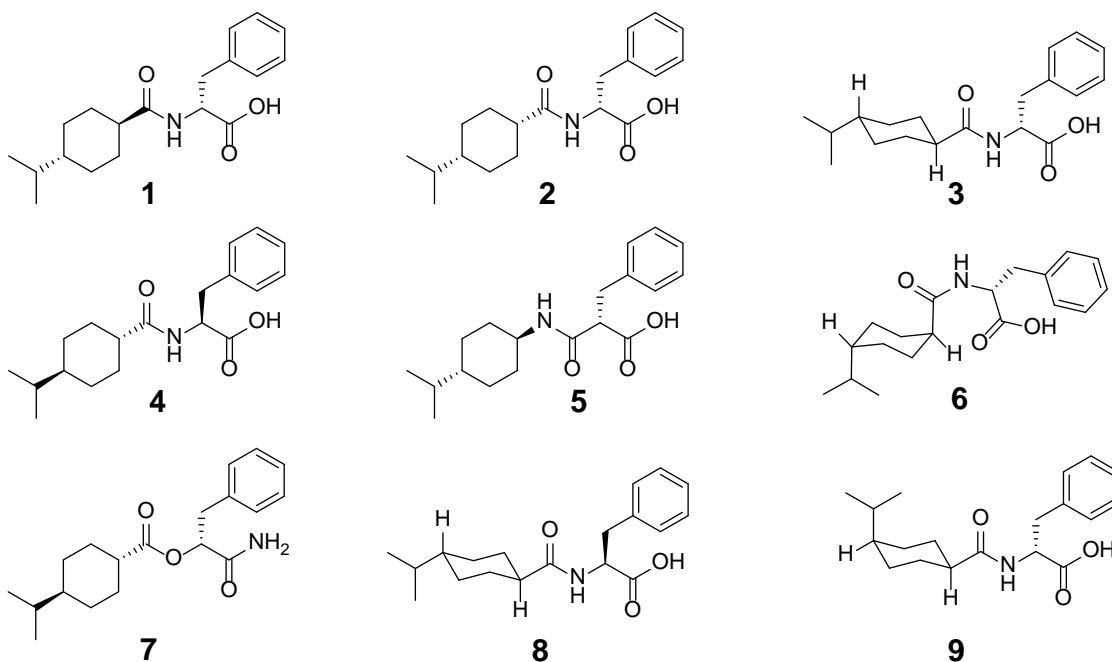
Taulukon riviltä valittu oikea vaihtoehto / oikeat vaihtoehdot = 1 p

Yksikin virhe rivillä = -1 p

Vastaamatta jättäminen riville = 0 p

Tehtävän 3 alin pistemäärä = 0 p

Alla on esitetty diabeteksen hoidossa käytetyn nateglinidi-lääkeaineen isomeerien rakenteita. Rastita optisen lomakkeen taulukkoon, millaisia mainitut yhdisteet ovat keskenään.



Yhdisteet	sama yhdiste	konfor-meerejä	rakenne-isomeerejä	peilikuva-isomeerejä	cis-trans-isomeerejä
1 ja 2					
1 ja 3					
1 ja 4					
1 ja 5					
1 ja 6					
1 ja 7					
1 ja 8					
1 ja 9					
3 ja 6					
3 ja 9					

## Tehtävä 4

4 p

Vastataan optisesti luettavalle lomakkeelle kohtaan **TEHTÄVÄ 4**.

*Pisteytys:*

*Valittu väittämän kohdalla oikea vaihtoehto = 0,5 p*

*Valittu väittämän kohdalla väärä vaihtoehto = -0,5 p*

*Valittu molemmat vaihtoehdot = -0,5 p*

*Ei valittu kumpaakaan vaihtoehtoa = 0 p*

*Tehtävän 4 alin pistemäärä = 0 p*

Rastita optisen lomakkeen taulukkoon, mitkä seuraavista elimistömme hiilihydraattiaineenvaihduntaan liittyvistä väittämissä (1–8) ovat täysin oikein ja mitkä virheellisiä.

Väittäjä	Täysin oikein	Virheelinen
1. Glukagoni nostaa verensokeria vapauttamalla glukoosia verenkiertoon maksan ja lihasten glykogeenistä.		
2. Insuliini tehostaa glukoosin imeytymistä ohutsuolessa GLUT4-kuljettajaproteiinien välityksellä.		
3. Insuliinin puute aiheuttaa ketoaineiden muodostumista, mikä johtaa elimistön happamoitumiseen.		
4. Glukagonin glukoneogeeniseen vaikutukseen kuuluu glukoosin muodostuminen myös rasvakudoksessa.		
5. Insuliinin, glukagonin ja adrenaliinin vaikutukset välittyvät soluihin tumassa olevien reseptorien välityksellä.		
6. Terveellä ihmisellä veren glukoosipitoisuuden lasku johtaa GLUT4-kuljettimien vähenemiseen solukalvolla.		
7. Haiman insuliinierityksen aktivoituminen verensokerin noustessa tapahtuu GLUT2-kuljettimien välityksellä, mutta GLUT4-kuljettimet liittyvät insuliinin vaikutuksiin.		
8. Haiman insuliinierityksen aktivoitumiseen liittyy $\beta$ -solun kalvojännitteen muuttuminen positiivisemmaksi, kun $K_{ATP}$ -kanavat sulkeutuvat.		

## Tehtävä 5

10 p

a) 5 p

Miten glukoosi kulkeutuu äidin verenkierrosta sikiön soluihin?

Miten ja millä mekanismeilla äidin diabetes vaikuttaa sikiön koon kasvuun?

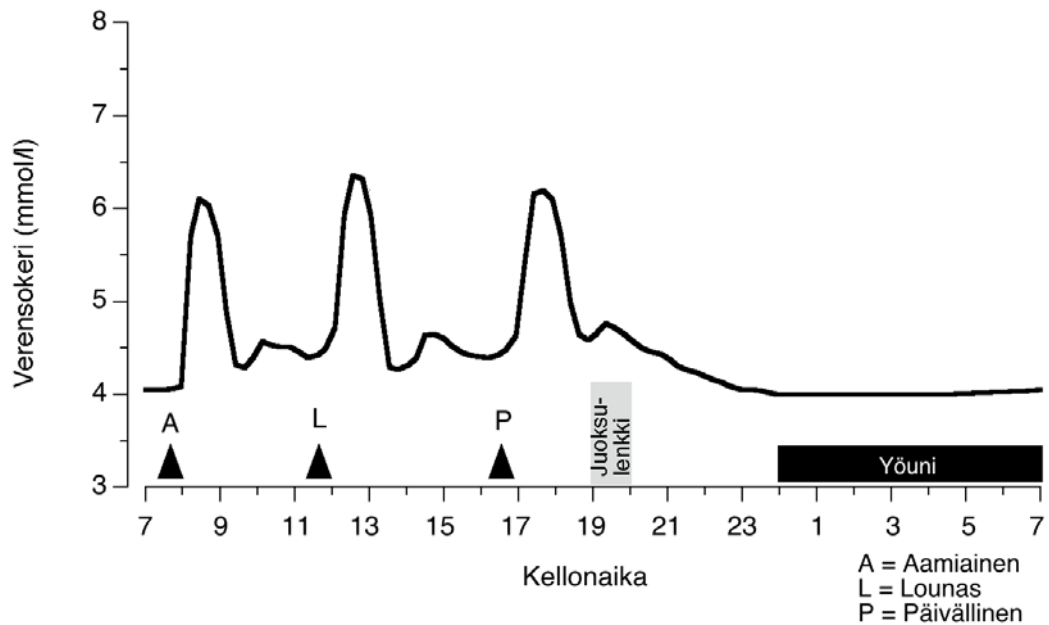
b) 5 p

Miten diabeteksen solukorvaushoitoon soveltuvia haiman soluja voidaan saada (1) aikuisen ihmisen ihon solusta, (2) alkiorakkulavaiheen (blastokysta) solusta ja (3) munasolusta, jonka tuma on poistettu?

## Tehtävä 6

9 p

Alla oleva kuva esittää terveen henkilön verensokerin vuorokausikäyrää.



a) 5 p

Kuvaan on ruokailurytmin (aamiainen, lounas ja päivällinen) lisäksi merkitty koehenkilön juoksulenkki illalla klo 19–20.

Mitkä tekijät vaikuttavat veren glukoosipitoisuuteen tunnin juoksulenkin aikana, kun oletetaan, että aineenvaihdunta pysyy lenkin aikana aerobisena?

b) 4 p

Seurantajakson lopussa, aamulla klo 7, koehenkilön verensokeri (ns. paastoarvo) on 4,1 mmol/l.

Miten selität, että veren glukoosipitoisuus pysyy vakaana yön yli, vaikka koehenkilö ei syönyt lenkin jälkeen ja nukkui yhtäjaksoisesti aamuun saakka?

## Tehtävä 7

5 p

Miten valmistat saippuaa ainoastaan alla olevassa listassa mainituilla aineilla ja välineillä, kun aikaa on käytettävissä puoli tuntia?

- kirurginveitsi
- pankreatiinkapseleita haiman eksokriiniseen vajaatoimintaan (kapselit sisältävät haiman tuottamia entsyymejä)
- ruokasoodaa (sisältää pääasiassa  $\text{NaHCO}_3$ :a)
- vettä
- oliiviöljyä
- kahvia suljetussa termospullossa

Kaikkea listassa esitettyä ei välttämättä tarvita saippuan valmistamiseen. Saippuaa ei tarvitse eristää puhtaana. Lisäksi oletetaan, etteivät mahdolliset sivutuotteet, lähtöaineiden epäpuhtaudet tai reagoimaton lähtöaine haittaa saippuanmuodostusta. Vastauksessa on selitettävä valmistuksen eri vaiheet ja niiden kemiallinen merkitys. Käytettyjä määriä ei tarvitse kuvata.

## Tehtävä 8

8 p

Perinnöllinen haimatulehdus on harvinainen autosomissa vallitsevasti periytyvä sairaus, jonka taustalla ovat useimmiten mutaatiot joko haiman tuottaman trypsinogeenientsyymin (kationinen trypsinogeeni) tai sen estäjän geeneissä. Suomalaisessa väestössä esiintyy esim. kationisen trypsinogeenin R122H-mutaatiota. Merkintä R122H tarkoittaa, että DNA:ssa tapahtuneen yhden nukleotidin vaihtumisen seurauksena valmiissa polypeptidissä kohdassa 122 sijaitseva aminohappo arginiini (R) on korvautunut histidiinillä (H).

a) 5 p

Alla on esitetty terveen ihmisen kationista trypsinogeeniä koodaavan DNA-juosteen nukleotidijärjestys (sekvenssi) alueelta, jolla mutaatiokohdan tiedetään sijaitsevan. Eksonit sijaitsevat kohdissa 1–50, 91–150 ja 201–290.

```

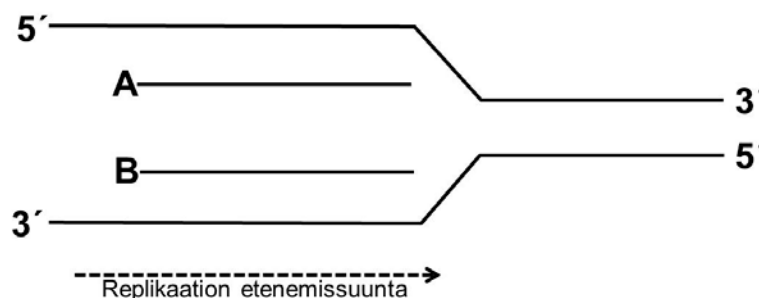
1   TTCTGTTCGC AATACTTGAA TAGCCGGTAT GCGGAGAATT AGCGCTTCGA
51  CAATACTTGA ATAGCCGGTA TGCGGAGAAT AGCGCTTATA ATGTTCTTGA
101 TAGCCGGTAT GCGGAGAATT ATAATGTTTCG CAATACTTGA ATAGCCGGTAT
151 GCGGAGAATT ATAATGTTTCG CAATACTTGA ATAGCCGGTA TGCGGAGAAT
201 TATAATGTTC AGCGCTCTTG AATAGCCGGT ATGCGGAGAA TTATAATGTT
251 CGCAATACTT TAATATCCTT GTATTCGGAG AATTATAAGG
  
```

Restriktioentsyymi *AfeI* tunnistaa nukleotidijärjestyksen *AGCGCT* ja katkaisee DNA:n sen kohdalta. Mutaatiokohdasta restriktioentsyymin katkaisukohta on hävinnyt.

Potilaasta otetusta haimabiopsiasta (kudosnäyte) eristettiin lähetti-RNA:ta (mRNA), joka sitten edelleen muokattiin geenianalyysiä varten. Analyysin perusteella potilaalla on kyseinen mutaatio, mutta ei muita mutaatioita. Kuinka moneen osaan analysoitu potilasnäyte pilkkoutuisi restriktioanalyysissä yllä kuvattua sekvenssiä vastaavalla alueella? Perustele vastauksesi.

b) 3 p

Alla oleva kuva esittää normaalia DNA:n replikaatiota. Kumpi syntyneistä uusista juosteista (A vai B) on muodostunut paloittain (Ogazakin fragmentteina)? Perustele vastauksesi. (Pelkkä vastaus ilman oikeaa perustelua = 0 p)



## Tehtävä 9

6 p

$^{111}\text{In}$  on radioaktiivinen ydin, jonka  $T_{1/2} = 2,83$  d.  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidia käytetään haiman isotooppi-kuvauksessa. Sairaalan tilaama erä  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidiliuosta lähtee valmistajalta maanantaina klo 15:00. Saapumishetkenä tiistaina klo 12:00 sen aktiivisuus on 660 MBq ja ominaisaktiivisuus 111 MBq/ml. Keskiviikkona klo 09:00 sairaalan radiologi ottaa ruiskuun tarvittavan määrän  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidiliuosta, joka annetaan potilaalle samana päivänä klo 12:00. Isotooppikuvauksessa tarvittava potilasannos on 180 MBq.

a) 2 p

Mikä on  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidi-lähetysten aktiivisuus silloin, kun se lähtee valmistajalta?

b) 2 p

Kuinka suuren määrän  $^{111}\text{In}$ -pentetreotidiliuosta (ml) radiologi otti ruiskuun?

c) 2 p

Kuinka monta  $^{111}\text{In}$ -ydintä on ehtinyt hajota sairaalan saamassa erässä saapumishetken ja ruiskeen valmistamisen välillä?

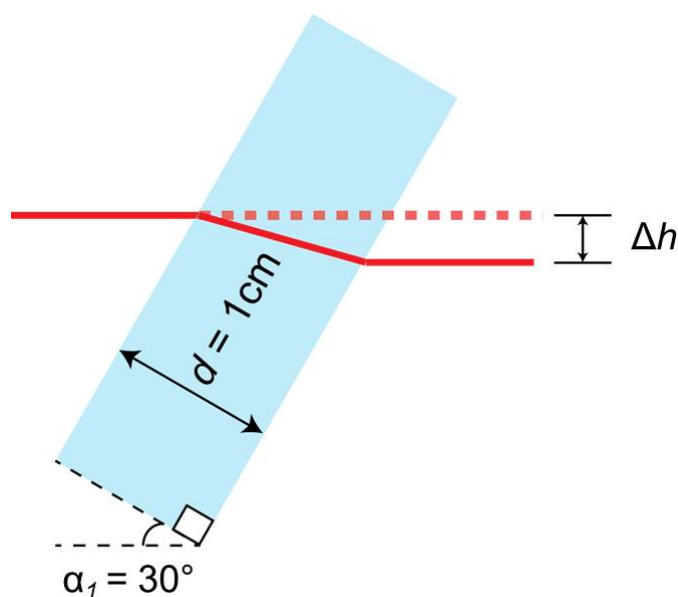
## Tehtävä 10

7 p

Alla olevassa kuvassa lasersäde kulkee 1 cm paksun lasilevyn läpi. Lasilevy on asetettu  $\alpha_1 = 30^\circ$  kulmaan säteen kulkusuuntaan nähden.

Piirrä laskennassa käytettävä geometrinen kuva vastausmonisteessa olevaan kuvapohjaan ja laske yhdensuuntaissiirtymä  $\Delta h$ .

Taitekertoimet:  $n_{\text{ilma}} = 1,0$ ;  $n_{\text{lasi}} = 1,5$





# Tehtävä 11

12 p

## Tehtävään vastaaminen ja arvostelu:

- **Alakohdissa a–c vastausmonisteen ruutuun merkitään vain tehtävän vastaus ilman välivaiheita.**  
*Laskutoimituksiin voi käyttää tehtävämonisteen vapaita takasivuja. Pisteiden saamiseksi kohdissa a–c vastauksen pitää olla täysin oikein, myös oikealla esitystarkkuudella.*
- **Alakohdissa d ja e vastausmonisteen vastaustilassa on esitettävä tehtävän ratkaisuun johtavat laskutoimitukset välivaiheineen.**

Lääkeaineiden valmistuksen, säilytyksen ja käytön yhteydessä niiden koostumuksen ja kemiallisten ominaisuuksien tunteminen on tärkeää. Lääkeaineen valmisteyhteenvedo sisältää tietoja muun muassa lääkevalmisteen vaikuttavista aineista, annostelusta, haittavaikutuksista, säilytyksestä ja farmakologisista ominaisuuksista.

Laske seuraavat lääkeaineiden valmistukseen, karakterisointiin ja annosteluun liittyvät tehtävät.

a) 2 p (vain vastaus vastausmonisteeseen)

Paklitakselin valmistusprosessissa käytettiin katalyyttinä palladiumia, minkä vuoksi välituotteesta määritettiin palladiumpitoisuus atomiabsorptiospektrometrialla. Välituotteesta otettiin 0,5052 g:n näyte, joka hajotettiin mikroaaltouunissa kuningasvedellä ( $\text{HNO}_3\text{-HCl}$  -seos). Käytetyllä hajotusmenetelmällä näytteessä oleva palladium liukenee täydellisesti. Mikroaaltouunihajotuksen jälkeen saatu näyteliuos laimennettiin mittapullossa 50,0 ml tilavuuteen. Pullosta otettiin 10,0 ml:n osanäyte, jonka palladiummääräksi saatiin 0,095 mikrogrammaa. Mikä oli alkuperäisen näytteen palladiumpitoisuus (mg/kg)?

b) 2 p (vain vastaus vastausmonisteeseen)

Infliksiimabi on tehokas biologinen lääke nivelreuman hoitoon. Potilaalle päätettiin antaa laskimonsisäisesti hoitoannos 3,00 mg/kg 2,00 tunnin aikana. Annostelua varten lääkeaineesta valmistettiin ensin 30,0 ml perusliuosta, jonka infliksiimabipitoisuus oli 0,010 g/ml. Varsinaista infuusiota varten perusliuos laimennettiin 0,250 litraan natriumkloridi-infuusionesteellä ( $\text{NaCl}$ -pitoisuus = 9 mg/ml = 0,9 %). Kuinka monta litraa valmistettua infuusioliuosta annettiin 56 kg painavalle potilaalle?

c) 2 p (vain vastaus vastausmonisteeseen)

Potilaalle määrättiin annettavaksi keuhkokuumeeseen suonensisäisellä infuusiolla (tiputus) 4,00 g ampisilliinia vuorokaudessa (24,0 h). Infuusiota varten isotoniseen keittosuolaliuokseen valmistetun liuoksen ampisilliinipitoisuus oli 6,00 g/l. Potilaalle annosteltiin liuosta kahden ensimmäisen tunnin aikana 40,0 ml/h ja loput vuorokausiannoksesta seuraavien 22,0 tunnin aikana. Mikä oli infuusionopeus (ml/h) tämän 22,0 h jakson aikana?

d) 3 p

Tiedetään, että lääkeaine on yksiarvoinen happo (HA), jonka  $K_a = 5,37 \cdot 10^{-7}$  mol/l. Kyseisestä haposta valmistettua liuosta ( $c = 0,100$  mol/l) otettiin 50,0 ml ja laimennettiin vedellä tilavuuteen 0,250 l. Tämän jälkeen liuos titrattiin NaOH-liuoksella ( $c = 0,200$  mol/l). Laske hydroksidi-ionikonsentraatio (mol/l) titrauksen ekvivalenttikohdassa.

e) 3 p

Polttoanalyysi (alkuaineanalyysi) tehdään rutiininomaisesti orgaanisen synteessin lopputuotteista niiden puhtauden varmistamiseksi. Yksi gramma (1,00 g) lääkeainetta, joka sisälsi hiiltä, vetyä ja happea, paloi täydellisesti polttoanalyysaattorissa. Palamisreaktiossa muodostuneen hiilidioksidin tilavuus oli 1,413 dm<sup>3</sup> ja veden määrä 0,785 g, kun nämä mitattiin lämpötilassa 273,15 K ja paineessa 1,01325 bar. Kuinka monta massaprosenttia (m-%) happea lääkeaine sisälsi?

## Tehtävä 12

7 p

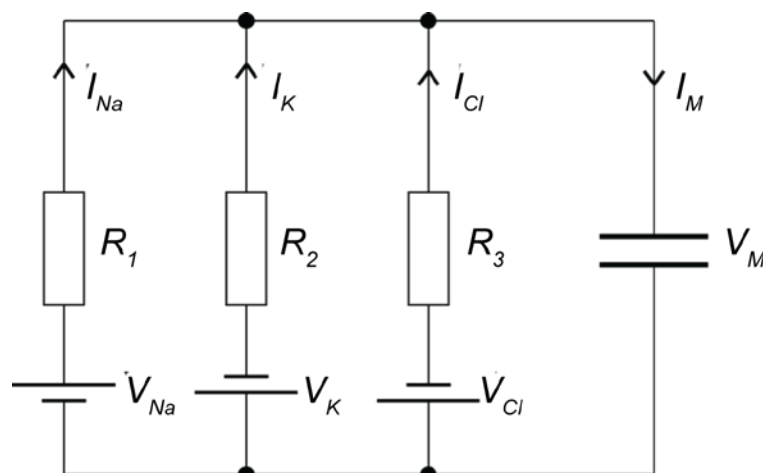
Solukalvon sähköinen potentiaali on keskeinen osa solun aktiivista toimintaa. Potentiaaliero solukalvon yli perustuu ionien epätasaiseen jakautumiseen solukalvon eri puolille. Koska ionit eivät luonnostaan pääse hydrofobisen solukalvon läpi, tämä potentiaaliero voi muuttua, jos solun säätelymekanismit hetkellisesti muuttavat solukalvon läpäisevyyttä tietyn tyyppisille ioneille. Solu voi säädellä ionikonsentraatioitaan avattavien ionikanavien sekä muiden kuljetusproteiinien avulla.

Hermosolun ollessa lepotilassa kaliumionien ( $K^+$ ) on yleensä helpointa päästä solukalvon läpi, kun taas natriumionit ( $Na^+$ ) eivät juurikaan liiku solukalvon läpi. Natrium-kalium-pumppu, joka kuluttaa ATP:tä, pitää normaalioloissa solukalvopotentiaalin vakiona. Se pumppaa  $K^+$ -ioneja takaisin solun sisään ja  $Na^+$ -ioneja ulos solusta. Natrium-ionikanavat ovat tärkeä osa solun sähköistä viestintää. Yleensä solun lepokalvopotentiaali  $V_M$  on hyvin lähellä  $Cl^-$ -ionin tasapainopotentiaalia eli Nernstin potentiaalia, ja tässä tehtävässä ne oletetaan täsmälleen yhtä suuriksi. Vaikka soluissa on havaittu olevan useita kymmeniä eri ioneja ja ionikanavia, kalvopotentiaalia yleensä mallinnetaan edellä mainittujen kolmen ionin avulla.

**Taulukko:** Ionikonsentraatiot ja kunkin ionin Nernstin potentiaalit solun ollessa lepotilassa

Ioni	Pitoisuus		Potentiaali (mV)
	Ulkopuolella (mol/m <sup>3</sup> )	Sisäpuolella (mol/m <sup>3</sup> )	
$Na^+$	150	15	61
$K^+$	5,5	150	-88
$Cl^-$	125	9	-71

Alla olevassa kuvassa esitetään vastinvirtapiiri, jolla mallinnetaan solukalvon sähköistä potentiaalia. Solukalvoa voidaan mallintaa kondensaattorina, koska ionien nettovirtausta kalvon läpi tapahtuu vain, jos solukalvon läpäisevyydessä tapahtuu muutoksia.



Kuva: Vastinvirtapiiri solukalvolle. Jännitelähteet  $V_{Na}$ ,  $V_K$  ja  $V_{Cl}$  kuvaavat vastaavien ionien Nernstin potentiaaleja.

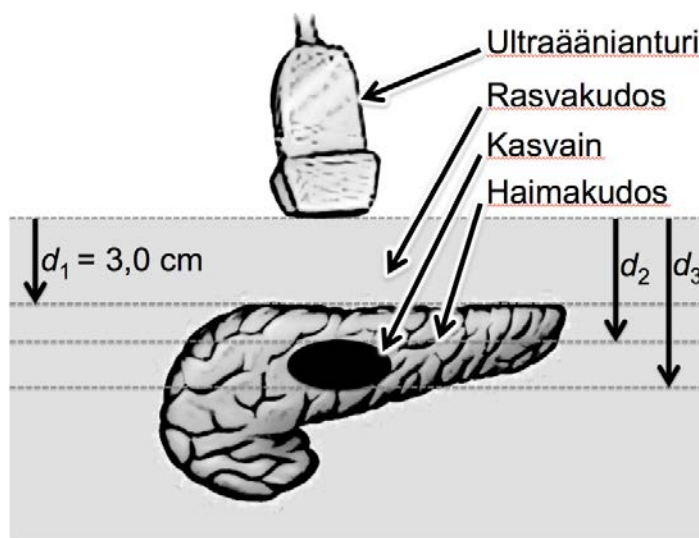
Solu on lepotilassa, jolloin ionien nettovirtausta solukalvon läpi ei tapahdu, eli  $I_M = 0$ . Resistanssi  $R_1$  on  $1000,0 \Omega$ .

Määritä resistanssi  $R_2$ .

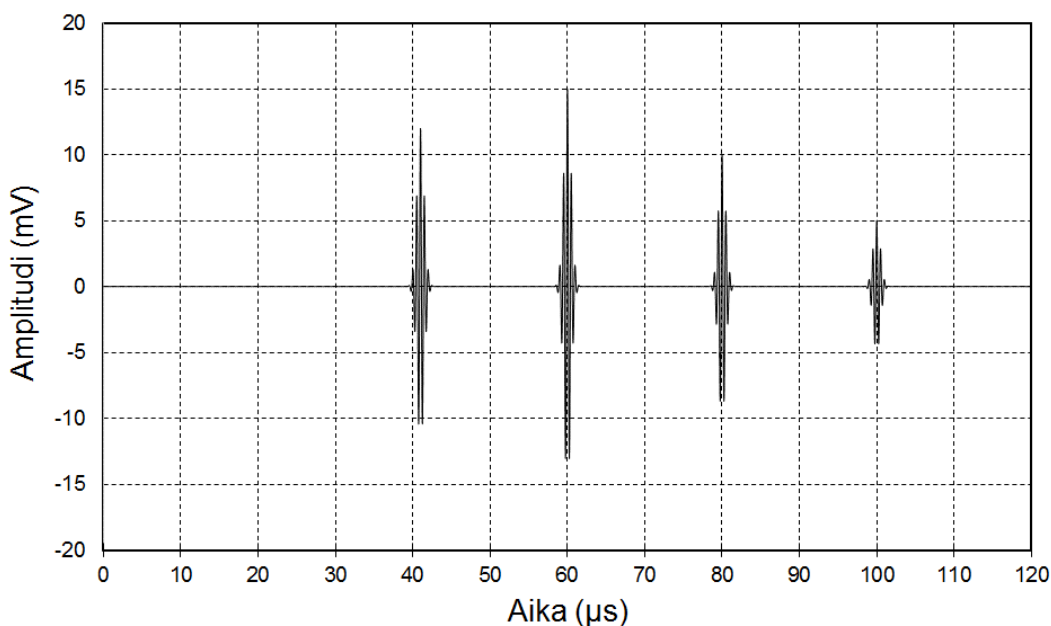
## Tehtävä 13

9 p

Ultraäänikuvauksessa potilaan iholle asetetaan ultraäänianturi, joka lähettää ultraäänipulsseja (pitkittäistä aaltoliikettä) potilaan elimistöön (kuva A). Edetessään kudoksissa ultraäänipulssi kohtaa eri kudosten välisiä rajapintoja, jolloin osa pulssista heijastuu takaisin anturille ja osa jatkaa edelleen matkaa syvemmälle kudoksiin. Anturille takaisin heijastuneet pulssit rekisteröidään samalla anturilla, eli anturi ”kuuntelee” lähettämiensä äänipulssien heijastuksia kudosten rajapinnoilta (kuva B). Anturille takaisin heijastuneiden ultraäänipulssien aikaviiveen sekä amplitudin perusteella voidaan määrittää, miltä syvyydeltä heijastus on tullut ja mitkä ovat kudosten ominaisuudet heijastuksen rajapinnalla. Kun tällainen mittausta tehdään useasta vierekkäisestä paikasta, voidaan yksittäisten ultraäänipulssien lähtöpisteiden sekä pulssien heijastusten aikaviiveiden ja amplitudien avulla laskea kuvapisteen paikka ja tummuusaste ja siten muodostaa varsinainen ultraäänikuva.



Kuva A. Kaaviokuva haiman ultraäänikuvantamisesta. Kuvaan on merkitty eri kudosten väliset rajapinnat.



Kuva B. Ultraäänipulssi lähetetään hetkellä 0 µs. Kuvassa esitetään kudosten välisiltä rajapinnoilta (kuva A) anturiin takaisin heijastuneiden pulssien paineamplitudit ja saapumisajankohdat.

Ultraäänen heijastusta kahden kudoksen rajapinnasta voidaan kuvata heijastuskertoimen ( $R$ ) avulla. Heijastuskertoimelle pätee seuraava yhtälö, kun äänipulssi saapuu rajapintaan sen normaalin suuntaisesti:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}.$$

Yhtälössä  $Z_1$  on rajapintaa edeltävän kudoksen akustinen impedanssi ja  $Z_2$  on rajapinnan jälkeisen kudoksen akustinen impedanssi. Akustinen impedanssi on suure, joka kuvaa kudoksen ”vastusta” ultraäänen etenemiselle samoin kuin impedanssi sähköpissa kuvaa virtapiirin vaihtovirralla aiheuttamaa vastusta. Heijastuskertoimen on yksikötön suure, joka kertoo, kuinka suuri osa ultraäänipulssin amplitudista heijastuu takaisin. Mitä suurempi heijastuskertoimen on, sitä suurempi on heijastuneen äänipulssin amplitudi verrattuna alkuperäiseen pulssiin.

Heijastuskertoimen avulla voidaan määrittää ultraäänen läpäisykerroin ( $T$ ), joka siis kuvaa sitä, kuinka suuri osa rajapintaan saapuneen ultraäänipulssin amplitudista läpäisee rajapinnan. Heijastuskertoimen ja läpäisykerroimen summan tulee olla yksi:

$$T = 1 - R.$$

Akustinen impedanssi ( $Z$ ) riippuu suoraan kudoksen fysikaalisesta tiheydestä ( $\rho$ ) sekä äänen nopeudesta kudoksessa ( $c$ ) seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$Z = \rho c.$$

Ideaalisessa tapauksessa ultraäänipulssin amplitudi pysyy koko ajan samana, jos se ei kohtaa kudosten välisiä rajapintoja. Todellisuudessa näin ei kuitenkaan ole, vaan äänipulssin amplitudi vaimenee kudoksissa eksponentiaalisesti oheisen vaimenemislain mukaisesti

$$p = p_0 e^{-\alpha d},$$

jossa  $p$  on ultraäänipulssin paineamplitudi syvyydellä  $d$ ,  $p_0$  on alkuperäisen ultraäänipulssin paineamplitudi ja  $\alpha$  on lineaarinen vaimennuskerroin (yksikkö:  $\text{cm}^{-1}$ ).

Ultraäänikuvantamista voidaan käyttää kudosten rakenteellisten muutosten tutkimiseen. Tarkastellaan tilannetta, jossa potilaan haimassa on kasvain (kuva A, s. 19). Kuvassa A on esitetty voimakkaasti yksinkertaistettu kaaviokuva haiman ultraäänitutkimuksesta ja ihmisen anatomiasta. Potilaan vatsan ihon pinnalle on asetettu ultraäänianturi, joka lähettää ultraäänipulsseja vatsaonteloon. Yksittäinen ultraäänipulssi etenee aluksi rasvakudoksessa, jonka jälkeen se kohtaa haiman yläpinnan, josta osa pulssista heijastuu takaisin ja osa jatkaa edelleen matkaa haimakudokseen. Haimakudoksessa ultraäänipulssi etenee edelleen haiman ja kasvaimen rajapinnalle, josta osa ultraäänipulssista heijastuu takaisin ja osa jatkaa matkaa kasvainkudokseen ja edelleen sitä seuraaviin kudoksetuksiin. Heijastuneiden ultraäänipulssien paineamplitudit on esitetty kuvassa B (s. 19).

a) 3 p

Laske, kuinka syvällä kasvaimen yläpinta sijaitsee vatsan ihon pinnalta mitattuna.

b) 6 p

Kuinka suuri osa (%) alkuperäisestä ihon pinnan läpäisystä ultraäänipulssin paineamplitudista on jäljellä, kun se on edennyt haiman ja kasvaimen ensimmäiselle rajapinnalle (= juuri ennen heijastusta ja läpäisyä haiman ja kasvaimen rajapinnalla)?

## Tehtävä 14

4 p

Lääkäri antaa potilaalle lääkeruiskeen. Ruiskun männän halkaisija on 8,6 mm. Oletetaan, että mäntä liikkuu ruiskussa kitkattomasti.

a) 2 p

Kuinka suuren paineen mäntä aiheuttaa nesteeseen, jos lääkäri työntää mäntää 4,4 N:n voimalla?

b) 2 p

Potilaalle annetaan infuusionestettä kanyylin kautta tippatelineessä olevasta säiliöstä. Kuinka korkealla nesteen pinta säiliössä on kanyyliin nähden, jos paine kanyylissä on 9,4 kPa? Nesteen tiheys on  $1042 \text{ kg/m}^3$ .

**KAVALIITE** (4 sivua, L1–L4)

Kaavaliitteen vakiot ja taulukkoarvot oletetaan laskutoimituksissa tarkoiksi arvoiksi.

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

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

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

Elohopean tiheys  $13600 \text{ kg/m}^3$

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)

Maan painovoiman aiheuttama putoamis-  
kiihtyvyys  $9,81 \text{ m/s}^2$

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

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

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

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

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

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

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

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

Veden ionitulo  $K_w = 1,008 \cdot 10^{-14} \text{ (mol/l)}^2$

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

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

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

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

$m_p = 1,0072825 m_u$

$m_n = 1,0086650 m_u$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$p = \rho gh$$

$$U = RI$$

$$c = Hp_0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_s = [Zm_p + Nm_n - m_\gamma] c^2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$F = mv^2/r$$

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

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

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

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

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

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

$$\theta = T_1 - T_2$$

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

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

$$v = v_0 + gt$$

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

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

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

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

$$n = 1/t$$

$$a = v^2/r$$

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

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

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

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

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

$$E = \Phi/A$$

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

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

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

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

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

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

$$pV = nRT$$

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

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

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

$$Q = c_p m \Delta T$$

$$W = \gamma \Delta A$$

$$W = F \Delta l$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$W = Fs$$

$$E_p = mgh$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

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

$$P = W/t$$

$$\eta = W_a/W_o$$

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

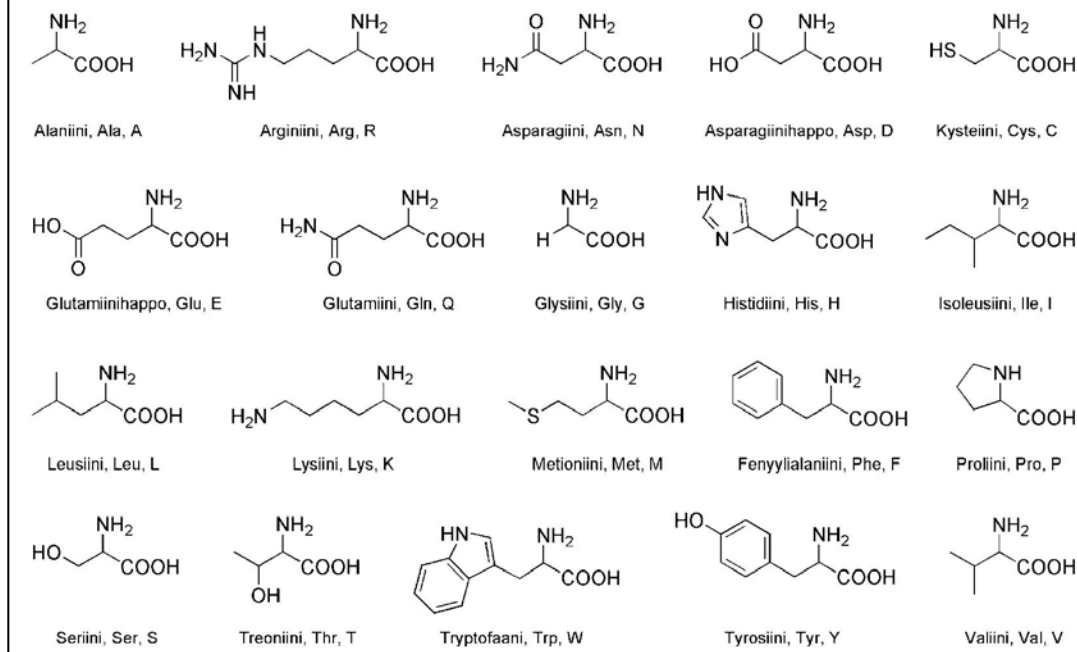
$$TT - \text{luku} = 1000 \frac{\mu(x, y, z) - \mu_{\text{vesi}}}{\mu_{\text{vesi}}}$$

$$M = F \cdot r$$

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

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

### Aminohapot perusmuodossaan:



Tiheys, ultraääninen nopeus, akustinen impedanssi sekä ultraääninen vaimennuskerroin eri kudostyypeille, ilmalle ja vedelle:

	Tiheys ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Äänen nopeus (m/s)	Akustinen impedanssi ( $\cdot 10^6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	Vaimennuskerroin ( $\text{cm}^{-1}$ )
Ilma	1,20	345	0,00041	137,00
Vesi	1000	1520	1,52	0,00001
Rasvakudos	920	1470	1,35	6,91
Aivokudos	1030	1570	1,62	9,79
Munuaiskudos	1040	1558	1,62	8,98
Haimakudos	1100	1560	1,72	11,17
Maksakudos	1570	1570	2,45	11,05
Luukudos	1800	3700	6,66	218,75



## Happo- ja emäsvakiot

Happovakioita		Emäsvakioita	
Kaava	$K_a$ (25 °C) mol/dm <sup>3</sup>	Kaava	$K_b$ (25 °C) mol/dm <sup>3</sup>
HClO <sub>4</sub>	n. 10 <sup>10</sup>	OH <sup>-</sup>	55
HI	n. 10 <sup>9</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,3 · 10 <sup>-2</sup>
HBr	n. 10 <sup>8</sup>	S <sup>2-</sup>	1,0 · 10 <sup>-2</sup>
HCl	n. 10 <sup>7</sup>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	5,2 · 10 <sup>-4</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	n. 10 <sup>3</sup>	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	4,4 · 10 <sup>-4</sup>
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	55	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2,1 · 10 <sup>-4</sup>
HNO <sub>3</sub>	22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	5,5 · 10 <sup>-5</sup>
HIO <sub>3</sub>	0,17	CN <sup>-</sup>	2,5 · 10 <sup>-5</sup>
(COOH) <sub>2</sub>	6,5 · 10 <sup>-2</sup>	NH <sub>3</sub>	1,8 · 10 <sup>-5</sup>
CHCl <sub>2</sub> COOH	3,3 · 10 <sup>-2</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,6 · 10 <sup>-7</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	1,3 · 10 <sup>-2</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	1,6 · 10 <sup>-7</sup>
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,0 · 10 <sup>-2</sup>	HS <sup>-</sup>	1,1 · 10 <sup>-7</sup>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7,1 · 10 <sup>-3</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,3 · 10 <sup>-8</sup>
HF	6,8 · 10 <sup>-4</sup>	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	1,4 · 10 <sup>-9</sup>
HNO <sub>2</sub>	4,5 · 10 <sup>-4</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	5,6 · 10 <sup>-10</sup>
HCOOH	1,6 · 10 <sup>-4</sup>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	3,8 · 10 <sup>-10</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	6,5 · 10 <sup>-5</sup>	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,0 · 10 <sup>-10</sup>
CH <sub>3</sub> COOH	1,8 · 10 <sup>-5</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2,2 · 10 <sup>-11</sup>
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4,3 · 10 <sup>-7</sup>	F <sup>-</sup>	1,5 · 10 <sup>-11</sup>
CH <sub>2</sub> (NH <sub>2</sub> )COOH	2,3 · 10 <sup>-7</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,4 · 10 <sup>-12</sup>
H <sub>2</sub> S	1,0 · 10 <sup>-7</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,0 · 10 <sup>-12</sup>
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,3 · 10 <sup>-8</sup>	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,7 · 10 <sup>-13</sup>
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	6,2 · 10 <sup>-8</sup>	H <sub>2</sub> O	1,8 · 10 <sup>-16</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5,6 · 10 <sup>-10</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	n. 5 · 10 <sup>-16</sup>
HCN	4,0 · 10 <sup>-10</sup>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	n. 10 <sup>-17</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	1,3 · 10 <sup>-10</sup>	Cl <sup>-</sup>	n. 10 <sup>-21</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,7 · 10 <sup>-11</sup>	Br <sup>-</sup>	n. 10 <sup>-22</sup>
HS <sup>-</sup>	1,0 · 10 <sup>-12</sup>	I <sup>-</sup>	n. 10 <sup>-23</sup>
H <sub>2</sub> O	1,8 · 10 <sup>-16</sup>	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	n. 10 <sup>-24</sup>