



## KEMIAN KOE 19.9.2016 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 pienimmin 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 selittävässä vastauksissa tekstiä täydennetään reaktioyhtälöillä, kaavoilla tai piirroksilla. Hyvä vastaus on jäsenneily ja sisällöltään johdonmukainen. 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.

Kemian kannalta epätäsmällisestä kielenkäytöstä, huolimattomasti piirretyistä orgaanisten yhdisteiden rakennekaavoista tai huolimattomasta kaavojen kirjoittamisesta sekä virheellisistä nimistä vähennetään 0–1 p. Pieni laskuvirhe tai likiarvojen huolimaton käyttö aiheuttaa  $1/3$ –1 pisteen vähennyksen. Tuloksen tarkkuus määräytyy epätarkimman lähtöarvon mukaan.

## Tehtävä 1

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

(6 x 1 p.)

## Tehtävä 2

- a)  $M(\text{nitroglyseriini}) = 227,10 \text{ g/mol}$   
 $n(\text{nitroglyseriini}) = 2,0 \text{ g} / (227,10 \text{ g/mol}) = 0,008807 \text{ mol}$  (1 p.)

$$n(\text{kaasut}) = 29/4 \cdot n(\text{nitroglyseriini})$$
$$= 29/4 \cdot 0,008807 \text{ mol} = 0,06385 \text{ mol} \quad (1 \frac{2}{3} \text{ p.})$$

$$V = n(\text{kaasut}) \cdot R \cdot T/p$$
$$= 0,06385 \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 393,15 \text{ K} / 101000 \text{ Pa}$$
$$= 0,002066 \text{ m}^3 \approx 2,1 \text{ l} \quad (1 \frac{1}{3} \text{ p.})$$

**Kaasua muodostuu 2,1 l.**

- b) Räjähdyksaineen hajoaminen on **voimakkaasti eksoterminen reaktio**, jossa vapautuu suuri määrä energiaa. (2/3 p.)

Reaktio tapahtuu **erittäin nopeasti**. (2/3 p.)

Räjähdyksreaktion **tuotteena muodostuu suuri määrä kaasua**, mikä synnyttää paineaallon. (2/3 p.)

### Tehtävä 3

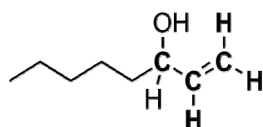
- a) Ruokasooda reagoi hapon kanssa, jolloin syntyy hiilidioksidikaasua, joka saa aikaan taikinan kohoamisen: (1 p.)  
 $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$  (1 p.)

*Ruokasoodan hajoaminen lämmön vaikutuksesta, 1/3 p.*

- b) Pulloettavaan nesteeseen on liuotettu paineella ja alhaisessa lämpötilassa hiilidioksidia, jota vapautuu, kun pullo avataan. Hiilidioksidin liukoisuus nesteeseen pienenee, kun paine pienenee (ja lämpötila kasvaa). (1 p.)
- c) Polyeteenimuovi sisältää vain hiiltä ja vetyä, joten sen palaessa puhtaasti syntyy vain hiilidioksidia ja vettä. (1 p.)  
PVC-muovin palaessa syntyy haitallista vetykloridikaasua, joka veden kanssa kosketuksiin joutuessaan muodostaa syövyttävää suolahappoa. Epätäydellisessä palamisessa voi muodostua myös organoklooriyhdisteitä. (1 p.)
- d) Ammoniumnitraatin liukenemisreaktio on endoterminen, koska ionihilan hajoamisessa kuluu enemmän energiaa kuin hydratoitumisessa vapautuu. Liukenemisprosessiin tarvittava energia otetaan lämpönä ympäristöstä (vedestä), jolloin vesi jäähtyy. (1 p.)

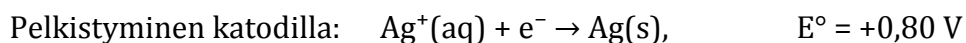
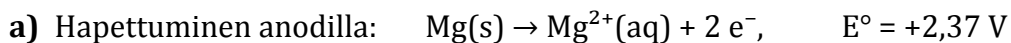
### Tehtävä 4

- a) 1-okten-3-olin funktionaaliset ryhmät ovat:  
- alkoholiryhmä (hydroksyyliiryhmä), (2/3 p.)  
- C=C-kaksoissidos (alkenyyliryhmä) (1/3 p.)
- DEET:in funktionaaliset ryhmät ovat:  
- amidiryhmä, (2/3 p.)  
- aromaattinen rengas (1/3 p.)
- b) Kyseessä on optinen isomeria/peilikuvaisomeria/enantiomeria. (1 p.)  
1-okten-3-olissa on hiiliatomi, johon on sitoutunut neljä erilaista ryhmää. (1 p.)
- c) Entsyymien vaikutuksesta muodostuu selektiivisesti yhtä enantiomeeria. Entsyymi toimii niin sanotulla avain-lukkoperiaatteella. Entsyymin rungon tietty kohta on "lukko", johon vain toinen enantiomeeri osuu kuin "lukkoon" sopiva "avain". (1 p.)
- d) Samassa tasossa ovat 1-okten-3-olin **kaksoissidoksen hiiliatomit sekä kaksoissidoksen hiiliatomeihin liittyneet kolme vetyatomia** ja **yksi hiiliatomi**. Kuvassa nämä atomit on merkitty lihavoituna. (1 p.)

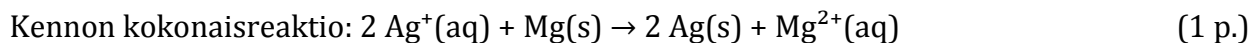


1-okten-3-oli

## Tehtävä 5



Kennon lähdejännite:  $2,37 \text{ V} + 0,80 \text{ V} = 3,17 \text{ V}$  (1 p.)



b) Magnesiumin ainemäärän muutos:

$$n(\text{Mg}) = It/zF = 0,1 \text{ A} \cdot 28800 \text{ s} / (2 \cdot 96485 \text{ A}) = 0,014925 \text{ mol} \quad (1 \text{ } 1/3 \text{ p.})$$

Hopean ainemäärän muutos:

$$n(\text{Ag}) = 2 \cdot n(\text{Mg}) = 2 \cdot 0,014925 \text{ mol} = 0,029849 \text{ mol} \quad (1 \text{ } 1/3 \text{ p.})$$

Liuoksissa magnesiumkonsentraatio kasvaa ja hopeakonsentraatio pienenee. (2/3 p.)

Konsentraatio liuoksissa lopussa:  $c = n/V$

$$[\text{Ag}^{+}] = 1,0 \text{ mol/l} - (0,029849 \text{ mol})/0,150 \text{ l} = (1,0 - 0,19899) \text{ mol/l}$$

$$[\text{Ag}^{+}] = 0,80 \text{ mol/l}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,0 \text{ mol/l} + (0,014925 \text{ mol})/0,150 \text{ l} = (1,0 + 0,0995) \text{ mol/l}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,10 \text{ mol/l}$$

Hopeaionikonsentraatio on 0,80 mol/l ja magnesiumionikonsentraatio on 1,10 mol/l

(2/3 p.)

## Tehtävä 6

- a) Le Châtelier'n periaatteen mukaisesti suljetun reaktioastian tilavuuden kasvattaminen siirtää tasapainoasemaa suuntaan, jossa on enemmän kaasumooleja. Reaktioyhtälöstä  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 3 \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$  nähdään, että reaktiotuotteissa on enemmän kaasumooleja kuin lähtöaineissa (2 → 4). (2/3 p.)

Tasapaino siirtyy tuotteiden puolelle. (2/3 p.)  
Tasapainovakio ei muutu, sillä lämpötila ei muutu. (2/3 p.)

- b) Vedyn osuus kasvaa lämpötilan noustessa, joten tasapainoasema siirtyy reaktiotuotteiden puolelle lämpötilan noustessa. (1/3 p.)

Le Châtelier'n periaatteen mukaan tasapainoasema siirtyy endotermiseen suuntaan lämpötilan noustessa. Reaktio on endoterminen. (2/3 p.)

- c) Tasapainovakion lauseke

$$K = \frac{[\text{H}_2]^3[\text{CO}]}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]} = 5,9 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2 \quad (1/3 \text{ p.})$$

Lausekkeeseen sijoitetaan seoksen konsentraatiot:

$$Q = \frac{\left(\frac{0,30 \text{ mol}}{2,001}\right)^3 \cdot \frac{0,30 \text{ mol}}{2,001}}{\frac{0,016 \text{ mol}}{2,001} \cdot \frac{0,016 \text{ mol}}{2,001}} = 7,9 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2 > 5,9 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2 \quad (1 \text{ p.})$$

Reaktio ei ole tasapainossa, sillä konsentraatiot eivät vastaa tasapainovakion mukaisia konsentraatioita. (2/3 p.)

Palautuvan reaktion nopeus on suurempi kuin etenevän reaktion nopeus. Reaktiotuotteiden konsentraatio pienenee tasapainon asettua. (1 p.)

## Tehtävä 7

- a) Vasemmanpuoleisessa keittopullossa havaitaan kuplia (tai kuullaan sihinää) happikaasun muodostuessa. (1 p.)



- b) Lasiputkessa havaitaan rikin sulaminen ja/tai rikin määrän pieneneminen.



(2/3 p.)

*Vastauksena hyväksytään myös vastaava rikkiatrioksidin muodostuminen*  
 $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$ .

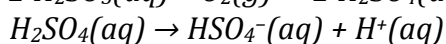
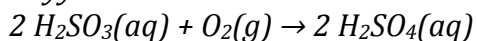
- c) Oikeanpuoleisessa keittopullossa havaitaan kaasun kupliminen. (1/3 p.)



Havaitaan indikaattorin värinmuutos vihreästä keltaiseksi; (2/3 p.)  
indikaattori vaihtaa väriä, koska liuos muuttuu happamaksi. (2/3 p.)

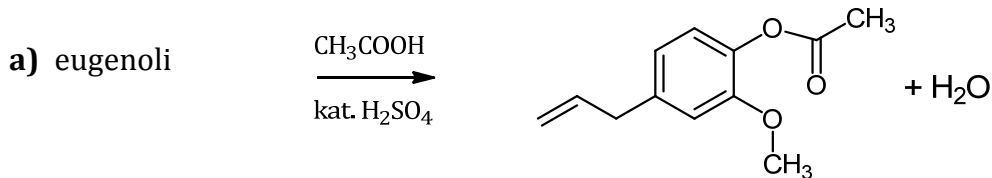
*Vastauksena hyväksytään myös rikkiatrioksidin reaktio veden kanssa:*  
 $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ .

*Vastauksena hyväksytään myös rikkihapokkeen hapettuminen rikkihapoksi ja vastaava protolyysireaktio:*



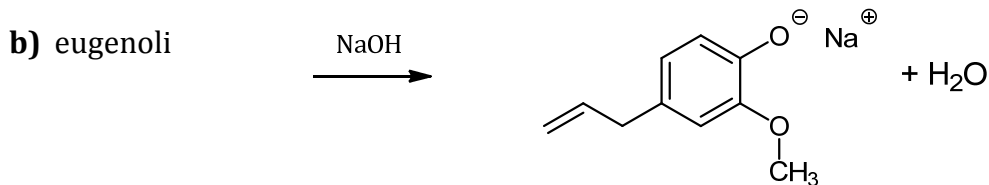
*Vastauksessa ei vaadita indikaattorin värinmuutosreaktiota:  $\text{HIn} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{In}^-$*

## Tehtävä 8



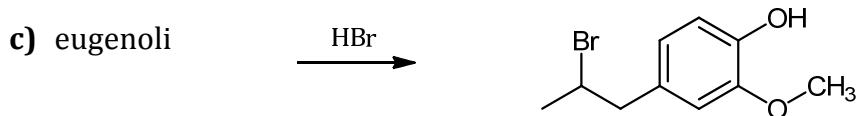
esteröitymis-/kondensaatioreaktio

(2/3 p.)  
(1/3 p.)



suolanmuodostusreaktio

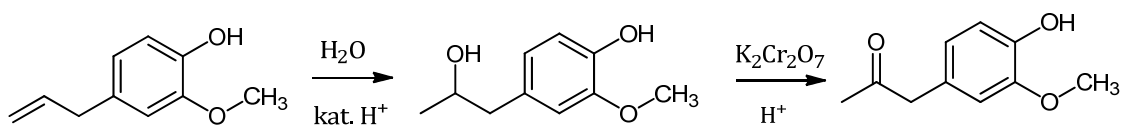
(2/3 p.)  
(1/3 p.)



additio-/liittymisreaktio

(2/3 p.)  
(1/3 p.)

d)



Tuotteet

(1 p.)

(1 p.)

Ensimmäinen reaktio on additio-/liittymisreaktio.

(1/3 p.)

Toinen reaktio on hapettumisreaktio.

(1/3 p.)

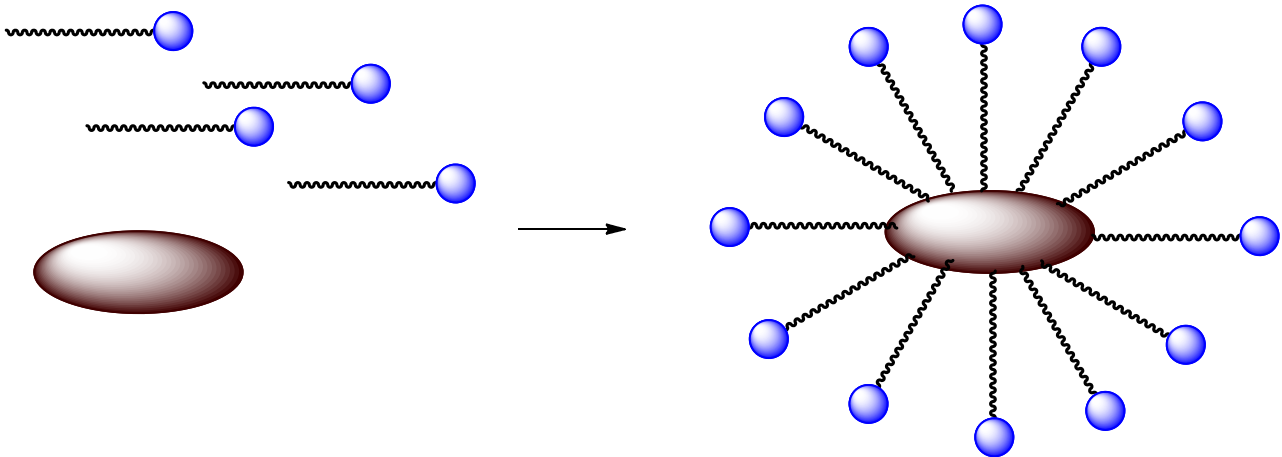
Muut tarvittavat reagenssit ilmenevät reaktioyhtälöstä.

(1/3 p.)

*Kaliumdikromaatin tilalla hyväksytään [O] tai KMnO<sub>4</sub>.*

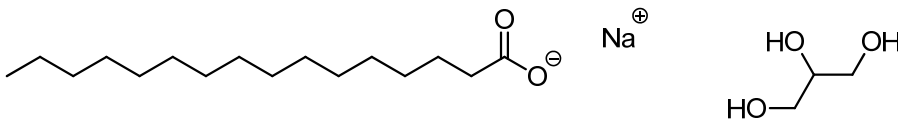
## Tehtävä 9

- a) Pinta-aktiiviset aineet alentavat pintajännitystä. Niissä on hydrofiilinen eli vesihakuinen ja hydrofobinen eli vesipakoinen pää. Esimerkiksi saippuan pitkäketjuiset karboksyylihapot muodostavat misellejä, joissa pooliton osa (merkitty mustilla aaltoviivoilla) vetää puoleensa hydrofobista likaa (ruskea), ja näin lian voi huuhdella ylimääräisellä vedellä. Misellissä hydrofobiset osat ovat sisällä ja hydrofiiliset osat (merkitty sinisellä palloilla) misellin pinnalla. (1 p.)



- b) Tuotteiden rakennekaavat

(1 p.)



Reaktiotuotteet ovat ioniyhdisteitä (rasvahapon suola) tai sisältävät poolisia funktionaalisia ryhmiä (glyseroli), jolloin ne liukenevat veteen paremmin kuin poolittomammat rasvamolekyylit. (1 p.)

- c) Proteaasit pilkkovat proteiinit aminohapoiksi tai lyhyiksi peptidiketjuiksi, jotka liukenevat paremmin veteen kuin proteiinit. (1 p.)  
Amylaasit pilkkovat tärkkelystä glukoosiksi tai lyhyiksi sakkarideiksi, jotka liukenevat paremmin veteen kuin tärkkelys. (1 p.)

Esimerkkejä:

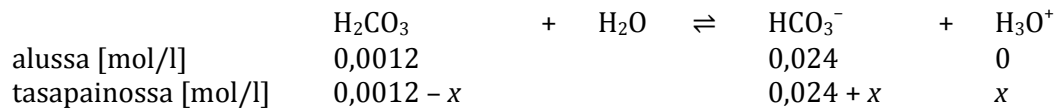
- proteiineja sisältävää likaa: juusto, maito, veri, kudokset
- tärkkelystä sisältävää likaa: puuro, taikinat, peruna

(1 p.)

## Tehtävä 10

a)  $K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$  (1/3 p.)

Puskuriliuoksessa:



$$K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{(0,024+x) \cdot x}{(0,0012-x)} = 8,1 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{l}} \quad (1 \text{ p.})$$

oletus:  $x \ll 0,0012$

$$\frac{0,024x}{0,0012} = 8,1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

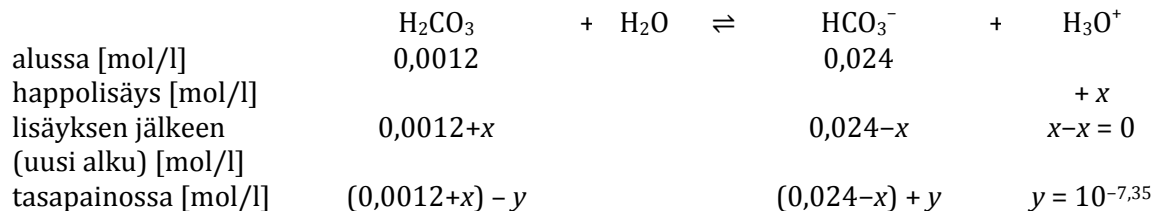
$$x = 4,05 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l} = [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ (oletus pitää paikkansa)}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 7,39$$

Veren pH-arvo on 7,39. (2/3 p.)

*Tehtävä voidaan ratkaista myös ilman oletusta  $x \ll 0,0012$ .*

b) Puskuriliuoksen emäs neutraloi lisätyn hapon: (1 p.)



$$K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{[(0,024-x)+y] \cdot y}{(0,0012+x)-y} = 8,1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l} \quad (1 \text{ 1/3 p.})$$

oletus:  $y \ll x$

$$\frac{(0,024 - x) \cdot y}{0,0012 + x} = \frac{(0,024 - x) \cdot 10^{-7,35}}{0,0012 + x} = 8,1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

$$(0,024 - x) = 18,13 \cdot (0,0012 + x)$$

$$x = 1,173 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{lisätty}} \text{ (oletus pitää paikkansa)} \quad (1 \text{ p.})$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{lisätty}} = 1,173 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \cdot 5,0 \text{ l} = 0,59 \text{ mmol}$$

Happoa voidaan lisätä 0,59 mmol. (2/3 p.)

*Tehtävä voidaan ratkaista myös ilman oletusta  $y \ll x$ .*

## VAIHTOEHTOINEN TAPA

a) Henderson-Hasselbalchin yhtälö:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{emäs}]}{[\text{happo}]}$$

$$\text{pH} = -\log 8,1 \cdot 10^{-7} + \log \frac{0,024}{0,0012} = 7,39$$

Veren pH-arvo on 7,39.

b)  $7,35 = -\log 8,1 \cdot 10^{-7} + \log \frac{0,024-x}{0,0012+x}$

$$x = 1,173 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{lisätty}}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{lisätty}} = 1,173 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \cdot 5,0 \text{ l} = 0,59 \text{ mmol}$$

Happoa voidaan lisätä 0,59 mmol.

## Tehtävä +11

a) Ihmiselle, jonka massa on 80 kg, LD<sub>50</sub>-arvoa vastaava annos:

botuliini 80 ng =  $8 \cdot 10^{-8}$  g

kofeiini 15360 mg  $\approx$  15 g

vesi 7200 g

(2/3 p.)

*Vastauksessa tarkastellaan aineiden tappavuutta eri näkökulmista.*

(1 1/3 p.)

Esimerkiksi

- Laskettujen arvojen suuruusluokat ovat erilaiset.
- Riski altistua kyseiselle määrälle vaihtelee.
- LD<sub>50</sub>-arvo kuvaa tilannetta, jossa 50 % kuolee.
- LD<sub>50</sub>-arvosta ihmiselle ei voi tehdä suoria johtopäätöksiä eläinkokeiden perusteella.

b) *Vastauksessa tarkastellaan aineen tappavuutta eri näkökulmista.*

(3 p.)

Esimerkiksi

- Aineella voi olla pitkäaikaisia vaikutuksia.
- Aine voi kertyä elimistöön, etenkin rasvaliukoiset yhdisteet kertyvät elimistöön.
- Aine voi aiheuttaa pysyviä kudolvaurioita.
- Uudelleen altistuminen tai jatkuva altistuminen samalle aineelle myrkyttää vähitellen elimistöä.
- Aine voi olla karsinogeeni.
- Elimistön puolustusjärjestelmä voi heikentyä aineen vaikutuksesta.

c) *Vastauksessa perustellaan Paracelsuksen väitettä taulukon aineilla, jotka ovat pieninä annoksina lääkkeitä tai muuten tarpeellisia, mutta suurina annoksina myrkyllisiä.*

(2 p.)

Esimerkiksi

botuliini (Botox-ruiskeet)	botuliiniruiskeet kauneudenhoidossa tai vaikean migreenin hoidossa	botuliiniruokeymyrkytys
natriumkloridi	suolatasapainolle välttämätön pieninä annoksina	verenpaineen nousu
askorbiinihappo	välttämätön vitamiini	tappava vain hyvin suurina annoksina
vesi	välttämätön elintoiminnoille	vesimyrkytys, suolatasapainon järkkäminen

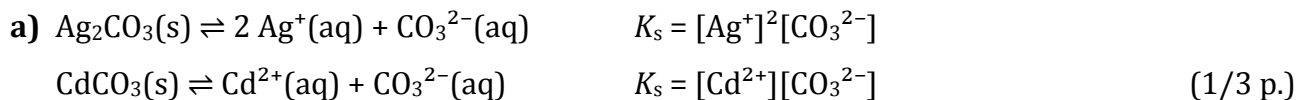
d) *Vastausta perustellaan tiedoilla taulukon aineista. Väite ei pidä paikkaansa.*

(2 p.)

Esimerkiksi

botuliini (Botox-ruiskeet)	muodostuu bakteereissa	erittäin vaarallinen
polonium-210	radioaktiivisen hajoamisketjun tulos, esiintyy pieninä määrinä luonnossa	erittäin vaarallinen
VX-hermokaasu	valmistettu synteettisesti	erittäin vaarallinen
nikotiini	muodostuu tupakkakasvissa	myrkyllinen

## Tehtävä +12



$\text{Ag}_2\text{CO}_3$  alkaa saostua, kun  $[\text{CO}_3^{2-}] = K_s/[\text{Ag}^+]^2 =$   
 $8,1 \cdot 10^{-12} (\text{mol/l})^3 / (5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l})^2 = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$  (1 1/3 p.)

$\text{CdCO}_3$  alkaa saostua, kun  $[\text{CO}_3^{2-}] = K_s/[\text{Cd}^{2+}] =$   
 $5,2 \cdot 10^{-12} (\text{mol/l})^2 / 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l}$  (2/3 p.)

Tällöin  $\text{CdCO}_3$  saostuu ensin, sillä se alkaa saostua, kun  $[\text{CO}_3^{2-}]$  on pienempi. (2/3 p.)

b) Kun 99,9 %  $\text{Cd}^{2+}$ -ioneista on saostunut, on liuoksessa

$[\text{Cd}^{2+}] = 0,001 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$

$[\text{CO}_3^{2-}] = K_s/[\text{Cd}^{2+}] = 5,2 \cdot 10^{-12} (\text{mol/l})^2 / 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} = 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$  (2 p.)

JOKO

$1,49 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l} > 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$

Liuoksen karbonaatti-ionikonsentraatio on suurempi kuin  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ :n saostumisen alkamiseen tarvittava karbonaatti-ionikonsentraatio.

TAI

$Q(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = [\text{Ag}^+]^2[\text{CO}_3^{2-}] = (5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l})^2 \cdot 1,49 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$   
 $= 3,7 \cdot 10^{-11} (\text{mol/l})^3 > K_s(\text{Ag}_2\text{CO}_3)$  (1 p.)

Hopeaionit ovat alkaneet saostua, kun 99,9 %  $\text{Cd}^{2+}$ -ioneista on saostunut.

Erottaminen ei ole mahdollista. (1 p.)

c) Kun kummastakin metallista on saostunut vähintään 99,9 %, on toisena saostuneen metalli-ionin konsentraatio liuoksessa:

$[\text{Ag}^+] = 0,001 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$  (1 p.)

Tällöin  $[\text{CO}_3^{2-}] \geq K_s(\text{Ag}_2\text{CO}_3)/[\text{Ag}^+]^2 = 8,1 \cdot 10^{-12} (\text{mol/l})^3 / (5,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l})^2$   
 $= 0,32 \text{ mol/l}$

Karbonaatti-ionin konsentraatio on 0,32 mol/l. (1 p.)