



KEMIAN KOE 28.3.2019

HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

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

Ylioppilastutkinnon kokeessa selvitetään ovatko opiskelijat omaksuneet lukion opetussuunnitelman mukaiset tiedot ja taidot sekä saavuttaneet lukiokoulutuksen tavoitteiden mukaisen riittävän kypsyysden. Kemiassa arvioinnin kohteina ovat kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltaminen. 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, mutta laajoja välivaiheita ei tarvita. CAS-ohjelmia voi hyödyntää tehtävän eri vaiheissa. Merkintätapojen kannalta keskeisiä vaiheita ovat periaatteiden ja lakien sekä lopputuloksen ja johtopäätösten esittäminen. Lopputulokset annetaan lähtöarvojen mukaisella tarkkuudella yksiköineen, ja johtopäätökset perustellaan.

Mittaustuloksia ja niistä piirrettyjä kuvaajia hyödynnetään tiedon analysoinnissa ja johtopäätösten tekemisessä. Mittauspisteisiin sovitetaan asianmukainen suora tai käyrä esimerkiksi jonkin sovitefunktion avulla. Jos mittauspisteet ovat lähellä toisiaan, varsinaista sovitefunktiota ei tarvitse lisätä tai pisteiden yhdistäminen riittää. Mittauspisteiden välisiä arvoja voi interpoloida kuvaajaa silmämääräisesti lukemalla tai sopivalla ohjelmalla. Kuvaajaan merkitään akselien nimet, yksiköt ja asteikko. 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. Käsiteltäviä ilmiöitä kuvataan makroskooppisella, mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Vastauksesta ilmenee tehtävään liittyvän aineiston hyödyntäminen, soveltaminen, analysointi ja arvioiminen tehtävänannon mukaisesti. Hyvä vastaus on jäsenelty ja sisällöltään johdonmukainen.

Vastaus arvostellaan tehtäväkohtaisten kriteerien mukaisesti. Lähtökohtana ovat vastauksen ansiot, joista kertyy pisteitä. Jos kokelaan vastaus on jakautunut eri tavalla kuin tehtävänannossa on oletettu, muissa kohdissa olevat ansiot, virheet ja ristiriitaisuudet otetaan pisteytysajan asettamien rajoitusten puitteissa huomioon arvostelussa. Jos keskeinen kemiallinen periaate puuttuu tai se on virheellinen, pisteiden kertyminen päättyy. Tällöin virheellisen tuloksen siirtymistä eteenpäin ei hyväksytä (ei-VSE). Muiden puutteiden tai virheiden kohdalla virheellisen tuloksen siirtyminen eteenpäin hyväksytään (VSE), jolloin pisteiden kertyminen jatkuu puutteen tai virheen jälkeen. Kokeen loppupään vaativat tehtävät edellyttävät täsmällisempää periaatteiden hallintaa kuin kokeen alkupään perustehtävät. Kemian kannalta epätasällisesta kielenkäytöstä, pienestä laskuvirheestä tai likiarvojen huolimattomasta käytöstä vähennetään 0–3 p.

OSA I

1. Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta (20 p.)

- 1.1. dispersiovoimia (2 p.)
- 1.2. 25 ml:n mittalasia (2 p.)
- 1.3. 193 ml (2 p.)
- 1.4. 4 rakennekaavaa (2 p.)
- 1.5. vesimolekyyliden välisten vetysidosten osittaisesta katkeamisesta. (2 p.)
- 1.6. $0,83 \text{ mol/dm}^3$ (2 p.)
- 1.7. $2,08 \text{ dm}^3$ (2 p.)
- 1.8. sen pintaa peittää tiivis oksidikerros. (2 p.)
- 1.9. tasapainoasema ei muutu. (2 p.)
- 1.10. CO_2 (2 p.)

OSA II

2. Jäteveden neutralointi (15 p.)

2.1. (6 p.)

$$n(\text{HCl}) = cV = 0,0302 \text{ M} \cdot 1,05 \cdot 10^5 \text{ dm}^3 = 3,1710 \cdot 10^3 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$n(\text{CaCO}_3) = 0,5 \cdot n(\text{HCl}) = 1,5855 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 1,5855 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 100,09 \text{ g/mol} = 158,69 \text{ kg} \approx 159 \text{ kg}$$

Neutralointiin tarvitaan 159 kg kalsiumkarbonaattia. (5 p.)

2.2. (6 p.)

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 1,5855 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

(3 p.)

$$pV = nRT$$

$$V(\text{CO}_2) = nRT/p = (1,5855 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 8,31451 \text{ (Pa} \cdot \text{m}^3)/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 298,15 \text{ K}) / 101325 \text{ Pa}$$

$$V(\text{CO}_2) \approx 38,8 \text{ m}^3$$

Hiilidioksidikaasua muodostuu 38,8 m³ (38 800 dm³).

(3 p.)

2.3 (3 p.)

Neutraloitu vesiliuos johtaa sähköä, koska se sisältää Ca²⁺- ja Cl⁻-ioneja.

(3 p.)

3. Pyretriini (15 p.)

3.1. (5 p.)

Liukoisuus veteen:

Vastauksessa on tunnistettu pooliset funktionaaliset ryhmät (ketoniryhmä, esteriryhmä) tai tunnistettu, että molekyyli sisältää poolisia sidoksia. Pooliset ryhmät tai sidokset lisäävät vesiliukoisuutta tai muodostavat vesimolekyylien kanssa vetysidoksia.

(2 p.)

Liukoisuus rasvakudokseen:

Vastauksessa on tunnistettu, että molekyylissä on poolittomia hiilivetyketjuja tai poolittomia funktionaalisia ryhmiä (alkenyyliryhmiä), jotka lisäävät molekyylin liukoisuutta suhteellisen poolittomaan rasvakudokseen.

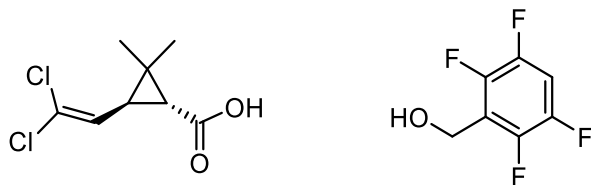
(2 p.)

Kokonaisuutena molekyyli liukenee paremmin rasvakudokseen kuin veteen, koska siinä on poolisiin ryhmiin verrattuna suhteellisen suuret poolittomat osat.

(1 p.)

3.2. (6 p.)

Vastauksessa on annettu hydrolyysituotteiden rakenteet rakennekaavoina tai kuvattu esteriryhmän pilkkoutuminen sanallisesti.



(6 p.)

3.3. (4 p.)

Etuja:

- Hitaammin hajoavaa tehoainetta tarvitaan vähemmän käytössä.
- Aineen teho säilyy eri olosuhteissa paremmin, jolloin käyttö on varmempaa.

(2 p.)

Haittoja:

- Hidas hajoaminen voi altistaa käyttäjän aineelle pidemmän aikaa, vaikka ainetta käytettäisiin ohjeen mukaan.
- Pidempi hajoamisaika voi tarkoittaa pidempiä varoaikoja myrkyn käytössä.
- Myrkytystapauksissa hitaammin hajoava aine voi vaikuttaa elimistössä pidempään.
- Myrkyllisyys vesieliöille ja kotieläimille säilyy pidempään. (2 p.)

4. Kiinteän kuparisulfaatin ja kuparikappaleen puristaminen (15 p.)

4.1. (8 p.)

Kiinteä kuparisulfaatti on haurasta ja murenee palasiksi. Syynä on se, että sillä on positiivisista Cu^{2+} -ioneista ja negatiivisista SO_4^{2-} -ioneista koostuva ionihila. (3 p.)

Ionihilassa anionien ja kationien välillä on vahvoja ionisidoksia. Rakenne on kova, mutta hauras. Kun hilaan kohdistetaan puristusvoima, hilan ionit liikkuvat, minkä seurauksena osa kationeista ajautuu toisten kationien viereen ja osa anioneista toisten anionien viereen. Toisiaan lähellä olevien sähköiseltä varaukseltaan samanmerkkisten ionien välillä vaikuttavat voimakkaat hylkimisvoimat, jotka rikkovat hilan. (5 p.)

4.2. (7 p.)

Kuparikappale on sitkeä ja litistyy puristettaessa. Syynä on se, että kuparilla on kiinteässä olomuodossa metallihila. (3 p.)

Metallihila koostuu ulkoelektroninsa yhteiseen käyttöön luovuttaneista Cu-atomeista (katiooneista). Kun hilaan kohdistetaan puristusvoima, hilan atomit liikkuvat, mutta metallisidoksen luonteen (delokalisoituneiden elektronien) ansiosta metallihilassa atomikerrokset pystyvät liukumaan toistensa ohi rakenteen rikkoutumatta. (4 p.)

5. Kuparin elektrolyyttinen puhdistus (15 p.)

5.1. (7 p.)

katodireaktio: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$

$$z = 2$$

(3 p.)

$$n(\text{Cu}) = It/zF = 180 \text{ A} \cdot 21600 \text{ s} / (2 \cdot 96485 \text{ A}\cdot\text{s} / \text{mol}) = 20,148 \text{ mol}$$

$$m(\text{Cu}) = nM = 20,148 \text{ mol} \cdot 63,55 \text{ g/mol} = 1280,4 \text{ g} = 1,28 \text{ kg}$$

(4 p.)

Katodille saostuu 1,28 kg kuparia.

5.2. (8 p.)

Raakakuparianodin kuparin hapettuessa ja liuetessa anodin sisältämä hopea (Ag) ja kulta (Au) irtoavat metallimuodossa ja painuvat elektrolyysiastian pohjalle muodostaen kiinteän liejun (ns. anodilieju).

Syynä on se, että Ag^+/Ag - ja Au^+/Au -parien normaalipotentiali arvot ovat suurempia kuin Cu^{2+}/Cu -parin, joten Ag ja Au eivät hapetu elektrolyysissä anodilla.

(4 p.)

Raakakuparianodin kuparin hapettuessa ja liuetessa, anodin sisältämä nikkeli (Ni) ja sinkki (Zn) liukenevat Ni^{2+} - ja Zn^{2+} -ioneina liuokseen. Syynä on se, että Ni^{2+}/Ni - ja Zn^{2+}/Zn -parien normaalipotentiaaliarvot ovat pienempiä kuin Cu^{2+}/Cu -parin, joten Ni ja Zn hapettuvat elektrolyysissä anodilla, mutta eivät pelkisty katodilla. (4 p.)

6. Kloorin ja jodin fluoridit (15 p.)

6.1. (3 p.)



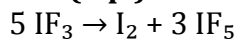
6.2. (4 p.)



Kloori voi esiintyä hapetusluvuilla:



6.3. (4 p.)



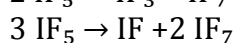
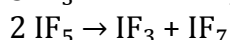
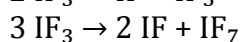
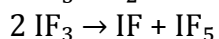
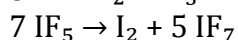
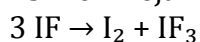
$$\Delta H = [3 \cdot \Delta H(\text{IF}_5) + \Delta H(\text{I}_2)] - [5 \cdot \Delta H(\text{IF}_3)] =$$

$$3 \cdot (-840 \text{ kJ/mol}) + 0 \text{ kJ/mol} - 5 \cdot (-486 \text{ kJ/mol}) = -90 \text{ kJ/mol} \quad (4 \text{ p.})$$

Reaktiolämpö on -90 kJ.

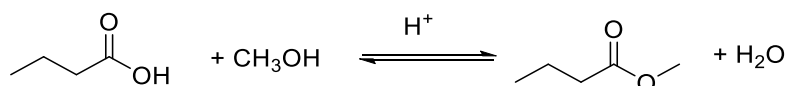
6.4. (4 p.)

Esimerkkejä mahdollisista reaktioyhtälöistä:



7. Metyylibutanaatin valmistus (15 p.)

Reaktioyhtälö tai sen sanallinen selitys:



Butaanihappo ja metanoli reagoivat, jolloin syntyy metyylibutanaattia ja vettä.

Reaktio on tasapainoreaktio, joten metanolia kannattaa käyttää esimerkiksi kaksinkertainen ylimäärä butaanihappoon nähden. Happoa, esimerkiksi HCl tai H_2SO_4 , käytetään pieni määrä katalysoimaan reaktiota. (4 p.)

Vastauksessa kuvataan synteesiä ja tuotteen puhdistusta. (8 p.)

Vastauksessa kuvataan oleellisia näkökulmia työturvallisuuteen. (3 p.)

Esimerkiksi:

Lähtöaineet ja katalyytti yhdistetään keskenään keittopullossa, ja seosta refluksoidaan tai lämmitetään. Seos kaadetaan erotussuppiloon. Seosta voidaan pestä vedellä tai NaHCO_3 -liuoksella. HCO_3^- neutraloi katalyytin ja butaanihapon, jolloin syntyy suoloja, vettä ja hiilidioksidia (butaanihapon suolat liukenevat veteen butaanihappoa paremmin). Pesuissa metanoli ja suolat saadaan liukenemaan metyylibutanaatista vesifaasiin. Metyylibutanaatti erottuu omaksi kerrokseksi vesifaasin yläpuolelle. Metyylibutanaatti otetaan talteen. Se voidaan kuivata hygroskooppisella kuivausaineella jäljellä olevan veden poistamiseksi. Seos voidaan tislata, jotta siinä oleva vähäinen määrä metanolia ja butaanihappoa saadaan pois.

Metanoli on myrkyllinen ja palava neste, ja butaanihappo haisee pahalta. Siksi reaktio on tehtävä vetokaapissa. Työssä on käytettävä suojahansikkaita, työtakkia ja suojalaseja.

8. Karbonylikloridin valmistus (15 p.)

8.1. (6 p.)

$$[\text{CO}]_{\text{alussa}} = 0,120 \text{ mol} / 3,00 \text{ l} = 0,0400 \text{ mol/l}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{alussa}} = 0,0593 \text{ mol} / 3,00 \text{ l} = 0,01977 \text{ mol/l}$$

$$[\text{COCl}_2]_{\text{tp.}} = 0,0570 \text{ mol} / 3,00 \text{ l} = 0,0190 \text{ mol/l} \quad (1 \text{ p.})$$

$$K = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]} \quad (1 \text{ p.})$$

Tasapainokonsentraatioiden laskeminen:

	CO (g)	+ Cl ₂ (g)	⇌	COCl ₂ (g)
Alussa (mol/l)	0,0400	0,01977		
Tasapainossa (mol/l)	0,0400 - x = 0,0210	0,01977 - x = 0,000767		x = 0,0190

(3 p.)

$$K = \frac{0,0190 \text{ mol/l}}{0,0210 \text{ mol/l} \cdot 0,000767 \text{ mol/l}} = 1179,6 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^{-1}$$

Tasapainovakion arvo on 1180 (mol/l)⁻¹. (1 p.)

8.2. (6 p.)

Uuden alkutilanteen ja tasapainon hahmottaminen:

Seokseen lisätään 0,0999 mol klooria, jolloin etenevä reaktio nopeutuu ja seos hakeutuu uuteen tasapainoasemaan.

	CO (g)	+ Cl ₂ (g)	⇌	COCl ₂ (g)
Uusi alkutilanne (mol/l)	0,0363	0,0178 + 0,0333 = 0,0511		0,763
Muutos (mol/l)	-x	-x		+x
Uusi tasapaino (mol/l)	0,0363 - x	0,0511 - x		0,763 + x

$$K = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]} = \frac{0,763 + x}{(0,0363 - x) \cdot (0,0511 - x)} = 1179,6 \left(\frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2 \quad (3 \text{ p.})$$

$$1179,6 x^2 - 104,097 x + 1,42508$$

$$x = 0,016943 \text{ (tai } x = 0,071305) \quad (1 \text{ p.})$$

Tasapainokonsentraatiot:

$$[\text{CO}] = 0,0363 - 0,01694 = 0,0194 \text{ mol/l}$$

$$[\text{Cl}_2] = 0,0511 - 0,01694 = 0,0342 \text{ mol/l}$$

$$[\text{COCl}_2] = 0,763 + 0,01694 = 0,780 \text{ mol/l} \quad (2 \text{ p.})$$

8.3. (3 p.)

Reaktio on eksoterminen, sillä $\Delta H < 0$. Lämpötilan nostaminen siirtää eksotermisen reaktion tasapainoa lähtöaineiden suuntaan.

Tällöin karbonyylikloridin saanto pienenee eli saanto ei lisääny. (3 p.)

OSA III

9. Bensiinimoottoriauton pakokaasukatalysaattorin toiminta (20 p.)

9.1. (10 p.)

Vastauksessa todetaan auton bensiinimoottorissa muodostuvat haitalliset aineet, annetaan syy niiden syntymiseen sekä kuvataan, miten ne muuttuvat katalysaattorissa.

Esimerkiksi

Haitallinen aine/aineryhmä	Lähde / Syy	Muuttuminen katalysaattorissa
Typen oksidit NO_x	Ilman typpi sekä polttoaineen epäpuhtautena sisältämä typpi ja typpiyhdisteet.	Typen oksidit pelkistetään typeksi ja hapeksi $2 \text{NO}_x \rightleftharpoons \text{N}_2 + x \text{O}_2$.
Hiilimonoksidi CO	Osa polttoaineen sisältämistä hiilivedyistä palaa epätäydellisesti, jolloin muodostuu CO :a.	Hiilimonoksidin hapettuminen hiilidioksidiksi $2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$
Hiilivetyjä HC	Palamatta jääneet hiilivetyyhdisteet	Hiilivetyjen hapettuminen vedeksi ja hiilidioksidiksi $\text{C}_n\text{H}_{n+2} + (1,25n+0,5) \text{O}_2 \rightarrow n \text{CO}_2 + (n+2)/2 \text{H}_2\text{O}$
Hiilidioksidi CO_2	Suuri osa polttoaineen sisältämistä hiilivedyistä palaa täydellisesti, jolloin muodostuu CO_2 :a.	Hiilidioksidi kulkee katalysaattorin läpi reagoimatta mitenkään.

(10 p.)

9.2. (6 p.)

Ilma-polttoainesuhde vaikuttaa katalysaattorissa tapahtuvien reaktioiden muuntosuhteeseen eli siihen, kuinka suuri osa lähtöaineesta reagoi tuotteiksi. Polttoaineen ja ilman välisen seossuhteen tulee pysyä koko ajan hyvin lähellä stoikiometrasta arvoa yksi, koska tällöin moottoris-

sa muodostuvat sekä hapetettavat CO ja HC että pelkistettävä NO_x reagoivat katalysaattorissa tehokkaasti. Kuvaajasta 9.C nähdään, että typen oksidien pelkistymisreaktion muuntosuhde on pieni, jos ilma-polttoainesuhde on liian suuri. Tällöin suuri osa typen oksideista ei pelkisty katalysaattorissa, vaan jää pakoputkesta poistuvaan pakokaasuun. (3 p.)

Jos taas ilma-polttoainesuhde on liian pieni, hiilimonoksidin ja hiilivetyjen hapettumisreaktion muuntosuhde on pieni, jolloin niitä jää pakoputkesta poistuvaan pakokaasuun. (3 p.)

9.3. (4 p.)

Reaktionopeus voidaan pitää mahdollisimman suurena ylläpitämällä riittävän korkeaa lämpötilaa, sillä tällöin suurella osalla reagoivista molekyyleistä on riittävästi energiaa ylittää aktivaatioenergia. Happi on lähtöaineena katalysaattorissa tapahtuvissa hapettumisreaktioissa, joten mitä suurempi on happipitoisuus, sitä nopeampia ovat hapetusreaktiot. Happipitoisuus ei kuitenkaan saa olla liian suuri, vaan se on optimoitava tietylle välille. Jos happipitoisuus on liian korkea, myös typen oksidien pelkistymisen käänteisreaktio nopeutuu. Reaktiopinta-ala ja reagoivien aineiden tarttuminen katalyytin pintaan on maksimoitava, sillä kyseessä on heterogeeninen katalyyysi, jonka nopeus on sitä suurempi, mitä enemmän reagoivaa ainetta pinnalle saadaan. Lisäksi on optimoitava katalysaattorin rodium- ja platinametallin ainemäärien suhde, jotta saadaan sekä pelkistymis- että hapettumisreaktiot tapahtumaan tehokkaasti.

(4 p.)

10. *Mikonatsolin valmistaminen (20 p.)*

10.1. (7 p.)

Reaktiotyypit:

- I: substituutioreaktio (1 p.)
II: pelkistysreaktio tai additioreaktio (1 p.)
III: substituutioreaktio (1 p.)

Funktionaaliset ryhmät:

- II: hydroksyyli-ryhmä (2 p.)
III: eetteriryhmä (2 p.)

10.2. (4 p.)

Reaktiossa syntyy myös vetybromidia HBr, (2 p.),
joka muodostaa ylimääräisen X:n kanssa suolan. (2 p.)

10.3. (5 p.)

Molemmat bentseenirenkaat sekä heterosyklinen (imidatsoli)renkas ja niihin suoraan sitoutuneet atomit ovat samassa tasossa, mikä ilmenee myös aineistosta 10.B. Muut atomit voivat sijoittua eri tavoin, sillä yksöissidokset voivat kiertyä.

Bentseenirenkaassa jokainen hiiliatomi on sitoutunut kolmeen atomiin siten, että siduskulma on 120° . Tällöin myös bentseenirenkaaseen sitoutuneet atomit ovat samassa tasossa. Heterosyklisessä (imidatsoli)renkaassa on viisi atomia ja (delokalisoituneita) kaksoissidoksia. Tällöin rengas on jäykkä ja siduskulmaksi tulee alle 120° . Rakenteiden tasomaisuutta voi perustella myös hiilten sp^2 -hybridisaatiolla. (5 p.)

10.4. (4 p.)

Ensimmäisen kerran tällainen tuote syntyy vaiheessa II. Tässä vaiheessa molekyyliin muodostuu asymmetrinen hiiliatomi. (4 p.)

11. Booraksin vesiliuosten pH (20 p.)**11.1. (10 p.)**

$$n(\text{booraksi}) = \frac{28,6 \text{ g}}{381,38 \text{ g/mol}} = 0,074991 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$n(\text{B(OH)}_3) = n(\text{B(OH)}_4^-) = 2 \cdot n(\text{booraksi}) = 2 \cdot 0,074991 \text{ mol} = 0,14998 \text{ mol}$$

$$V = 1,00 \text{ l}$$

$$c(\text{B(OH)}_3) = c(\text{B(OH)}_4^-) = 0,14998 \text{ mol/l} \quad (3 \text{ p.})$$

	$\text{B(OH)}_3(\text{aq})$	$+ 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{aq})$	\rightleftharpoons	$\text{B(OH)}_4^-(\text{aq})$	$+ \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
Alussa (mol/l)	0,14998			0,14998	
Tasapainossa (mol/l)	$0,14998 - x$			$0,14998 + x$	x

$$K_a = \frac{(0,14998+x) \cdot x}{0,14998-x} = 5,8 \cdot 10^{-10} \text{ tai puskuriliuoksessa } K_a \approx \frac{(0,14998) \cdot x}{0,14998} = 5,8 \cdot 10^{-10} \quad (4 \text{ p.})$$

$$x = 5,8 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = -\lg x = 9,24$$

Liuoksen pH on 9,24

(2 p.)

tai käyttäen Henderson-Hasselbalchin yhtälöä

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{[\text{B(OH)}_4^-]}{[\text{B(OH)}_3]} = -\lg(5,8 \cdot 10^{-10}) + \lg \frac{0,14998}{0,14998} = 9,24.$$

11.2. (10p.)

$$n(\text{NaOH}) = cV = 0,10 \text{ mol/l} \cdot 0,100 \text{ l} = 0,010 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

Neutraloinnin jälkeen boorihappoa on jäljellä:

$$0,14998 \text{ mol} - 0,010 \text{ mol} = 0,13998 \text{ mol} \quad (2 \text{ p.})$$

Neutraloinnissa muodostuu lisää B(OH)_4^- -emästä:

$$0,14998 \text{ mol} + 0,010 \text{ mol} = 0,15998 \text{ mol} \quad (2 \text{ p.})$$

$$V(\text{kok.}) = (1,00 + 0,10) \text{ l} = 1,10 \text{ l}$$

Uudet alkukonsentraatiot:

$$c(\text{B}(\text{OH})_3) = 0,13998 \text{ mol}/1,10 \text{ l} = 0,12725 \text{ mol/l}$$

$$c(\text{B}(\text{OH})_4^-) = 0,15998 \text{ mol}/1,10 \text{ l} = 0,14544 \text{ mol/l} \quad (2 \text{ p.})$$

	$\text{B}(\text{OH})_3(\text{aq})$	$+ 2 \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$	\rightleftharpoons	$\text{B}(\text{OH})_4^-(\text{aq})$	$+ \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
Alussa (mol/l)	0,12725			0,14544	
Tasapainossa (mol/l)	$0,12725 - x$			$0,14544 + x$	x

$$K_a = \frac{(0,14544+x) \cdot x}{0,12725-x} = 5,8 \cdot 10^{-10} (\text{mol/l})$$

$$\text{tai puskuriliuoksessa } K_a \approx \frac{(0,14544) \cdot x}{0,12725} = 5,8 \cdot 10^{-10} (\text{mol/l}) \quad (2 \text{ p.})$$

$$x = 5,075 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = -\lg x = 9,29$$

Liuksen pH on 9,29 (1 p.)

tai käyttäen Henderson-Hasselbalchin yhtälöä

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{[\text{B}(\text{OH})_4^-]}{[\text{B}(\text{OH})_3]} = -\lg(5,8 \cdot 10^{-10}) + \lg \frac{0,14544}{0,12725} = 9,29.$$