

Hyvän vastauksen piirteet: FI – Kemia

14.9.2022

Lopulliset hyvän vastauksen piirteet 10.11.2022

Lopullisista hyvän vastauksen piirteistä ilmenevät perusteet, joiden mukaan koesuorituksen lopullinen arvostelu on suoritettu. Tieto siitä, miten arvosteluperusteita on sovellettu kokelaan koesuoritukseen, muodostuu kokelaan koesuorituksestaan saamista pisteistä, lopullisista hyvän vastauksen piirteistä ja lautakunnan määräyksissä ja ohjeissa annetuista arvostelua koskevista määräyksistä. Lopulliset hyvän vastauksen piirteet eivät välttämättä sisällä ja kuvaa tehtävien kaikkia hyväksytyjä vastausvaihtoehtoja tai hyväksytyin vastauksen kaikkia hyväksytyjä yksityiskohtia. Koesuorituksessa mahdollisesti olevat arvostelumerkinnät katsotaan muistinpanoluonteisiksi, eivätkä ne tai niiden puuttuminen näin ollen suoraan kerro arvosteluperusteiden soveltamisesta koesuoritukseen.

Ylioppilastutkinnon kokeessa selvitetään, ovatko opiskelijat omaksuneet lukion opetussuunnitelman mukaiset tiedot ja taidot sekä saavuttaneet lukiokoulutuksen tavoitteiden mukaisen riittävän kypsyden. Kemian kokeessa arvioinnin kohteina ovat kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltaminen. Arvioinnissa otetaan huomioon myös kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taidot. Näihin kuuluvat esimerkiksi kokeiden suunnittelu, työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö, tulosten esittäminen ja tulkitseminen sekä johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen.

Kemian tehtäviä arvosteltaessa painotetaan oppiaineen luonteen mukaista esitystapaa sekä käsitteiden ja kielenkäytön täsmällisyyttä. Reaktioyhtälöt esitetään ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei tarvitse mainita. Rakennekaavojen eri esitystavat hyväksytään.

Laskennallisissa tehtävissä suureyhtälöjä ja kaavoja käytetään tavalla, joka osoittaa kokelaan ymmärtäneen tehtävänannon oikein ja soveltaneen ratkaisussaan asianmukaista periaatetta tai lakia. Vastauksesta ilmenee yksiselitteisesti, miten lopputulokseen päädytään, mutta laajoja välivaiheita ei tarvita. CAS-ohjelmia voi hyödyntää tehtävän eri vaiheissa. Merkintätapojen kannalta keskeisiä vaiheita ovat periaatteiden ja lakien sekä lopputuloksen ja johtopäätösten esittäminen. Lopputulokset annetaan lähtöarvojen mukaisella tarkkuudella yksiköineen ja johtopäätökset perustellaan.

Mittaustuloksia ja niistä piirrettyjä kuvaajia hyödynnetään tiedon analysoinnissa ja johtopäätösten tekemisessä. Mittauspisteisiin sovitetaan asianmukainen suora tai käyrä esimerkiksi jonkin sovitefunktion avulla. Jos mittauspisteet ovat lähellä toisiaan, varsinaista sovitefunktiota ei tarvitse lisätä. Mittauspisteiden välisiä arvoja voi interpoloida kuvaajaa silmämääräisesti lukemalla tai sopivalla ohjelmalla. Kuvaajaan merkitään akselien nimet, yksiköt ja asteikko. Kuvaajaan merkitään johtopäätösten kannalta olennaiset kohdat, kuten titrauskäyrän ekvivalenttikohhta tai hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti.

Essee- ja selittävisissä vastauksissa tekstiä täydennetään reaktioyhtälöillä, kaavoilla tai piirroksilla. Käsiteltäviä ilmiöitä kuvataan makroskooppisella, mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Vastauksesta ilmenee, että tehtävään liittyvää aineistoa on hyödynnetty, sovellettu, analysoitu ja arvioitu tehtävänannon mukaisesti. Hyvä vastaus on jäsenelty ja sisällöltään johdonmukainen.

Vastaus arvostellaan tehtäväkohtaisten kriteerien mukaisesti. Lähtökohtana ovat vastauksen ansiot, joista kertyy pisteitä. Jos keskeinen kemiallinen periaate puuttuu tai se on virheellinen, pisteiden kertyminen päättyy. Tällöin virheellisen tuloksen siirtymistä eteenpäin ei hyväksytä (ei-VSE). Muiden puutteiden tai virheiden kohdalla virheellisen tuloksen siirtyminen eteenpäin hyväksytään (VSE), jolloin pisteiden kertyminen jatkuu puutteen tai virheen jälkeen. Kokeen loppupään vaativat tehtävät edellyttävät täsmällisempää periaatteiden hallintaa kuin kokeen alkupään perustehtävät. Kemian kannalta epätasällisistä kielenkäytöstä, pienestä laskuvirheestä tai likiarvojen huolimattomasta käytöstä vähennetään 0–3 p.

Sisällys

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

1. [Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta](#) 20 p.

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

2. [Kaliummanganitrifluoridin synteesi](#) 15 p.
3. [Kemialliset sidokset](#) 15 p.
4. [Kipua lievittävä opioidi](#) 15 p.
5. [Pentaerytritolin valmistus](#) 15 p.
6. [Vetyfluoridin valmistusreaktio](#) 15 p.

7. Sähkökemiallinen pari	15 p.
8. Hiilen käyttö energiantuotannossa	15 p.
Osa 3: 20 pisteen tehtävät	
9. Ohutlevykromatografia	20 p.
10. Van 't Hoffin yhtälö	20 p.
11. Laktoosin kemiaa	20 p.
Koe yhteensä	120 p.

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

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.

- $(C_2H_5)_2NH$ (2 p.)

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

- butan-2-oli (2 p.)

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

- 3 (2 p.)

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

- K (2 p.)

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 (2 p.)

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

- liittämällä vettä propeeniin (2 p.)

1.7 Hapetta 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?

- 44 g/mol (2 p.)

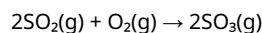
1.8 Mikä seuraavista väittämistä pitää paikkansa tietystä ainemäärästä ideaalikaasua? 2 p.

- Kaasun tilavuuden pienentäminen kasvattaa sen painetta vakio lämpötilassa. (2 p.)

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

- A (2 p.)

1.10 Tarkastellaan reaktiota



Muodostumislämmöt ovat:

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

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

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

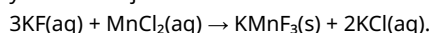
Mikä on reaktion entalpiian muutos ΔH annettujen muodostumislämpöjen perusteella, kun reaktiossa muodostuu kaksi moolia SO_3 :a? **2 p.**

- $-196,6 \text{ kJ}$ (2 p.)

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

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:



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 $8,500 \text{ g}$ KMnF_3 :a.

2.1 Opiskelijat olettivat, 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.**

$$n(\text{KMnF}_3) = m/M = 8,500 \text{ g} / (151,04 \text{ g/mol}) = 0,0562765 \text{ mol}$$

(2 p.)

$$n(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = n(\text{MnCl}_2) = n(\text{KMnF}_3) = 0,0562765 \text{ mol}$$

(1 p.)

$$m(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,056276 \text{ mol} \cdot 197,904 \text{ g/mol}$$
$$= 11,137 \text{ g} \approx \mathbf{11,14 \text{ g}}$$

(2 p.)

- Jos kidevesi huomioimatta, 0 p.

$$n(\text{KF}) = 3 \cdot n(\text{KMnF}_3) = 0,168830 \text{ mol}$$

(2 p.)

$$m(\text{KF}) = n \cdot M = 0,168830 \text{ mol} \cdot 58,10 \text{ g/mol} = 9,80899 \text{ g} \approx \mathbf{9,809 \text{ g}}$$

(1 p.)

2.2 Opiskelijoiden synteesisuotteen massa oli $8,235 \text{ g}$. Arvioi, mitkä tekijät voivat pienentää tuotteen massaa. **2 p.**

Tekijöitä, jotka voivat pienentää tuotteen massaa (1 p./tekijä):

- Lähtöaineiden puhtaus ei ole ollut sataprosenttinen.
- Reaktio ei ole tapahtunut täydellisesti.

Seuraavista 1 p./tekijä, maks. 1 p.:

- Kaikkea tuotetta ei ole saatu suodatettua.
- Tuotetta on hävinnyt suodatusvaiheessa.
- Lähtöaineita on jäänyt astioihin.
- On käytetty vääränlaista suodatinpaperia, joka päästää saostumaa suodokseen.
- Saostumaa on jäänyt suodatinpaperille.
- Kun saostumaa pestään, osa tuotteesta on saattanut huuhtoutua/liueta pois.
- Suodatuspaperi ei ole ollut tarpeeksi tiiviisti ja osa saostumasta on valunut pulloon.
- Lähtöaineiden tai tuotteen punnituksessa on tapahtunut virhe.

Seuraavista tekijöistä ei ansioita:

- Laskuvirheet
- Muut inhimilliset virheet

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.

Todellinen $m(\text{KMnF}_3) = 0,928 \cdot 8,235 \text{ g} = 7,64208 \text{ g}$.

(1 p.)

Todellinen saanto oli $(7,64208 \text{ g} / 8,500 \text{ g}) \cdot 100 \% = 89,9068 \% \approx 89,9 \%$.

(2 p.)

Saostuman pesu oli epäonnistunut.

TAI

Kaikkaa KCl -liuosta ei ollut saatu pestyä pois saostuman pinnalta.

(2 p.)

3. Kemiaalliset 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.

$\text{NaCl}(\text{aq})$:ssa ionit ovat hydratoituneina akvaioneina.

(1 p.)

Tällöin ne pääsevät liikkumaan vesiliuoksessa ja toimimaan varauksenkuljettajina.

(2 p.)

$\text{NaCl}(\text{s})$:ssa on ionihila, jossa ioneilla on tietyt paikat.

Hilarakenteessa ei ole vapaasti liikkuvia varauksia.

(2 p.)

- Elektroneja ei hyväksytä varauksenkuljettajina.

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.

Sulamisen liittyy molekyylien välisten heikkojen sidosten katkeamiseen.

(1 p.)

Polypropeenimolekyylit eivät muodosta säännöllistä hilarakennetta. Tämän vuoksi polypropeenimolekyylien välisten vuorovaikutusten voimakkuus ei ole samansuuruinen kaikkialla aineessa. Molekyylien välisten heikkojen sidosten katkaisemiseen tarvittava energia vaihtelee. Siksi polypropeeni pehmenee laajalla lämpötila-alueella.

(2 p.)

Kiinteä asetyylisalisyylihapo on kiteinen. / Kiinteän asetyylisalisyylihapon molekyylit ovat järjestyneet (molekyyli)hilaksi.

Molekyylien väliset vuorovaikutukset ovat samansuuruisia kaikkialla hilassa. Siksi asetyylisalisyylihapolla on tarkka sulamispiste.

(2 p.)

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

SiO_2 :ssa jokainen Si-atomi on kovalenttisesti kiinnittynyt neljään O-atomiin muodostaen kovalenttisen hilan, jonka atomit ovat vahvoilla sidoksilla kiinni toisissaan.

(2 p.)

CO_2 koostuu erillisistä CO_2 -molekyyleistä. Molekyylien välillä on vain heikkoja dispersiovoimia.

(2 p.)

Verrattuna dispersiovoimiin, kovalenttisten sidosten katkaisu vaatii enemmän energiaa.

(1 p.)

- Energiavertailusta ei saa pisteitä, jos SiO_2 on kuvattu molekyylinä tai ioniyhdisteenä.

4. Kipua lievittävä opioidi 15 p.

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

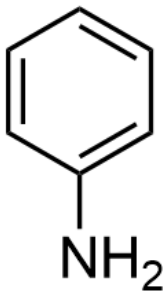
4.1 Fentanyylin rakenteeseen on merkitty funktionaaliset ryhmät **I** ja **II**. Mihin yhdisteryhmään fentanyyli kuuluu funktionaalisen ryhmän **I** perusteella ja mihin yhdisteryhmään funktionaalisen ryhmän **II** perusteella? 2 p.

I: amiini (1 p.)

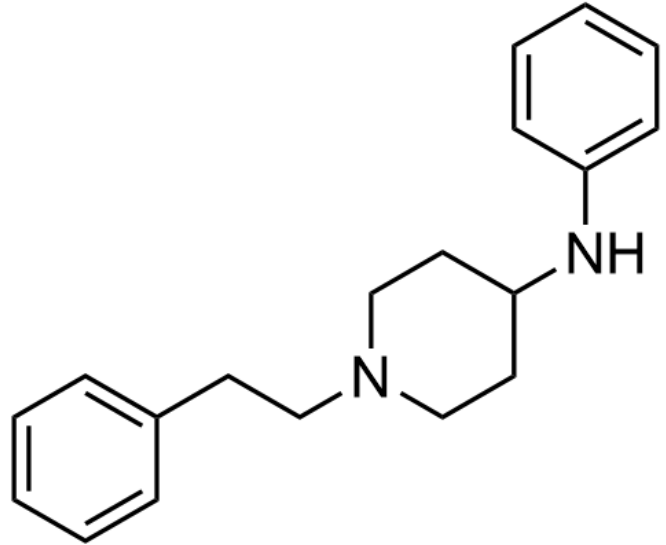
II: amidi (1 p.)

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

2 p./yhdiste



L



välituote N

Kuva: yhdiste L ja välituote N

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

9 p.

$$m(\text{fentanyyli}) = 198,9 \text{ mg}$$

$$M(\text{fentanyyli}) = (22 \cdot 12,01 + 28 \cdot 1,008 + 2 \cdot 14,01 + 1 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 336,464 \text{ g/mol}$$

$$n = m / M = 0,1989 \text{ g} / (336,464 \text{ g/mol}) = 5,911479 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$c = n / V = 5,911479 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,1000 \text{ dm}^3 = 5,911479 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

(3 p.)

Tasapainotarkastelu:

	<p>Kuva: lähtöaineen rakenne</p>	H ₂ O	⇌	<p>Kuva: tuotteen rakenne</p>	OH ⁻
Lähtötilanne (mol/dm ³):	$5,911479 \cdot 10^{-3}$	-		0	0

Tasapaino (mol/dm ³):	$5,911479 \cdot 10^{-3} - x$	-	x	x
-----------------------------------	------------------------------	---	---	---

(2 p.)

$$K_b = x^2 / (5,911479 \cdot 10^{-3} - x) = 9,77 \cdot 10^{-6}$$

$$x_1 = 0,00023549 \text{ ja } x_2 = -0,00024526$$

(2 p.)

Negatiivinen juuri ei kelpaa.

$$\text{pOH} = -\lg 0,00023549 = 3,6280$$

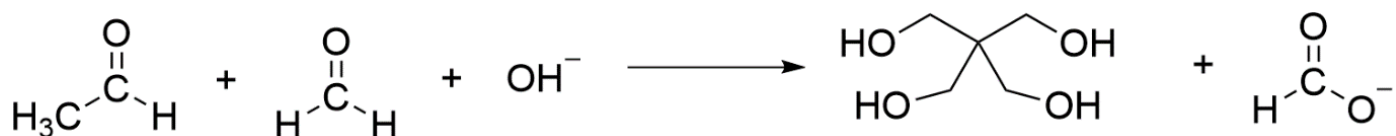
$$\text{pH} = 14 - 3,6280 = 10,3720 \approx 10,372$$

(2 p.)

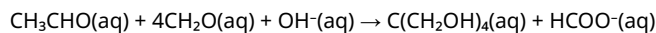
Vastaus: Syntyneen liuoksen pH-arvo oli 10,372.

5. Pentaerytritolin valmistus 15 p.

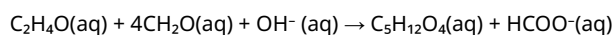
Pentaerytritolia eli 2,2-bis(hydroksimetyyli)propani-1,3-diolia käytetään muun muassa lähtöaineena räjähdysaine PETN:n valmistuksessa. Pentaerytritolia voidaan valmistaa vesiliuoksessa etanaalista ja metanaalista alla olevan tasapainottamattoman reaktioyhtälön mukaisesti:



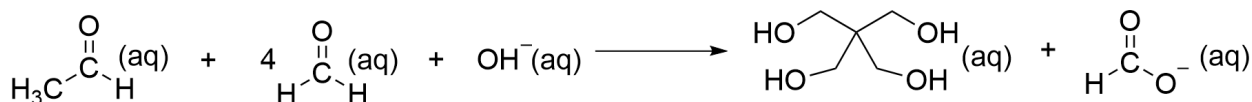
5.1 Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö olomuotomerkitöineen. Aineet voi esittää molekyyli- tai rakennekaavoina. 4 p.



TAI



TAI



Kuva: reaktioyhtälö esitettynä rakennekaavoilla

Pisteytys:

Oikeat aineet, 1 p.

Oikeat kertoimet, 2 p.

Oikeat olomuodot, 1 p.

- Virheelliset tiivistetyt rakennekaavat, joissa on oikea määrä atomeja: 0 p. aineista, mutta VSE.
- Väärä määrä atomeja yhdisteessä tai virheellinen varaus: 0 p. koko osatehtävästä.

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.

Q kuvaa etanaalia ja R metanaalia.

(1 p.)

Molemmissa spektreissä on alueella 9,5–10,0 ppm piikki, joka johtuu aldehydiryhmän vetyatomien ytimestä.

(2 p.)

Etanaalin spektrissä näkyy kuitenkin myös alueella 2,0–2,5 ppm piikki, joka johtuu CH₃-ryhmän vetyatomien ytimestä. Tätä piikkiä ei näy metanaalin spektrissä.

(2 p.)

- Kemiallinen siirtymä/piikki pitää olla kohdistettu vety-ytimeen tai vetyatomiin.

TAI

Q kuvaa etanaalia ja R metanaalia.

(1 p.)

Metanaalissa on vety-ytimiä/atomeja vain yhdenlaisessa kemiallisessa ympäristössä. Tämän takia metanaalin spektrissä näkyy yksi piikki.

(2 p.)

Etanaalissa vety-ytimiä on kahdenlaisessa kemiallisessa ympäristössä. Tämän takia etanaalin spektrissä näkyy kaksi piikkiä.

(2 p.)

- Kemiallinen siirtymä/piikki pitää olla kohdistettu vety-ytimeen tai vetyatomiin.

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. Perustelee spektrin avulla, sisältääkö lopputuote pentaerytritoliin lisäksi myös etanaalia tai metanaalia. 6 p.

Sekä metanaali että etanaali sisältävät aldehydiryhmän, jossa on C=O-sidos.

(2 p.)

Tämän sidoksen värähdykset näkyisivät IR-spektrissä selvästi alueella $1\ 700\text{--}1\ 750\ \text{cm}^{-1}$.

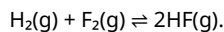
(2 p.)

Spektrissä ei ole tällaista piikkiä, eli IR-spektrin perusteella lopputuotteessa ei ole epäpuhtautena lähtöaineita.

(2 p.)

6. Vetyfluoridin valmistusreaktio 15 p.

Vetyfluoridia valmistetaan vedystä ja fluorista seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



6.1 Tietyissä 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? Perustelee vastauksesi. Mitkä olivat kaasujen konsentraatiot dynaamisessa tasapainotilassa? 9 p.

Alkukonsentraatiot: $3,00\ \text{mol} / 1,50\ \text{l} = 2,00\ \text{mol/l}$

(1 p.)

$$K = \frac{[\text{HF}]^2}{([\text{H}_2][\text{F}_2])}$$

(1 p.)

Lasketaan tasapainovakion lausekkeessa käytetty osamäärä käyttäen lähtökonsentraatioita:

$$\frac{[\text{HF}]_0^2}{([\text{H}_2]_0[\text{F}_2]_0)} = \frac{(2,00\ \text{mol/l})^2}{(2,00\ \text{mol/l} \cdot 2,00\ \text{mol/l})} = 1 \ll K = 115.$$

Reaktio ei ole vielä saavuttanut tasapainoasemaa, vaan lähtöaineita on ylimäärin. Reaktio etenee siis tuotteisiin päin.

(2 p.)

- Vastauksessa pitää viitata reaktio-osamäärän arvoon.

Tarkastellaan tasapainotilannetta:

	H ₂	+	F ₂	⇌	2 HF
alku (mol/l)	2,00		2,00		2,00
tasapaino (mol/l)	2,00 - x		2,00 - x		2,00 + 2x

(2 p.)

$$K = \frac{(2,00 + 2x)^2}{(2,00 - x)^2} = 115$$

$$(2 + 2x) / (2 - x) = (115)^{1/2}$$

$$x_1 = 1,52844\ \text{ja}\ x_2 = 2,68777$$

(1 p.)

Tasapainossa

$$[\text{HF}] = 5,0569\ \text{mol/l} \approx 5,06\ \text{mol/l}$$

$$[\text{H}_2] = [\text{F}_2] = 0,47156\ \text{mol/l} \approx 0,472\ \text{mol/l}$$

(2 p.)

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

Tarkastellaan erilaisia tapoja tuottaa vetyfluoridia mahdollisimman tehokkaasti. Tavan ja sen seurauksen mainitseminen, 1 p., ja sen perustelu 1 p., yht. 6 p.

Saannon parantaminen tasapainoon vaikuttamalla

- Tapa: Lämpötilan laskeminen siirtää tasapainotilaa tuotteisiin päin. Perustelu: Muodostumislämmön perusteella reaktio on eksotermisen. Lämpötilan laskeminen siirtää tasapainotilaa reaktion eksotermiseen suuntaan.
 - Jos tasapainon siirtyminen ja reaktion nopeutuminen sekoitettu, 0 p.
- Tapa: Poistetaan vetyfluoridia reaktioastiasta / syötetään lähtöaineita reaktoriin. Perustelu: Poistamalla tuotetta / lisäämällä lähtöaineita tasapainotilaa ei saavuteta, vaan tuotetta muodostuu lisää niin kauan kuin tuotteita poistetaan prosessista / lähtöaineita syötetään prosessiin.

Reaktion nopeuttaminen

- Tapa: Lämpötilan nostaminen nopeuttaa reaktiota. Perustelu: Korkeammassa lämpötilassa rakenneosien kineettinen energia on suurempi kuin matalassa lämpötilassa. Tällöin suotuisia, reaktioon johtavia törmäyksiä, tapahtuu enemmän.
- Tapa: Lähtöaineiden lisääminen nopeuttaa reaktiota. Perustelu: Se lisää reaktioon johtavia törmäyksiä.
- Tapa: Käytetään katalyyttiä. Perustelu: katalyytin käyttö laskee aktivoitumisenergiaa ja nopeuttaa reaktiota.
- Tapa: Paineen kasvattaminen astian tilavuutta pienentämällä nopeuttaa reaktiota. Perustelu: Lisää reaktioon johtavia törmäyksiä.
 - Jos paineen vaikutus tasapainotilaan päätely virheellisesti, -1 p.

Yhteisvaikutukset, maks. 1 p.

- Käsitellään eksplisiittisesti lämpötilan vaikutusta reaktion optimointiin ottaen huomioon sekä tasapainon että reaktionopeuden erilaiset vaikutukset huomioimalla.

7. Sähkökemiallinen pari 15 p.

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.



Pisteytys:

Oikeat aineet 1 p.

- Jos vääriä aineita tai varauksia, 0 p. koko osatehtävästä.

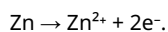
Oikeat olomuodot, 1 p.

Faasirajat ja suolasilta, 1 p.

Oikea järjestys, 1 p.

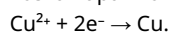
7.2 Mitä muutoksia voidaan havaita kuvan 7.A puolikennoissa elektrodireaktioiden edetessä? Perustele nämä havainnot reaktioyhtälöiden avulla. 5 p.

Sinkkielektrodi syöpyy / elektrodin massa pienenee, koska sinkki hapettuu reaktiossa:



(2 p.)

Puhdasta kuparia muodostuu kuparielektrodin pinnalle / kuparielektrodin massa kasvaa ja kupariliuoksen sininen väri vaalenee, koska kupari-ioneja pelkistyy reaktiossa:



(3 p.)

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

Suolasilta kytkee elektrodit suljetuksi virtapiiriksi. (1 p.)

Suolasillan avulla varaustasapaino/ionitasapaino säilyy liuoksissa. (1 p.)

Suolasillan kationit liikkuvat suolasiltaa pitkin kohti kuparipuolikennoa ja suolasillan anionit kohti sinkkipuolikennoa. (2 p.)

- Suolasilta mahdollistaa ionien liikkeen, mutta ei kohdistusta oikeisiin ioneihin, 1 p.

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

Suolasilta voi olla esimerkiksi liuoksella tai geelillä täytetty putki, huokoinen kalvo tai pala kostutettua suodatinpaperia.

Suolasilta sisältää jotakin liuennutta suolaa.

Pisteytys:

Tekninen toteutus, 1 p.

Kyky välittää ioneja, 1 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.

Hiilivoima tuottaa merkittävästi hiilidioksidipäästöjä (1 p.) ja ilmakehään kertyvä CO₂ voimistaa kasvihuoneilmiötä ja ilmastomuutosta. (1 p.)

- Kasvihuoneilmiö/ilmastomuutos pitää olla kohdistettu hiilidioksidiin.

Seuraavasta valikoimasta 1 p. tai 2 p./kohta (1 p./maininta + 1 p., jos haittavaikutuksia kuvattu), maks. 3 p.:

- Jos palaminen jää vaillinaiseksi, syntyy myös hiilimonoksidia eli häkää. Hiilimonoksidi on myrkyllistä.
- Vaillinaisessa palamisessa osa hiilestä leviää nokena ympäristöön ja pienhiukkaspäästöt lisääntyvät. Näillä on haitallisia terveysvaikutuksia.
- Kivihiilen poltossa muodostuu polyaromaattisia hiilivetyjä, jotka aiheuttavat syöpää.
- Syntyy rikkidioksidipäästöjä. Rikkidioksidi reagoi herkästi veden kanssa muodostaen rikkihapoketta. Se voi ilmassa helposti hapettua rikkihapoksi H₂SO₄. Ilmakehästä happo laskeutuu maahan kuivana laskeumana tai sadeveden mukana haposateina, jotka aiheuttavat vesistöjen ja maaperän happamoitumista.
- Ilmakehään pääsee erilaisia typen oksideja. Ne reagoivat veden kanssa, jolloin syntyy muun muassa typpihapoketta ja typpihappoa. Nämä puolestaan aiheuttavat haposateita. Typen oksidit ovat ihmiselle haitallisia. Typen oksidit vahvistavat kasvihuoneilmiötä.
- Hiilidioksidi aiheuttaa valtamerien/vesistöjen happamoitumista.
- Raskasmetallit leviävät lentotuhkan mukana.

Seuraavasta valikoimasta 1 p./kohta, maks. 1 p.

- Kivihiili on uusiutumaton energianlähde / sitä on rajallinen määrä.
- Kaivostoiminnan vaikutus luontoon
- Kivihiilen kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset ja päästöt
- Kaivostuotannon riskit liittyen työntekijöiden turvallisuuteen

8.2 Eräessä 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) C(s) + O₂(g) → CO₂(g) ; ΔH = -393,5 kJ, kun yksi mooli hiiltä palaa.

(2) 2C(s) + O₂(g) → 2CO(g) ; ΔH = -221,0 kJ, kun kaksi moolia hiiltä palaa.

Laske tuotteina muodostuneiden hiilimonoksidin ja hiilidioksidin ainemäärät.

10 p.

Tapa 1:

$$n(\text{C}) = 24,0 \text{ g} / 12,01 \text{ g/mol} = 1,9983 \text{ mol}$$

(1 p.)

$$n(\text{CO}_2) \cdot \Delta H_1 + n(\text{CO}) \cdot \Delta H_2 = \Delta H$$

(2 p.)

$$n(\text{CO}) + n(\text{CO}_2) = 1,9983 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}) = 1,9983 \text{ mol} - n(\text{CO}_2)$$

(3 p.)

Kun 1 mol CO₂:ta muodostuu, energiaa vapautuu 110,5 kJ.

(2 p.)

- Jos stoikiometria on huomioimatta entalpia-arvossa tai se on huomioitu väärin, ei-VSE.

$$n(\text{CO}_2) \cdot 393,5 \text{ kJ/mol} + (1,9983 \text{ mol} - n(\text{CO}_2)) \cdot 110,5 \text{ kJ/mol} = 481,2 \text{ kJ}$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,9200867 \text{ mol} \approx 0,920 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}) = 1,9983 \text{ mol} - 0,92010 \text{ mol} = 1,0782 \approx 1,08 \text{ mol}$$

(2 p.)

Vastaus: $n(\text{CO}_2) = 0,920 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 1,08 \text{ mol}$

Tapa 2:

$$m(\text{C}_1) + m(\text{C}_2) = 24 \text{ g}$$

(2 p.)

$$n(\text{C}_1) \cdot \Delta H_1 + n(\text{C}_2) \cdot \Delta H_2 = \Delta H$$

(2 p.)

Ainemäärä (voi käydä ilmi ratkaisusta), $n(\text{C}) = m(\text{C})/M(\text{C})$

(1 p.)

Merkitään $m(\text{C}_1) = x$, jolloin $m(\text{C}_2) = 24 - x$.

(1 p.)

Kun 1 mol CO₂:ta muodostuu, energiaa vapautuu 110,5 kJ.

$$(m(\text{C}_1)/12,01) \cdot (-393,5) + (m(\text{C}_2)/12,01) \cdot (-110,5) = -481,2$$

(Yksiköt on jätetty selvyuden vuoksi pois.)

(2 p.)

- Jos stoikiometria on huomioimatta entalpia-arvossa tai se on huomioitu väärin, ei-VSE.

Sijoitetaan muuttuja x edelliseen yhtälöön.

$$(x/12,01) \cdot (-393,5) + ((24 - x)/12,01) \cdot (-110,5) = -481,2$$

Ratkaisu:

$$x = 11,050 \text{ g} = m(\text{C}_1), \text{ jolloin } n(\text{C}) = m/M = 11,050 \text{ g} / 12,01 \text{ g/mol}$$

$$= 0,920 \text{ mol} = n(\text{CO}_2).$$

(1 p.)

$$m(\text{C}_2) = 24 - x = 12,95 \text{ g}, \text{ jolloin } n(\text{C}) = m/M = 12,95 \text{ g} / 12,01 \text{ g/mol}$$

$$= 1,078 \text{ mol} = n(\text{CO}).$$

(1 p.)

Vastaus: $n(\text{CO}_2) = 0,920 \text{ mol}$, $n(\text{CO}) = 1,08 \text{ mol}$

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

9. Ohutlevykromatografia 20 p.

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.

Seuraavasta valikoimasta maks. 5 p.:

- A ei ole liikkunut TAI B ja/tai C edennyt/edenneet TAI B ja/tai C seoksia. (1 p.)
- A on pooliton / ei ole vesiliukoinen. (1 p.)
- Eteneminen on perusteltu poolisuudella/vesiliukoisuudella ainakin yhdelle väriaineelle. (2 p.)
- B:n ja C:n sininen väriaine on sama yhdiste, koska täplät ovat samalla korkeudella. (1 p.)
- B:n ja C:n keltainen väriaine ovat eri yhdisteitä, koska täplät ovat eri korkeudella (1 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.

Tussin A väriaineet ovat poolittomia. (1 p.)

Kokeessa on käytettävä poolitonta liuotinta. (2 p.)

Annettu esimerkki poolittomasta liuottimesta. (1 p.)

- Ohutlevykromatografian lisäksi myös muut soveltuvat analyysimenetelmät oikein perusteltuna hyväksytään.

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.

Vakioidaan koejärjestely. Vähintään kahdelle samanlaiselle kromatografialevyille pipetoidaan sama määrä näytettä samalle korkeudelle alareunasta. (1 p.)

Varioidaan aika tai matka eri levyillä. (1 p.)

Jokaiselta levyiltä mitataan tutkittavan yhdisteen kulkema matka sekä ajoliuosrintaman kulkema matka. (1 p.)

Tuloksista lasketaan retentiokertoimet R_f , joita vertaillaan keskenään. (1 p.)

Jos retentiokerroin ei riipu ajoon käytetystä ajasta, laskettujen retentiokertoimien pitäisi olla samansuuruisia. (1 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.

Hyväksytään kaksi eri vastausmallia, jotka johtavat erilaisiin tuloksiin.

Jos todettu, että hydrokinoni muodostaa vetysidoksia kiinteän faasin kanssa:

Kiinteän faasin OH-ryhmät / poolisuus on tunnistettu. (1 p.)

Kiinteä faasi muodostaa vetysidoksia / voimakkaampia sidoksia poolisten yhdisteiden kanssa.

TAI

Pooliset yhdisteet eivät liukene poolittomaan ajoliuokseen. (1 p.)

Hydrokinoni on poolisin, koska sillä on kaksi hydroksiryhmää. (1 p.)

Näyte K on hydrokinoni. (1 p.)

- Piste on sidottu hydrokinonin poolisuuden tunnistamiseen.

2,4-dimetyylifenolin metyyliiryhmät tekevät siitä vähemmän poolisen kuin fenolista. (1 p.)

Näyte L on fenoli ja näyte M on 2,4-dimetyylifenoli. (1 p.)

- Piste on sidottu 2,4-dimetyylifenolin ja fenolin poolisuuseron tunnistamiseen.

Jos hydrokinoni on tunnistettu poolittomaksi:

- Tätä pisteytystä käytetään vain, jos hydrokinoni on tunnistettu poolittomaksi. Muissa tapauksissa käytetään ensimmäistä pisteytystä.

Ajoliuos on pooliton / kiinteä faasi on poolinen. (1 p.)

Hydrokinoni on pooliton. (1 p.)

- Hydrokinonin poolittomuus pitää perustella rakenteen avulla.

Näyte M on hydrokinoni. (1 p.)

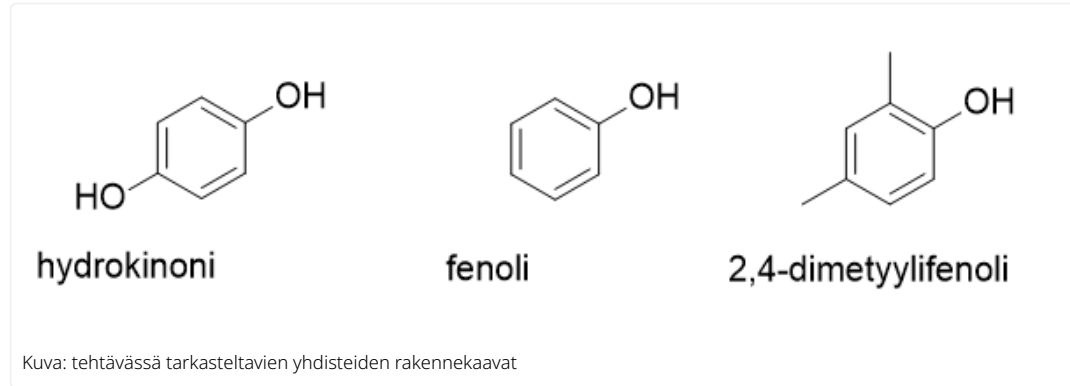
- Piste on sidottu hydrokinonin poolittomuuden tunnistamiseen.

2,4-dimetyylifenolin metyyliiryhmät tekevät siitä vähemmän poolisen kuin fenolista. (1 p.)

Näyte K on fenoli. (1 p.)

Näyte L on 2,4-dimetyylifenoli. (1 p.)

- Molemmat tunnistuspisteet on sidottu 2,4-dimetyylifenolin ja fenolin poolisuuseron tunnistamiseen.



10. Van 't Hoffin yhtälö 20 p.

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.

Reaktio on eksoterminen. (1 p.)

Kuvaaja on nouseva, eli sen kulmakerroin on positiivinen. (1 p.)

Kulmakerroin on Van 't Hoffin yhtälön mukaan $-\Delta H/R$, eli entalpian muutoksella on eri etumerkki kuin kulmakertoimella.

Siten entalpian muutos on negatiivinen. (1 p.)

- Kulmakertoimen tarkastelun tilalla vastauksessa voi kuvata $\ln(K)$:n ja $1/T$:n välistä suhdetta sekä tasapainotilan lämpötilariippuvuutta.

10.2 Ammoniakkia voidaan valmistaa seuraavan tasapainoreaktion avulla: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$.

Huoneenlämpötilassa (298 K) ja tietyssä paineessa reaktion entropian muutos $\Delta S = -43,4 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ ja entalpian 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.

$$\Delta H = -45,9 \text{ kJ/mol} = -45900 \text{ J/mol}$$

$$\Delta S = -43,4 \text{ J/K}$$

$$\ln K = -\frac{\Delta H}{R} \cdot \frac{1}{T} + \frac{\Delta S}{R}$$

$$K = e^{-\Delta H/(RT) + \Delta S/R}$$

(2 p.)

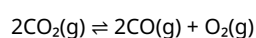
$$= e^{-(-45900 \text{ J/mol}) / [(8,31451 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 298 \text{ K})] + [-43,4 \text{ J/K} / 8,31451 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]}$$

$$= 6,00354 \cdot 10^5 \approx 6,00 \cdot 10^5$$

(2 p.)

- Jos $\ln(K)$:n arvo on laskettu oikein, 1 p.
- Jos K :n arvo on laskettu oikein, mutta suureyhtälöä ei ole ratkaistu, 2 p. koko osatehtävästä.

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.

$$n(\text{CO}_2)_{\text{alussa}} = 0,0900 \text{ mol}$$

$$V = 2,00 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{CO}_2)_{\text{alussa}} = n(\text{CO}_2)_{\text{alussa}} / V = 0,0900 \text{ mol} / 2,00 \text{ dm}^3 = 0,0450 \text{ mol/dm}^3$$

(1 p.)

Tasapainotarkastelu:

	$2\text{CO}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2\text{CO}(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$
Alussa	$c(\text{CO}_2)$		0	0
Tasapainossa	$c(\text{CO}_2) - x$		x	$0,5 \cdot x$

(2 p.)

- Jos tasapainotarkastelussa on virhe, ei-VSE, maks. 3 p. (alkukonsentraatio, K:n lauseke ja kuvaajan akselit).

Hiilidioksidin konsentraatio alussa ja tasapainotilassa tunnetaan, jolloin x voidaan ratkaista:

$$x = c(\text{CO}_2)_{\text{alussa}} - c(\text{CO}_2)_{\text{tasapainossa}}$$

(1 p.)

Tasapainovakio voidaan laskea:

$$K = [\text{CO}]^2[\text{O}_2] / [\text{CO}_2]^2$$

(1 p.)

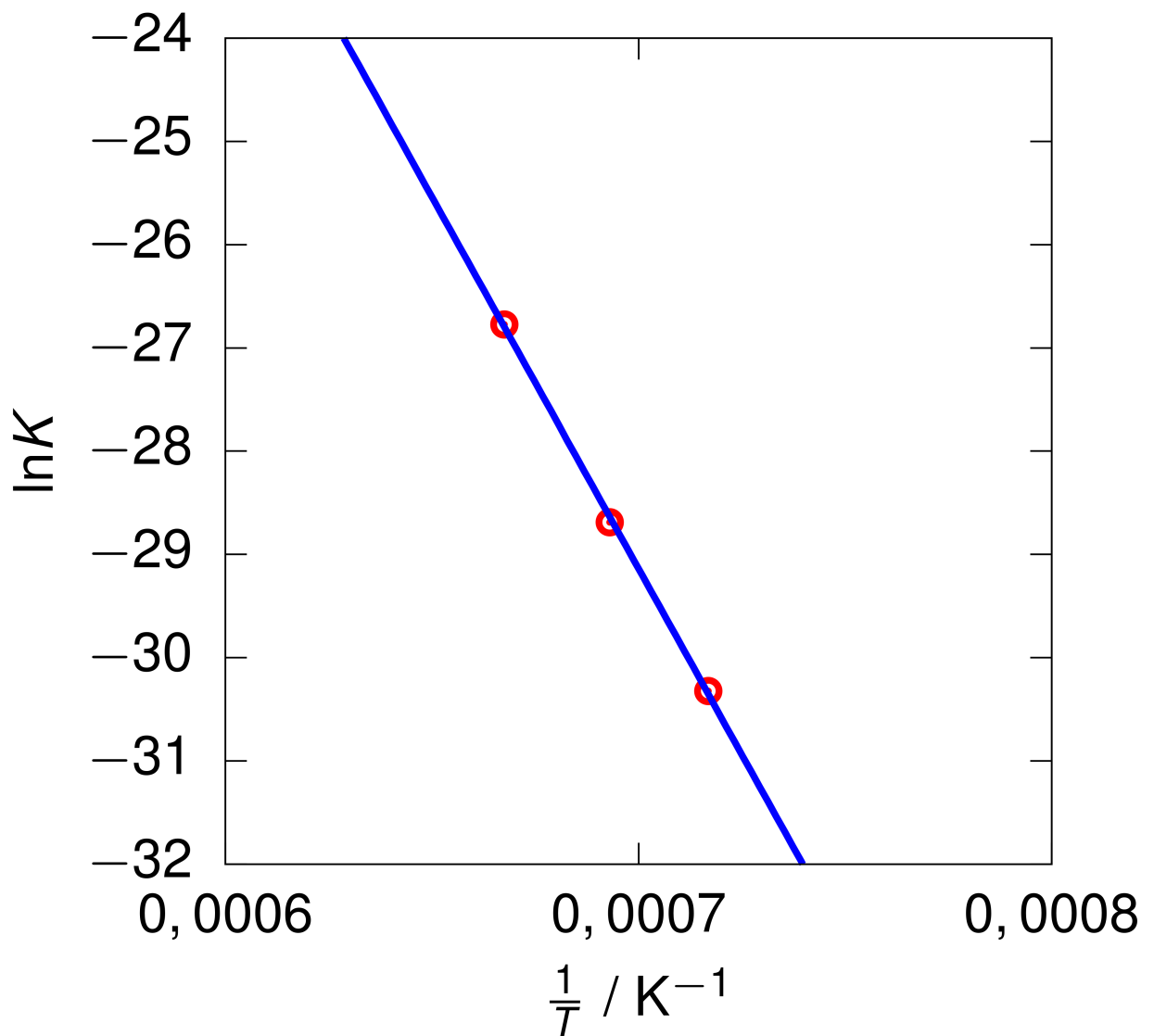
Eri lämpötiloissa:

T (K)	$[\text{CO}_2]$ (mol/l)	x (mol/l)	$[\text{CO}]$ (mol/l)	$[\text{O}_2]$ (mol/l)	K	ln K	1/T (1/K)
1395	0,0449935	0,0000065	0,0000065	0,00000325	$6,7828235 \cdot 10^{-14}$	-30,3217978	0,0007168
1443	0,0449888	0,0000112	0,0000112	0,00000560	$3,4706854 \cdot 10^{-13}$	-28,6892541	0,0006930
1498	0,0449788	0,0000212	0,0000212	0,0000106	$2,3548425 \cdot 10^{-12}$	-26,7745473	0,0006676

(2 p.)

- Jos taulukossa väärät ln(K):n tai 1/T:n arvot, ei-VSE, maks. 6 p.

Piirretään Van 't Hoffin kuvaaja sovittamalla havaintopisteisiin suora.



Kuva: Van 't Hoffin kuvaaja

Kuvaajan pisteytys:

Oikeat akselit oikein päin ja oikeat yksiköt merkitty, 1 p.

Sijoitettu oikeat arvot, 1 p.

Suora sovitettu oikeisiin pisteisiin, 1 p.

- Jos pisteet eivät muodosta selkeää suoraa, ei-VSE.

Suoran kulmakerroin on $-72004,8465 \text{ K}$. Van 't Hoffin yhtälön mukaan kulmakerroin on

$-\Delta H/R = -72004,8465 \text{ K}$,

(1 p.)

- Jos suora on piirretty käyttäen liian paljon pyöristettyjä välituloksia, mikä johtaa virheeseen lopputuloksessa, -1 p.

josta voidaan ratkaista:

$$\Delta H = -(-72004,8465 \text{ K}) \cdot R$$

$$= 72004,8465 \text{ K} \cdot 8,31451 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$= 598685 \text{ J}/\text{mol}$$

$$\approx 599 \text{ kJ}/\text{mol}.$$

(2 p.)

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

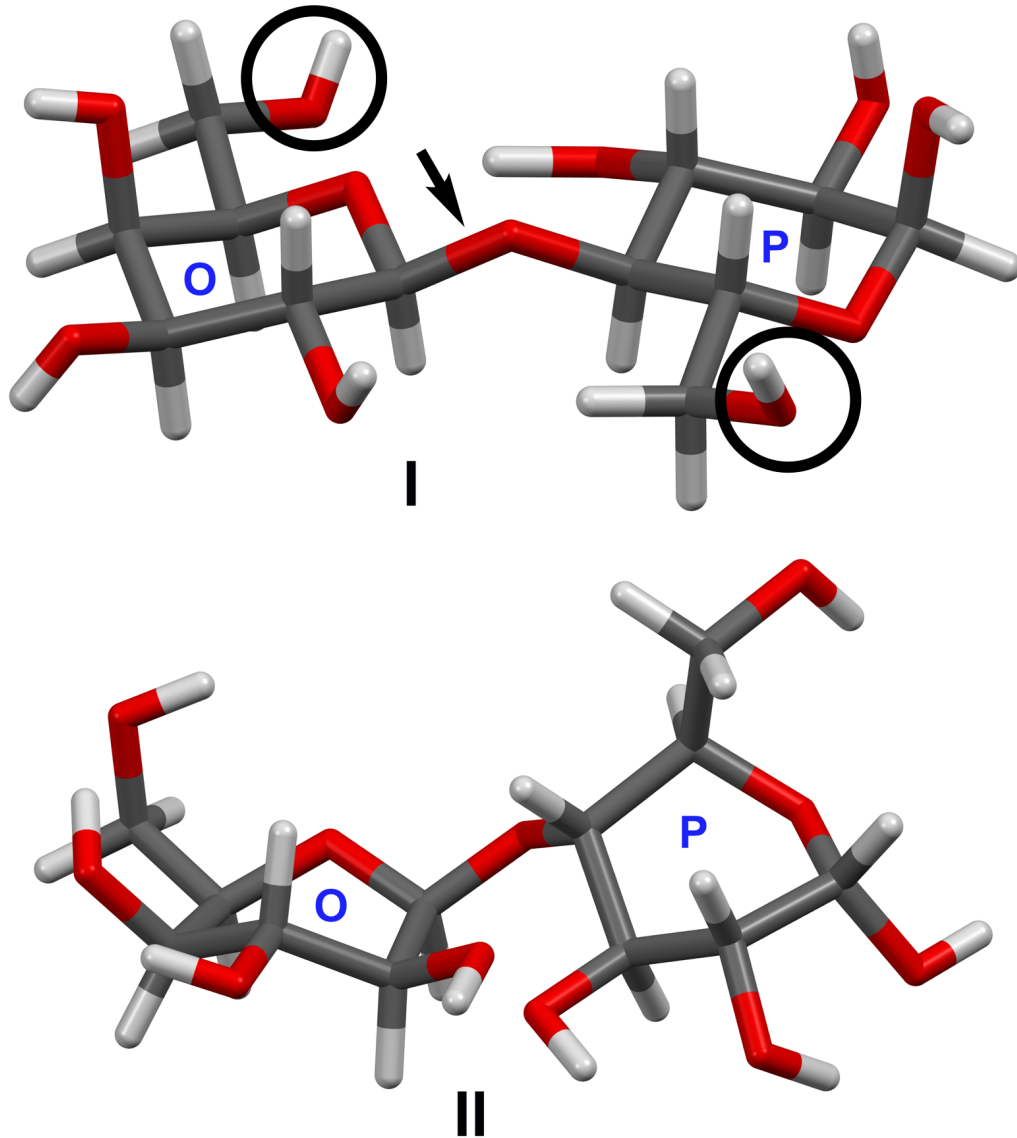
Imeväisiän jälkeen laktoosin pilkkomiskyky heikkenee isolla osalla ihmisistä. Jos elimistössä ei ole riittävästi laktaasia, maitotuotteet voivat aiheuttaa erilaisia oireita, kuten ilmavaivoja. Tästä syystä meijerteollisuus on kehittänyt laktoosittomia maitotuotteita, joita voivat käyttää myös ne, joilla 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.

Laktoosi kuuluu disakkarideihin. (2 p.)

11.2 Merkitse kuvan 11.A konformaatioon I glykosidisidokseen nuolella, ja ympyröi primääriset hydroksiryhmät (hydroksyyliiryhmät). 4 p.



Pisteytys:

Nuoli glykosidisidokseen, 2 p.

Primääriset hydroksiryhmät, 1 p./ryhmä

- Väärä vastaus kumoaa oikean.
- Jos hydroksiryhmä on osoitettu tavalla, joka ei selkeästi kohdistu sekä happi- että vetyatomia (esim. nuoli happiatomia kohti), -1 p. kertävähennys.
- Jos ympyröity myös muita atomeja kuin hydroksiryhmä, -1 p. kertävähennys.

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

galaktoosi (2 p.)

glukoosi (2 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.

Maidon proteiini (kaseiini) (1 p.) oli hydrolysoitunut/pilkkoutunut (2 p.), jolloin syntyi aminohappoja (1 p.).

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

Seuraavasta valikoimasta 1 p. tai 2 p./kohta (1 p./havainto, 1 p./energiavertailu):

- Havainto: Konformaatioissa I havaitaan tuolikonformaatio ja konformaatioissa II havaitaan venekonformaatio. Vertailu: Tuolikonformaatio on energeettisesti edullisempi kuin venekonformaatio.
- Havainto: Konformaatioissa I saman renkaan atomit/atomiryhmät ovat kaukana toisistaan ja konformaatioissa II lähellä toisiaan. Vertailu: Lähellä toisiaan olevat ryhmät hylkivät toisiaan, mikä nostaa konformaation II energiaa.
- Havainto: Konformaatioissa I eri renkaiden atomiryhmät ovat sopivalla etäisyydellä/kaukana toisistaan ja konformaatioissa II lähellä toisiaan. Vertailu: Lähellä toisiaan olevat ryhmät hylkivät toisiaan, mikä nostaa konformaation II energiaa.
- Havainto: Konformaatioissa I voi muodostua molekyylinsisäinen vetysidos TAI konformaatioissa II sitä ei voi muodostua. Vertailu: Vetysidoksen muodostuminen laskee konformaation I energiaa.

Päätelmä: I on energeettisesti edullisempi kuin II. (2 p.)

- Piste edellyttää, että jokin energiavertailupisteistä on saatu.