



KEMIAN KOE 14.3.2018

HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Tutkintoaineen sensorikokous on hyväksynyt seuraavat hyvän vastauksen piirteet.

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, yksiköt ja asteikko. Mittauspisteisiin sovitetaan asianmukainen suora tai yhtenäinen kaareva viiva. Kuvaajaan merkitään johtopäätösten kannalta olennaiset kohdat, kuten ekvivalenttikohhta 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. Vastauksen puutteita voi jossain määrin kompensoida muiden näkökulmien syvällisellä käsittelyllä tai muilla lisäansioilla.

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.

Tehtävä arvostellaan $\frac{1}{3}$ pisteen tarkkuudella, ja loppusumma pyöristetään kokonaisiksi pisteiksi. Kemian kannalta epätasällisesta kielenkäytöstä, huolimattomasta kaavojen kirjoittamisesta tai pienistä laskuvirheistä vähennetään 0–1 p.

Tehtävä 1

- a) 3
- b) 4 tai 5
- c) 1
- d) 6
- e) 2
- f) 5

1 p./kohta

Tehtävä 2

- a) $n(\text{C}_3\text{H}_8) = 10,0 \text{ g} / (44,094 \text{ g/mol}) = 0,22679 \text{ mol}$. (2/3 p.)
 $n(\text{CO}_2) = 3 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \cdot 0,22679 \text{ mol} = 0,68036 \text{ mol}$ (2/3 p.)
 $m(\text{CO}_2) = 0,68036 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = 29,943 \text{ g}$ (2/3 p.)
Hiilidioksidia muodostui 29,9 grammaa.
- b) Täydelliseen palamiseen tarvittava hapen ainemäärä on
 $n(\text{O}_2) = 5 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8) = 5 \cdot 0,22679 \text{ mol} = 1,1339 \text{ mol}$ (2/3 p.)
- Tarvittava hapen tilavuus
 $V(\text{O}_2) = nRT/p =$ (2/3 p.)
- $(1,1339 \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}) / (101\,325 \text{ Pa})$
- $= 0,027742 \text{ m}^3 = 27,742 \text{ dm}^3$ (2/3 p.)
- Ilma sisältää 20,95 % happea. (1/3 p.)
 $V(\text{ilma}) = 27,742 \text{ dm}^3 / 0,2095 = 132,42 \text{ dm}^3$ (2/3 p.)
Tarvittavan ilman tilavuus oli 132 dm³ (0,132 m³).
- c) Pakkasella butaania sisältävästä nestekaasupullosta tulee huonosti kaasua, sillä butaanin kiehumispiste on $-0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ja butaania ei höyrysty riittävästi kaasuksi. Propanin kiehumispiste on $-42,1 \text{ }^\circ\text{C}$, joten se on kaasuna myös pakkasella. (1 p.)

Tehtävä 3

- a) Vahva happo protolysoituu (lähes) täydellisesti vesiliuoksessa. Esimerkiksi HCl ja HClO₄ ovat vahvoja happoja. (1 p.)
- Väkevä happo on liuos, jonka happokonsentraatio on suuri. Vahvasta tai heikosta haponsta voidaan tehdä väkevä tai laimea vesiliuos. Esimerkiksi vetykloridihappoa voidaan käyttää väkevänä 32-massaprosenttisena liuoksena, jonka konsentraatio on noin 10,2 M. (1 p.)
- b) Puhdas aine koostuu vain yhdestä alkuaineesta tai yhdisteestä. Esimerkiksi kulta Au ja natriumkloridi NaCl ovat puhtaita aineita. (1 p.)
- Seos koostuu kahdesta tai useammasta alkuaineesta tai yhdisteestä (puhtaasta aineesta). Esimerkiksi merivedessä on suolaa liuenneena veteen. (1 p.)

- c) Hydrolyysi on reaktio, jossa yhdiste reagoi veden kanssa, niin että (kovalettinen) sidos katkeaa tai molekyyli hajoaa.
Esimerkiksi esterihydrolyysissä $\text{esteri} + \text{vesi} \rightleftharpoons \text{alkoholi} + \text{happo}$. (1 p.)

Hydraus on additio- eli liittymisreaktio, jossa vetyä liitetään molekyylin kaksois- tai kolmoissidokseen tai tyydyttymättömään yhdisteeseen.

Esimerkiksi alkeenin kaksoissidokseen voidaan liittää vetyä katalyytin läsnä ollessa, jolloin kaksoissidos muuttuu yksinkertaiseksi sidokseksi. (1 p.)

Tehtävä 4

- a) Testosteronimolekyyli on **pooliton**, joten se on **rasvaliukoinen** ja imeytyy ihon lipidikerroksen läpi. (1 p.)

- b) Korkeassa paineessa syvällä vedenpinnan alla typpikaasua liukenee enemmän kudosten nesteeseen. Kun nouseaan pintaan, paine pienenee. **Kun paine pienenee, kaasun liukoisuus nesteeseen pienenee** ja kudostenesteisiin liuennut typpikaasu alkaa vapautua. Liian nopeassa pintaan nousussa paine alenee nopeasti ja kaasun liukoisuus laskee niin nopeasti, että kudostenesteisiin liuennut typpi ei ehdi poistua hengityksen kautta, vaan se vapautuu kaasukuplina. (1 p.)

- c) Happimolekyyli on **pooliton molekyyli**, ja sitä liukenee vain vähän **veteen, joka on poolinen liuotin**. Rikkidioksidi on **poolinen molekyyli**, ja se liukenee veteen hyvin. (1 p.)

Rikkidioksidin liukoisuus on suurempi kuin hapen, sillä **rikkidioksidi reagoi veden kanssa** muodostaen rikkihapoketta. Tämä kasvattaa rikkidioksidin liukoisuutta.

Happi ei reagoi veden kanssa. (1 p.)

Kohdasta saa pisteitä (enintään 1 p.) myös perustelemalla aineiden poolisuuksia tai poolittomuuksia, esimerkiksi rikin ja hapen elektronegatiivisuuseron tai rikkidioksidimolekyylin V-muodon avulla.

- d) Natriumkloridi (NaCl) on **ionirakenteinen/ionisidoksellinen yhdiste**. Suolan liuotessa veteen vesimolekyylit sitoutuvat ionihilan ioneihin ioni-dipolisidoksilla, jolloin ionit irtoavat hilasta.

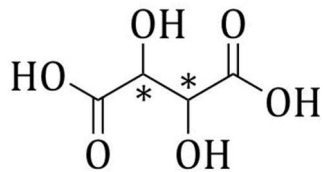
Vesimolekyylit ympäröivät ne, eli toisin sanoen ionit hydratoituvat. (1 p.)

Piidioksidi (SiO₂) esiintyy esimerkiksi kivilajeissa kvartsinä. Piidioksidissa on atomihila eli **verkkomainen rakenne**, jossa atomit sitoutuvat toisiinsa **kovalettisilla sidoksilla**. Piidioksidi on niukkaliukoinen veteen. (1 p.)

Tehtävä 5

- a) **A** amiini tai amiiniryhmä (1/3 p.)
B fenoli tai fenoliryhmä (1/3 p.)
C esteri tai esteriryhmä (1/3 p.)
D karboksyylihappo tai karboksyylihapporyhmä (1/3 p.)
E alkoholi (hydroksihappo) tai alkoholiryhmä (1/3 p.)
F karboksyylihappo tai karboksyylihapporyhmä (1/3 p.)

- b) Viinihapossa on kaksi asymmetriakeskusta eli hiiliatomia, joka on sitoutunut neljään erilaiseen atomiin tai atomiryhmään.



(2 p.)

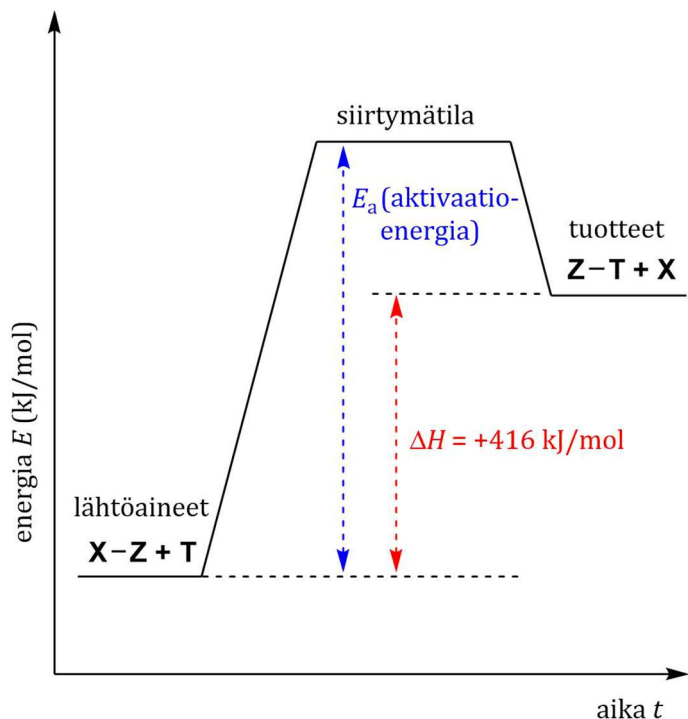
- c)



(2 p.)

Tehtävä 6

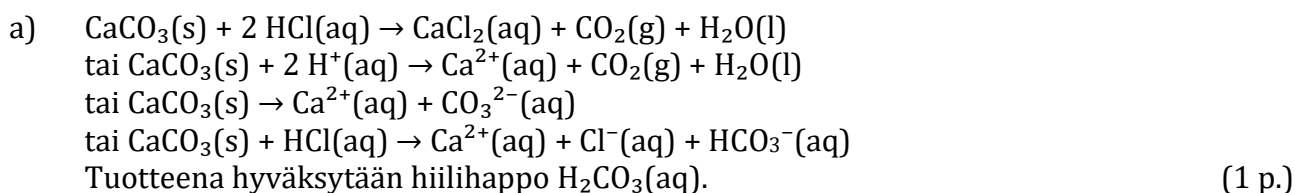
- a) Kuvaajaan $E(t)$ tai $H(t)$ on merkitty lähtöaineiden energiataso, aktivaatioenergia sekä tuotteiden energiataso. Vaaka-akselina voi olla ajan tilalla myös reaktion eteneminen. Tuotteiden energia on 416 kJ/mol suurempi kuin lähtöaineiden.



(2 p.)

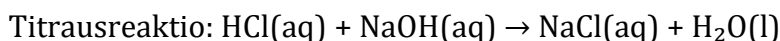
- b) Energiaa kuluu sidoksen X—Z katkaisemiseen, ja energiaa vapautuu, kun sidos Z—T muodostuu. (1 p.)
- c) Reaktioentalpia on positiivinen, eli reaktio sitoo energiaa. Siksi sidoksen X—Z katkaisemiseen kuluu enemmän energiaa, kuin mitä vapautuu, kun sidos Z—T muodostuu. Siten sidos X—Z on vahvempi. Sidosenergioiden ero on 416 kJ/mol . (1 p.)
- d) Taulukkokirjaan on merkitty kyseisen sidostyyppin keskimääräinen sidosenergia eri yhdisteissä. Yksittäisessä yhdisteessä sidosenergia poikkeaa jossain määrin keskimääräisestä arvosta. Tehtävänannon reaktioentalpia on määritetty kokeellisesti juuri tälle reaktiolle, kun taas keskimääräisten sidosenergioiden perusteella saadaan vain arvio sidosenergian suuruudesta yksittäisessä tapauksessa. Kokeellinen arvo on siis luotettavampi. (2 p.)

Tehtävä 7



- b) Tutkimuksesta tarvittavat mittaustulokset ja lähtöarvot:
- kananmunan kuoren massa
 - lisätyn vetykloridihapon konsentraatio
 - lisätyn vetykloridihapon tilavuus
 - titrauksessa käytetyn natriumhydroksidiliuoksen konsentraatio
 - natriumhydroksidiliuoksen kulutus titrauksessa.
 - kalsiumkarbonaatin moolimassa
 - indikaattorin värinmuutosalueen pH
- (2 p.)

Vastauksessa voi käyttää kaavoja ja laskuja perusteluna, mutta niitä ei edellytetä.



$$n(\text{HCl})_{\text{lisätty}} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})_{\text{lisätty}}$$

$$n(\text{HCl})_{\text{ylim.}} = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

$$n(\text{HCl})_{\text{liuotuksessa kulutettu}} = n(\text{HCl})_{\text{lisätty}} - n(\text{HCl})_{\text{ylim.}}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{HCl})_{\text{liuotuksessa kulutettu}}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)$$

$$m\% = m(\text{CaCO}_3) / m(\text{kananmunan kuori}) \cdot 100\%$$

- c) Virhettä tai epätarkkuutta aiheuttavia seikkoja:
- Kananmunan kuorella voi olla muita happo-emäsreaktiolla reagoivia aineita kuin kalsiumkarbonaattia.
 - Kananmunan kuorella voi olla muita (massaan vaikuttavia) epäpuhtauksia, esim. solukalvoa.
 - Kananmunan kuoren kuivaus on tehty huolimattomasti.
 - Fenoliftaleiinia on käytetty indikaattorina, vaikka kyseessä on vahvan hapon ja vahvan emäksen neutralointi.
 - Liuoksesta vapautuva hiilidioksidi voi vaikuttaa mittaustuloksiin.
 - Näytteen käsittelyssä ja titrauksessa voi olla ongelmia, esim. titrauksen päätepisteen havaitsemisvirhe, epäpuhtaudet välineissä, liuosten konsentraatioiden epätarkkuudet sekä punnitus- ja laskuvirheet.
- (2 p.)

- d) Kananmunankuori liukenee hitaasti vetykloridihappoon, jolloin titraus kestäisi hyvin pitkään.
Tai Liukeneminen ei välttämättä tapahdu laimeassa happoliuoksessa, joten happoa joudutaan lisäämään enemmän.
Tai Nesteet reagoivat paremmin keskenään kuin kiinteä aine ja neste.
Tai Kuoren reagoidessa suolahapon kanssa muodostuu kuplia, mikä häiritsee päätepisteen havaitsemista. (1 p.)

Tehtävä 8

- a) Anodina on puhdas nikkelimetallitanko tai inertti elektrodi (hiili, platina). Elektrolyyttiliuoksena on nikkeli-suolan vesiliuos (esim. NiSO_4). (2/3 p.)

Anodi ja katodi upotetaan nikkeli-suolan tai muun suolan (ei sisällä helposti pelkistyviä ioneja) vesiliuokseen tai sulateteeseen. Katodin ja anodin välinen jännite säädetään sopivaksi ulkoisen jännitelähteen avulla. Metallilevy kytketään jännitelähteen negatiiviseen napaan eli elektrolyysikennon katodiksi. (1 p.)

Tällöin metallilevyn pinnalle saostuu nikkeliä eli katodireaktio: $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$.

Anodireaktio: $\text{Ni}(\text{s}) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$, jos anodina on nikkelitanko,
tai $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^-$, jos elektrodina on inertti elektrodi. (1 1/3 p.)

Vastauksena voi olla myös selkeä piirros merkintöineen.

- b) virtahyötysuhde: $I_{\text{hyödynnetty}} = 0,60 \cdot I_{\text{käytetty}} = 0,60 \cdot 1,00 \text{ A} = 0,60 \text{ A}$ (2/3 p.)

$$z = 2$$

$$n(\text{Ni}) = It/zF = 0,60 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} / (2 \cdot 96485 \text{ As/mol}) = 0,011193 \text{ mol} \quad (2/3 \text{ p.})$$

$$m(\text{Ni}) = nM = 0,011193 \text{ mol} \cdot 58,69 \text{ g/mol} = 0,65694 \text{ g}$$

Nikkeliä muodostuu 0,657 grammaa. (1/3 p.)

Muodostuneen nikkelin tilavuus voidaan laskea tiheyden avulla
 $V(\text{Ni}) = m/\rho = 0,65694 \text{ g} / (8,90 \text{ g/cm}^3) = 0,073814 \text{ cm}^3$ (2/3 p.)

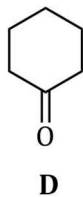
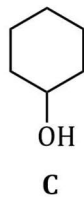
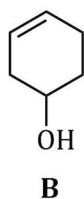
Nikkelikerroksen paksuus

$$h(\text{Ni}) = V(\text{Ni})/A = 0,073814 \text{ cm}^3 / (100,0 \text{ cm}^2) = 7,3811 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 7,38 \text{ }\mu\text{m}$$

Nikkelikerroksen paksuus on 7,38 μm . (2/3 p.)

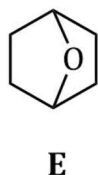
Tehtävä 9

a)



(3 x 2/3 p.)

b)

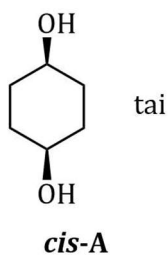


(2/3 p.)

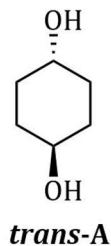
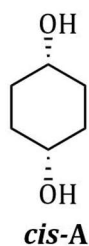
Yhdiste **E** on symmetrinen. Se ei reagoi hydrausreaktiossa, koska siinä ei ole kaksois- tai kolmoissidosta, (joka voisi pelkistyä). (2/3 p.)

Se ei reagoi hapetusreaktiossa, koska siinä ei ole hydroksyyliiryhmää tai aldehydiryhmää, joka voisi hapettua. (2/3 p.)

c) Vastauksessa kuvataan hydroksyyliiryhmien sijoittuminen tason ylä- ja alapuolille sanallisesti tai kuvan avulla.



tai



(2/3 p.)

Yhdisteellä **B** voi esiintyä optista isomeriaa (enantiomeriaa), koska siinä on asymmetrinen hiiliatomi. (2/3 p.)

Kaikilla yhdisteillä **B–D** voi esiintyä konformaatioisomeriaa. Kuuden hiilen sykloalkaaniringas voi asettua esimerkiksi tuoli- tai venemuotoon. Hydroksyyliiryhmän vedyn ja hapen välinen sidos voi kiertyä eri asentoihin. (2/3 p.)

Tehtävä 10

Neutralointireaktio: $\text{HA}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaA}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (1/3 p.)

$n(\text{NaOH}) = cV = 0,511 \text{ M} \cdot 0,0274 \text{ l} = 0,014001 \text{ mol} = n(\text{HA})$ (1/3 p.)

$M(\text{HA}) = m/n = 179,27 \text{ g/mol} \approx 179 \text{ g/mol}$ (1/3 p.)

Asetyylisalisyylihapon moolimassa on 179 g/mol.

Liuoksen pH = 3,02 vetykloridihapon lisäyksen jälkeen, joten tasapainossa
 $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 9,5499 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ (1/3 p.)

Neutraloinnin jälkeen liuoksessa on
 $n(\text{A}^-) = n(\text{NaA}) = n(\text{NaOH}) = 0,511 \text{ mol/l} \cdot 0,0274 \text{ l} = 0,014001 \text{ mol}$ (2/3 p.)

Liuokseen lisätään vetykloridihappoa:
 $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HCl}) = cV = 0,768 \text{ M} \cdot 0,0137 \text{ l} = 0,010522 \text{ mol}$ (1/3 p.)

Tapahtuu reaktio: $\text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HA}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$n(\text{A}^-) = 0,014001 \text{ mol} - 0,010522 \text{ mol} = 0,0034798 \text{ mol}$ (1/3 p.)

$n(\text{HA}) = 0,010522 \text{ mol}$ (1/3 p.)

$V(\text{kok.}) = V(\text{NaOH}) + V(\text{HCl}) = 27,4 \text{ ml} + 13,7 \text{ ml} = 41,1 \text{ ml} = 0,0411 \text{ l}$ (1/3 p.)

Tasapaino: (1/3 p.)

	$\text{HA}(\text{aq})$	$+ \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\rightleftharpoons \text{A}^-(\text{aq})$	$+ \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
Alussa	0,010522/0,0411		0,0034798/0,0411	≈ 0
(mol/l)				
Tasapainossa	$(0,010522/0,0411) -$		$(0,0034798/0,0411) +$	$9,5499 \cdot 10^{-4}$
(mol/l)	$9,5499 \cdot 10^{-4}$		$9,5499 \cdot 10^{-4}$	

Tasapainossa:
 $c(\text{HA}) = (0,010522/0,0411) \text{ mol/l} - 9,5499 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = 0,25505 \text{ mol/l}$ (2/3 p.)

$c(\text{A}^-) = (0,0034798/0,0411) \text{ mol/l} + 9,5499 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = 0,085622 \text{ mol/l}$ (2/3 p.)

$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ (1/3 p.)

$= \frac{9,5499 \cdot 10^{-4} \cdot 0,085622}{0,25505} = 3,2060 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ (2/3 p.)

Asetyylisalisyylihapon happovakio on $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$.

VAIHTOEHTOINEN RATKAISU 1:

Tasapainossa $\text{pH} = 3,02$.

$$[\text{H}^+] = 9,5499 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$V(\text{kok.}) = 41,1 \text{ ml} = 0,041100 \text{ l}$$

$$n(\text{H}^+)_{\text{liuoksessa}} = 3,9250 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}^+)_{\text{lisätty}} = n(\text{HCl})_{\text{lisätty}} = 0,76800 \text{ mol/l} \cdot 0,013700 \text{ l} = 0,010522 \text{ mol}$$

$$n(\text{A}^-) + n(\text{HA}) = n(\text{NaOH}) = 0,014001 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}^+)_{\text{liuoksessa}} = n(\text{H}^+)_{\text{lisätty}} - n(\text{HA})$$

$$n(\text{HA}) = n(\text{H}^+)_{\text{lisätty}} - n(\text{H}^+)_{\text{liuoksessa}} = 0,010482 \text{ mol}$$

$$n(\text{A}^-) = n(\text{NaOH}) - n(\text{HA}) = 0,0035191 \text{ mol}$$

$$\text{Happovakio } K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{\frac{3,9250 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{0,0411 \text{ l}} \cdot \frac{0,0035191 \text{ mol}}{0,0411 \text{ l}}}{\frac{0,010482 \text{ mol}}{0,0411 \text{ l}}} = 3,2060 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$K_a \approx 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

VAIHTOEHTOINEN RATKAISU 2 (Puskuriliuos-oletus):

Tasapainossa liuoksessa on heikkoa happoa ja sen vastinemästä. Oletetaan, että liuos on puskuriliuos, jolloin tasapainon asettumisessa tapahtuva vetyionimuutos on merkityksetön.

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 9,5499 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$c(\text{A}^-) = (0,014001 \text{ mol} - 0,010522 \text{ mol}) / (0,0411 \text{ l}) = 0,084647 \text{ mol/l}$$

$$c(\text{HA}) = 0,010522 \text{ mol} / (0,0411 \text{ l}) = 0,25601 \text{ mol/l}$$

IOKO

$$\text{Happovakio } K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \approx \frac{[\text{H}^+] \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

$$K_a = \frac{(9,5499 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{l}}) \cdot (0,084647 \frac{\text{mol}}{\text{l}})}{0,25601 \text{ mol/l}} = 3,158 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$K_a \approx 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

TAI

$$\text{Henderson-Hasselbalch: } \text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 3,02 - \lg \frac{0,084647}{0,25601} = 3,5006$$

$$K_a = 10^{-3,5006} = 3,158 \cdot 10^{-4}$$

$$K_a \approx 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Tehtävä +11

- a) α -Bisabololin ($C_{15}H_{26}O$) moolimassa on 222,358 g/mol. (2/3 p.)

Yhdessä millilitrassa kamomillauutetta voi olla α -bisabololia vähintään $0,03 \cdot 0,91 \text{ g} = 0,0273 \text{ g}$ ja enintään $0,25 \cdot 0,91 \text{ g} = 0,2275 \text{ g}$.

α -Bisabololin konsentraatio kamomillauutteessa $c = n/V = m/M/V$ vähintään $c = 0,0273 \text{ g} / (222,358 \text{ g/mol}) / (0,0010 \text{ l}) = 0,12277 \text{ mol/l}$ ja enintään $c = 0,2275 \text{ g} / (222,358 \text{ g/mol}) / (0,0010 \text{ l}) = 1,02312 \text{ mol/l}$. (1 p.)

30 laimennoksen jälkeen α -bisabololin konsentraatio on vähintään $c = (1/100)^{30} \cdot 0,12277 \text{ mol/l} = 1,2277 \cdot 10^{-61} \text{ mol/l}$ ja enintään $c = (1/100)^{30} \cdot 1,02312 \text{ mol/l} = 1,02312 \cdot 10^{-60} \text{ mol/l}$.

Konsentraatio on $(1-10) \cdot 10^{-61} \text{ mol/l}$. (1 1/3 p.)

1,0 ml:n annoksessa on α -bisabololimolekyylejä $lkm = c \cdot N_A \cdot V$

Vähintään $1,2277 \cdot 10^{-61} \text{ mol/l} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} \cdot 0,0010 \text{ l} = 7,4 \cdot 10^{-41} \text{ kpl}$ ja enintään $1,02312 \cdot 10^{-60} \text{ mol/l} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ kpl/mol} \cdot 0,0010 \text{ l} = 6,2 \cdot 10^{-40} \text{ kpl}$

Todennäköisyys on käytännössä olematon. (1 p.)

- b) Kuvatulla menetelmällä 0,20 mg tetradekaania tuottaa piikin, jonka pinta-ala on 94 430. $x \text{ mg}$ α -bisabololia tuottaa piikin, jonka pinta-ala on 102 765. Piikin pinta-ala on suoraan verrannollinen yhdisteen massaan
- $$\frac{x \text{ mg}}{0,20 \text{ mg}} = \frac{102\,765}{94\,430} \quad (2/3 \text{ p.})$$

$$x = 0,20 \text{ mg} \cdot (102765/94430) = 0,2177 \text{ mg} \quad (2/3 \text{ p.})$$

$$100 \% \cdot 0,2177 \text{ mg} / (1,00 \text{ mg}) = 21,77 \% \quad (1/3 \text{ p.})$$

Kamomillauute sisälsi α -bisabololia 22 %. (1/3 p.)

- c) Tuotteiden soveltuvuutta lääkekäyttöön voidaan arvioida ED_{50} -arvon avulla. Jotta 50 % ihmisistä saa lääkkeestä hyötyä, α -bisabololia tarvitaan $m_{\text{henkilö}} \cdot 140 \text{ mg/kg}$. Esimerkiksi 70 kg painaville ihmisille näin laskettu annos on 9 800 mg. Tätä lukuarvoa voi käyttää arvion lähtökohtana. Annoksen pitää olla kuitenkin suurempi, jotta yli 50 % henkilöistä saa lääkkeestä hyötyä. (2/3 p.)

Homeopaattisen "lääkkeen" ohjeessa α -bisabololia laimennetaan, kunnes sen pitoisuus on $(1-10) \cdot 10^{-61} \text{ mol/l}$ eli häviävän pieni. Homeopaattisen "lääkkeen" annoksen tulisi olla $(4-43) \cdot 10^{59}$ litraa. Annos on mahdoton. Lääketieteellisestä näkökulmasta α -bisabolilla ei ole tulehdusta lievittävää vaikutusta laimennusten jälkeen. (2/3 p.)

Kamomillauutteen annos olisi
3-prosenttisesta uutteesta $9800 \text{ mg}/0,03 = 326\,667 \text{ mg} = 330 \text{ g}$ eli noin 360 ml
tai 25-prosenttisesta uutteesta $9800 \text{ mg}/0,25 = 39\,200 \text{ mg} = 39,2 \text{ g}$ eli noin 43 ml.
Kamomillauutteen käyttö lääkkeenä ei ole järkevää. Näin suuren uutemäärän juominen
voi olla vaikeaa. Uutteen sisältämät muut yhdisteet voivat aiheuttaa haittoja. (1 p.)

Puhtaana α -bisabololin annos olisi 9 800 mg. Tämä on hyvin suuri annos verrattuna esi-
merkiksi yleisesti käytettyihin lääkkeisiin. Esimerkiksi aspiriinia on tyypillisesti
500 mg yhdessä tabletissa. ($\frac{2}{3}$ p.)

Tehtävä +12

- a) Lämpötilan nostaminen pienentää ammoniakkin saantoa. Reaktio on eksoterminen, ja reaktio siirtyy endotermiseen suuntaan lämpötilan noustessa. Tasapainovakio pienenee. (1 p.)

Paineen nostaminen lisää ammoniakkin saantoa. Paineen nousu johtuu tilavuuden pienenemisestä tai lähtöaineiden ainemäärän kasvattamisesta.
Lähtöainekonsentraatioiden kasvattaminen siirtää tasapainoa reaktiotuotteiden suuntaan. Tasapainovakio pysyy vakiona. (1 p.)

- b) A: Ammoniakkia muodostuu raudan katalysoidessa reaktiota
 $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$. (1 p.)
B: Ammoniakki tiivistyy nesteeksi. (1 p.)
C: Reagoimaton vety ja typpi palautetaan prosessiin. (1 p.)

- c) Vastauksessa analysoidaan tuotantoprosessin eri vaiheita reaktion nopeuteen vaikuttavien tekijöiden ja Le Châtelier'n periaatteen avulla. (enintään 4 p.)

Reaktionopeus on suurimmillaan katalyytin kohdalla tai heti sen jälkeen. ($\frac{2}{3}$ p.)
Reaktio on (lähes) tasapainossa katalyytin kohdalla tai heti sen jälkeen. ($\frac{2}{3}$ p.)

Loput kohdan pisteet ($2 \frac{2}{3}$ p.) voivat kertyä erilaisilla ansioilla. Pisteitä kertyy 0–2 pistettä/teema riippuen teeman käsittelyn syvyydestä.

Reaktionopeutta kasvattavat tekijät (0-1 p.):

- lähtöaineiden suuri konsentraatio tai paineen kasvattaminen, $\frac{1}{3}$ p.
- kaasujen lämmitys (katalyytin kohdalla), $\frac{1}{3}$ p.
- katalyytti, $\frac{1}{3}$ p.
- huokoinen katalyytti takaa suuren reagoivan pinta-alan, $\frac{1}{3}$ p.

Tasapainoasemaan vaikuttavat tekijät (0-1 p.):

- katalyytti ei vaikuta tasapainoasemaan, $\frac{1}{3}$ p.
- katalyytin jälkeen seos ei ehdi asettumaan uuteen tasapainoon ennen ammoniakkin tiivistymistä nesteeksi, $\frac{2}{3}$ p.

Tuotannon tehokkuuteen tai saannon parantamiseen vaikuttavat tekijät (0-2 p.):

- ammoniakkin poistaminen reaktioseoksesta, $\frac{1}{3}$ p.
- reagoimattoman typen ja vedyn palautus prosessiin, $\frac{1}{3}$ p.
- nopeuden ja tasapainon ristiriita käytetystä lämpötilasta, $\frac{2}{3}$ p.
- korkea paine, $\frac{1}{3}$ p.

- vielä korkeampi paine voi olla teknisesti vaikea saavuttaa, $\frac{1}{3}$ p.

Esimerkiksi:

Vety- ja typpikaasua lisätään reaktoriin. Lähtöaineiden suuri konsentraatio nopeuttaa reaktiota ja siirtää tasapainoa reaktiotuotteiden puolelle. Kaasuja lämmitetään, jotta reaktionopeus saadaan mahdollisimman suureksi. Pumpun (P) avulla reaktoriin säädetään korkea paine reaktiolle, jotta ammoniakin saanto olisi suuri. Katalyytin kohdalla lämpötila pidetään korkeana, jotta reaktio tapahtuisi nopeasti. Lämmönvaihtimet ja pumpun aikaansaama paineen pienennys jäähdyttävät kaasuseosta, jolloin ammoniakki tiivistyy nesteeksi. Ammoniakin jatkuva poistaminen reaktioseoksesta parantaa saantoa. Reagoimaton vety ja typpi palautetaan prosessiin, mikä parantaa reaktion saantoa.

Ammoniakkireaktio on eksotermisen eli tuottaa lämpöä. Tällöin reaktio etenee pidemmälle, jos käytetään mahdollisimman matalaa lämpötilaa. Matala lämpötila kuitenkin hidastaa reaktiota, ja tasapainon saavuttamiseen kuluu pidempi aika. Valitun lämpötilan seurauksena saanto on pienempi kuin mitä se teoreettisesti voisi olla.

Katalyytti nopeuttaa etenevää ja palautuvaa reaktiota alentamalla reaktion aktivaatioenergiaa, jolloin tasapaino saavutetaan nopeasti. Katalyytti ei vaikuta tasapainoasemaan. Katalyytin kohdalla reaktorin paine on noin 200 atm. Prosessissa käytetään korkeaa painetta, jotta saadaan saanto mahdollisimman suureksi. Vielä korkeampi paine voi olla kallis toteuttaa tai teknisesti vaikea saavuttaa. Katalyytin huokoinen materiaali takaa suuren reagoivan pinta-alan, mikä nopeuttaa reaktiota.

Reaktio on tasapainossa tai lähes tasapainossa katalyytin kohdalla. Korkeassa lämpötilassa ja katalyytin vaikutuksesta tasapainoasema saavutetaan nopeasti. Katalyytin jälkeen ja lämpötilan laskiessa reaktionopeus pienenee erittäin paljon. Seos ei ehdi asettumaan uuteen tasapainoon ennen ammoniakin tiivistymistä nesteeksi.