



KEMIAN KOE 22.3.2013 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alla oleva vastausten piirteiden ja sisältöjen luonnehdinta ei sido ylioppilastutkintolautakunnan arvostelua. Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päättää tutkintotoimikunta.

Kemian kokeen vastauksia arvosteltaessa painotetaan oppiaineen luonteen mukaista esitystapaa sekä käsitteiden ja kielenkäytön täsmällisyyttä. Hyvä vastaus on jäsennelty ja sisällöltään johdonmukainen. Vastauksessa on käytetty kaavoja ja reaktioyhtälöitä asianmukaisesti. Reaktioyhtälöt on esitetty ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei vaadita.

Laskennallisissa tehtävissä suureyhtälöt ja kaavat on perusteltu tavalla, joka osoittaa kokeiltaan ymmärtäneen tehtävänannon oikein ja soveltaneen ratkaisussaan asianmukaista periaatetta tai lakia. Vastauksessa johtopäätökset on tehty perustellen ja suureyhtälöitä käyttäen ja saadut lopputulokset on esitetty oikealla tarkkuudella. Symbolisen laskimen avulla tehdyissä ratkaisuisissa tulee käydä ilmi, mihin reaktioyhtälöön symboleineen ne perustuvat.

Tehtävä 1

Kullekin yhdisteelle on valittu oikea käyttökohde. Perustelua ei vaadita.

Yhdiste	Käyttökohde
<i>kalsiumkloridi</i>	<i>maantiesuola</i>
<i>ammoniumnitraatti</i>	<i>lannoite</i>
<i>titaanidioksidi</i>	<i>valkoinen pigmentti</i>
<i>litiumkarbonaatti</i>	<i>lääkeaine</i>
<i>natriumnitriitti</i>	<i>säilöntäaine</i>
<i>alumiinioksidi</i>	<i>hionta-aine</i>

Tehtävä 2

Laskuissa on käytetty asianmukaisia laskukaavoja ja otettu huomioon reaktioyhtälöiden kertoimet.

Lasketaan ensin titrauksessa kuluneen natriumtiosulfaatin ainemäärä

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c \cdot V = 0,200 \text{ mol/l} \cdot 32,5 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 6,50 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Natriumhypokloriitin ainemäärä on

$$n(\text{NaOCl}) = n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Natriumhypokloriitin konsentraatioksi saadaan

$$c(\text{NaOCl}) = n/V = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 0,0250 \text{ dm}^3 = 0,130 \text{ mol/dm}^3$$

Tehtävä 3

Yhdisteet on nimetty oikein ja esitetty kysytyjen yhdisteiden rakennekaavat. Yhdisteiden, joilla on *cis-trans*-isomeriaa, valinta on perusteltu. Kiraaliset hiilet on merkitty selvästi.

a) Yhdisteiden nimet 2 p.

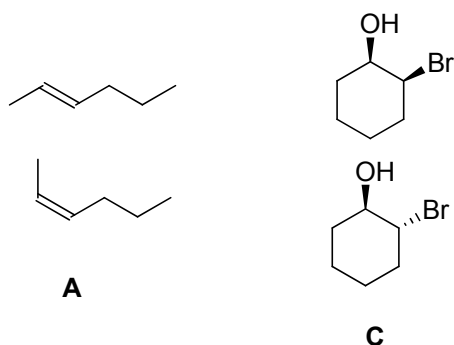
A on 2-hekseeni (tai heks-2-eeni)

B on 3-metyyliibutanaali

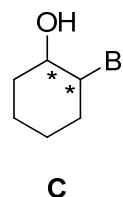
C on 2-bromisykloheksanoli

b) Yhdisteillä A ja C voi esiintyä *cis/trans*-isomeriaa.

2 p.



c) Peilikuvaisomeriaa voi esiintyä yhdisteellä C. 2 p.



Tehtävä 4

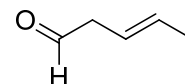
Vastauksessa reaktioyhtälöt on esitetty ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Vesiliukoisten suolojen ionit voidaan kirjoittaa yhteen tai erikseen.

- a) $\text{CaO(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$
- b) $2 \text{Li(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Li}^{+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- c) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{HNO}_3(\text{aq})$
ja $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{+}(\text{aq}) + \text{NO}_3^{-}(\text{aq})$
- d) $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO(s)} + \text{CO}_2(\text{g})$
- e) $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ ja $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^{-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^{+}(\text{aq})$
tai $\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^{-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^{+}(\text{aq})$
- f) $3 (\text{NH}_4)_2\text{S}(\text{aq}) + 2 \text{FeCl}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3(\text{s}) + 6 \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$

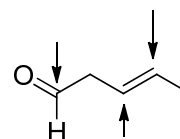
Tehtävä 5

Yhdisteiden rakennekaavat on piirretty oikein ja sp^2 -hybridisoituneet hiiliatomit on merkitty selvästi. Erilaiset rakennekaavojen esitystavat hyväksytään.

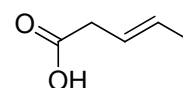
- a) Oikea rakennekaava, jossa on huomioitu konjugoimattomuus aldehydin C=O ja C=C -kaksoissidosten välillä. 2 p.



- b) Kolme sp^2 -hybridisoitunutta hiiliatomia on merkitty. 2 p.



- c) Hapetusreaktiossa aldehydi hapettuu karboksyylihapoksi. 2 p.



Tehtävä 6

Laskuissa on käytetty asianmukaisia laskukaavoja, ja vastauksessa on esitetty emäsvakion lauseke. Toisen asteen yhtälön ratkaisu on johdettu suureyhtälöstä lukuarvot sijoittaen ja sievennetty normaalimuotoon. Ratkaisukaavan sijoitusta ei tarvitse merkitä näkyviin, mutta ratkaisuksi saadun ja tehtävän kannalta virheellisen juuren hylkääminen tulee perustella. Symbolisen laskimen avulla tehdyt ratkaisut hyväksytään.

- a) Akvaarioveteen lisätyn ammoniakkin massa: $m(\text{NH}_3) = 1,2 \text{ g}$

25,0-prosenttisessa liuoksessa NH_3 -pitoisuus on 227,25 g/l

Lisätyn ammoniakiliuoksen tilavuus: $V = \frac{1,2 \text{ g}}{227,25 \text{ g/l}} \approx 5,3 \text{ ml}$ 2 p.

- b) Ammoniakin konsentraatio on tällöin

$$c(\text{NH}_3) = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{5,0 \text{ mg}}{17,034 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,0 \text{ l}} = 2,935 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Ratkaistaan tasapainoreaktion yhtälöstä tasapainokonsentraatio x

$$K_b = \frac{x^2}{c-x}. \text{ Ratkaisuksi saadaan } x_1 = 6,42 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l ja } x_2 = -8,22 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

(Konsentraatio ei voi olla negatiivinen.)

Liuoksessa $\text{pOH} = 4,19$, jolloin $\text{pH} \approx 9,81$ 2 p.

- c) 25-prosenttisen ammoniakkin konsentraatio

$$c(\text{NH}_3) = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{227,25 \text{ g}}{17,034 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1,00} = 13,336 \text{ mol/l}$$

Ratkaistaan tasapainoreaktion yhtälöstä tasapainokonsentraatio x

$$K_b = \frac{x^2}{c-x}. \text{ Ratkaisuksi saadaan } x_1 = 0,01548 \text{ ja } x_2 = -0,01550. \text{ (Konsentraatio ei voi olla negatiivinen.)}$$

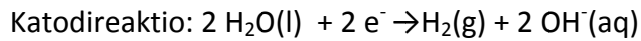
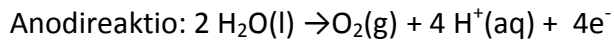
Koska liuos on väkevä, voidaan myös käyttää approksimaatiota $c(\text{OH}^-) = \sqrt{K_b \cdot c}$.

Liuoksessa $\text{pOH} = 1,8101$, jolloin $\text{pH} = 12,19$ 2 p.

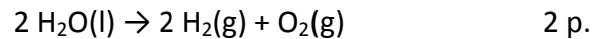
Tehtävä 7

Reaktioyhtälöt on esitetty ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Laskuissa on käytetty asianmukaisia laskukaavoja. Siirtyvien elektronien lukumäärä on huomioitu kahta vesimolekyyliä kohti.

- a) Natriumsulfaattiliuoksessa Na^+ ja SO_4^{2-} -ionit eivät reagoi elektrolyysissä.



Kokonaisreaktion yhtälö:



- b) Veden määrä loppuliouksessa on 20,0 massa-%.

Se saadaan ratkaistua yhtälöstä $\frac{10,0 \text{ g}}{m(\text{vesi}) + 10,0 \text{ g}} = 0,200$

ja veden massaksi saadaan 40,0 g.

Vettä on siten hajonnut $100,0 \text{ g} - 40,0 \text{ g} = 60,0 \text{ g} \approx 3,3304 \text{ mol}$.

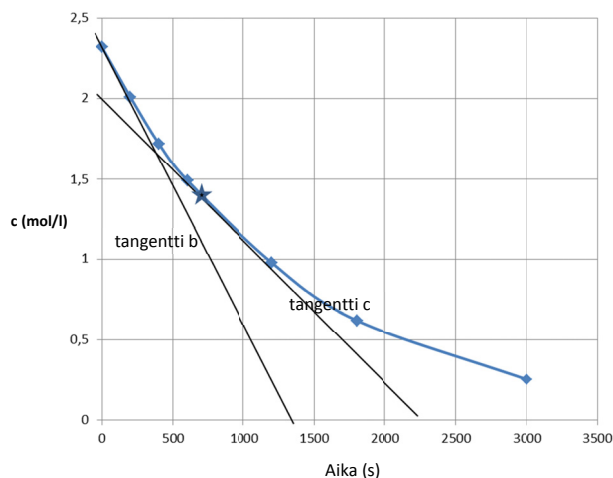
Reaktioyhtälön mukaan 1 mol vettä vastaa 2 elektronimoolin siirtymää, jolloin ajaksi saadaan:

$$t = \frac{n \cdot z \cdot F}{I} = \frac{3,3304 \text{ mol} \cdot 2 \cdot 96485 \text{ As/mol}}{4,00 \text{ A}} = 160\,667 \text{ s} \approx 44,6 \text{ h.} \quad 4 \text{ p.}$$

Tehtävä 8

Kuvaaja on piirretty huolellisesti ja riittävän kokoisena. Millimetripaperin käyttö ei ole pakollista. Kuvaajaan on merkitty akselien nimet ja yksiköt, ja mittauspisteet on yhdistetty yhteisellä kaarevalla viivalla. Hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti on merkitty näkyviin piirrokseen. Tangentin kulmakertoimen arvo on määritetty joko geometrisesti tai laskinta käyttäen numeerisella derivoinnilla. Nopeudelle on annettu yksikkö.

- a) Piirretty vetyperoksidin hajoamista ajan funktiona esittävä kuvaaja: 2 p.



- b) Vetyperoksidin suurin hajoamisreaktion nopeus on reaktion alussa, kun $t = 0$ s. Tangentin b kulmakertoimesta saadaan $v = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}/(\text{l}\cdot\text{s})$ 1 p.

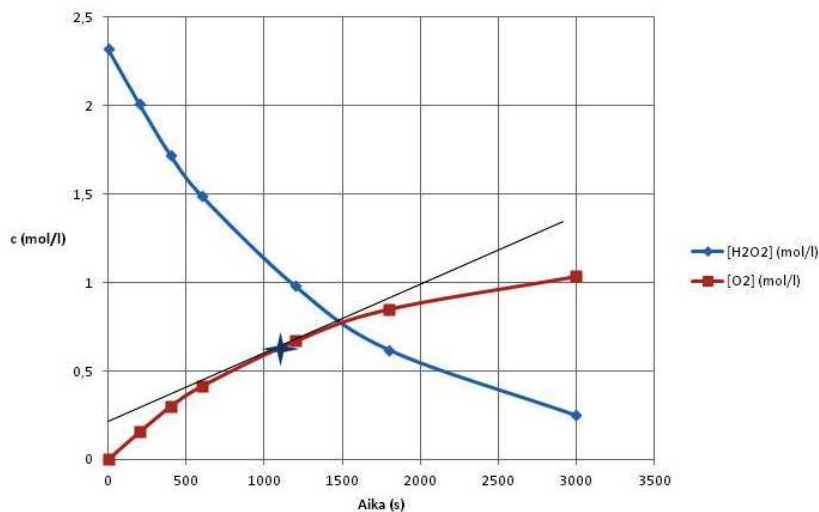
- c) Vetyperoksidin hajoamisreaktion nopeus hetkellä $t = 700$ s saadaan vetyperoksidin hajoamiskäyrän tangentin c kulmakertoimesta:

$$v_{\text{(hajoaminen)}} = 8,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol/(l}\cdot\text{s)}. \quad 1 \text{ p.}$$

- d) Lasketaan peroksidin hajoamista vastaavat hapen konsentraatiot ja piirretään vastaava kuvaaja.

Aika (s)	[H ₂ O ₂] (mol/l)	[O ₂] (mol/l)
0	2,32	0,000
200	2,01	0,155
400	1,72	0,300
600	1,49	0,415
1200	0,98	0,670
1800	0,62	0,850
3000	0,25	1,035

Hapen muodostumisnopeus hetkellä $t = 1100$ s saadaan tangentin kulmakertoimesta tai reaktioyhtälön kertoimien avulla vastaavasta kohdasta vetyperoksidin hajoamiskuvaajasta: $v_{\text{(muodostuminen)}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/(l}\cdot\text{s)}. \quad 2 \text{ p.}$



Tehtävä 9

- a) Selitetty kotitaloudessa käytetyn veden kovuus ja sen vaikutus pesutapahtumaan. Mainittu, että monet kotitalouksien käyttämät synteettiset pesuaineet sisältävät lisäaineena fosfaatteja, jotka pehmentävät veden muodostamalla kompleksiyhdisteitä Ca²⁺- ja Mg²⁺-ionien kanssa ja täten helpottavat pesutapahtumaa. 2 p.
- b) Selitetty fosfaattien vaikutus vesistöjen tilaan sekä syitä fosfaattien käytöstä luopumiseen. 2 p.

- c) Selitetty fosforin poisto jätevedestä sekä kemiallisesti että biologisesti tai näiden yhdistelmällä. 2 p.

Tehtävä 10

Kuvaajasta on luettu oikein titrausliuoksen kulutus, ja sen avulla on laskettu happojen kokonaisainemäärä. Vastauksessa on perusteltu, mikä yhdiste saostuu, ja saostuman massan avulla määritetty HCl:n ainemäärä.

Hopeanitraattia lisättäessä kloridi-ioni saostuu hopeakloridina. Hopeakloridin ainemäärä saadaan saostuman massasta:

$$n(\text{AgCl}) = \frac{225 \text{ mg}}{143,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,5699 \text{ mmol}$$

Tämä on yhtä suuri kuin liuoksessa oleva vetykloridin ainemäärä.

Titrauskäyrän perusteella voidaan laskea typpihapon ja suolahapon yhteismäärä, koska molemmat hapot ovat vahvoja happoja ja protolysoituvat vesiliuoksessa täydellisesti.

$$n(\text{hapot}) = c(\text{OH}^-) \cdot V(\text{OH}^-) = 2,42 \text{ mmol}$$

$$\text{Typpihapon ainemäärä on } n(\text{HNO}_3) = (2,42 - 1,5699) \text{ mmol} = 0,8501 \text{ mmol}$$

Typpihappoa on 54 mg ja suolahappoa 57 mg.

Tehtävä +11

- a) Hyvässä vastauksessa on esitetty aineiden uuttotapahtuma, jossa aine C on erotettu aineista A ja B tekemällä HCl-liuoksella C:stä suola, joka liukenee erotussuppilossa vesifaasiin. Yhdiste C voidaan tällöin erottaa A:sta ja B:stä, jotka jäävät dietyylieetterifaasiin. Aineiden A ja B erottaminen toisistaan tislamalla on selitetty. C:n suolan vesiliuos käsitellään NaOH-liuoksella, jolloin muodostuu amiini. Se uutetaan vesifaasista dietyylieetteriin, joka sen jälkeen tislataan pois.

Liuottimien ja välineiden käyttö on selitetty. Hyvässä vastauksessa on huomioitu myös laboratorion työturvallisuus. 5 p.

- b) Ohutlevykromatografialla pystytään alustavasti kartoittamaan tuotteen puhtaus, jolloin levy sisältää vain yhden täplän. Tämä pelkästään ei ole varma keino, sillä kaksi täplää saattaa olla päällekkäin. Alustava kartoitus voidaan tehdä myös kaasukromatografian tai nestekromatografian avulla.

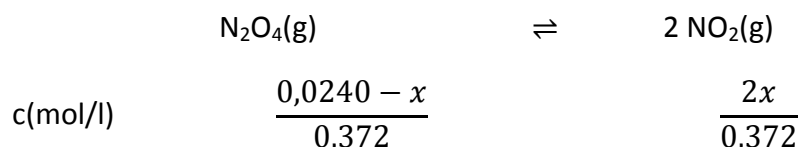
Kun aineet tislataan ja tiedetään aineiden tarkat kiehumispisteet, saadaan puhtaita tuotteita.

Tarkempi varmistus tehdään vielä spektrometrinen mittausten avulla esim. käyttäen massaspektrometriaa tai NMR-spektrometriaa. 4 p.

Tehtävä +12

- a) Oikea perustelu: Koska lämpötilan kohotessa muodostuu typpidioksidia, tasapaino siirtyy oikealle ja reaktio on endoterminen. 2 p.
- b) Vastauksessa on esitetty tasapainovakion lauseke, laskettu tasapainokonsentraatio ja siitä edelleen dissosioitumisprosentti.

Lasketaan typpidioksidin tasapainokonsentraatio reaktioyhtälön avulla



Tasapainovakion lauseke: $K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$. Sijoittamalla annetut lukuarvot yhtälöön, saadaan

$$\text{yhtälö } 4,61 \cdot 10^{-3} = \frac{4x^2}{0,372(0,0240-x)},$$

jonka ratkaisut ovat

$$x_1 = 3,000 \cdot 10^{-3}$$

$$x_2 = -3,429 \cdot 10^{-3} \text{ (ei käy, koska } c < 0)$$

alkuperäisestä $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$:sta reagoi 0,00300 mol

ja dissosioitumisprosentti on 12,5 %. 3 p.

- c) Keskimääräinen moolimassa saadaan sijoittamalla annetut arvot yhtälöön

$$M = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{p} \text{ ja tulokseksi}$$

$$M(\text{keskimäär.}) = 68,986 \text{ g/mol}$$

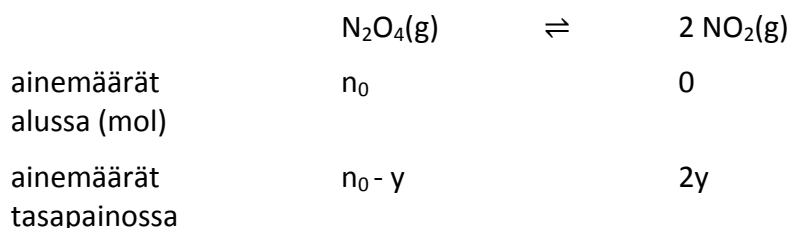
Seoksen moolisuuudet ratkaistaan yhtälöstä

$$x \cdot M(\text{NO}_2) + (1 - x) \cdot M(\text{N}_2\text{O}_4) = 68,99 \text{ g/mol},$$

jonka ratkaisuksi saadaan $x = 0,500$.

Kaasuseoksessa on yhtä paljon NO_2 - ja N_2O_4 -molekyylejä.

Tasapainoreaktion mukaan



Tästä saadaan $n_0 = 3y$, ja dissosioitumisprosentti on 33,3 %. 4 p.