



## KEMIAN NÄKÖVAMMAISTEN KORVAAVA KOE 3.10.2019 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Tämä tiedosto ei välttämättä ole täysin saavutettava esimerkiksi ruudunlukuohjelman käyttäjille, koska tiedosto sisältää kaavoja.

Lopullisista hyvän vastauksen piirteistä ilmenevät perusteet, joiden mukaan koesuorituksen lopullinen arvostelu on suoritettu. Tieto siitä, miten arvosteluperusteita on sovellettu kokelaan koesuoritukseen, muodostuu kokelaan koesuorituksesta saamista pisteistä, lopullisista hyvän vastauksen piirteistä ja lautakunnan määräyksissä ja ohjeissa annetuista arvostelua koskevista määräyksistä. Lopulliset hyvän vastauksen piirteet eivät välttämättä sisällä ja kuvaa tehtävien kaikkia hyväksytyjä vastausvaihtoehtoja tai hyväksytyyn vastauksen kaikkia hyväksytyjä yksityiskohtia. Koesuorituksessa mahdollisesti olevat arvostelumerkinnot katsotaan muistiinpanoluonteisiksi, eivätkä ne tai niiden puuttuminen näin ollen suoraan kerro arvosteluperusteiden soveltamisesta koesuoritukseen.

Ylioppilastutkinnon kokeessa selvitetään ovatko opiskelijat omaksuneet lukion opetussuunnitelman mukaiset tiedot ja taidot sekä saavuttaneet lukiokoulutuksen tavoitteiden mukaisen riittävän kypsyys. 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 ekvivalenttikohhta titrauskäyrässä tai hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti.

Essee- ja selittävissä 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 jäsennelty 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 pisteytysjaon 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.

Pisteet voivat olla *itsenäisiä* tai *sidottuja*. **Itsenäisen pisteen (ip.)** saamiseksi riittää, että kyseiseen pisteeseen oikeuttava asia on mainittu vastauksessa riippumatta muun vastauksen oikeellisuudesta. **Sidottu piste (sp.)** on sidottu edeltävän asian oikeellisuuteen.

## OSA I

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

- |  |        |
|--|--------|
| 1.1. kalium, K   | (2 p.) |
| 1.2. He, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> O, Fe              | (2 p.) |
| 1.3. propaani  | (2 p.) |
| 1.4. -3 ammoniakissa, +5 typpihapossa ja +4 typpidioksidissa | (2 p.) |
| 1.5. hapettamalla propanaalia                                | (2 p.) |
| 1.6. 2 mol/l HCl ja 2 g CaCO <sub>3</sub> -jauhetta          | (2 p.) |
| 1.7. Ag/Ag <sup>+</sup>                                      | (2 p.) |
| 1.8. 0,14 mol  | (2 p.) |
| 1.9. 3,65 g  | (2 p.) |
| 1.10. +800 kJ  | (2 p.) |

## OSA II

### 2. Ruosteen poistaminen ja korroosionesto (15 p.)

#### 2.1. (9 p.)

$$n(\text{oksaalihappo}) = c \cdot V \quad (1 \text{ p.})$$

$$= 0,140 \text{ mol/l} \cdot 1,50 \text{ l} = 0,21000 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

Stoikiometrian perustelu (voi myös ilmetä epäsuorasti laskusta):

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1/6 \cdot n(\text{oksaalihappo}) \quad (2 \text{ ip.})^*)$$

*Stoikiometria pitää soveltaa ainemäärään ja oikeisiin yhdisteisiin.*

$$= 1/6 \cdot 0,21000 \text{ mol} = 0,035000 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = (2 \cdot 55,85 + 3 \cdot 16,00) \text{ g/mol} \quad (1 \text{ ip.})$$

$$= 159,7 \text{ g/mol} \quad (159,70 \text{ g/mol})$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n \cdot M \quad (1 \text{ ip.})$$

*Kaava pitää soveltaa oikeaan yhdisteeseen.*

$$= 0,035000 \text{ mol} \cdot 159,70 \text{ g/mol} = 5,5895 \text{ g} \quad (1 \text{ p.})$$

Ruostetta voidaan poistaa 5,59 g. (1 p.)

*\*) ip:n ja sp:n selitys HVP:n johdanto-osassa.*

#### 2.2. (6 p.)

Vastauksessa esitetään ja perustellaan erilaisia tapoja, joilla voidaan vähentää raudan ruostumista. Maininta 1 ip./tapa, perustelu 2 p./tapa.

Esimerkiksi:

- Maalataan pinta tai pinnoitetaan se esimerkiksi muovilla.

Maali tai pinnoite estää hapen pääsyn rautapintaan ja estää siten rautapintaa hapettumasta.

- Pinnoitetaan rauta epäjalolla metallilla, kuten sinkillä.  
Vaikka pinnoitteeseen tulisi naarmu, epäjalo pinnoitemetalli hapettuu ensin ja vasta siten rauta.
- Käytetään uhrianodia.  
Esimerkiksi teräsveneisiin kiinnitetään kappale metallia, joka on epäjalompaa kuin rauta. Epäjalompi metalli hapettuu ensin ja suojaa siten rautaa hapettumiselta.
- Muutetaan raudan käyttöympäristöä.  
Esimerkiksi poistetaan raudan kanssa kosketuksissa oleva elektrolyytti kuivaamalla tai poistetaan elektrolyyttiin liuennut happi.
- Käytetään korroosioinhibiittoria, joka estää tai hidastaa raudan hapettumisreaktiota.

### 3. Hedelmien ja vihannesten säilyvyys (15 p.)

#### 3.1. (7 p.)

Funktionaalinen ryhmä on hiiliatomien välinen kaksoissidos. (1 p.)

Additioreaktiossa  $\pi$ -sidoks katkeaa, (1 p.)

ja kumpaankin hiiliatomiin liittyy atomi tai atomiryhmä. (2 p.)

Hiiliatomien välisen kaksoissidoksen paikalle jää hiiliatomien välinen yksöissidos. (1 p.)

Additioreaktiossa reagoivia aineita ovat esimerkiksi vesi ( $H_2O$ ), vety ( $H_2$ ), halogeenit (esim.  $Cl_2$  ja  $Br_2$ ) ja vetyhalogenidit (Esim.  $HCl$  ja  $HBr$ ). (2 p.)

(1 p./aine)

### 3.2. (4 p.)

Metanoli on poolinen yhdiste (tai metanolimolekyylissä sisältää poolisen OH-ryhmän).

Metanolimolekyylien välillä on vetysidoksia ja dispersiovoimia.

Eteeni on pooliton yhdiste (tai eteenimolekyylit sisältävät vain heikosti poolisia C-H-sidoksia ja poolittomia C-C-sidoksia). Tämän vuoksi eteenimolekyylien välillä on vain dispersiovoimia, jotka ovat heikompia kuin vetysidokset. Yleissääntö on, että mitä voimakkaampia sidoksia/vuorovaikutuksia yhdisteen molekyyliden välillä on, sitä korkeampi on yhdisteen kiehumispiste (vertailu eteenin ja metanolin vuorovaikutusten välillä ja johtopäätös).

Tarkistetaan, että	Pisteet
<b>yhdistetty</b> <u>eteeni ja dispersiovoimat</u>	1 p.
<b>yhdistetty</b> <u>metanoli ja vetysidokset / dipoli-dipolisidokset</u>	1 p.
<b>kohdistettu</b> dispersiovoimat ja vetysidokset <u>molekyylien välille</u>	1 p.
<b>vertailtu</b> <b>oikeiden sidosten</b> (dispersiovoimat ja vetysidokset/dipoli-dipolisidokset) vahvuutta ja <b>esitetty johtopäätös</b>	1 p.
<b>yhteensä max.</b>	<b>4 p.</b>

### 3.3. (4 p.)

**Vastaus:** Karboksyyli(happo)ryhmä.

#### 4. Energiamuutokset ja reaktion nopeus (15 p.)

##### 4.1. (4 p.)

Veden lämpötila nousee. (1 ip.)

Reaktion  $\Delta H < 0$ , (1 ip.)

mikä osoittaa, että reaktio on eksoterminen eli **lämpöenergiaa vapautuu** ja sen seurauksena veden lämpötila nousee. (2 ip.)

##### 4.2. (3 p.)

Veden hajoamisreaktiossa sitoutuu lämpöenergiaa. (1 ip.)

(Perusteita ei vaadita tähän pisteeseen, tai ne voivat olla myös väärin.)

Reaktion  $\Delta H > 0$ , (1 ip.)

mikä osoittaa, että reaktio on endoterminen eli **lämpöenergiaa sitova**. (johtopäätös) (1 sp.)

##### 4.3. (4 p.)

Molempien reaktioiden nopeus kasvaa. Lämpötilan nostaminen nopeuttaa reaktiota, koska se lisää reaktioon johtavien suotuisten törmäysten lukumäärää aikayksikössä.

(Reaktion  $\Delta H$ -arvo ei vaikuta tähän.)

##### Pisteytys:

NaOH:n liukenemisreaktion nopeus kasvaa (1 ip.)

Perustelu törmäysteorialla (1 sp.)

Veden hajoamisreaktion nopeus kasvaa (1 ip.)

Perustelu törmäysteorialla (1 sp.)

##### 4.4. (4 p.)

Reaktion aktivoitumisenergia tarkoittaa sitä energiakynnystä, joka törmäysten on ylitettävä

reaktion käynnistämiseksi. (2 p.)

Aktivoitumisenergiaa voidaan pienentää käyttämällä katalyyttiä. (2 p.)

*Jos mainittu virheellisiä keinoja, -1 p./keino; max -2 p.*

## 5. Alkalimetallien ominaisuuksia (15 p.)

### 5.1. (11 p.)

Litiumilla, natriumilla ja kaliumilla on uloimmalla elektronikuorellaan yksi elektroni/esitetty **oikeat** elektronikonfiguraatiot (1 p. Li, 1 p. Na, 1 p. K) (3 p.)

jonka ne luovuttavat helposti/ne hapettuvat helposti. (1 p.)

Atomin koko kasvaa ryhmässä alaspäin mentäessä TAI kaliumatomi on suurin/litiumatomi pienin, koska (1 p.)

tällöin jokaisessa uudessa jaksossa alkaa täytyä uusi elektronikuori TAI kaliumatomilla on käytössä neljä elektronikuorta, natriumatomilla kolme ja litiumatomilla kaksi TAI elektronikuoria tulee lisää (2 sp.)

Ryhmässä alimpana olevan atomin **ulkoelektroni on kauimpana ytimeistä**, joten se irtoaa helpoimmin. (2 p.)

Siten kalium on reaktiivisin. (1 p.)

Litium on vähiten reaktiivinen. (1 p.)

### 5.2. (4 p.)

$\text{Li}^+$ - ja  $\text{K}^+$ -ionit muodostavat kruunueetterien kanssa **ioni-dipolisidoksia/(kovalenttisia) koordinaatiosidoksia.** (2 p.)

Kruunueetterin **happiatomeilla on negatiivinen osittaisvaraus/vapaita elektronipareja** (1 p.)



johon **kationi/positiivinen ioni/litium- ja kaliumionit/ionit** (koska tehtävänannossa yksilöity, mitä ioneja tarkastellaan) **voi sitoutua.** (1 sp.)

## 6. Tyydyttymättömän rasvan hydraus (15 p.)

### 6.1. (10 p.)

$$m(\text{H}_2) = 186,2 \text{ g} - 182,4 \text{ g} = 3,8 \text{ g} \quad (2 \text{ p.})$$

$$n(\text{H}_2) = n/M = 3,8 \text{ g} / (2 \cdot 1,008 \text{ g/mol}) = 1,88492 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$n(\text{C}=\text{C}) = n(\text{H}_2) \quad (2 \text{ p.})$$

*(Voi ilmetä epäsuorasti laskusta tai esim. laskemalla Avogadron vakion avulla vetymolekyylien ja C=C sidosten lukumäärät.)*

$$n(\text{C}=\text{C}) = 1,88492 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$n(\text{triglyseridi}) = 182,4 \text{ g} / 873,3 \text{ g/mol} = 0,208863 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$n(\text{H}_2) / n(\text{triglyseridi}) = 1,88492 : 0,208863 = 9 : 1 \quad (2 \text{ p.})$$

Lähtöaineena toimineen triglyseridin molekyyli­rakenteessa oli yhdeksän C=C sidosta. (1 p.)

### 6.2. (5 p.)

Triglyseridin hydrolyysin reaktiotuotteina syntyy tyydyttyneitä ja tyydyttymättömiä rasvahappoja sekä glyserolia. Glyseroli kuuluu alkoholeihin (2 p.). Rasvahapot ovat karboksyyli­hap­poja (1 p.). Tyydyttymättömissä rasvahapoissa on lisäksi alkenyyli­ryhmä (2 p.).

## 7. Seosten valmistus keittiössä (15 p.)

### 7.1. (5 p.)

Erotusmenetelmä on uuttaminen. Vesi on poolinen yhdiste, johon liukenee teestä poolisia yhdisteitä. Teepussiin jää liukenematonta ainesta. Yhdisteet leviävät tasaisesti diffuusiosta johon.

### 7.2. (5 p.)

Oliiviöljy on pooliton triglyseridi. Ruokaetikka on etikkahapon vesiliuos, joka koostuu poolisesta vedestä ja poolisesta etikkahaposta. Pooliton triglyseridi on niukkaliukoista pooliseen veteen, joten se muodostaa kerroksen veden päälle. Toisaalta ruokaetikan tiheys on suurempi kuin oliiviöljyn, joten myös siksi ruokaetikka on pohjalla. Sekoitettaessa muodostuu samea seos, mutta kerrokset eroavat toisistaan jonkin ajan kuluttua. Seos on emulsio/ heterogeeninen/ kolloidinen neste-nesteseos.

### 7.3. (5 p.)

Kerma on aluksi nestemäistä. Kun sitä vispataan, sen tilavuus kasvaa, koska kermaan sekoituu ilmaa. Siten kermavaahto on heterogeeninen kaasu-nesteseos.

## 8. Vetyjodidin valmistusreaktion tasapaino (15 p.)

### 8.1. (9 p.)

Tasapainovakion lauseke:  $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]}$  (1 ip.)

*Tasapainovakion lauseke voi epäsuorasti käydä ilmi oikeasta sijoituksesta.*

Uusien tasapainokonsentraatioiden laskeminen (taulukkoa ei vaadita):

	H <sub>2</sub> (g)	+ I <sub>2</sub> (g)	⇌	2 HI(g)
Alussa (mol/l)	0,034	0,046		0,123
Tasapainossa (mol/l)	0,034 - x	0,046 - x		0,123 + 2x

(3 p.)

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{(0,123 + 2x)^2}{(0,034 - x) \cdot (0,046 - x)} = 50,2 \quad (1 \text{ p.})$$

$$46,2 x^2 - 4,508 x + 0,0633838 = 0$$

$$\text{josta } x = 0,0170339 \text{ (tai } x = 0,0805418) \quad (1 \text{ p.})$$

Oikean x-arvon perustelu:

Suurempi tulos on suljettava pois, sillä muutoin lähtöaineiden konsentraatiot olisivat negatiivisia. (1 p.)

Tasapainokonsentraatiot ovat:

$$[\text{H}_2] = 0,034 - x = (0,034 - 0,0170339) \text{ mol/l} = 0,0169661 \text{ mol/l} \approx 0,017 \text{ mol/l}$$

$$[\text{I}_2] = 0,046 - x = (0,046 - 0,0170339) \text{ mol/l} = 0,0289661 \text{ mol/l} \approx 0,029 \text{ mol/l}$$

$$[\text{HI}] = 0,123 + 2x = (0,123 + 2 \cdot 0,0170339) \text{ mol/l} = 0,1570678 \text{ mol/l} \approx 0,157 \text{ mol/l} \quad (2 \text{ p.})$$

## 8.2. (3 p.)

Reaktion tasapainovakion arvo kasvaa lämpötilan kasvaessa. (2 p.)

TAI

Kun lämpötila nousee, tasapaino siirtyy tuotteiden puolelle.

TAI

Kun lämpötila kasvaa, tuotteen tasapainokonsentraatio kasvaa ja lähtöaineiden pienenee.

**Päätelmä:** Reaktio on endoterminen. (1 sp.)

- *Hyväksytään johtopäätös, joka perustuu sidosenergioiden avulla laskettuun reaktioentalpian arvoon.*

### 8.3. (3 p.)

#### Havainto:

Kun astian tilavuutta pienennetään, **paine kasvaa.** (1 ip.)

#### Perustelu:

(Le Châtelier'n periaatteen mukaan kaasureaktion tasapainoasema siirtyy paineen kasvaessa siihen suuntaan, jossa kaasumooleja on vähemmän.) Reaktiossa  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$  lähtöaineiden ja tuotteiden puolella on **yhtä monta (kaasu)moolia**, minkä vuoksi paineen kasvattaminen / astian tilavuuden pieneneminen ei vaikuta lähtöaineiden ja tuotteiden ainemääriin. (1 p.)

#### Päätelmä:

Vetyjodidin ainemäärä on siis **yhtä suuri** kuin alkutilanteessa.  
*piste sidottu perusteluun* (1 sp.)

## OSA III

### 9. Kiertotalous ja metallien kierrätys (20 p.)

#### 9.1. (8 p.)

Erilaisia syitä, miksi metallien (Fe, Al, Pb, Pt, Au) kierrätysasteet ovat korkeita 2 p./syy; mainittu metalli, johon syy liittyy:

Toimiva palautus- ja kierrätysjärjestelmä, esimerkiksi

- Alumiinitölkkien palautukseen on toimiva panttijärjestelmä.
- Metalliriromun keräykseen erikoistuneita yhtiöitä on useita. Valtaosa metalliriromusta on rautaromua (esimerkiksi romuautot).
- Useat toimijat järjestävät romukultakeräyksiä (esimerkiksi kotitalouksien korut).
- Lyijyakuille on koko maan kattavat keräyspisteet, joihin kuluttaja voi jättää akun veloituksetta.

Metallin haitallisuus, esimerkiksi

- Lyijyn haitallisten ominaisuuksien vuoksi akuille on luotu hyvin toimiva

kierrätysjärjestelmä. Lyijyakut ovat vaarallista jätettä, joka lainsäädännöllä määrätään kerättäväksi.

Metallin hinta, esimerkiksi

- Metallin korkea hinta (Pt, Au) tekee pienienkin määrien talteenotosta taloudellisesti kannattavaa, minkä vuoksi keräys on järjestetty. Kulta ja platina ovat jalometalleja, jotka säilyttävät arvonsa hyvin.

Metallin runsas käyttö, metalliromun saatavuus ja kierrätyksen taloudellinen kannattavuus, esimerkiksi

- Rauta on merkittävä teollisuusmetalli, jota käytetään paljon. Rautaromun saatavuus on hyvä, joten sille on luotu taloudellisesti kannattava kierrätysjärjestelmä.
- Alumiini on merkittävä teollisuusmetalli, jota käytetään paljon, joten sille on ollut taloudellisesti kannattavaa kehittää kierrätysjärjestelmiä ja -teknologioita.
- Lyijyä on pitkään käytetty suuria määriä autojen käynnistysakuissa. Lyijyakkujätteen markkina-arvo on hyvä.

Kierrättämisen teknologiat ja niiden kehitys, esimerkiksi

- Nämä metallit esiintyvät useimmissa sovelluksissa puhtaina metalleina tai metalliseoksina. Niiden erottaminen/talteenotto kierrätettävistä laitteista ja materiaaleista on usein teknologisesti helpompaa kuin metalliyhdisteissä olevan metallin.
- Teräksen valmistuksen raaka-aineena hyödynnetään paljon kierrätysterästä, koska kierrätykseen on luotu hyvin toimiva teknologia.
- Käytettäessä kierrätysraaka-ainetta kyseisten metallien valmistuksessa voidaan säästää energiaa. Esimerkiksi kierrätetyn alumiinin uudelleen sulattaminen vaatii vain noin 5 % siitä energiasta, joka tarvitaan vastaavan alumiinimäärän valmistamiseen bauksitista.
- Näiden metallien arvo säilyy hyvin kierrätyksessä, koska kierrätetty metalli päätyy usein samaan käyttökohteeseen, josta oli peräisin. Esimerkiksi kierrätetyt alumiinitölkit sulatetaan, ja metallisulasta valmistetaan uusia tölkkejä. Näitä metalleja voidaan kierrättää useita kertoja niiden ominaisuuksien heikentymättä, ja kierrätyksessä hukkaprosentti on pieni.

### 9.2. (7 p.)

Tarkistuksen kohde	Pisteet	Tarkennus pisteytykseen
Litiumin käyttökohteen <b>merkitys/nykytila</b> selitettynä	1 p./ käyttökohde	yhteensä enintään 4 p.
<b>Syy</b> litiumin käytön lisääntymiseen/tarpeen kasvuun	1 p./ syy	yhteensä enintään 4 p.

Jos **käyttökohteita** **pohditaan** vain yleisellä tasolla toistelemalla aineiston taulukon tietoja, max 1 p.

### 9.3. (5 p.)

Syitä litiumin matalaan kierrätysasteeseen (1 p./syy, enintään 3 p.), esimerkiksi:

- Litium esiintyy käyttökohteissaan usein yhdistemuodossa. Eri käyttötarkoituksiin käytetään erilaisia litiumyhdisteitä, mikä hankaloittaa erotusteknologioiden kehittämistä.
- Litiumia on usein vain pieniä määriä käyttökohteissa, joissa on paljon myös erilaisia muita yhdisteitä/metalleja.
- Litium ei ole niin kallista kuin esimerkiksi kulta ja platina, joten sen kierrätys on vaikeampaa saada taloudellisesti kannattavaksi.

Litiumin kierrätysasteen kasvattaminen (1 p./keino, enintään 3 p.), esimerkiksi:

- Tehostetaan käytettyjen litiumioniakkujen keräystä ja lajittelua, esimerkiksi lisätään keräyspisteiden lukumäärää, luodaan panttijärjestelmä akkujen palautukseen, kehitetään matkapuhelimille vuokraus- ja leasingjärjestelmiä (joissa matkapuhelin palautuu kierrätyksen järjestävälle kaupalle tai valmistajalle).
- Lisätään kuluttajavalistusta kierrätyksen merkityksestä.
- Kehitetään akkujen rakennetta siten, että litium on helpompi irrottaa niistä (ekosuunnittelu).
- Sähköautot yleistyvät, jolloin tarvitaan enemmän litiumioniakkuja. Kun kierrätettäviä akkuja on enemmän, kierrätyksen järjestämisestä tulee kannattavampaa.

- Kehitetään litiumin erotusmenetelmiä.
- Tehostetaan kierrätetyn litiumin markkinoita (esimerkiksi taloudelliset kannustimet kuten verohelpotukset tai velvoitteet kierrätysmetallien käyttöön).
- Kehitetään akkuteknologiaa siten, että akut pysyvät toimintakykyisinä auton koko elin- iän. Autoromuttamoissa kierrätys voidaan järjestää keskitetysti.

## 10. Happojen titrauskäyrät (20 p.)

### 10.1. (6 p.)

Jos vahvan ja heikon hapon konsentraatiot ovat samat, vahvan happoliuoksen pH-arvo on alempi kuin heikon happoliuoksen. (1 p.)

Tämä johtuu siitä, että vahvan hapon molekyyleistä suurin osa luovuttaa protonin, ja heikon hapon molekyyleistä vain osa. (1 p.)

Vahvan hapon titrauksessa syntyy vastinemäs, joka on hyvin heikko emäs. (1 p.)

Hyvin heikko emäs ei vaikuta pH-arvoon mittaustarkkuuden rajoissa, joten pH on noin 7. (1 p.)

Heikon hapon titrauksessa vastinemäs reagoi veden kanssa, (1 p.)

jolloin veteen vapautuu hydroksidi-ioneja, ja pH on emäksinen. (1 p.)

### 10.2. (7 p.)

Hapon HZ kokonaisainemäärä:

$$n(\text{HZ}) = n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,100 \text{ mol/l} \cdot 8,41 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 8,41 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

ja hapon alkukonsentraatio

$$c_{\text{alku}}(\text{HZ}) = n/V = 8,41 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,1000 \text{ l} = 8,41 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \quad (1 \text{ p.})$$

Alkutilanteen oksoniumionikonsentraatio happonäytteessä ennen natriumhydroksidin lisäämistä:  $10^{-3,42} \text{ mol/l} = 3,80189 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$

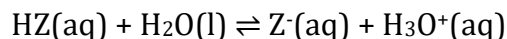
JA

Hapon HZ emäsmuodon konsentraatio on tasapainotilanteessa yhtä suuri kuin oksoniumioni-konsentraatio. (1 p.)

Hapon HZ happomuodon konsentraatio tasapainotilanteessa saadaan vähentämällä alkukonsentraatiosta  $3,80189 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$  (eli  $10^{-3,42}$ ). (1 p.)

Tai sama taulukkomuodossa:

Hapon protolyysitarkastelu



alku(mol/l)	0,00841	0	0
tasapaino(mol/l)	$0,00841 - 10^{-3,42}$	$10^{-3,42}$	$10^{-3,42}$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Z}^-]}{[\text{HZ}]} \quad (1 \text{ ip.})$$

$$= \frac{\left(10^{-3,42} \frac{\text{mol}}{\text{l}}\right)^2}{\left(0,00841 - 10^{-3,24}\right) \frac{\text{mol}}{\text{l}}} = 1,800 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

(1 p.)

*Happovakion lauseke hyväksytään numeerisesta sijoituksesta vain, jos arvot ovat oikein.*

Vastaus: Hapon HZ happovakio on  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  (1 p.)

### 10.3. (7 p.)

$$K_b = K_w / K_a = 1,008 \cdot 10^{-14} (\text{mol/l})^2 / 1,800 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = 5,600 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l} \quad (1 \text{ p.})$$

- Lasku veden ionitulon arvolla  $1,0 \cdot 10^{-14} (\text{mol/l})^2$  hyväksytään,  $K_b = 5,556 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$
- Jos laskettu millä tahansa kohdan 10.2.  $K_a$ -arvolla, VSE.

Ekvivalenttikohdassa:

$$\text{Vastinemäksen ainemäärä } n(\text{Z}^-) = 8,41 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{Liuoksen tilavuus } V = 100,0 \text{ ml} + 8,41 \text{ ml} = 108,41 \text{ ml}$$

Emäksen alkukonsentraatio:



$$c_{\text{alku}} = n/V = 8,41 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,10841 \text{ l} \approx 7,7576 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.} \quad (1 \text{ p.})$$

Ekvivalenttikohdassa vallitsee tasapainotilanne taulukkona tai muulla tavoin ilmaistuna:

	$Z^- (\text{aq})$	$+ \text{H}_2\text{O} (\text{l})$	$\rightleftharpoons$	$\text{OH}^- (\text{aq})$	$+ \text{HZ}(\text{aq})$	
alku (mol/l)	$7,7576 \cdot 10^{-3}$			0	0	
tp (mol/l)	$7,7576 \cdot 10^{-3} - x$			x	x	(2 p.)

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HZ}]}{[\text{Z}^-]} = \frac{x \cdot x}{c_{\text{alku}} - x} = \frac{x^2}{7,7576 \cdot 10^{-3} - x} = 5,600 \cdot 10^{-10} \quad (1 \text{ p.})$$

Ratkaistaan  $x = 2,0840 \cdot 10^{-6}$  (tai  $x = -2,0846 \cdot 10^{-6}$ , negatiivinen juuri ei kelpaa)

$$x = [\text{OH}^-] \quad (1 \text{ p.})$$

$$\text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - (-\lg[\text{OH}^-]) = 14,00 - (-\lg 2,0840 \cdot 10^{-6})$$

$$= 14,00 - 5,6811 = 8,3189 \approx 8,32$$

Vastaus: ekvivalenttikohdassa pH-arvo on 8,32. (1 p.)

## 11. Piperiinin eristys mustapippurista (20 p.)

### 11.1. (6 p.)

Uuttamista varten mustapippuri kannattaa jauhaa, jotta liukeneminen olisi tehokasta. Dikloorimetaanin ja mustapippurijauheen muodostamaa seosta kuumennetaan, jotta liukeneminen tehostuu. Kuumennettaessa astiaa lämmitetään lämpöhauteella. Pystyjäähdyttäjän avulla varmistetaan, ettei dikloorimetaania haihdu seoksesta. Uuton jälkeen liukenematon mustapippurijauhe suodatetaan pois. Uutossa dikloorimetaaniin liukenee piperiiniä ja muita orgaanisia yhdisteitä.

## 11.2. (14 p.)

Esimerkiksi:

### ▪ Sulamispiste

Sulamispistettä verrataan kirjallisuusarvoon. Jos mitattu arvo poikkeaa kirjallisuusarvosta, voi olla, ettei kyseessä ole sama yhdiste. Kirjallisuusarvosta poikkeava sulamispiste tai epäterävä sulamispiste (sulaminen tapahtuu laajalla lämpötilavälillä) voi viitata myös epäpuhtauksien läsnäoloon. Epäpuhtauksien määrää tai kemiallista koostumusta ei kuitenkaan voi päätellä pelkästään sulamispisteen perusteella. Sulamispisteen määrittäminen ei yksin riitä puhtauden varmistukseen, koska samakin yhdiste voi kiteytyä eri kidemuodoissa, jolloin sulamispiste ei ole sama.

### ▪ Ohutkerroskromatografia

Kromatografisilla menetelmillä hyvin samantapaisiakin aineita voidaan tunnistaa ja erottaa toisistaan. Ohutkerroskromatografiassa nestemäinen liikkuva faasi, johon näyte on liuotettu, nousee pitkin kromatografialevyä. Näytteen sisältämät yhdisteet tarttuvat erilaisilla voimakkuuksilla levyn pintaan ja muodostavat sen pinnalle täpliä. Nämä voidaan havaita sellaisenaan näkyvässä tai UV-valossa tai värjäämällä levy jollain värjäysreagenssilla. Ohutkerroskromatografian avulla voidaan arvioida yhdisteen puhtautta: jos levyllä havaitaan useita täpliä, yhdiste ei ole puhdasta.

### ▪ IR-spektroskopia

IR-spektri antaa tietoa molekyylin sidosten värähdyksistä. IR-spektristä voidaan esimerkiksi tunnistaa, mitä funktionaalisia ryhmiä molekyyli sisältää.

### ▪ NMR-spektroskopia

NMR-spektroskopia perustuu magneettikentässä olevan atomiytimen vuorovaikutukseen radioaaltojen kanssa. NMR-spektristä saadaan selville esimerkiksi näytteen sisältämien molekyylien vetyatomien tai hiiliatomien lukumäärä sekä niiden kemiallinen ympäristö eli millaisiin atomeihin ja atomiryhmiin vety- tai hiiliatomit ovat sitoutuneet. NMR-spektroskopiolla voidaan täsmällisesti varmistaa näytteen sisältämän yhdisteen rakenne ja tunnistaa yhdiste vertaamalla sen spektriä tunnettujen yhdisteiden NMR-spektreihin. NMR-spektristä nähdään myös mahdolliset epäpuhtaudet, ja spektriä analysoimalla voidaan määrittää epäpuhtauksien rakenne ja määrä.