



## KEMIAN KOE 3.10.2019

## HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alustavat hyvän vastauksen piirteet on suuntaa-antava kuvaus kokeen tehtäviin odotetuista vastauksista ja tarkoitettu ensisijaisesti tueksi alustavaa arvostelua varten. Alustavat hyvän vastauksen piirteet eivät välttämättä sisällä ja kuvaa tehtävien kaikkia hyväksytyjä vastauksia. Alustavat hyvän vastauksen piirteet eivät ole osa Ylioppilastutkintolautakunnan yleisissä määräyksissä ja ohjeissa tarkoitettua tietoa siitä, miten arvosteluperusteita on sovellettu yksittäisen kokelaan koesuoritukseen. Alustavat hyvän vastauksen piirteet eivät sido Ylioppilastutkintolautakuntaa lopullisen arvostelun perusteiden laadinnassa.

Ylioppilastutkinnon kokeessa selvitetään ovatko opiskelijat omaksuneet lukion opetussuunnitelman mukaiset tiedot ja taidot sekä saavuttaneet lukiokoulutuksen tavoitteiden mukaisen riittävän kypsyuden. 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 selittämissä vastauksissa tekstiä täydennetään reaktioyhtälöillä, kaavoilla tai piirroksilla. Käsiteltäviä ilmiöitä kuvataan makroskooppisella, mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Vastauksesta ilmenee tehtävään liittyvän aineiston hyödyntäminen, soveltaminen, ana-

lysointi 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 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 epätäsmällisestä kielenkäytöstä, pienestä laskuvirheestä tai likiarvojen huolimattomasta käytöstä vähennetään 0–3 p.

## 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.)

$$n(\text{oksaalihappo}) = c \cdot V = 1,50 \text{ l} \cdot 0,140 \text{ mol/l} = 0,21000 \text{ mol} \quad (2 \text{ p.})$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1/6 \cdot n(\text{oksaalihappo}) \quad (4 \text{ p.})$$
$$= 1/6 \cdot 0,21000 \text{ mol} = 0,035000 \text{ mol} \quad (1 \text{ p.})$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n \cdot M = 0,035000 \text{ mol} \cdot (2 \cdot 55,85 + 3 \cdot 16,00) \text{ g/mol} = 5,5895 \text{ g}$$

Ruostetta voidaan poistaa 5,59 g. (2 p.)

## 2.2. (6 p.)

Vastauksessa esitetään ja perustellaan erilaisia tapoja, joilla voidaan vähentää raudan ruostumista. Maininta 1 p./tapa, perustelu enintään 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. (3 p.)



### 3.2. (4 p.)

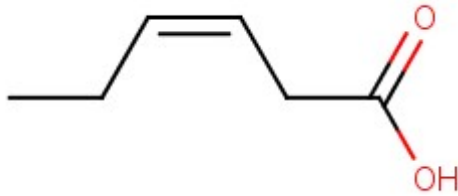
Yhdisteet **A**, **C**, **D** ja **G** ovat 1-metyylisyklopropeenin isomeerejä. (4 p.)  
Verrattuna 1-metyylisyklopropeeniin **B**:ssa on enemmän hiiliatomeja, **E**:ssa enemmän vety- ja hiiliatomeja ja **F**:ssa ja **H**:ssa on enemmän vetyatomeja (selitystä ei vaadita).

### 3.3. (4 p.)

Metanoli on poolinen yhdiste (tai metanolimolekyyli sisältää poolisen OH-ryhmän).  
Metanolimolekyylien välillä on vetysidoksia ja dispersiovoimia.  
Eteeni on pooliton yhdiste (tai eteenimolekyyli 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 molekyylien välillä on, sitä korkeampi on yhdisteen kiehumispiste (vertailu eteenin ja metanolin vuorovaikutusten välillä ja johtopäätös).

**3.4. (4 p.)**



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

**4.1. (4 p.)**

Veden lämpötila nousee.

Reaktion  $\Delta H < 0$ , mikä osoittaa, että reaktio on eksotermisen, eli lämpöenergiaa vapautuu ja sen seurauksena veden lämpötila nousee.

**4.2. (3 p.)**

Veden hajoamisreaktiossa sitoutuu lämpöenergiaa.

Reaktion  $\Delta H > 0$ , mikä osoittaa, että reaktio on endotermisen eli lämpöenergiaa sitova. Tällöin tuotteiden energiataso on korkeampi kuin lähtöaineiden.

**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.)

**4.4. (4 p.)**

Reaktion aktivoitumisenergia tarkoittaa sitä energiakynnystä, joka törmäysten on ylitettävä reaktion käynnistämiseksi.

Aktivoitumisenergiaa voidaan pienentää käyttämällä katalyyttiä.

**5. Alkalimetallien ominaisuuksia (15 p.)**

**5.1. (9 p.)**

Litiumilla ja kaliumilla on uloimmalla elektronikuorellaan yksi elektroni, jonka ne luovuttavat helposti. (3 p.)

Atomin koko kasvaa ryhmässä alaspäin mentäessä, koska tällöin jokaisessa uudessa jaksossa alkaa täyttyä uusi elektronikuori. (3 p.)

Ryhmässä alimpana olevan atomin ulkoelektroni on kauimpana ytimeistä, joten se irtoaa helpoimmin.

Siten kalium on reaktiivisempi kuin litium. (3 p.)

## 5.2. (4 p.)

Li<sup>+</sup>- ja K<sup>+</sup>-ionit muodostavat kruunueetterien kanssa ioni-dipolisidoksia. (2 p.)

Kruunueetterin happiatomeilla on negatiivinen osittaisvaraus, joten ne voivat sitoutua vastakkaismerkkiseen kationiin. (2 p.)

## 5.3. (2 p.)

Ionin sitoutuminen kruunueetteriin on sitä voimakkaampaa mitä voimakkaammin/enemmän ioni pystyy muodostamaan ioni-dipolisidoksia eetterirenkaan happiatomien kanssa. Jos ioni kokonsa puolesta pääsee lähelle kaikkia renkaan happiatomeja, ioni-dipolivuorovaikutus on voimakkaampi kuin jos ioni on kauempana happiatomeista. Litiumioni on pienempi kuin kaliumioni. Pieni Li<sup>+</sup>-ioni sitoutuu tehokkaasti pienirenkaiseen 12-kruunu-4:ään, kun taas suurempi kaliumioni sitoutuu tehokkaasti 18-kruunu-6:een. (2 p.)

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

### 6.1. (10 p.)

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

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

$$n(\text{C}=\text{C}) = 1,88492 \text{ mol} \quad (3 \text{ p.})$$

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

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

Lähtöaineena toimineen triglyseridin molekyyliarakenteessa oli yhdeksän C=C sidosta. (4 p.)

### 6.2. (5 p.)

Sulamispiste nousee.

Hiiliatomien välinen kaksoissidos saa aikaan hiilivetyketjuun merkittävän taipumisen, joka johtuu ketjun *cis*-rakenteesta. Siksi tyydyttymätön hiilivetyketju ei pääse pakkautumaan niin lähelle viereistä hiilivetyketjua kuin suorat tyydyttyneet hiilivetyketjut. Tällöin hiilivetyketjujen välillä on vähemmän dispersiovoimia kuin tyydyttyneiden ketjujen välillä, minkä vuoksi tyydyttyneillä rasvoilla on korkeampi sulamispiste kuin tyydyttymättömillä rasvoilla. (5 p.)

(Kyseessä on linoleenihapon C<sub>17</sub>H<sub>29</sub>COOH triglyseridi C<sub>57</sub>H<sub>92</sub>O<sub>6</sub>.)

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

### 7.1. (5 p.)

Havainnot 3 p., selitykset 2 p.

Havainto: Veden väri muuttuu, kun teepussi asetetaan veteen.

Havainto: Veteen liukenematon osa jää teepussiin.

Selitys: Teelehdistä liukenee/uuttuu veteen vesiliukoisia aineita.

TAI

Selitys: Kyseessä on uuttaminen.

Havainto: Ei selkeää faasirajaa tai kirkas neste.

Selitys: Syntyy homogeeninen seos.

TAI

Havainto: Tee on hieman sameaa.

Selitys: Syntyy samea heterogeeninen seos, jossa pienet kiinteät hiukkaset aiheuttavat sameutta.

### 7.2. (5 p.)

Havainnot 2 p., selitykset 3 p.

Havainto: Oliiviöljy ja ruokaetikka ovat erillisinä faaseina pullossa.

TAI

Havainto: Öljy jää ruokaetikan pinnalle.

Selitys: Oliiviöljy on poolitonta ja ruokaetikka poolista, joten ne eivät liukene toisiinsa vaan jäävät kerroksiksi.

Selitys: Ruokaetikan tiheys on suurempi kuin oliiviöljyn, ja siksi etikka on pohjalla.

Havainto: Kun pulloa ravistetaan, oliiviöljy muodostaa pieniä nestepisaroita ruokaetikkaan.

TAI

Havainto: Kun pulloa ravistetaan, muodostuu samea seos.

Selitys: Oliiviöljystä ja ruokaetikasta syntyy heterogeeninen/kolloidinen neste-nesteseos (emulsio).

### 7.3. (5 p.)

Havainnot 3 p., selitykset 2 p.

Havainto: Kerma on aluksi nestemäistä.

Havainto: Kun sitä vispataan, sen tilavuus kasvaa.

Havainto: Kermasta tulee jähmeää (viskositeetti kasvaa).

Selitys: Kermavaahto on heterogeeninen kaasu-nesteseos, jossa on ilmakuplia (kaasua) sekoittuneena nestemäiseen kermaan.

(Selitys: Kermassa olevat proteiinit ja rasva pitävät vaahdon koossa.)

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

### 8.1. (9 p.)

Tasapainovakion lauseke:  $K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]}$

(1 p.)

Uusien tasapainokonsentraatioiden laskeminen (taulukkoa ei vaadita):

	$H_2(g)$	$+ I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 HI(g)$
Alussa (mol/l)	0,034	0,046		0,123
Tasapainossa (mol/l)	$0,034 - x$	$0,046 - x$		$0,123 + 2x$

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

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

$$\text{josta } x = 0,0170339 \text{ (tai } x = 0,0805418)$$

(6 p.)

Tasapainokonsentraatiot ovat:

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

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

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

(2 p.)

### 8.2. (3 p.)

Reaktio on endoterminen, sillä reaktion tasapainovakion arvo kasvaa lämpötilan kasvaessa.

Le Châtelier'n periaatteen mukaan lämpötilan kasvaessa endotermisen reaktion tasapaino

siirtyy tuotteiden suuntaan.

(3 p.)

### 8.3. (3 p.)

Kun astian tilavuutta pienennetään, paine kasvaa. Le Châtelier'n periaatteen mukaan kaasureaktion tasapainoasema siirtyy paineen kasvaessa siihen suuntaan, jossa kaasumolejia 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 kaasumoolia, minkä vuoksi paineen kasvattaminen ei vaikuta lähtöaineiden ja tuotteiden ainemääriin. Vetyjodidin ainemäärä on siis yhtä suuri kuin alkutilanteessa.

(3 p.)

## OSA III

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

#### 9.1. (8 p.)

Rauta, alumiini ja lyijy ovat melko yleisiä maankuoressa, sen sijaan kulta ja platina eivät ole.

Kaikkien näiden metallien kierrätysaste on korkea, yli 50 %.

Johtopäätös: kierrätysaste ei ole verrannollinen esiintymismäärään maankuoressa.

(3 p.)

Erilaisia syitä, miksi metallien (Fe, Al, Pb, Pt, Au) kierrätysasteet ovat korkeita (enintään 2 p./kohta, yhteensä enintään 5 p.):

Toimiva palautus- ja kierrätysjärjestelmä, esimerkiksi

- Alumiinitölkkien palautukseen on toimiva panttijärjestelmä.
- Metalliromun keräykseen erikoistuneita yhtiöitä on useita. Valtaosa metalliromusta 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 alumiinitölkkit sulatetaan, ja metallisulasta valmistetaan uusia tölkkejä. Näitä metalleja voidaan kierrättää useita kertoja niiden ominaisuuksien heikentymättä, ja kierrätyksessä hukkaprosentti on pieni.

## 9.2. (7 p.)

Käytön lisääntyminen on selitetty tärkeimpien käyttökohteiden avulla antamalla esimerkkejä tavallisista sovelluksista (enintään 4 p.),  
esimerkiksi:

- Akut ja paristot: kannettavien elektronisten laitteiden käyttö yhteiskunnassa on lisääntynyt, ja näissä litiumioniakku on yleisin akkutyyppi. Myös sähköautojen käyttö on lisääntynyt, ja niissä on usein litiumioniakkuja.
- Lasit ja keramiikka: Useat käyttökohteet edellyttävät, että keramiikka kestää kuumenemista. Kuumuudenkestävyyttä saadaan aikaan esimerkiksi lisäämällä litiumoksidia lasitteeseen.
- Teollisuuden automatisointi lisää voiteluaineiden käyttöä.

Käyttökohteet, joiden osuus on 5 % tai pienempi (metallinvalu, ilman käsittely, polymeerit, alumiinin tuotanto, lääkeaineet, muut) (enintään 1 p.),  
esimerkiksi:

- Polymeerien käyttö muoveissa ja muissa sovelluksissa on lisääntynyt.
- Huoneilman laatuun on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota.
- Mielialalääkkeiden käyttö on kasvanut.

Syitä litiumin tarpeen kasvuun (enintään 3 p.),  
esimerkiksi:

- Litiumioniakkujen tarve lisääntyy entisestään, kun kannettavien elektronisten laittei-



- den sekä sähköautojen määrät kasvavat.
- Useat maat ovat asettaneet tavoitteekseen korvata fossiilisista polttoaineista tuotettua energiaa uusiutuvalla energialla. Monissa uusiutuvan energian muodoissa, kuten aurinkoenergiassa, haasteena on, että energian määrä vaihtelee kausittain, mikä luo tarvetta energian varastointiteknologioille. Litiumioniakkujen käyttö uusiutuvan energian varastoinnissa tulee todennäköisesti lisääntymään.
  - Polymeerien käyttö lisääntyy jatkossa.

### 9.3. (5 p.)

Syitä litiumin matalaan kierrätysasteeseen (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 (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 elinajan. Autoromuttamoissa kierrätys voidaan järjestää keskitetysti.

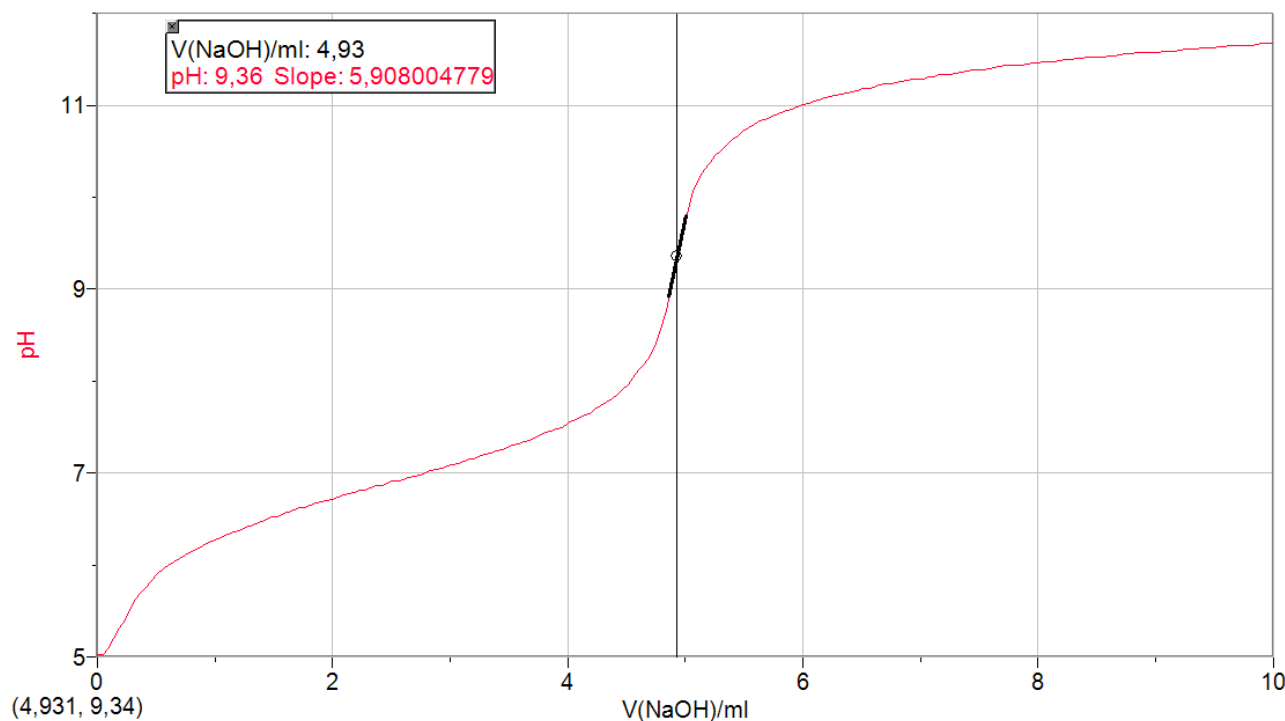
## 10. Happojen titrauskäyrät (20 p.)

### 10.1. (6 p.)

Hapon HY titrauskäyrä on piirretty oikein.

(3 p.)

Alla on kuvakaappaus LoggerPro-ohjelmasta. Muitakin ohjelmia voi käyttää.



**NaOH-kulutus ekvivalenttikohdassa on 4,9 ml.**

(1 p.)

*Ekvivalenttikohdan NaOH-kulutus on määritetty kuvaajasta tutkimalla kulmakerrointa ja arvioimalla pH:n jyrkän nousun alueen keskikohdan paikkaa. Kuvaajasta voi määrittää NaOH-kulutuksen ekvivalenttikohdassa eri tavoin. Aineiston mittauspistetaulukon tietoja voi myös käyttää avuksi.*

Koska ekvivalenttikohdassa pH-arvo on yli 9 ja koska titrauskäyrän muoto vastaa heikon hapon titrausta vahvalla emäksellä, voidaan päätellä, että happo HY on heikko.

(Heikko happo + vahva emäs; syntyy emäksinen suolaliuos.)

(2 p.)

### 10.2. (7 p.)

Hapon HZ kokonaisainemäärä

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

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

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

(2 p.)

Hapon HZ emäsmuodon konsentraatio on tasapainotilanteessa yhtä suuri kuin oksoniumionikonsentraatio.

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

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{(10^{-3,42}) \cdot (10^{-3,42})}{(8,41 \cdot 10^{-3} - 10^{-3,42})} = 1,800 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \approx 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Vastaus: Hapon HZ happovakio on  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  (2 p.)

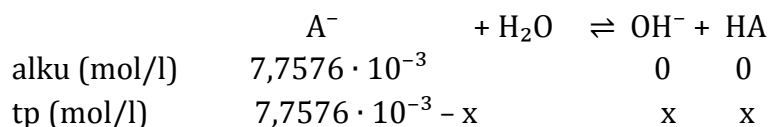
### 10.3. (7 p.)

$K_b = K_w / K_a = 1,008 \cdot 10^{-14} (\text{mol/l})^2 / 1,800 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = 5,600 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$   
(Lasku veden ionitulon arvolla  $1,0 \cdot 10^{-14} (\text{mol/l})^2$  hyväksytään.)

Emäksen alkukonsentraatio on

$$c_{\text{alku}} = n/V = 8,41 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,10841 \text{ l} \approx 7,7576 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}. \quad (2 \text{ p.})$$

Ekvivalenttikohdassa vallitsee tasapainotilanne:



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

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

$$x = [\text{OH}^-]$$

$$\text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - (-\lg[\text{OH}^-]) = 14,00 - (-\lg 2,0840 \cdot 10^{-6}) = 8,3189 \approx 8,32$$

Vastaus: ekvivalenttikohdassa pH-arvo on 8,32. (2 p.)

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

### 11.1. (12 p.)

#### 1. Mustapippurijauheen keittäminen liuottimessa (enintään 4 p.)

Keittämisen aikana mustapippurista liukenee dikloorimetaaniin piperiiniä sekä muita orgaanisia yhdisteitä. Menetelmää kutsutaan uuttamiseksi. Annetuista liukoisuustiedoista nähdään, että dikloorimetaani liukenee sekä veteen että useimpiin orgaanisiin liuottimiin, joten se liuottaa sekä poolittomia että poolisia orgaanisia yhdisteitä. Piperiinin rakenteessa on sekä poolittomia osia (hiilivetyrunko) että poolisia osia (amidisidos ja kaksi poolista eetterisidosta).

#### 2. Tislaus ja kiteytys (enintään 6 p.)

Tislausta voidaan hyödyntää erotuksessa, kun erotettavilla aineilla on riittävän suuri kiehumispiste-ero. Tislauslaitteessa seosta kuumennetaan, kunnes matalimmassa lämpötilassa kiehuva aine höyrystyy. Höyry tiivistetään jäähdyttimessä nesteeksi ja kerätään tal-

teen. Tislauksen aikana seoksesta poistuu dikloorimetaani, jonka kiehumispiste on alhaisempi kuin siihen mustapippurista liuenneiden yhdisteiden. Tislauspulloon jäänyt ruskea öljymäinen jäännös sisältää piperiiniä ja muita mustapippurista liuenneita yhdisteitä. Kun jäännökseen lisätään kylmää dietyylieetteriä ja seosta jäähdytetään, piperiinin liukoisuus dietyylieetteriin pienenee, jolloin piperiini kiteytyy liuoksesta. Piperiini ei kiteydy puhtaana, vaan sen seassa on muita mustapippurista liuenneita yhdisteitä, mikä näkyy ruskehtavana värinä.

### 3. **Puhdistus** (enintään 4 p.)

Kiteiden puhdistuksessa käytetään uudelleenkiteytysmenetelmää. Liuoksesta erottuvat kiteet ovat puhtaampia kuin liuottimeen liennut aine, koska epäpuhtaudet liukenevat paremmin liuottimeen kuin kiteytyvä aine. Piperiini ja sen sisältämät epäpuhtaudet liukenevat hyvin kuumaan asetoni-heksaaniseokseen. Kun seosta jäähdytetään, piperiinin liukoisuus pienenee ja se kiteytyy seoksesta. Muut yhdisteet pysyvät liuenneena asetoni-heksaaniseokseen. Piperiinikiteet erotetaan liuosfaasista suodattamalla, minkä jälkeen ne pestään kylmällä dietyylieetterillä. Pesuliuoksen on oltava kylmää, etteivät piperiinikiteet liukene siihen.

## 11.2. (8 p.)

### 4. **Piperiinin puhtauden määrittäminen ja rakenteen varmistaminen** (enintään 8 p.)

#### ▪ **Sulamispiste** (enintään 2 p.)

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** (enintään 3 p.)

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** (enintään 3 p.)

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

#### ▪ **NMR-spektroskopia** (enintään 3 p.)

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 spekt-

riä analysoimalla voidaan määrittää epäpuhtauksien rakenne ja määrä.