

FI – Kemia

14.9.2022

Koe koostuu 11 tehtävästä, joista vastataan seitsemään. Tehtävät on ryhmitelty kolmeen osaan. Osassa 1 on yksi kaikille pakollinen 20 pisteen tehtävä. Osassa 2 on seitsemän 15 pisteen tehtävää, joista vastataan neljään. Osassa 3 on kolme 20 pisteen tehtävää, joista vastataan kahteen. Kokeen maksimipistemäärä on 120. Halutessasi voit tuottaa vastausten tueksi piirroksia, kaavioita tai taulukoita ja liittää niistä kuvakaappauksen mihin tahansa tekstivastaukseen.

Älä jätä mitään merkintöjä sellaisen tehtävän vastaukselle varattuun tilaan, jota et halua jättää arvosteltavaksi.

Sisällys

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

Vastaa tehtävään 1.

- | | | |
|----|---|-------|
| 1. | Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta | 20 p. |
|----|---|-------|

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

Vastaa neljään tehtävään.

- | | | |
|----|---|--------------------------------|
| 2. | Kaliummangaanitrifluoridin synteesi | 15 p. |
| 3. | Kemialliset sidokset | 15 p. |
| 4. | Kipua lievittävä opioidi | Aineisto 15 p. |
| 5. | Pentaeryttritolin valmistus | Aineisto 15 p. |
| 6. | Vetyfluoridin valmistusreaktio | 15 p. |
| 7. | Sähkökemiallinen pari | Aineisto 15 p. |
| 8. | Hiilen käyttö energiantuotannossa | 15 p. |

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

Vastaa kahteen tehtävään.

- | | | |
|-----|---------------------------------------|--------------------------------|
| 9. | Ohutlevykromatografia | Aineisto 20 p. |
| 10. | Van 't Hoffin yhtälö | Aineisto 20 p. |
| 11. | Laktoosin kemiaa | Aineisto 20 p. |

Koe yhteensä	120 p.
--------------	--------

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

 Vastaa tehtävään 1.

1. Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta 20 p.

Valitse jokaisessa kohdassa 1.1–1.10 parhaiten sopiva vaihtoehto. Oikea vastaus 2 p., väärä vastaus 0 p., ei vastausta 0 p.

1.1 Millä seuraavista yhdisteistä on suurin liukoisuus veteen lämpötilassa 20 °C? 2 p.

- ☐ N₂
- ☐ O₂
- ☐ (C₂H₅)₂NH
- ☐ C₂H₅OC₂H₅

1.2 Millä seuraavista alkoholeista esiintyy enantiomeriaa (optista isomeriaa)? 2 p.

- ☐ butan-1-oli
- ☐ butan-2-oli
- ☐ pentan-3-oli
- ☐ 2-metyylipentan-2-oli

1.3 Kuinka monta dibromibentseenin paikkaisomeeriä voi olla olemassa? 2 p.

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 5

1.4 Mikä seuraavista metalleista reagoi kiivaimmin veden kanssa? 2 p.

- ☐ K
- ☐ Fe
- ☐ Al
- ☐ Ca

1.5 Glysiinin kantaliuoksen konsentraatio on $1,00 \cdot 10^{-4}$ mol/dm³. Siitä valmistetaan 100,0 ml glysiiniliuosta, jonka konsentraatio on $1,20 \cdot 10^{-7}$ mol/dm³. Paljonko kantaliuosta on pipetoitava 100 ml:n mittapulloon? 2 p.

- ☐ 120 µl
- ☐ 0,000120 ml
- ☐ 1,20 ml
- ☐ 0,120 µl

1.6 Millä seuraavista tavoista voidaan valmistaa propan-2-olia? 2 p.

- ☐ liittämällä vettä propeeniin
- ☐ pelkistämällä propaanaalia
- ☐ hydrolysoimalla metyylipropaattia
- ☐ hapettamalla propan-2-onia (asetonia)

1.7 Happea ja tuntematonta kaasua X punnittiin sama ainemäärä erikseen samassa pullossa. Molemmissa mittauksissa paine ja lämpötila olivat samat. Taulukossa on esitetty punnitustulokset. 2 p.

	punnitustulos (g)
Pullo	124,46
Pullo + happi	125,10
Pullo + kaasu X	125,34

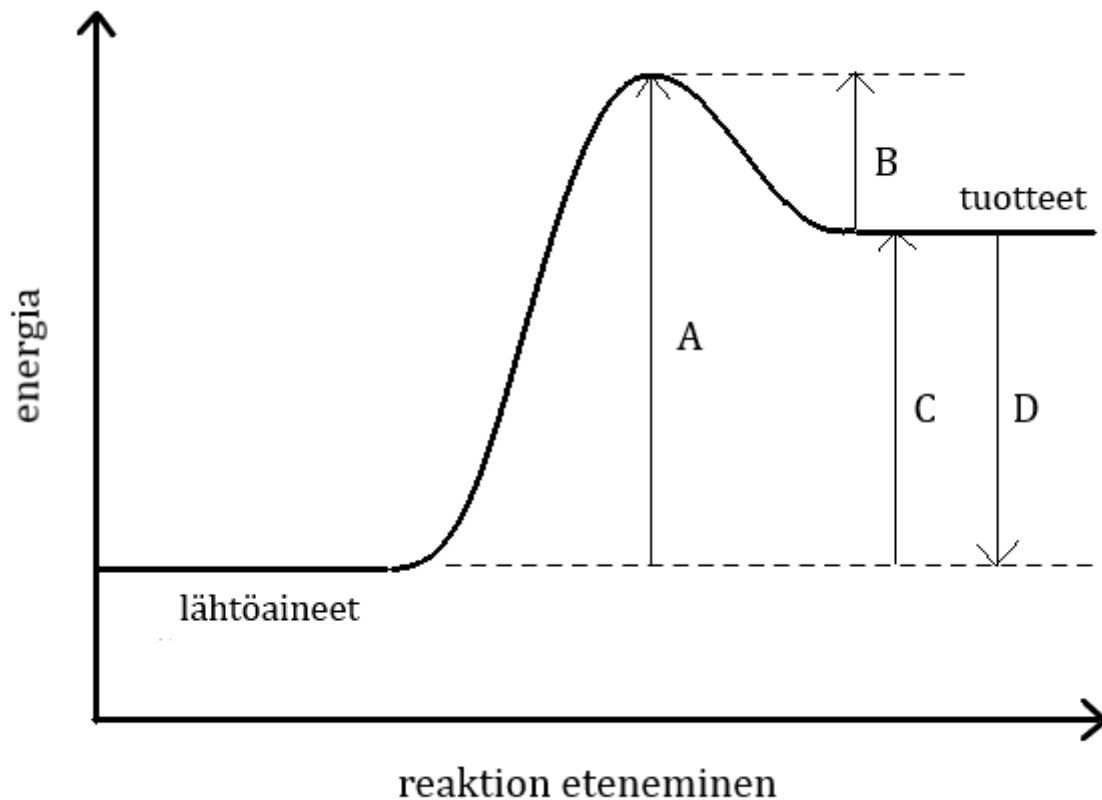
Mikä oli tuntemattoman kaasun X moolimassa?

- ☐ 22 g/mol
- ☐ 38 g/mol
- ☐ 44 g/mol
- ☐ 84 g/mol

1.8 Mikä seuraavista väittämistä pitää paikkansa tietystä ainemäärästä ideaalikaasua? 2 p.

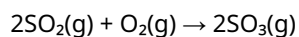
- ☐ Kaasun tilavuuden pienentäminen nostaa sen lämpötilaa vakioaineessa.
- ☐ Kaasun tilavuuden pienentäminen kasvattaa sen painetta vakio lämpötilassa.
- ☐ Kaasun lämpötilan laskeminen kasvattaa kaasun painetta vakio tilavuudessa.
- ☐ Kaasun lämpötilan nostaminen pienentää kaasun tilavuutta vakioaineessa.

1.9 Mikä kuvan nuolista A, B, C tai D kuvaa reaktion aktivaatioenergiaa? 2 p.



- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C
- ☐ D

1.10 Tarkastellaan reaktiota



Muodostumislämmöt ovat:

$$\Delta H_f(\text{SO}_2(\text{g})) = -296,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f(\text{O}_2(\text{g})) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f(\text{SO}_3(\text{g})) = -395,2 \text{ kJ/mol}$$

Mikä on reaktion entalpiian muutos ΔH annettujen muodostumislämpöjen perusteella, kun reaktiossa muodostuu kaksi moolia SO_3 :a? **2 p.**

- ☐ -196,6 kJ
- ☐ +196,6 kJ
- ☐ -98,3 kJ
- ☐ +98,3 kJ

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

 Vastaa neljään tehtävään.

2. Kaliummangaanitrifluoridin synteesi 15 p.

Kaliummangaanitrifluoridia KMnF_3 tutkitaan mahdollisena aurinkokennojen materiaalina. Sitä voidaan valmistaa yksinkertaisella synteessillä, jossa lähtöaineet kaliumfluoridi KF ja mangaanidikloriditetrahydraatti $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ liuotetaan veteen. Kun lähtöaineiden vesiliuokset yhdistetään ja seos kuumennetaan lähes kiehuvaan, tapahtuu reaktio:

$$3\text{KF}(\text{aq}) + \text{MnCl}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{KMnF}_3(\text{s}) + 2\text{KCl}(\text{aq}).$$

Saatu saostuma suodatetaan suodatinpaperille ja pestään ensin vedellä, ja sen jälkeen etanolilla ja asetonilla. Saostuma kuivataan lämpökaapissa $100\text{ }^\circ\text{C}$:ssa, jäädytetään eksikaattorissa ja punnitaan.

Opiskelijoiden tavoitteena oli valmistaa 8,500 grammaa KMnF_3 :a.

2.1 Opiskelijat oletivat, että lähtöaineiden puhtaus ja synteessin saanto ovat 100 %. Kuinka monta grammaa lähtöaineita KF ja $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ he punnitsivat? **8 p.**

2.2 Opiskelijoiden synteesituotteen massa oli 8,235 g. Arvioi, mitkä tekijät voivat pienentää tuotteen massaa. **2 p.**

2.3 Opiskelijoiden syntetisoimaa tuotetta analysoitiin pulveriröntgendiffraktiolla. Analyysin mukaan tuote, jota saatiin 8,235 g, oli seos, jossa oli 92,8 m-% KMnF_3 :ia ja 7,2 m-% KCl :ia. Mikä oli KMnF_3 :in todellinen saantoprosentti? Miksi tuotteessa oli myös KCl :ia? **5 p.**

3. Kemialliset sidokset 15 p.

Perustele kohtien 3.1–3.3 väittämät kemiallisten sidosten ja rakenteiden avulla.

3.1 Natriumkloridin vesiliuoksen sähkönjohtokyky on huomattavasti parempi kuin kiinteän natriumkloridin. 5 p.

3.2 Polypropeenilla ei ole tarkkaa sulamispistettä, vaan kuumennettaessa se pehmenee asteittain laajalla lämpötila-alueella. Sen sijaan asetyylisalisyylihapon eli aspiriinin tarkka sulamispiste voidaan määrittää. 5 p.

3.3 Huoneenlämpötilassa (25 °C) piidioksidi SiO_2 on kiinteä aine, mutta hiilidioksidi CO_2 on kaasumaista. 5 p.

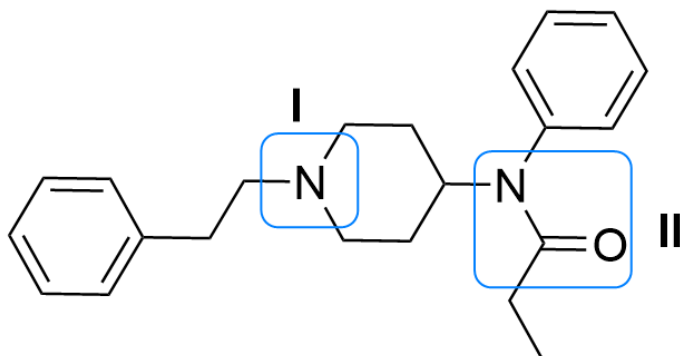
4. Kipua lievittävä opioidi 15 p.

Aineisto

4.A Kuva: Fentanyylin valmistusreaktio

4.B Kuva: Fentanyylin reaktio veden kanssa

Fentanyyli on kivunlievitykseen käytettävä synteettinen opioidi. Fentanyyllä on euforisoiva mutta toisaalta myös hengitystä lamaava vaikutus, joten sen väärinkäyttö on vaarallista.



Fentanyyli / fentanyl

4.1 Fentanyylin rakenteeseen on merkitty funktionaaliset ryhmät I ja II. Mihin yhdisteryhmään fentanyyli kuuluu funktionaalisen ryhmän I perusteella ja mihin yhdisteryhmään funktionaalisen ryhmän II perusteella? 2 p.

4.2 Yksi fentanyyliin valmistustapa on esitetty aineiston 4.A reaktiosarjassa. Esitä lähtöaineen L ja välituotteen N rakenteet. 4 p.

4.3 Kun fentanyyli liukenee veteen, tapahtuu aineistossa 4.B kuvattu reaktio.

Fentanyylin emäsvakio K_b on $9,77 \cdot 10^{-6}$ mol/l.

Mikä on muodostuneen fentanyylliuoksen pH-arvo, kun 198,9 mg fentanyyliä liuotetaan mittapullossa veteen niin, että liuoksen lopputilavuus on 100,0 ml?

9 p.

5. Pentaerytritolin valmistus 15 p.

Aineisto

5.A Kuva: Etanaalin ja metanaalin ^1H -NMR-spektrit

5.B Kuva: Valmistetun lopputuotteen IR-spektri

Pentaerytritolia eli 2,2-bis(hydroksimetyyli)propani-1,3-diolia käytetään muun muassa lähtöaineena räjähdysaine PETN:n valmistuksessa. Pentaerytritolia voidaan valmistaa vesiliuoksessa etanaalista ja metanaalista alla olevan tasapainottamattoman reaktioyhtälön mukaisesti:



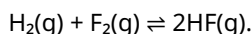
5.1 Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö olomuotomerkintöineen. Aineet voi esittää molekyyli- tai rakennekaavoina. 4 p.

5.2 Aineistossa 5.A on esitetty etanaalin ja metanaalin ^1H -NMR-spektrit Q ja R. Kumpi spektreistä Q ja R kuvaa etanaalia ja kumpi metanaalia? Perustele vastauksesi. 5 p.

5.3 Pentaerytritolia valmistettiin tehtävän johdannossa esitetyn reaktion avulla. Lopputuote kiteytettiin, ja siitä mitattiin aaltolukualueella $1\,500\text{--}3\,800\text{ cm}^{-1}$ IR-spektri, joka on esitetty aineistossa 5.B. Perustele spektrin avulla, sisältääkö lopputuote pentaerytritolin lisäksi myös etanaalia tai metanaalia. 6 p.

6. Vetyfluoridin valmistusreaktio 15 p.

Vetyfluoridia valmistetaan vedystä ja fluorista seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



6.1 Tietyssä lämpötilassa vetyfluoridin valmistusreaktion tasapainovakio $K = 1,15 \cdot 10^2$. Reaktioastiaan, jonka tilavuus oli 1,50 litraa, lisättiin vetyä, fluoria ja vetyfluoridia. Jokaista kaasua oli 3,00 mol. Mihin suuntaan reaktio eteni? Perustele vastauksesi. Mitkä olivat kaasujen konsentraatiot dynaamisessa tasapainotilassa? 9 p.

6.2 Miten vetyfluoridia voidaan tuottaa teollisessa prosessissa mahdollisimman tehokkaasti tehtävässä annetun reaktion avulla? Vetyfluoridin muodostumislämpö $\Delta H_f = -273,3\text{ kJ/mol}$. Perustele vastauksesi. 6 p.

7. Sähkökemiallinen pari 15 p.

Aineisto

7.A Kuva: Sähkökemiallinen pari

Aineiston 7.A sähkökemiallisessa parissa eli galvaanisessa kennossa kupari- ja sinkkielektrodit ovat erillisissä astioissa, ja ne on yhdistetty suolasillan ja ulkoisen virtapiirin välityksellä.

7.1 Esitä kuvan 7.A sähkökemiallisen parin kennokaavio. 4 p.

7.2 Mitä muutoksia voidaan havaita kuvan 7.A puolikennoissa elektrodireaktioiden edetessä? Perustele nämä havainnot reaktioyhtälöiden avulla. **5 p.**

7.3 Mikä on suolasillan tehtävä aineiston 7.A sähkökemiallisessa parissa? Mitä suolasillassa tapahtuu, kun sähkökemiallisesta parista otetaan energiaa? **4 p.**

7.4 Miten tässä kokeessa tarvittava suolasilta voitaisiin valmistaa? **2 p.**

8. Hiilen käyttö energiantuotannossa 15 p.

Kivihiili oli ensimmäinen fossiilinen polttoaine, jota ihminen alkoi hyödyntää. Hiiltä on maankuoressa runsaasti, ja se tuottaa palaessaan paljon lämpöä. Siksi sen käyttö voimaloissa on taloudellista.

8.1 Perustele, miksi monissa maissa kivihiilen käyttöä energiantuotannossa on pyritty viime vuosina vähentämään. **5 p.**

8.2 Eräässä laboratoriokokeessa 24,0 g puhdasta hiiltä C(s) paloi olosuhteissa, joissa happea oli vain rajallinen määrä. Tällöin energiaa vapautui 481,2 kJ. Palamisessa tapahtuivat samanaikaisesti reaktiot (1) ja (2):

(1) $\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)}$; $\Delta H = -393,5 \text{ kJ}$, kun yksi mooli hiiltä palaa.

(2) $2\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO(g)}$; $\Delta H = -221,0 \text{ kJ}$, kun kaksi moolia hiiltä palaa.

Laske tuotteina muodostuneiden hiilimonoksidin ja hiilidioksidin ainemäärät.

10 p.

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

 Vastaa kahteen tehtävään.

9. Ohutlevykromatografia 20 p.

Aineisto

9.A [Kuva ja teksti: Ohutlevykromatografiakoe](#)

9.B [Kuva: Silikageelin rakenne](#)

9.C [Taulukko: Fenolianalyysin tulokset](#)

Tutustu aineistoihin [9.A-9.C](#), ja vastaa tehtäviin 9.1–9.4.

9.1 Millaisia päätelmiä aineiston [9.A](#) kokeen perusteella voidaan tehdä tussien A, B ja C sisältämistä värillisistä yhdisteistä? **5 p.**

9.2 Opiskelija teki hypoteesin, että kaikki aineiston [9.A](#) kokeen tussit A, B ja C sisältävät kahta värillistä yhdistettä. Testatakseen hypoteesia hänen tulee kuitenkin tehdä vielä toinen koe. Kuvaile, millaisen kokeen hän voi tehdä testatakseen hypoteesia. **4 p.**

9.3 Retentiokerrointa R_f eli R_f -arvoa käytetään ohutlevykromatografiassa kuvaamaan tutkittavan yhdisteen kulkemaa matkaa. Retentiokerroin määritellään seuraavasti:

$$R_f = \frac{\text{yhdisteen täplän etäisyys perusviivasta}}{\text{ajoliuosrintaman etäisyys perusviivasta}}$$

Kuvaile koe, jolla tutkitaan, onko retentiokerroin riippuvainen ajoon käytetystä ajasta. Perustele vastauksesi.

5 p.

9.4

Opiskelija teki toisen kokeen, jossa hän tutki ohutlevykromatografialla eri fenoliyhdisteitä sisältäviä näytteitä K, L ja M. Ajoliuoksena oli heksaanin ja etyyliasetaatin seos. Kiinteänä faasina oli levyn pinnalle kiinnittynyttä silikageeliä, jonka kemiallinen rakenne on esitetty kuvassa 9.B. Kokeen tulokset on esitetty taulukossa 9.C.

Näytteet sisälsivät fenolia (hydroksibentseeni), hydrokinonia (1,4-dihydroksibentseeni) tai 2,5-dimetyylifenolia. Perustele ohutlevykromatografiakokeen tulosten avulla, mikä näytteistä sisälsi kutakin ainetta.

6 p.

10. Van 't Hoffin yhtälö 20 p.

Aineisto

10.A Teksti: Van 't Hoffin yhtälö

10.B Kuvaaja: Erään kemiallisen reaktion Van 't Hoffin kuvaaja

10.C Taulukko: Hiilidioksidin tasapainokonsentraatiot

Tutustu aineistoon 10.A Van 't Hoffin yhtälöstä ja vastaa tehtäviin 10.1–10.3.

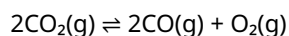
10.1 Aineistossa 10.B on esitetty erään kemiallisen reaktion Van 't Hoffin kuvaaja. Onko reaktio endoterminen vai eksoterminen? Perustele vastauksesi. 3 p.

10.2 Ammoniakkia voidaan valmistaa seuraavan tasapainoreaktion avulla: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$.

Huoneenlämpötilassa (298 K) ja tietyssä paineessa reaktion entropian muutos $\Delta S = -43,4 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ ja entalpiian muutos $\Delta H = -45,9 \text{ kJ/mol}$. Johda tasapainovakion K suureyhtälö Van 't Hoffin yhtälöstä. Mikä on ammoniakkin valmistusreaktion tasapainovakion arvo huoneenlämpötilassa?

4 p.

10.3 Korkeassa lämpötilassa hiilidioksidi voi hajota hiilimonoksidiksi ja hapeksi tasapainoreaktion



mukaisesti. Astiaan, jonka tilavuus oli $2,00 \text{ dm}^3$, suljettiin $0,0900 \text{ mol}$ hiilidioksidia. Astian tilavuus ja hiilidioksidin ainemäärä tunnettiin äärimmäisen tarkasti. Tämän jälkeen astiaa lämmitettiin ja astiassa olevan hiilidioksidin konsentraatio määritettiin spektroskooppisesti eri lämpötiloissa, kun tasapaino oli saavutettu. Tulokset on esitetty taulukossa 10.C.

Piirrä reaktiota vastaava Van 't Hoffin kuvaaja ja määritä reaktion entalpian muutos. Oletetaan, että reaktion entalpian ja entropian muutokset eivät riipu lämpötilasta. Ilmoita vastaus kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.

13 p.

11. Laktoosin kemiaa 20 p.

Aineisto

11.A [Kuva: Laktoosin rakenne kahdessa eri konformaatioissa I ja II](#)

11.B [Videot: Laktoosin konformaatiot I ja II](#)

Maidossa on proteiinia ja hiilihydraatteja, kuten laktoosia. Laktoosi pilkkoutuu ruoansulatuksessa laktaasientsyymien avulla kahdeksi pienemmäksi hiilihydraatiksi. Tällöin laktaasi katkaisee hydrolyyttisesti laktoosin glykosidisidoksen.

Imeväisiän jälkeen laktoosin pilkkomiskyky heikkenee isolla osalla ihmisistä. Jos elimistössä ei ole riittävästi laktaasia, maitotuotteet voivat aiheuttaa erilaisia oireita, kuten ilmavaivoja. Tästä syystä meijeriteollisuus on kehittänyt laktoosittomia maitotuotteita, joita voivat käyttää myös ne, joilla laktaasientsyymiä ei luontaisesti enää ole. Laktoositonta maitoa voidaan tuottaa käsittelemällä maitoa laktaasilla tai erottamalla laktoosi maidosta kromatografisesti.

Laktoosin rakenne on esitetty kahdessa eri konformaatioissa (I ja II) kuvassa [11.A](#) ja aineiston [11.B](#) videoissa.

11.1 Mihin hiilihydraattien luokkaan laktoosi kuuluu rakenteensa perusteella? 2 p.

11.2 Merkitse kuvan [11.A](#) konformaatioon I glykosidisidos nuolella, ja ympyröi primääriset hydroksiryhmät (hydroksyyli ryhmät). 4 p.

11.3 Mitkä ovat laktoosin glykosidisidoksen hydrolyysissä muodostuvien hiilihydraattien triviaalinimet? 4 p.

11.4 Laktoosittoman maidon tuotannossa käytettiin epäpuhdasta laktaasivalmistetta, mikä johti siihen, että maito alkoi maistua säilytyksen jälkeen oudolta. Ilmeni, että maito sisälsi epätavallisen suuria määriä valiinia, tryptofaania,

leusiinia ja muita vastaavia yhdisteitä. Mistä nämä yhdisteet olivat peräisin? Miten ne olivat muodostuneet maitoon? **4 p.**

11.5 Kuvassa **11.A** ja aineiston **11.B** videoilla esitetään laktoosimolekyyli kahdessa eri konformaatioissa, I ja II. Perustele, kumpi konformaatioista on energeettisesti edullisempi. Esitä tekijöitä, jotka vaikuttavat konformaatioiden energiaan. **6 p.**

Kokeen tehtävät loppuvat tähän.

Lähteet

- 1.9 Lähde: YTL.
4. Lähde: YTL.
5. Lähde: YTL.

Tarkista, että vastasit ohjeiden mukaiseen määrään tehtäviä. Älä jätä mitään merkintöjä sellaisen tehtävän vastaukselle varattuun tilaan, jota et halua jättää arvosteltavaksi.