



KEMIAN KOE 20.3.2015 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alla oleva vastausten piirteiden, sisältöjen ja pisteitysten luonnehdinta ei sido ylioppilastutkintolautakunnan arvostelua. Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päättää tutkintoaineen sensorikunta.

Kemiassa arvioinnin kohteina ovat kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltaminen lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. 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 pienimminkin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei vaadita. 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. Jos tehtävässä tarvitaan välituloksia, ne esitetään riittävällä tarkkuudella yksiköineen. Lopputulokset annetaan lähtöarvojen mukaisella tarkkuudella yksiköineen, ja johtopäätökset perustellaan.

Kuvaajat piirretään huolellisesti ja riittävän kokoisina. Millimetripaperin käyttö on suositeltavaa, mutta ei pakollista. Kuvaajaan merkitään akselien nimet ja yksiköt. Mittauspisteisiin sovitetaan asianmukainen suora tai yhtenäinen kaareva viiva. Kuvaajaan merkitään johtopäätösten kannalta olennaiset kohdat, kuten ekvivalenttikohta titrauskäyrässä tai hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti.

Essee- ja selittävissä vastauksissa tekstiä yleensä täydennetään reaktioyhtälöillä, kaavoilla tai piirroksilla. Hyvä vastaus on jäsenelty ja sisällöltään johdonmukainen. Keskeisten seikkojen painottaminen on tärkeämpää kuin hajanaisten yksityiskohtien esittäminen. Jokeritehtävässä korkeimmat pistemäärät edellyttävät kykyä tietojen soveltamiseen myös laajemmissa yhteyksissä.

Kemian kokeessa kaikki funktio-, graafiset ja symboliset laskimet ovat sallittuja. Symbolisen laskimen avulla tehdyt ratkaisut hyväksytään, kunhan ratkaisusta käy ilmi, mihin tilanteeseen ja yhtälöihin ratkaisu symboleineen perustuu. Laskinta voi käyttää myös yhtälön ratkaisemiseen tai kuvaajasta selvitettävien arvojen määrittämiseen.

Tehtävän eri osat arvostellaan 1/3 pisteen tarkkuudella, ja loppusumma pyöristetään kokonaisiksi pisteiksi.

1. Kullekin aineelle on valittu kaksi oikeaa ominaisuutta tai käsitettä. 1 p./kohta
- a) C, F
 - b) G, H
 - c) D, H
 - d) A, I
 - e) B, E
 - f) B, J

Jos on valittu vain yksi oikea ominaisuus tai käsite, $\frac{2}{3}$ p. kyseisestä kohdasta.

Jos orgaanisille yhdisteille on merkitty ominaisuus J (eli lämmittäminen on tulkittu polttamiseksi), enintään $\frac{2}{3}$ p. kyseisestä kohdasta.

Jos vääriä ominaisuuksia on valittu, enintään $\frac{1}{3}$ p. kyseisestä kohdasta.

2. a) $n(\text{CaO}) = m/M = 1,9972 \text{ mol}$
 $n(\text{NH}_4\text{Cl}) = m/M = 4,1875 \text{ mol}$ $\frac{2}{3}$ p.
Rajoittava tekijä CaO on määritetty ja perusteltu kertoimien avulla. 2 p.
Reaktioyhtälön ja rajoittavan tekijän perusteella
 $n(\text{NH}_3) = 2 n(\text{CaO}) = 3,9943 \text{ mol}$, 1 p.
joten $m(\text{NH}_3) = 68,039 \text{ g}$
Ammoniakkia muodostuu **68,0 grammaa**. $\frac{1}{3}$ p.
- b) Astiassa on kiinteänä ylijäänyttä ammoniumkloridia.
 $n(\text{NH}_4\text{Cl})_{\text{ylijäämä}} = n(\text{NH}_4\text{Cl})_{\text{alussa}} - n(\text{NH}_4\text{Cl})_{\text{kulutus}} = 4,1875 \text{ mol} - 3,9943 \text{ mol} = 0,1932 \text{ mol}$
 $m(\text{NH}_4\text{Cl})_{\text{ylijäämä}} = 10,33 \text{ g}$ 1 p.
- Astiassa on kiinteänä reaktiotuotetta.
 $n(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaO}) = 1,9972 \text{ mol}$ eli $m(\text{CaCl}_2) = 221,65 \text{ g}$ $\frac{2}{3}$ p.
- Astiassa on reaktion jälkeen kiinteää ainetta yhteensä **232 g**. $\frac{1}{3}$ p.

3. a) Kyse on **optisesta isomeriasta**. Molekyylit esiintyy kahtena peilikuvaisomeerina, jotka vaikuttavat elimistössä eri tavoin. 1 p.
- b) Lääke imeytyy ja vaikuttaa nopeammin, jos lääkeaine on liuenneena nesteeseen, sillä tablettimuotoisen lääkkeen **liukenemiseen** kuluu aikaa, joten vaikutus alkaa myöhemmin. 1 p.
- c) Lääkeaine ei ole tasaisesti jakautunut tabletissa. / Tabletin koostumus suojaa lääkeainetta esimerkiksi mahahappojen tai hapen vaikutukselta. / Lääkkeen vaikutusnopeus voi kasvaa liikaa, koska murskattaessa reaktiopinta-ala kasvaa. 1 p.

Jos perusteluna on lääkeaineen paha maku, 1/3 p.

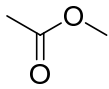
- d) Jos lääkeaine on **veteen niukkaliukoinen**, se voidaan liuottaa etanoliin. Etanolimolekyylissä on pooliton hiilivetypää ja poolinen hydroksyyli-ryhmä. 1 p.
- e) Enterokapseli **suojelee** lääkeainetta mahalaukun **suolahapolta**. 1 p.

Jos perusteluna on, että mahalaukku ei kestä lääkeainetta tai että lääkeaineen kohde on suolistossa, 2/3 p.

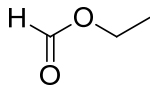
Injektoitava lääkeaine on rakenteeltaan sellainen, **ettei se kestä ruoansulatuskanavaa**. Ruoansulatuskanavan **entsyymit** hajottavat rakenteeltaan esimerkiksi **proteiinin** kaltaiset lääkeaineet. 1 p.

4. a) Yhdisteiden rakennekaavat

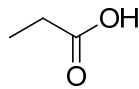
3 x 2/3 p.



X



Y



Z

Yhdisteiden nimet

3 x 2/3 p.

X: metyyliasetaatti tai metyylietanaatti (etikkahapon metyyliesteri)

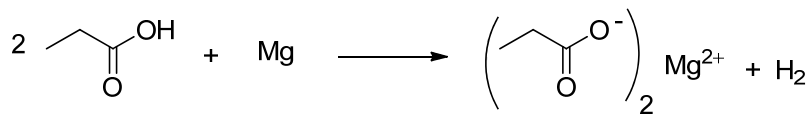
Y: etyyliformiaatti tai etyylimetanaatti (muurahaishapon etyyliesteri)

Z: propaanihappo (propionihappo)

Rakennekaavojen erilaiset esitystavat hyväksytään.

b)

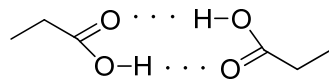
1 p.



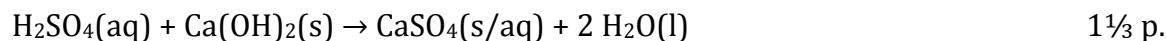
Olomuotoja ei edellytetä.

Ionit voi merkitä yhteen tai erikseen. Varausten merkitsemistä ei edellytetä, jos ionit merkitään yhteen. Jos ionien välille on merkitty kovalenttinen sidos (—), -1/3 p.

- c) Hapot voivat dimeroitua muodostamalla toisen happomolekyylin kanssa **vetysidoksia**, jolloin kiehumispiste nousee. Kahden esterin kesken ei vetysidoksia muodostu, sillä esterissä vety ei ole sitoutunut hyvin elektronegatiiviseen atomiin, kuten happeen. 1 p.



5. a) Lähtöaineet on merkitty oikein 2/3 p.



*Ionit voi merkitä yhteen tai erikseen.
Jos olomuotoja ei ole merkitty, -1/3 p.*

b) Alku- ja lopputilanteesta on laskettu erikseen H^+ -ainemäärät. 1 p.
Vetyionikonsentraatio on laskettu pH:n avulla (kaavan soveltaminen). 1/3 p.
Tilavuus ja sen yksikkömuunnos on otettu huomioon laskuissa. 2/3 p.

Ennen neutralointia

$$pH = 2,5$$

$$c(\text{H}^+) = 10^{-2,5} \text{ mol/l} = 3,162 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$n(\text{H}^+) = c \cdot V = 3,162 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot 25 \cdot 10^3 \text{ l} = 79,06 \text{ mol}$$

Neutraloinnin jälkeen

$$pH = 6,5$$

$$c(\text{H}^+) = 3,162 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

$$n(\text{H}^+) = 7,906 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Neutraloinnissa

$$n(\text{H}^+)_{\text{neutraloitu}} = (79,06 \text{ mol} - 7,906 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) = 79,05 \text{ mol} \quad 2/3 \text{ p.}$$

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}^+)_{\text{neutraloitu}}$$

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{OH}^-) \quad 1 \text{ p.}$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{1}{2} \cdot 79,05 \text{ mol} \cdot 74,096 \text{ g/mol} = 2928 \text{ g} \approx 3 \text{ kg} (2,9 \text{ kg})$$

Sammutettua kalkkia tarvittiin **3 kg**. 1/3 p.

Vetyionin sijaan voidaan myös käyttää oksoniumionia.

Jos neutralointilasku perustuu pH-arvojen erotukseen, enintään 1 p.

6. a) Metalleilla on metallihila, joka on metallikationien ja vapaasti liikkuvien elektronien muodostama rakenne. Keraameissa atomit ovat sitoutuneet kovalenttisilla sidoksilla tai ionit ionisidoksilla. 2 x 1 p.

Rakenteen kuvaamisessa voi sanallisten selitysten lisänä käyttää myös piirroksia.

- b) Kolme ominaisuutta on perusteltu rakenteen avulla. 3 x 2/3 p.

Ominaisuus	Rakenteellinen selitys
muokattavuus	Metallit ovat helpommin muokattavissa kuin keraamit. Metallihilan rakenteessa metallikationit ja vapaat elektronit voivat siirtyä rakenteen hajoamatta.
korroosionkestävyys	Keraamit kestävät paremmin korroosiota. Metallit hapettuvat eli luovuttavat elektroneja.
kulutuskestävyys	Keraamit kestävät paremmin kulutusta. Kulutuskestävyys liittyy sidosten vahvuuteen ja osittain myös muokattavuuteen.
tiheys	Metallit ovat tiheämpiä kuin keraamit. Tiheys riippuu hilan rakenteesta. Metallihila on tiiviimpi kuin keraamien rakenne.
sulamispiste	Keraamien sulamispisteet ovat korkeampia kuin metallien. Sulamispiste riippuu katkeavan sidoksen vahvuudesta.
lämmönjohtavuus	Metallit johtavat hyvin lämpöä. Metallihilan vapaat elektronit auttavat lämmön johtumisessa.

- c) Soveltuvuus kuhunkin käyttötarkoitukseen on perusteltu kahdella ominaisuudella.

3 x 2/3 p.

Veitsien pinnoitteena:

- Keraamit ovat kemiallisesti kestäviä.
- Keraamit kestävät kulutusta. / Keraamien muoto ei muutu.

Keinonivelissä:

- Käytetyt keraamit ovat bioinerttejä. / Keraamit ovat kemiallisesti kestäviä.
- Keraamit kestävät kulutusta. / Keraamien muoto ei muutu.

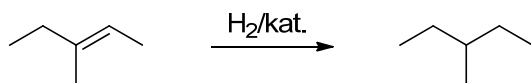
Avaruussukkulan lämpöeristeessä:

- Keraamit johtavat huonosti lämpöä.
- Keraamit kestävät korkeaa lämpötilaa sulamatta.
- Keraamien pieni tiheys on etu avaruussukkulan painon kannalta.

7. Reaktioyhtälöiden yhdisteet kirjoitetaan rakennekaavoin. Rakennekaavojen erilaiset esitystavat hyväksytään. Jos orgaaniset yhdisteet on merkitty molekyylikaavoin, 0 p. kyseisestä kohdasta. Olomuotoja ei edellytetä.

- a) Lähtöaineen rakennekaava on oikein.
 Orgaaninen reaktiotuote on oikein.

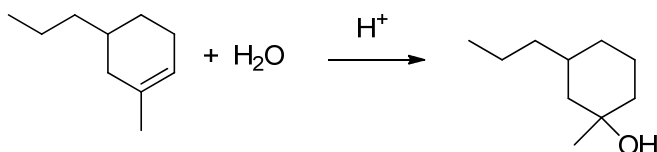
1/3 p.
 2/3 p.



Vedyn voi merkitä nuolen päälle tai lähtöaineeksi.

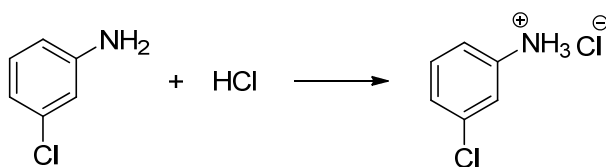
- b) Lähtöaineen rakennekaava on oikein.
 Orgaaninen reaktiotuote on oikein, ja Markovnikovin sääntö on huomioitu.

1 p.
 2/3 p. + 1/3 p.



- c) Lähtöaineen rakennekaava on oikein.
 Orgaaninen reaktiotuote on oikein.

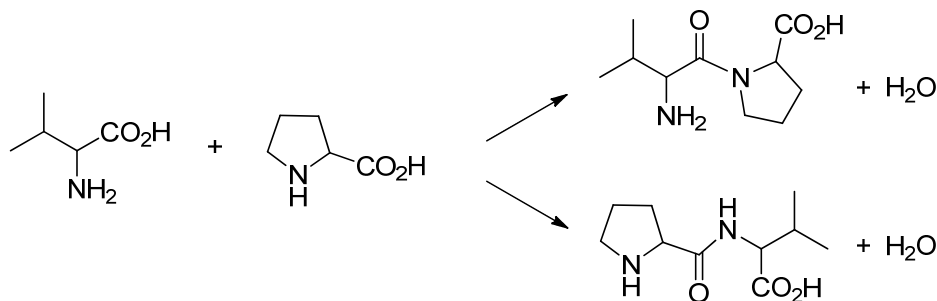
1/3 p.
 2/3 p.



Varausten merkitsemistä ei edellytetä, jos ionit merkitään yhteen.
 Jos ionien välille on merkitty kovalenttinen sidos (-), -1/3 p.

- d) Lähtöaineiden rakennekaavat ovat oikein.
 Yksi dipeptidireaktiotuote on oikein.
 Toinenkin dipeptidireaktiotuote on oikein.
 Vesi on reaktiotuotteena.

1/3 p.
 2/3 p.
 2/3 p.
 1/3 p.



Happoanhydridit tai sykliiset yhdisteet eivät ole käytännössä mahdollisia, joten niistä ei kerry pisteitä. Vesi voidaan merkitä myös molekyylikaavalla.

8. a) Liuoksen hydroksidi-ionikonsentraatio on liian pieni, jotta $\text{Ca}(\text{OH})_2$:a saostuisi. $\frac{1}{3}$ p.

Liukoisuustulot

$$K_s(\text{CaCO}_3) = 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ (mol/l)}^2$$

$$K_s(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ (mol/l)}^3$$

Suolojen saostumista on arvioitu laskettujen **liukoisuuksien** perusteella.

1 p.

Merkitään CaCO_3 :n liukoisuutta x :llä

$$K_s = x \cdot x$$

$$x = \sqrt{K_s} = \sqrt{3,4 \cdot 10^{-9} \text{ (mol/l)}^2} \approx 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Merkitään $\text{Ca}(\text{OH})_2$:n liukoisuutta y :llä

$$K_s = y \cdot (2y)^2$$

$$y = \sqrt[3]{\frac{1}{4} \cdot K_s} = \sqrt[3]{\frac{1}{4} \cdot 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ (mol/l)}^3} \approx 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Kalsiumkarbonaatin liukoisuus on pienempi kuin kalsiumhydroksidin. Kun hiilidioksidia liukenee ilmasta emäksiseen liuokseen, syntyy karbonaatti-ioneja, ja jo pieni karbonaatti-ionimäärä saa aikaan CaCO_3 -saostuman. $\frac{2}{3}$ p.

Jos perusteluna on käytetty vain liukoisuustuloa, enintään 1 p.

Myös tarkempi konsentraatioiden tarkastelu on mahdollista. Esimerkkinä laskussa on käytetty kalsiumionin konsentraatiota 0,1 mol/l. Kalsiumhydroksidia saostuu, kun hydroksidi-ionikonsentraatio on riittävän suuri.

$$K_s(\text{Ca}(\text{OH})_2) = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_s(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{[\text{Ca}^{2+}]}} \approx 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

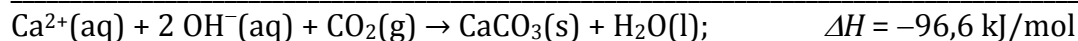
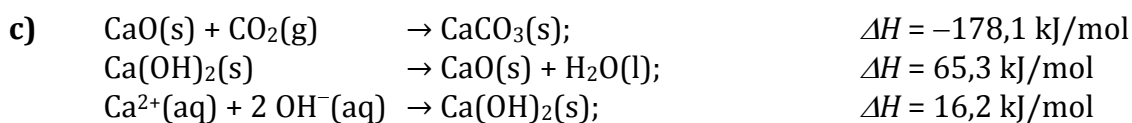
Kalsiumkarbonaattia saostuu, kun karbonaatti-ionikonsentraatio on riittävän suuri. Karbonaatin muodostumista rajoittaa hydroksidi-ionin konsentraatio.

$$K_s(\text{CaCO}_3) = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_s(\text{CaCO}_3)}{[\text{Ca}^{2+}]} \approx 3 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

Kalsiumkarbonaatin saostumiseen riittää hyvin pieni hydroksidi-ionikonsentraatio.

- b) Saostuma liuotetaan happoon. Jos saostuma on kalsiumkarbonaattia, vapautuu hiilidioksidikaasua, mikä havaitaan liuoksen kuplimisena. 1 p.



Reaktion entalpiamuutos on **-96,6 kJ/mol**.

2 p.

Vastauksen perusteluna voi käyttää erilaisia päättelyketjuja.

Vastaukseksi hyväksytään myös -96,6 kJ yhdistettynä reaktioyhtälöön.

- d) $\Delta H < 0$, joten reaktio on eksoterminen. Seos lämpenee reaktion tapahtuessa. 1 p.

Vastaukseksi hyväksytään myös loogisesti oikea päättely c-kohdan väärän tuloksen perusteella.

9. a) Kuvaajista on luettu alkua- ja ekvivalenttikohdian pH-arvot oikein. 1/3 p.
 Alkukohtien pH-arvot on perusteltu oikein. 1/3 p.
 Ekvivalenttikohdian pH-arvot on perusteltu oikein. 2/3 p.
 Titrauskäyrien protolyytit on tunnistettu oikein vahvoiksi ja heikoiksi. 2/3 p.

A: Liuoksen pH on alussa 11 ja ekvivalenttipisteessä 5. Kyseessä on heikon emäksen titraus vahvalla hapolla, sillä alun pH vastaa heikon emäksen pH:ta ja heikon emäksen titrauksessa vahvalla hapolla syntyy hapan suola.

B: Liuoksen pH on alussa 3 ja ekvivalenttipisteessä 9. Kyseessä on heikon hapon titraus vahvalla emäksellä, sillä alun pH vastaa heikon hapon pH:ta ja heikon hapon titrauksessa vahvalla emäksellä syntyy emäksinen suola.

C: Liuoksen pH on alussa 13 ja ekvivalenttipisteessä 7. Kyseessä on vahvan emäksen titraus vahvalla hapolla, sillä alun pH vastaa vahvan emäksen pH:ta ja vahvan emäksen titrauksessa vahvalla hapolla syntyy neutraali suola, jonka pH on 7.

- b) Kuhunkin titraukseen on valittu sopiva pH-indikaattori. 3 x 1/3 p.

A: metyyliipunainen tai bromikresolivihreä

B: fenoliftaleiini tai tymolisinen

C: metyyliipunainen tai fenoliftaleiini tai bromitymolisininen

- c) Heikon hapon ja vahvan emäksen reaktion $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ tuotteena on emäksinen suola. Ekvivalenttikohdassa $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{NaOH})$. Kyse on muodostuneen suolaliuoksen protolyysitasapainosta. 2/3 p.

$$\text{Emästä kuluu } V(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{c(\text{NaOH})} = \frac{n(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{NaOH})} = \frac{0,0250 \text{ l} \cdot 0,200 \text{ mol/l}}{0,250 \text{ mol/l}} = 0,0200 \text{ l}$$

$$\text{Kokonaistilavuus } V = V(\text{CH}_3\text{COOH}) + V(\text{NaOH}) = 0,0250 \text{ l} + 0,0200 \text{ l} = 0,0450 \text{ l}$$

$$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{n(\text{CH}_3\text{COOH})}{V} = \frac{0,0050 \text{ mol}}{0,0450 \text{ l}} = 0,1111 \text{ mol/l} \quad \text{2/3 p.}$$

	$\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$	+	$\text{OH}^-(\text{aq})$
Alussa (mol/l)	0,1111				0		0
Tasapainossa (mol/l)	0,1111 - x ($\approx 0,1111$ approksimointi)				x		x

1/3 p.

$$K_b(\text{CH}_3\text{COO}^-) = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$5,6 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0,1111 - x}$$

tai perustellusti approksimoiden $5,6 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0,1111}$ 2/3 p.

Vain yhtälön positiivinen ratkaisu $x = 7,888 \cdot 10^{-6}$ on mahdollinen.

Tasapainotilassa $[\text{OH}^-] = 7,888 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$.

$$\text{pOH} = -\log(7,888 \cdot 10^{-6}) = 5,103, \text{ joten } \text{pH} = \text{p}K_w - \text{pOH} = 8,90.$$

Ekvivalenttikohdassa liuoksen pH on **8,90**. 2/3 p.

10. a) Ilmassa on typpeä on 78,08 tilavuus-% ja happea 20,95 tilavuus-%. 1,00 l ilmaa sisältää 0,7808 l N₂ ja 0,2095 l O₂.

1,00 litrassa ilmaa on näin ollen:

$$pV = nRT; n(\text{O}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{1,01325 \text{ bar} \cdot 0,2095 \text{ l}}{0,0831451 \frac{\text{bar} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273,15 \text{ K}} = 0,009347 \text{ mol}$$

$$pV = nRT; n(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{1,01325 \text{ bar} \cdot 0,7808 \text{ l}}{0,0831451 \frac{\text{bar} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 273,15 \text{ K}} = 0,03484 \text{ mol}$$

$$[\text{N}_2] = 0,03484 \text{ mol/l ja } [\text{O}_2] = 0,009347 \text{ mol/l}$$

1 p.

Tasapainotilassa:

	N ₂ (g)	+	O ₂ (g)	⇌	2 NO(g)
Alussa (mol/l)	0,03484		0,009347		
Tasapainossa (mol/l)	0,03484 - x		0,009347 - x		2x

1 p.

$$K = 1,7 \cdot 10^{-3} = \frac{(2x)^2}{(0,03484 - x) \cdot (0,009347 - x)}$$

1 p.

$$3,998 x^2 + 7,512 \cdot 10^{-5} x - 5,536 \cdot 10^{-7} = 0$$

Vain yhtälön positiivinen ratkaisu $x = 3,628 \cdot 10^{-4}$ on mahdollinen.

Tasapainossa $[\text{NO}] = 2x = 7,256 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx \mathbf{7,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}}$.

1 p.

Vaihtoehtoinen tapa alkukonsentraatioiden määrittämiseksi:

$$\rho(\text{N}_2) = 1,25 \text{ kg/m}^3 = 1,25 \text{ g/l}; \rho(\text{O}_2) = 1,429 \text{ kg/m}^3 = 1,429 \text{ g/l}$$

$$M(\text{N}_2) = 28,02 \text{ g/mol}; M(\text{O}_2) = 32,00 \text{ g/mol}$$

$$m = \rho V_{\text{puhdas}} \text{ ja } c = n/V_{\text{kok.}}$$

$$m(\text{N}_2) = 1,25 \text{ g/l} \cdot 0,7808 \text{ l} = 0,976 \text{ g}$$

$$m(\text{O}_2) = 1,429 \text{ g/l} \cdot 0,2095 \text{ l} = 0,2994 \text{ g}$$

$$[\text{N}_2] = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{0,976 \text{ g}}{28,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,00 \text{ l}} = 0,03483 \text{ mol/l ja } [\text{O}_2] = 0,009356 \text{ mol/l}$$

- b) Taulukkokirjan mukaan typpimonoksidin muodostumislämpö on +90,4 kJ/mol, joten reaktiolämpö on +180,8 kJ. Reaktio on endoterminen. 2/3 p.

Le Châtelier'n periaatteen mukaisesti endotermisten reaktioiden tasapainovakio kasvaa, kun lämpötila kasvaa. 1 p.

$$\mathbf{T_3 < T_1 < T_2}$$

1/3 p.

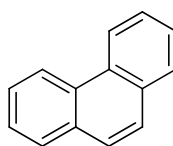
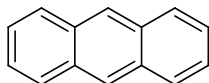
Lämpötilojen järjestyksen voi päätellä myös ilman koostumuksen perusteella. Jos reaktion tasapainovakio olisi suuri NTP-olosuhteissa, ilmakehän tyyppi ja happi olisivat jo kauan sitten reagoineet typpimonoksidiksi.

- +11. a) P 1/3 p.
H, C, N, O, S 2/3 p.

Perusteluna voi käyttää elämälle tärkeitä molekyylejä, kuten RNA, DNA, aminohapot ja vesi. Fosforin voi perustella myös tehtävänannon mukaisesti neutroninkaappausreaktiolla. 2 p.

Muita alkuaineita, kuten tärkeitä hivenaineita, hyväksytään, jos vastaus on hyvin perusteltu.

- b) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$ (etanoli) tai $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$ (dimetyylieetteri) 1/3 p.
 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$ (propanaali) 1/3 p.
 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ (syanoheksatriyyni) 2/3 p.
 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}\cdot$ (oktatetrayyniradikaali) 2/3 p.
- (antraseeni) tai (fenantreeni) 1 p.



Nimeämistä ei edellytetä.

Rakennekaavojen erilaiset esitystavat hyväksytään.

- c) Astrokemistit tutkivat tähtiä, tähtien välisen avaruuden pilviä ja materiaa, eksoplaneettoja, pyrstötähtiä, oman aurinkokuntamme taivaankappaleita ja meteoriitteja. Tutkimukset perustuvat siihen, mitä avaruudesta voi "nähdä". **Spektrometria on päätutkimusmenetelmä.** Ainoastaan meteoriitteja sekä kuusta noudettua ainetta voidaan tutkia myös muulla tavoin. 1 p.

Vastauksessa käsitellään jotain soveltuvaa menetelmää perusteluineen. 2 p.

Spektrejä voidaan mitata sekä maanpinnan observatorioissa että avaruusobservatorioissa, missä maan ilmakehä ei aiheuta häiriötä. Kaikki spektrometria perustuu siihen, että tapahtuu siirtymä systeemin (atomi, ioni, molekyyli jne.) kahden energiataason välillä. Siirtymän voi aiheuttaa säteilyn absorptio tai säteilyn emissio. Spektrometrin toimintaperiaate:

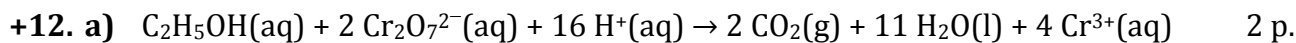
säteilylähde → näyte → detektori → tulkinta.

Astrokemiassa käytetyimmät säteilyalueet ovat radio- tai mikroaallot (MW), infrapunasäteily (IR) ja ultravioletti – näkyvä säteily (UV-VIS). MW-spektrometria tutkii molekyylien rotaatiospektrejä. Sen avulla voidaan tunnistaa pienien molekyylien rakenteita. IR-spektrometria tutkii molekyylien värähtelyliikkeitä. Sen avulla voidaan tunnistaa toiminnallisia ryhmiä ja molekyylejä. UV-VIS-spektrometria tutkii elektronisiirtymiä. Sen avulla voidaan tunnistaa atomeja ja ioneja.

Avaruusluotaimilla voidaan myös suorittaa massaspektrometrisia (MS) mittauksia. Massaspektrometrin toimintaperiaate:

säteilylähde → magneettikentän läpi → detektori → tulkinta.

Muut kemian analyysimenetelmät hyväksytään vain meteoriittien ja kuukivien yhteydessä.



- b) Henkilökohtaisia suojavälineitä käytetään. 1/3 p.
Näytteen käsittely tulee tehdä **vetokaapissa**. 1/3 p.
Jätteet tulee kerätä ja toimittaa ongelmajätelaitokselle. 2/3 p.

Turvallisuusnäkökohdat perustellaan joillakin kemikaalien ominaisuuksilla ja/tai työhön liittyvillä muilla vaaratekijöillä. 2/3 p.

Esimerkiksi:

- Elohopeasulfaatti on erittäin myrkyllinen aine.
- Kaliumdikromaatti on syöpäsairauksia aiheuttava aine.
- Hopeasulfaatti on syövyttävä ja ympäristölle vaarallinen aine.
- Rikkihappo on hyvin syövyttävä aine. Sen laimennus vedellä ja reaktio orgaanisten aineiden kanssa kehittää runsaasti lämpöä.
- Paine kasvaa putken sisällä, kun suljettua putkea kuumennetaan.

- c) Virhettä voivat aiheuttaa 2/3 p.
- vedessä olevat **muut hapettuvat aineet** (kuten Cl^-),
- näytteen **kontaminoituminen** näytteenoton ja säilytyksen aikana, tai näyte **ei ole edustava** eli näytteenoton virheet. 1/3 p.

- d) Vesinäytteeseen lisättiin dikromaattiliuosta
 $n(Cr_2O_7^{2-})_{alussa} = c \cdot V = 0,150 M \cdot 10,00 ml = 0,0015000 mol$

Titrauksessa kuluu dikromaattia

$$n(Cr_2O_7^{2-})_{kulutus} = \frac{c(Fe^{2+}) \cdot V(Fe^{2+})}{6} = \frac{0,250 M \cdot 32,65 ml}{6} = 0,0013604 mol \quad 1 p.$$

Orgaanisten yhdisteiden kanssa reagoi

$$n(Cr_2O_7^{2-})_{reagoi} = 0,0015000 mol - 0,0013604 mol = 1,3958 \cdot 10^{-4} mol \\ \approx \mathbf{1,40 \cdot 10^{-4} mol} \quad 1 p.$$

Reaktioyhtälöiden mukaan **yhtä** moolia orgaanista yhdistettä kohden reagoi **kaksi** moolia dikromaattia tai **kolme** moolia happea. Tällöin hapen kulutus olisi

$$n(O_2) = \frac{3}{2} \cdot n(Cr_2O_7^{2-}) = \frac{3}{2} \cdot 1,3958 \cdot 10^{-4} mol = 2,0937 \cdot 10^{-4} mol \quad 1 p.$$

$$COD_{Cr} = \frac{2,0937 \cdot 10^{-4} mol \cdot 32,00 \frac{g}{mol}}{50,00 \cdot 10^{-3} l} = 0,13400 g/l \approx 134 mg O_2/l$$

Näytteen COD-luku on **134 mg O₂/l**. 1 p.