

## Lukion kemiakilpailu 12.11.2009

## Perussarja

*Kaikkiin tehtäviin vastataan. Aikaa on 100 minuuttia. Sallitut apuvälineet ovat laskin ja taulukot. Tehtävät suoritetaan erilliselle koepaperille. Paperiin on kirjoitettava **selvästi oma nimi ja koulun nimi**. Sekä tehtävä- että koepaperi palautetaan opettajalle.*

1. (6p) Koeputkessa on sekoitettuna vettä, rautajauhetta, ruokasuolaa, bensiiniä ja jodia.
  - Pinnalla on violetin värinen nestekerros.
  - Tämän nestekerroksen alla on toinen väritön neste.
  - Pohjalla on kiinteää ainetta.
  - a) Missä osassa seosta kukin aine on? Perustele.
  - b) Miten erottaisit seoksesta raudan, ruokasuolan ja jodin?
  
2. (6p) Merivesi sisältää keskimäärin 4,0 massaprosenttia ioneja. Näistä ioneista 85 massaprosenttia aiheutuu liuenneesta NaCl:sta.
  - a) Laske liuenneen NaCl:n massaprosentti merivedessä.
  - b) Laske natrium- ja kloridi-ionien massaprosenttisuudet merivedessä.
  - c) Mikä on NaCl:n konsentraatio merivedessä 15 °C lämpötilassa, kun tiedetään, että ko. lämpötilassa meriveden tiheys on 1,025 g/ml?
  
3. (6p) Muurahaishappo on yksinkertaisin karboksyylihappo, jota käytetään laajasti raaka-aineena mm. lääkeaineteollisuudessa. Muurahaishappoa voidaan valmistaa metanolin ja hiilimonoksidin välisellä reaktiolla, jolloin saadaan metyyliformiaattia (=muurahaishapon metyyliesteri). Metyyliformiaatin reagoi vedessä veden kanssa syntyy metanolia (kierrätetään takaisin lähtöaineisiin) ja muurahaishappoa.
  - a) Kirjoita reaktioyhtälöt.
  - b) Kuinka monta litraa hiilimonoksidia (NTP) tarvitaan valmistettaessa 1,00 kg muurahaishappoa?
  
4. (10p) Ksenonoksidia, XeO<sub>3</sub>, voidaan valmistaa ksenonfluoridista, XeF<sub>4</sub>, vedessä tapahtuvan disproportioitumisreaktion (disproportioituminen = sama alkuaine hapettuu ja pelkistyy samanaikaisesti) avulla seuraavasti:  
$$(1) \text{XeF}_4(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{XeO}_3(aq) + \text{Xe}(g) + \text{O}_2(g) + 24 \text{HF}(aq)$$

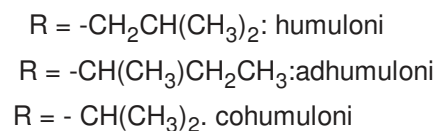
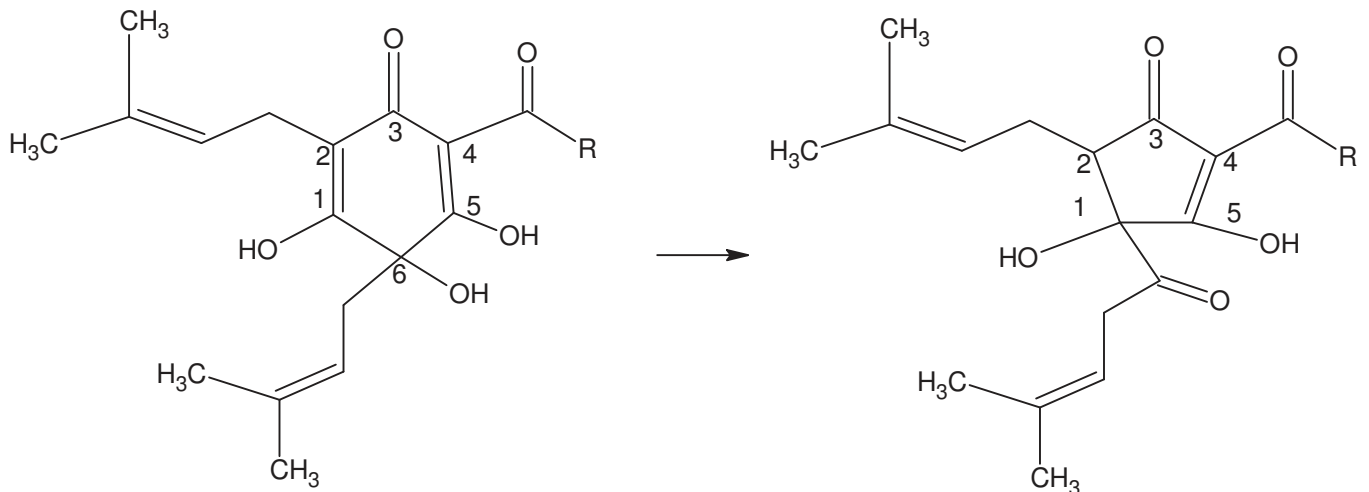
Muodostunut ksenonoksidi on stabiili vesiliuoksessa, mutta reagoi vedessä olevien hydroksidi-ionien kanssa seuraavasti:

$$(2) \text{XeO}_3(aq) + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{HXeO}_4^-(aq)$$

Muodostunut yhdiste HXeO<sub>4</sub><sup>-</sup> on hyvin pysymätön yhdiste ja reagoi edelleen hydroksidi-ionien kanssa seuraavasti:

$$(3) \text{XeO}_3(\text{OH})^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{XeO}_6^{4-}(aq) + \text{Xe}(g) + \text{O}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$$
  - a) Määritä kaikkien alkuaineiden hapetusluvut reaktioyhtälössä (1).
  - b) Millä eri hapetusasteilla alkuaine ksenon esiintyy reaktioyhtälössä (3)?
  - c) Täydennä puuttuvat kokonaislukukertoimet yllä oleviin reaktioyhtälöihin.
  - d) Saamiesi hapetuslukujen avulla päättele, mitä muita ksenonoksideja on mahdollista esiintyä. Esitä molekyylikaavat

5. (14p) Olut valmistetaan idätetyn ohran(maltaan) sokereista alkoholikäymisen avulla, käyttäen humalaa mausteaineena. Mäskäyksessä maltaasta uutetaan liukoiset aineet ja saadaan käymiskelpoinen vierre. Vierre suodatetaan, kuumennetaan kiehuvaaksi ja lisätään humala. Humalan katkeroaineet, humulonit, uuttuvat keitetessä vierreeseen ja samalla tapahtuu niiden isomerointi. Isomeroitituuotteet ovat vesiliukoisempia ja voimakkaita katkeroaineita.



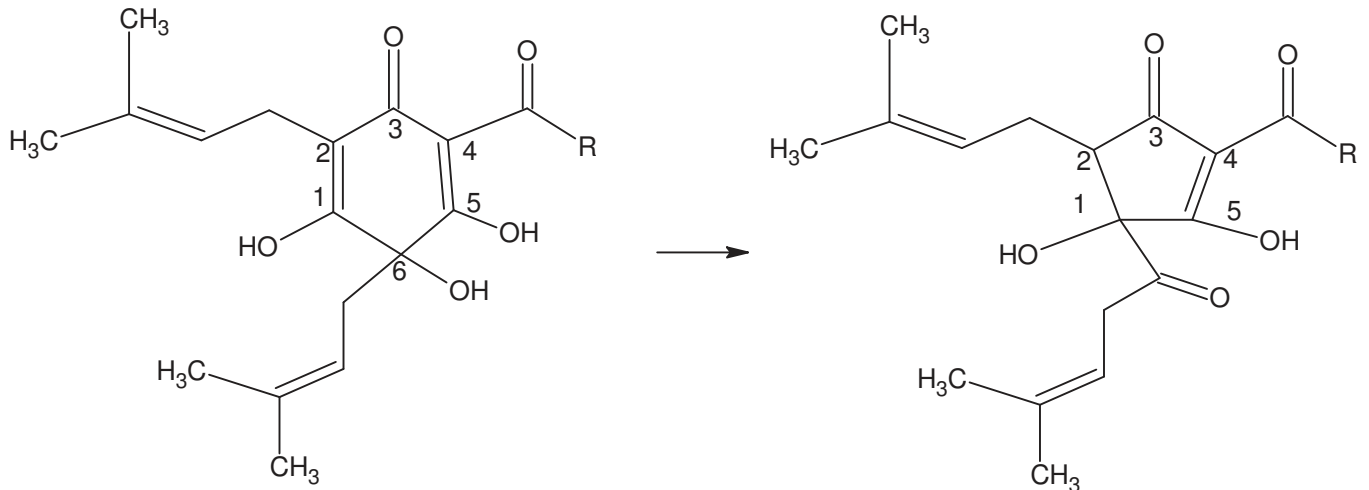
- Mitä käymisreaktiossa tapahtuu? Laadi käymisreaktion reaktioyhtälö. (2p)
- Mitkä ovat humulonien ja isohumulonien molekyylikaavat? (3p)
- Mitä funktionaalisten ryhmien muutoksia humulonien isomeroinnissa tapahtuu? (3p)
- Lisääntykö isomeroinnissa molekyylien asymmetristen keskusten eli kiraalisten hiilien lukumäärä? Perustele vastauksesi merkitsemällä kaikki kiraalikeskukset. (3p)
- Molekyylillä voi esiintyä vetysidoksia molekyylin sisäisinä vetysidoksina. Onko humuloni -ja isohumulonimolekyyleillä sisäisiä vetysidoksia? Perustele piirtämällä mahdolliset vetysidokset. (3p)

## Lukion kemiakilpailu 12.11.2009 Avoin sarja

*Kaikkiin tehtäviin vastataan. Aikaa on 100 minuuttia. Sallitut apuvälineet ovat laskin ja taulukot. Tehtävät suoritetaan erilliselle koepaperille. Paperiin on kirjoitettava **selvästi oma nimi ja koulun nimi**. Sekä tehtävä- että koepaperi palautetaan opettajalle.*

1. (7p) Tunnista seuraavat alkuaineet
  - a) Metallin oksidi on muotoa XO. Metallia värjää liekin tiilenpunaiseksi ja sen yhdisteet ovat käytännön elämässä varsin merkittäviä.
  - b) Väritön kaasu, joka on ilmaa kevyempää. Ei reagoi kaliumin kanssa. Sitä käytetään jäähdytysaineena pyrittäessä kylmyysennätyksiin.
  - c) Aineen elektronegatiivisuus on pieni ja sen kloridi on muotoa XCl. Alkuaineella on radioaktiivinen isotooppi ja jo näkyvä valo pystyy irrottamaan sen atomeista elektroneja.
  - d) Alkuaine ei esiinny luonnossa vapaana ja sen molekyylit ovat useamman atomin muodostamia. Sen oksidin vesiliuos on hapan ja vety-yhdiste muotoa XH<sub>3</sub>. Sen yhdisteitä käytetään lannoitteina.
  - e) Kevyt hopeanvärinen metalli, joka huolimatta paikastaan metallien jännitesarjan alkupäässä, kestää hyvin ilman ja veden vaikutuksen. Kalliin valmistusprosessin vuoksi metallia pyritään kierrättämään.
  - f) Epämetalli, jonka happiyhdiste on maankuoressa varsin yleinen. Epämetallia käytetään mm. aurinkoenergian hyödyntämisessä.
  - g) Alkuaine, joka veteen laitettuna painuu astian pohjalle, mutta reagoi veden kanssa melko voimakkaasti. Reaktiossa syntyvä kaasu muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen. Vesiliuos tulee emäksiseksi.
2. (7p) Tulipaloja varten tehdyt hengityssuojaimet sisältävät natriumperoksidia Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, koska se reagoi sisään hengitetyn hiilidioksidin kanssa muodostaen natriumkarbonaattia ja happea. Kuinka monta litraa sisään hengitettyä ilmaa voidaan käsitellä suojaimella, joka sisältää 80,0 grammaa natriumperoksidia ja lisäksi tiedetään, että yksi litra sisään hengitettyä ilmaa tulipalon yhteydessä sisältää 0,0720 grammaa hiilidioksidia?
3. (6p) Tujon on mm. koiruohossa esiintyvä tyydyttynyt rengasrakenteinen ketoni, joka sisältää 79% hiiltä, 11% vetyä ja 11% happea. Moolimassa on noin 150 g/mol. Anna jokin mahdollinen rakennekaava.
4. (9p) Laboratorion ilmanpaine oli 1,003 bar, kun 42 °C lämpöhauteessa olevaan 1298 ml kolviin asetettiin 0,05 dm<sup>3</sup> 4,123 M HNO<sub>3</sub> ja 0,423 g metallista kuparia, minkä jälkeen kolvi suljettiin hermeettisesti (=painetiiviisti). Kun kaikki kupari oli liuennut, paine kolvissa oli 1,199 bar. Muodostuneet kaasut olivat NO<sub>2</sub> ja NO. Mikä oli muodostuneen NO:n massa, jos oletetaan että kumpikaan kaasu ei liukene veteen?

5. (14p) Olut valmistetaan idätetyn ohran(maltaan) sokereista alkoholikäymisen avulla, käyttäen humalaa mausteaineena. Mäskäyksessä maltaasta uutetaan liukoiset aineet ja saadaan käymiskelpoinen vierre. Vierre suodatetaan, kuumennetaan kiehuvaaksi ja lisätään humala. Humalan katkeroaineet, humulonit, uuttuvat keitetessä vierreeseen ja samalla tapahtuu niiden isomerointi. Isomeroitituuotteet ovat vesiliukoisempia ja voimakkaita katkeroaineita.



R =  $-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ : humuloni

R =  $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ : adhumuloni

R =  $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ : cohumuloni

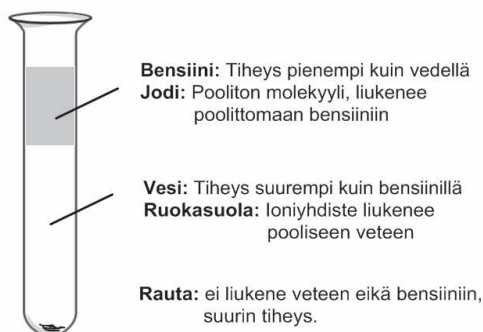
- Mitä käymisreaktiossa tapahtuu? Laadi käymisreaktion reaktioyhtälö. (2p)
- Mitkä ovat humulonien ja isohumulonien molekyylikaavat? (3p)
- Mitä funktionaalisten ryhmien muutoksia humulonien isomeroinnissa tapahtuu? (3p)
- Lisääntykö isomeroinnissa molekyylien asymmetristen keskusten eli kiraalisten hiilien lukumäärä? Perustele vastauksesi merkitsemällä kaikki kiraalikeskukset. (3p)
- Molekyylillä voi esiintyä vetysidoksia molekyylin sisäisinä vetysidoksina. Onko humuloni -ja isohumulonimolekyyleillä sisäisiä vetysidoksia? Perustele piirtämällä mahdolliset vetysidokset. (3p)

## Lukion kemiakilpailu 12.11.2009

## Perussarja

### Pisteytysohjeet.

1. (6p) a) Missä osassa seosta kukin aine on? Perustelee.



- b) Miten erottaisit seoksesta raudan, ruokasuolan ja jodin?

- Pipetoidaan bensiini/jodi kerros päältä haihdutusmaljaan. Haihdutetaan bensiini pois, jodi jää jäljelle.
- Suodatetaan vesi/ruokasuola/rautajauhe, rauta jää suodatinpaperille.
- Haihdutetaan vesi pois, ruokasuola jää jäljelle.

Tai muu järkevä tapa.

3p

3p

2. (6p) Merivesi sisältää keskimäärin 4,0 massaprosenttia ioneja. Näistä ioneista 85 massaprosenttia aiheutuu liuenneesta NaCl:sta.

- a) Laske liuenneen NaCl:n massaprosentti merivedessä.

$$m - \%(\text{NaCl}) = 0,85 \cdot 4,0 \text{ m} - \% = \underline{\underline{3,4 \text{ m} - \%}}$$

1p

- b) Laske natrium- ja kloridi-ionien massaprosenttisuudet merivedessä.

$$m - \%(\text{Na}^+) = \frac{M(\text{Na})}{M(\text{NaCl})} \cdot 3,4 \text{ m} - \% = \frac{22,99 \text{ g/mol}}{58,44 \text{ g/mol}} \cdot 3,4 \text{ m} - \% = \underline{\underline{1,3 \text{ m} - \%}}$$

$$m - \%(\text{Cl}^-) = \frac{M(\text{Cl})}{M(\text{NaCl})} \cdot 3,4 \text{ m} - \% = \frac{35,45 \text{ g/mol}}{58,44 \text{ g/mol}} \cdot 3,4 \text{ m} - \% = \underline{\underline{2,1 \text{ m} - \%}}$$

2p

- c) Mikä on NaCl:n konsentraatio merivedessä 15 °C lämpötilassa, kun tiedetään, että ko. lämpötilassa meriveden tiheys on 1,025 g/ml?

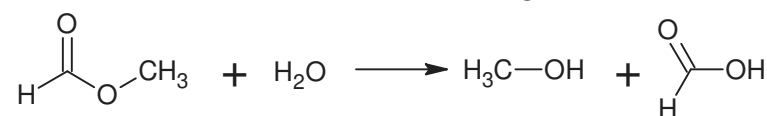
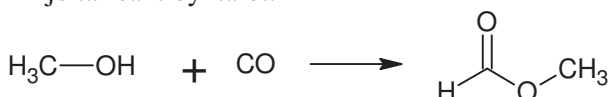
Olkoon  $V = 1,00 \text{ dm}^3$

$$n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{1025 \text{ g} \cdot 0,034}{55,85 \text{ g/mol}} = 0,5963 \text{ mol}$$

3p

$$c(\text{NaCl}) = \underline{\underline{0,60 \text{ mol/l}}}$$

3. (6p) a) Kirjoita reaktioyhtälöt.

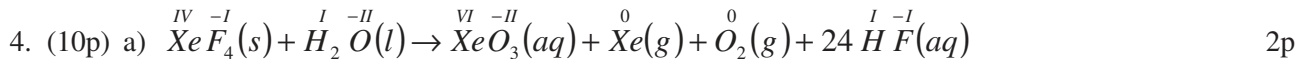


- b)

3p

$$n(\text{CO}) = n(\text{HCOOH}) = \frac{m(\text{HCOOH})}{M(\text{HCOOH})} = \frac{1000\text{g}}{46,026\text{g/mol}} = 21,727\text{mol} \quad 3\text{p}$$

$$V(\text{CO}) = n(\text{CO}) \cdot V_m = 21,727\text{mol} \cdot 22,41\text{dm}^3/\text{mol} = \underline{\underline{487\text{ l}}}$$

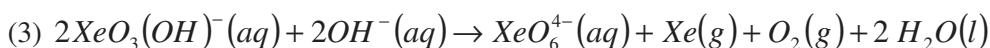
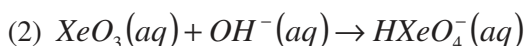
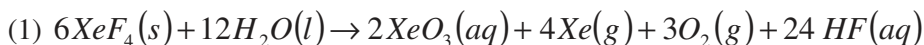


b)

	hapetusluku
Xe	0
$\text{XeO}_3(\text{OH})^-$	VI
$\text{XeO}_6^{4-}$	VIII

2p

c)



hyväksytään myös (6, 2, 2, 4, 5, 4)

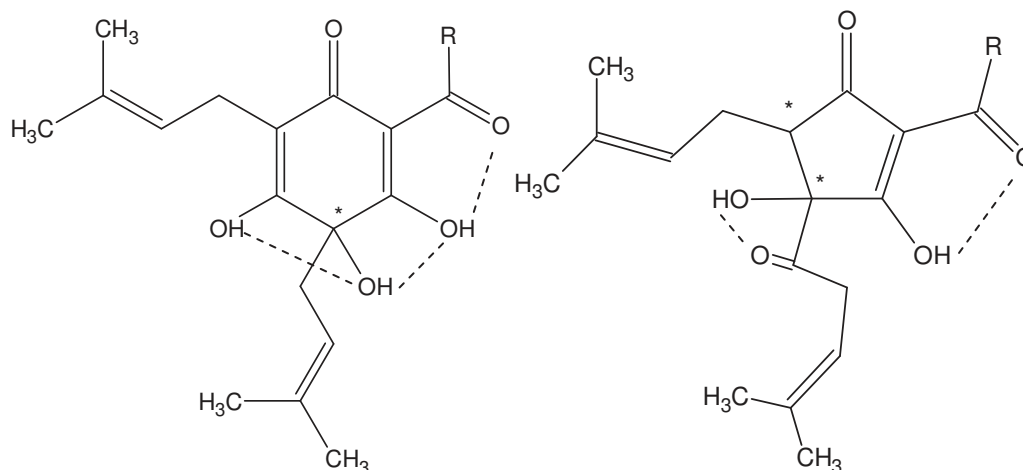
4p

d)  $\text{XeO}_4$  – hapetusluku VIII

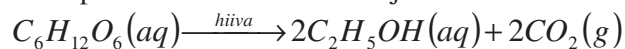
$\text{XeO}_2$  – hapetusluku IV

2p

5. (14p)



a) Hiiva pilkkoo sokerin etanoliksi ja hiilidioksidiksi



2p

b) humuloni  $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_5$

adhumuloni  $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_5$

cohumuloni  $\text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}_5$

3p

c) alkoholi hapettuu ketoniksi

kuusirengas  $\rightarrow$  viisirengas

kaksoissidos aukeaa

3p

d) kiraalisten hiilien lukumäärä kasvaa (1p)

merkityt kiraalikeskukset  $\frac{1}{2}\text{p}$  / kpl (huomaa myös adhumulonin R-ketjun \*)

3p

e) Piirretyt vetysidokset 1p / kpl. Enintään 2p / yhdiste. Enintään 3p.

3p

## Lukion kemiakilpailu 12.11.2009

## Avoim sarja

### Pisteytysohjeet.

1. (7p)

a	b	c	d	e	f	g
Ca	He	Cs	P	Al	Si	Ca

2. (7p)  $2Na_2O_2(s) + 2CO_2(g) \rightarrow 2Na_2CO_3(s) + O_2(g)$  olomuotoineen

3p

$$n(Na_2O_2) = \frac{m}{M} = \frac{80,0g}{77,98 \frac{g}{mol}} = 1,0259mol$$

$$n(CO_2) / 1dm^3 ilmaa = \frac{m}{M} = \frac{0,0720g}{44,01 \frac{g}{mol} \cdot dm^3} = 0,001636 \frac{mol}{dm^3}$$

$$V(ilma) = \frac{n(Na_2O_2)}{n(CO_2) / 1dm^3 ilmaa} = \frac{1,0259mol}{0,001636 \frac{mol}{dm^3}} = 627l$$

4p

3. (6p) Oletetaan yhdistettä 100g

$$n(C) = \frac{m}{M} = \frac{79g}{12,01 \frac{g}{mol}} = 6,5779mol \quad \frac{6,5779mol}{0,6875mol} = 9,6$$

$$n(H) = \frac{m}{M} = \frac{11g}{1,008 \frac{g}{mol}} = 10,9127mol \quad \frac{10,9127mol}{0,6875mol} = 15,9$$

$$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{11g}{16,00 \frac{g}{mol}} = 0,6875mol \quad \frac{0,6875mol}{0,6875mol} = 1$$

Empiirinen kaava  $(C_{10}H_{16}O)_x$

2p

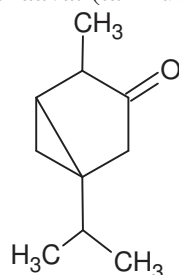
$$(10 \cdot 12,01 + 16 \cdot 1,008 + 16) \cdot x \approx 150$$

Eli molekyylikaava  $C_{10}H_{16}O$

1p

Rakennekaava: (tai muu ehdot täyttävä tyydyttynyt rengasrakenteinen ketoni)

3p



4. (9p) Kupari hapettuu  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$        $0 \rightarrow \text{II}$   
 Typpi pelkistyy  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}$        $\text{V} \rightarrow \text{II}$   
 Typpi pelkistyy  $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$        $\text{V} \rightarrow \text{IV}$  2p

$$2 \cdot n(\text{Cu}) = 3 \cdot n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2)$$

2p

Olkoon  $n(\text{NO}) = x$

Jolloin  $n(\text{NO}_2) = 2 \cdot n(\text{Cu}) - 3 \cdot n(\text{NO}) = 2 \cdot n(\text{Cu}) - 3x$

$$n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = \frac{\Delta pV}{RT} = \frac{(1,199 - 1,003)\text{bar} \cdot (1,298 - 0,05)\text{dm}^3}{0,0831451 \frac{\text{bar} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 315\text{K}} = 0,009339\text{mol}$$

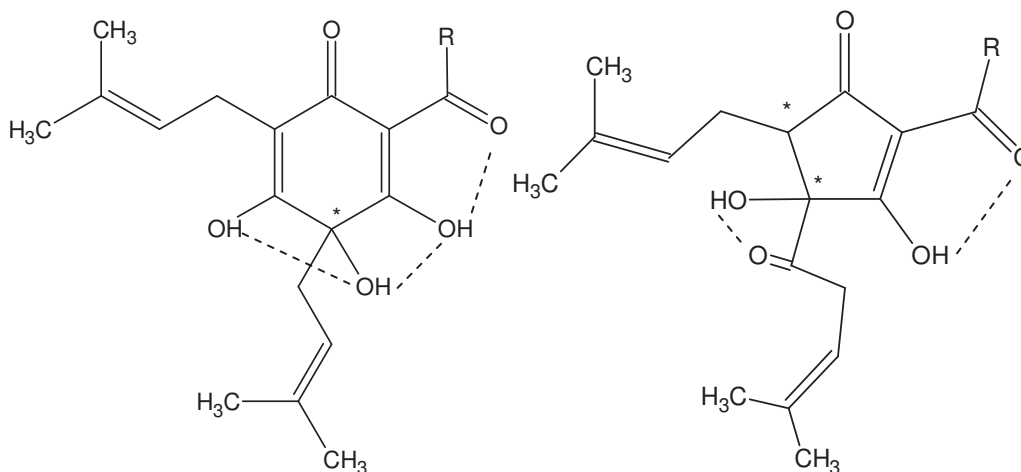
$$x + 2 \cdot n(\text{Cu}) - 3x = 0,009339\text{mol}$$

josta  $x = 0,0019864\text{mol} = n(\text{NO})$

$$m(\text{NO}) = n \cdot M = 59,6\text{mg}$$

5p

5. (14p)



- a) Hiiva pilkkoo sokerin etanoliksi ja hiilidioksidiksi 2p  
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq}) \xrightarrow{\text{hiiva}} 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{aq}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$
- b) humuloni  $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_5$  3p  
 adhumuloni  $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_5$   
 cohumuloni  $\text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}_5$
- c) alkoholi hapettuu ketoniksi 3p  
 kuusirengas  $\rightarrow$  viisirengas  
 kaksoissidos aukeaa
- d) kiraalisten hiilien lukumäärä kasvaa (1p)  
 merkityt kiraalikeskukset  $\frac{1}{2}$ p / kpl (huomaa myös adhumulonin R-ketjun \*) 3p
- e) Piirretyt vetysidokset 1p / kpl. Enintään 2p / yhdiste. Enintään 3p yhteensä. 3p