



## KEMIAN KOE 24.3.2020 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 opetus suunnitelman mukaiset tiedot ja taidot sekä saavuttaneet lukiokoulutuksen tavoitteiden mukaisen riittävän kypsyuden. Kemian kokeessa 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 pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei tarvitse mainita. 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. Mittauspisteiden välisiä arvoja voi interpoloida kuvaajaa silmäääräisesti 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, että tehtävään liittyvää aineistoa on hyödynnetty, sovellettu, analysoitu ja arvioitu tehtävänannon mukaisesti. Hyvä vastaus on jäsennelty ja sisällöltään johdonmukainen.

Vastaus arvostellaan tehtäväkohtaisten kriteerien mukaisesti. Lähtökohtana ovat vastauksen ansiot, joista kertyy pisteitä. 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.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (2 p.)

1.2. kykyihin sitoutua paikallaan pysyvään faasiin. (2 p.)

1.3.  $\text{CaO}$  (2 p.)

1.4. karboksyyliiryhmien välisiä vetysidoksia. (2 p.)

1.5. butaanihappo ja metanoli (2 p.)

1.6.  $272 \text{ dm}^3$  (2 p.)

1.7.  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (2 p.)

1.8. molekyyleistä vain osa muodostaa vesiliuoksessa vastinemäksen. (2 p.)

1.9.  $-802,2 \text{ kJ}$  (2 p.)

1.10.  $1,50 \text{ mol/dm}^3$  (2 p.)

## OSA II

### 2. Natriumhydroksidiliuoksen konsentraatio (15 p.)

2.1. (12 p.)

$$n(\text{NaOH}) = m/M = 2,00 \text{ g} / (39,998 \text{ g/mol}) = 0,050003 \text{ mol}$$

$$c(\text{NaOH, laskennallinen}) = n/V = 0,050003 \text{ mol} / 0,500 \text{ l} = 0,10001 \text{ mol/l}$$

NaOH-liuoksen laskennallinen konsentraatio oli 0,100 mol/l. (6 p.)

$$n(\text{oksaalihappo}) = c \cdot V = 0,0500 \text{ mol/l} \cdot 0,02500 \text{ l} = 0,00125 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n(\text{oksaalihappo}) = 2 \cdot 0,00125 \text{ mol} = 0,00250 \text{ mol}$$

$$c(\text{NaOH}) = n/V = 0,00250 \text{ mol} / 0,02563 \text{ l} = 0,097542 \text{ mol/l}$$

NaOH-liuoksen tarkka konsentraatio oli 0,0975 mol/l. (6 p.)

2.2. (3 p.)

Kiinteä natriumhydroksidi imee ilmasta kosteutta, joten se sisältää aina hieman vettä.

tai

Kiinteä natriumhydroksidi reagoi hitaasti ilman hiilidioksidin kanssa, joten se sisältää aina vähän natriumkarbonaattia.

Tällöin punnittu määrä ei vastaa todellista natriumhydroksidin määrää, ja laskennallinen konsentraatio poikkeaa tarkasta konsentraatiosta.

3. Mangaani(IV)oksidin tasapainoreaktio (15 p.)

a) Vetykloridihapon eli lähtöaineen lisäys siirtää tasapainoasemaa oikealle, tuotteiden suuntaan. (3 p.)

b)  $\text{Mn}^{2+}$ -ionien lisäys eli tuotteen lisäys siirtää tasapainoasemaa vasemmalle, lähtöaineiden suuntaan. (3 p.)

c) Reaktiossa syntynyt kloorikaasu poistuu avoimesta astiasta, eli tuotteen määrä pienee. Tällöin reaktion tasapainoasema siirtyy oikealle, tuotteiden puolelle. (3 p.)

d) Reaktio on endoterminen. Siten lämpötilaa nostettaessa reaktion tasapainoasema siirtyy

oikealle, tuotteiden puolelle.

(3 p.)

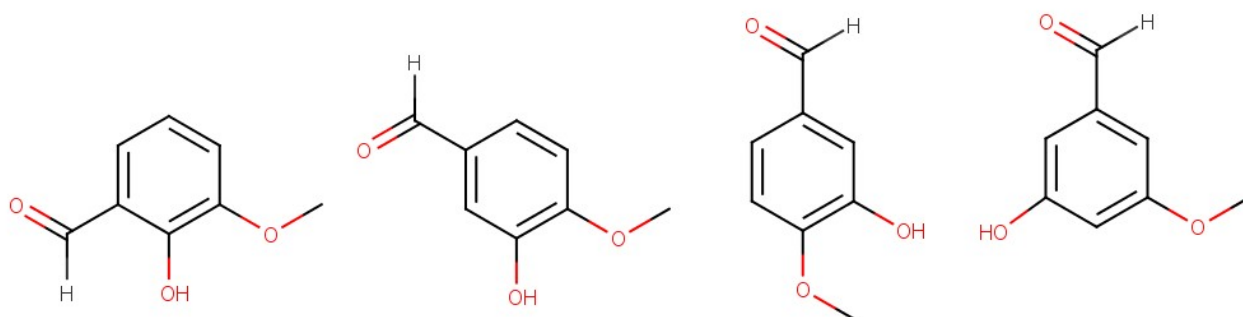
e) Hopeakloridi on happoihin ja veteen niukkaliukoinen suola. Kloridi-ionien konsentraatio ei merkittävästi muutu, joten tasapainoasema ei muutu. Hopeaionien konsentraatio on hyvin pieni, joten ne eivät myöskään merkittävästi vaikuta hapettumis-pelkistymisreaktioon.

(3 p.)

#### 4. Metsien kätkemät aarteet (15 p.)

##### 4.1. Aldehydiryhmä, fenoliryhmä, eetteriryhmä (6 p.)

##### 4.2. Esimerkkejä:



Oikein piirretty rakenne 5 p.

4.3. Hapettava sekundäärinen alkoholiryhmä on joko nimetty tai osoitettu kaavasta. Reaktiossa muodostuu ketoniryhmä. (4 p.)

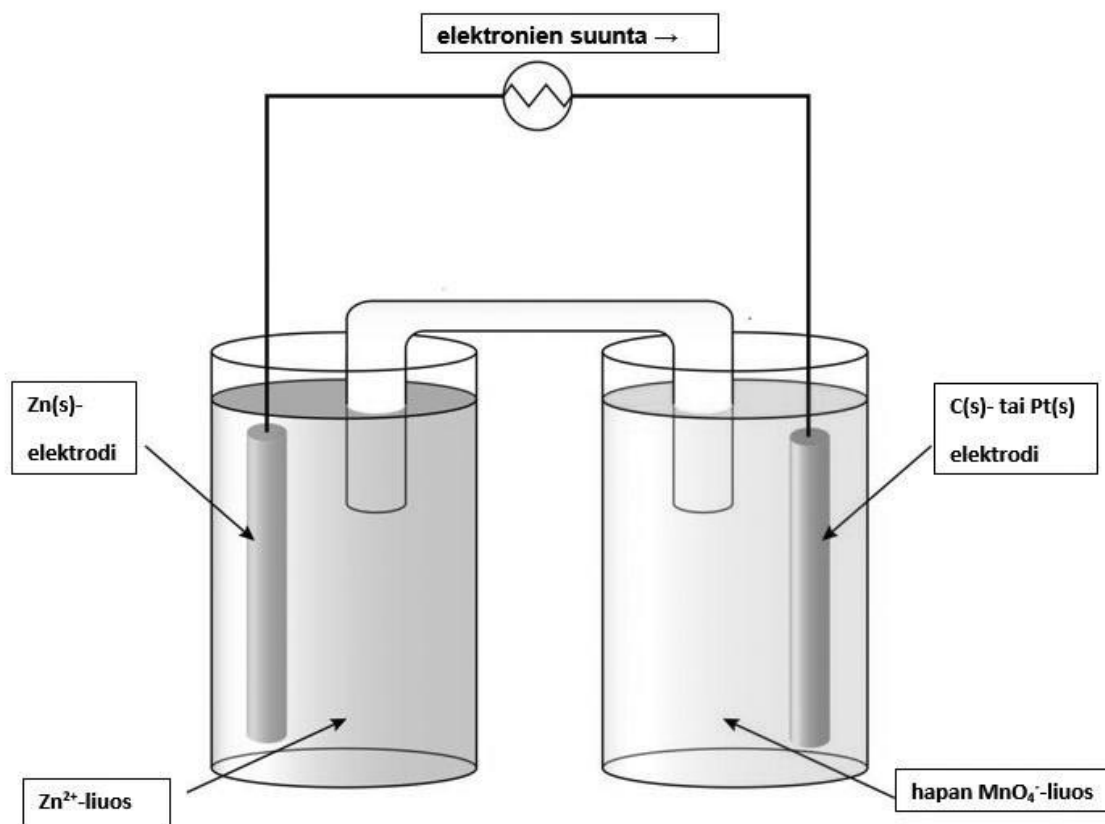
5. Galvaaninen kenno (15 p.)

5.1. (9 p.)

Suurin ero hapettumis-pelkistymisparien normaalipotentialien välillä saadaan käyttämällä Zn/Zn<sup>2+</sup>- ja Mn<sup>2+</sup>/MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>-pareja. (2 p.)

Kennon lähdejännite:  $-(-0,76) \text{ V} + 1,51 \text{ V} = 2,27 \text{ V}$  (2 p.)

Kennon rakenne (5 p.):



Tai sanallisesti kennorakenne:

**A:** Zn(s)-elektrodi

**B:** Zn<sup>2+</sup>(aq)-liuos

**C:** inertti elektrodi, esim. grafiitti- tai platinaelektrodi

**D:** hapan MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>(aq)-liuos

**F:** Elektronit kulkevat Zn-elektrodilta C- tai Pt-elektrodille.

## 5.2. (6 p.)

Kun kennosta otetaan virtaa, Zn hapettuu, jolloin Zn-elektrodin massa pienenee, ja  $Zn^{2+}$ -ionien konsentraatio liuoksessa kasvaa. (2 p.)

Samalla  $MnO_4^-$ -ionit pelkistyvät, jolloin  $MnO_4^-$ - ja  $H^+$ -konsentraatiot pienenevät, ja  $Mn^{2+}$ -konsentraatio kasvaa. Grafiittielektrodi ei kulu. (4 p.)

## 6. Tislaus (15 p.)

### 6.1. (5 p.)

Seos sisältää asetonia ja vettä.

Kun ensimmäiset pisarat tislettä tulevat, lämpötila on 59 °C. Koska kiehumisessa syntyvässä höyryssä on asetonia ja pieni määrä vettä, lämpötila on hiukan asetonin kiehumispistettä (56 °C) korkeampi. Kun asetonia ei ole enää jäljellä, kiehumisessa syntyy vain vesihöyryä, jonka lämpötila on 100 °C.

### 6.2. (10 p.)

Tislaus perustuu erotettavien aineiden erilaisiin kiehumispisteisiin. Tislattavaan seokseen lisätään kiehumakiviä, jotta seos kiehuisi tasaisesti eikä liuos pääsisi roiskumaan. Kun seosta lämmitetään, se alkaa kiehua ja muodostuu höyryä, jossa on eniten alhaisimman kiehumispisteen omaavaa ainetta. Höyryn kiehumispiste voidaan lukea lämpömittarista. Höyry päätyy jäädyttäjään, jossa höyryn lämpötila laskee ja se tiivistyy nesteeksi. Tiivistynyt höyry kerätään tisleenä. Kun alhaisimman kiehumispisteen omaava aine poistuu tislattavasta nesteestä, nesteen kiehumispiste ja höyryn lämpötila nousee. Lopuksi tislautuu aine, jolla on korkein kiehumispiste.

Työturvallisuus:

Lopeta tislaus ennen kuin tislauskolvi on tyhjä.

Tislauslaitteistosta ei saa tehdä suljettua systeemiä, koska lämmityksessä ja höyrystymisessä syntyvän paineen on päästävä purkautumaan laitteistosta.

Pidä syttyvät orgaaniset liuottimet kaukana kipinälähteistä ja hyvin kuumista pinnoista.

Käytä suojavälineitä (suojalasit, suojahansikkaat, työtakki).

Tislaa vetokaapissa.

## 7. Metanolin valmistusreaktio (15 p.)

Kuvataan aineiden konsentraatioiden muutokset (3 p.):

- Hiilimonoksidin ja vedyn konsentraatiot pienenevät, koska ne reagoivat ja muodostavat metanolia.
- Metanolin konsentraatio kasvaa, koska sitä syntyy reaktiossa.

Selitetään erot aineiden reaktionopeuksissa (2 p.):

- Vetykaasun konsentraatio pienenee nopeammin kuin hiilimonoksidin, koska yksi hiilimonoksidimolekyyli reagoi kahden vetymolekyylin kanssa.
- Metanolin konsentraatio kasvaa saman verran kuin hiilimonoksidin pienenee, koska molempien kerroin on 1.

Tunnistetaan tasapainotila. (2 p.)

Metanolin muodostumisreaktion nopeus on suurimmillaan reaktion alussa. Tällöin lähtöaineiden konsentraatiot ovat suurimmillaan, jolloin lähtöainemolekyylien välillä tapahtuu eniten törmäyksiä aikayksikköä kohti. (2 p.)

Metanolin hajoamisreaktio on suurimmillaan dynaamisessa tasapainotilassa. Tällöin metanolin konsentraatio on suurimmillaan, jolloin metanolimolekyylien välillä tapahtuu eniten törmäyksiä aikayksikköä kohti. (2 p.)

Tasapainovakion arvo

$$K = [\text{CH}_3\text{OH}] / ([\text{H}_2]^2 \cdot [\text{CO}]) = (0,42 \text{ mol/l}) / (0,16^2 (\text{mol/l})^2 \cdot 0,58 \text{ mol/l}) \\ = 28,3 \text{ l}^2/\text{mol}^2 \approx 28 \text{ l}^2/\text{mol}^2$$

Metanolin valmistusreaktion tasapainovakion arvo on  $28 \text{ l}^2/\text{mol}^2$ .

(4 p.)



8. Alstoniitin koostumuksen määrittäminen (15 p.)

**Pisteityspöytä:**

- reaktioyhtälöt 3 p.
- yhtälöpari 2 p.
- loppulasku 10 p.

*Reaktioyhtälöt:*



*Yhtälöpari:*

$$(1) \text{ alussa: } m(\text{CaCO}_3) + m(\text{BaCO}_3) = 0,01492 \text{ g}$$

$$(2) \text{ lopussa: } m(\text{CaO}) + m(\text{BaO}) = 0,01042 \text{ g}$$

**Tapa 1:**

$$(3) m(\text{CaO}) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} \cdot M(\text{CaO})$$

$$(4) m(\text{BaO}) = n(\text{BaCO}_3) \cdot M(\text{BaO}) = \frac{m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{BaCO}_3)} \cdot M(\text{BaO})$$

Sijoitetaan (3) ja (4) yhtälöön (2):

$$(5) \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} \cdot M(\text{CaO}) + \frac{m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{BaCO}_3)} \cdot M(\text{BaO}) = 0,01042 \text{ g.}$$

Sijoitetaan yhtälöön (5) yhtälöstä (1)  $m(\text{CaCO}_3) = 0,01492 \text{ g} - m(\text{BaCO}_3)$ :

$$(6) \frac{0,01492 \text{ g} - m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} \cdot M(\text{CaO}) + \frac{m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{BaCO}_3)} \cdot M(\text{BaO}) = 0,01042 \text{ g.}$$

Lasketaan moolimassat (4 kpl) ja sijoitetaan ne kaavaan (6):

$$\frac{0,01492 \text{ g} - m(\text{BaCO}_3)}{100,09 \text{ g/mol}} \cdot 56,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + \frac{m(\text{BaCO}_3)}{197,34 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 153,33 \text{ g/mol} = 0,01042 \text{ g.}$$

Laskimesta  $m(\text{BaCO}_3)$ : 0,0095085 g

Bariumkarbonaatin osuus alkuperäisessä näytteessä:

$$0,0095085 \text{ g} / 0,01492 \text{ g} \cdot 100 \% = 63,73 \%$$

Alstoniittinäyte sisälsi 63,73 % bariumkarbonaattia.

**Tapa 2:**

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaO}) = x$$

$$n(\text{BaCO}_3) = n(\text{BaO}) = y$$

Sijoitetaan nämä yhtälöihin (1) ja (2). Yksiköt on jätetty selvyuden vuoksi pois:

$$(3) 100,09x + 197,34y = 0,01492$$

$$(4) 56,08x + 153,33y = 0,01042$$

Laskimesta:  $x = 0,00005406595 \text{ mol}$  ja  $y = 0,0000481835 \text{ mol}$

$$m(\text{BaCO}_3) = n(\text{BaCO}_3) \cdot M(\text{BaCO}_3) = 0,0000481835 \text{ mol} \cdot 197,34 \text{ g/mol} = 0,0095085 \text{ g}$$

Bariumkarbonaatin osuus alkuperäisessä näytteessä:

$$0,0095085 \text{ g} / 0,01492 \text{ g} \cdot 100 \% = 63,73 \%$$

Alstoniittinäyte sisälsi 63,73 % bariumkarbonaattia.

## OSA III

### 9. Ionivahvuus ja puskuriliuos (20 p.)

#### 9.1. (8 p.)

##### **Pisteityseruste:**

- Konsentraatiot  $c(\text{Na}^+)$ ,  $c(\text{Ca}^{2+})$  ja  $c(\text{Cl}^-)$  on laskettu huomioiden kidevesi. 4 p.
- Ionivahvuus on laskettu huomioiden varausluvut. 4 p.

$$c(\text{Na}^+) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl}) \cdot V} = \frac{100,0 \text{ g}}{58,44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,500 \text{ l}} = 3,4223 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot V} = \frac{50,0 \text{ g}}{219,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,500 \text{ l}} = 0,45645 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$c(\text{Cl}^-) = c(\text{Na}^+) + 2 \cdot c(\text{Ca}^{2+}) = 3,4223 \frac{\text{mol}}{\text{l}} + 2 \cdot 0,45645 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = 4,3352 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot [c(\text{Na}^+) \cdot (+1)^2 + c(\text{Ca}^{2+}) \cdot (+2)^2 + c(\text{Cl}^-) \cdot (-1)^2]$$
$$= \frac{1}{2} \cdot \left[ 3,4223 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot (+1)^2 + 0,45645 \cdot (+2)^2 + 4,3352 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot (-1)^2 \right] = 4,79165 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \approx 4,79 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Suolaliuoksen ionivahvuus oli 4,79 mol/l.

#### 9.2. (12 p.)

##### **Pisteityseruste:**

- Ionivahvuus on laskettu. 3 p.
- Kuvaajasta on luettu  $pK_a$ -arvo. 3 p.
- Puskuriliuoksen pH on laskettu oikein. 6 p.

$$c(\text{CH}_3\text{COO}^-) = c(\text{Na}^+) = \frac{c(\text{CH}_3\text{COONa}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COONa})}{V(\text{liuos})} = \frac{0,200 \text{ mol/l} \cdot 20,0 \text{ ml}}{100,0 \text{ ml}}$$
$$= 0,0400 \text{ mol/l}$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot [c(\text{Na}^+) \cdot (+1)^2 + c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot (-1)^2] = \frac{1}{2} \cdot [0,0400 \text{ mol/l} \cdot (+1)^2 + 0,0400 \text{ mol/l} \cdot (-1)^2]$$

$$= 0,0400 \text{ mol/l}$$

Kuvaajasta (aineisto 9.B):

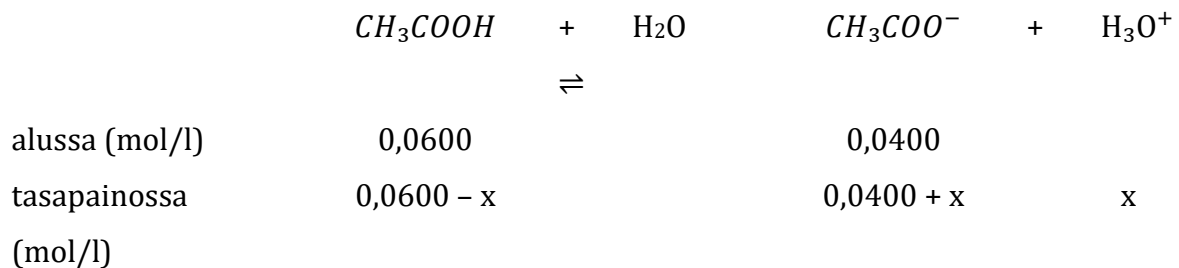
$$pK_a = 4,67$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{V(\text{liuos})} = \frac{0,200 \text{ mol/l} \cdot 30,0 \text{ ml}}{100,0 \text{ ml}}$$

$$= 0,0600 \text{ mol/l}$$

**Tapa 1:**

$$K_a = 10^{-4,67} \text{ mol/l} = 2,138 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$



$$K_a = \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{(0,0400 \text{ mol/l} + x) \cdot x}{0,0600 \text{ mol/l} - x} = 2,138 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Ratkaistaan toisen asteen yhtälöstä x:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = x = 3,203 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = -\lg(c(\text{H}_3\text{O}^+)) = -\lg(3,203 \cdot 10^{-5}) = 4,494 \approx 4,49$$

Puskuriliuoksen pH oli 4,49.

**Tapa 2:**

Koska etikkahapon ja sen vastinemäksen konsentraatiot ovat samaa suuruusluokkaa, voidaan käyttää Hendersonin–Hasselbalchin yhtälöä.

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \lg \frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

$$= 4,67 + \lg (0,040 \text{ mol/l} : 0,060 \text{ mol/l}) = 4,67 - 0,176 = 4,494 \approx 4,49$$

Puskuriliuoksen pH oli 4,49.

## 10. Penisilliinien rakenne ja synteesi (20 p.)

### 10.1. (6 p.)

Penisilliinissä on kaksi amidiryhmää, joista toinen on nelirenkaassa. Nelirengas aukeaa, kun sen amidiryhmä reagoi. Nelirengas on jännittynyt, koska **sidoskulmat** poikkeavat ihanteellisesta / sidoskulmat ovat pienemmät kuin normaalilla tetraedrisellä hiilellä. Renkaan jännitys lisää nelirengaan reaktiivisuutta.

### 10.2. (5 p.)

Vanhentuneet antibiootit ovat voineet hajota, kun nelirengaan amidiryhmä hydrolysoituu ilmankosteuden vaikutuksesta. Tällöin antibiootti ei enää reagoi bakteerisolussa kohdeentsyymien kanssa, ja osa infektion aiheuttaneista bakteereista voi jäädä henkiin. Siten antibiootti ei paranna infektiota, ja voidaan tarvita uusi antibioottikuuri. Kun suoliston omat bakteerit vähentyvät, suolistossa voi kehittyä antibiooteille vastustuskykyisiä bakteerikantoja.

### 10.3. (4 p.)

V-penisilliinin korvaaminen amoksisilliinilla ei auttaisi, koska molemmissa yhdisteissä on sama jännittynyt nelirengas, joka voi hajota resistentin bakteerikannan entsyymien avulla.

### 10.4. (5 p.)

Reaktiotyypiksi hyväksytään kondensaatioreaktio tai substituutioreaktio. Reaktiossa muodostuu lisäksi metanolia  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

## 11. Alkuaineiden jaksollinen järjestelmä (20 p.)

### 11.1. (4 p. = 1 p. / tunnistettu alkuaine, perusteluja ei vaadita)

Mendelejevin taulukko on muodostettu vuonna 1869 tunnettujen atomimassojen mukaan.

Osa taulukon atomimassoista ei vastaa nykykäsitystä.

Atomimassojen, alkuaineiden järjestyksen tai taulukkoon sijoittumisen perusteella alkuaineet ovat

- skandium ( $A_r = 44,96$ , kalsiumin jälkeen, samalla vaakarivillä ceriumin kanssa, kaliumin ja kalsiumin jälkeen samalla pystyrivillä)
- gallium ( $A_r = 69,72$ , sinkin ja arseenin välissä, samalla vaakarivillä boorin ja alumiinin kanssa)
- germanium ( $A_r = 72,61$ , sinkin ja arseenin välissä, samalla vaakarivillä kuin hiili, pii ja tina)
- hafnium ( $A_r = 178,49$ , ennen talliumia, samalla vaakarivillä kuin titaani ja zirkonium).

### 11.2. Vastauksessa analysoidaan ja vertaillaan järjestelmiä eri näkökulmista. (8 p.)

Mendelejevin jaksollinen järjestelmä	Nykyinen jaksollinen järjestelmä
Järjestelmä sisältää 62 alkuainetta, ja lisäksi siinä ennustetaan joidenkin alkuaineiden olemassaolo.	Järjestelmä sisältää 118 tällä hetkellä tunnettua alkuainetta.
Ryhmittely perustuu <b>atomimassoihin ja kemiallisiin ominaisuuksiin</b> . Mendelejevin aikana ei tunnettu atomien elektronirakennetta ja atomin ytimen rakennetta. <b>Järjestysluvut puuttuvat</b> .	Alkuaineet ovat <b>järjestysluvun mukaisessa järjestyksessä</b> . Ryhmittely perustuu atomien (kvanttimekaanisen atomimallin mukaiseen) elektronirakenteeseen.
Atomimassoissa ei ole huomioitu luonnon isotooppikoostumusta, koska isotooppeja ei tunnettu.	Atomimassoissa on huomioitu keskimääräinen isotooppikoostumus.
Osa taulukon atomimassoista on virheellisiä johdettujen epätarkkoista mittauksista ja epäpuhtaista	Atomimassat on määritetty tarkasti.

näytteistä. Esimerkiksi alkuaine Di on alkuaineiden Pr ja Nd seos.	
Vaakariveiltä voidaan tunnistaa nykyisen jaksollisen järjestelmän ryhmiä, eli vaakarivien alkuaineiden kemialliset ominaisuudet ovat samankaltaisia. Kummastakin erottuu esimerkiksi ryhmä N–P–As–Sb–Bi.	Pystyrivejä kutsutaan ryhmiksi. Pääryhmissä atomeilla on sama määrä ulkoelektroneja heliumia lukuun ottamatta.
Pystyriveiltä voidaan tunnistaa nykyisen jaksollisen järjestelmän jaksoja.	Vaakarivejä kutsutaan jaksoiksi. Niiden atomeilla on sama määrä elektronikuoria käytössä.
<b>Muita havaintoja Mendelejevin ja nykyisen jaksollisen järjestelmän eroista</b>	
Vety ja litium on sijoitettu Mendelejevin jaksollisessa järjestelmässä samalle pystyriville eli "jakson" katkeamiskohta eroaa nykyisestä järjestelmästä. Vastaava katkeamiskohdan ero nähdään muissakin "jaksoissa".	
Mendelejevin jaksollisessa järjestelmässä yksittäisten alkuaineiden (esim. In, La) atomimassoissa on eroja nykyjärjestelmään nähden. Esimerkiksi indiumin oksidin kaavaksi oletettiin ensin InO, minkä vuoksi sen atomimassaksi saatiin 76. Mendelejev oletti myöhemmin oksidin kaavaksi $\text{In}_2\text{O}_3$ , jolloin atomimassaksi tuli noin 113.	
Mendelejevin jaksollisessa järjestelmässä yksittäisten alkuaineiden (esim. Pb, Tl, Au) sijainnissa on eroja nykyjärjestelmään nähden.	
Mendelejevin jaksollisessa järjestelmässä osa alkuaineista, kuten Te ja I, on oikeassa järjestyksessä kemiallisten ominaisuuksiensa perusteella, vaikka atomimassojen perusteella olisi päinvastoin. Tässä Mendelejevin taulukko täsmää nykyisen järjestelmän kanssa.	
Mendelejevin jaksollisessa järjestelmässä on tuntemattomia kemiallisia merkkejä (esim. Di, Ur, Yt).	

### 11.3. (8 p.)

Nihonium (Nh), moskovium (Mc), tennessiini (Ts) ja oganesson (Og) ovat kaikki keinotekoisia radioaktiivisia alkuaineita, joiden puoliintumisajat (atomien eliniät) ovat hyvin lyhyet. Niitä valmistetaan ydinten fuusioreaktioilla hiukkaskiihdyttimissä. (2 p.)

**Kemialliset erotus- ja analysointimenetelmät eivät olleet vielä riittävän kehittyneitä kaikkien alkuaineiden erottamiseen toisistaan ja tunnistamiseen.** Alkuaineiden erottaminen ja tunnistaminen edellyttivät **sopivien mineraalinäytteiden tutkimista ja erotusmenetelmiä, joilla erotus onnistui myös pienistä pitoisuuksista.** Vastauksessa tunnistetaan alkuaineita ja alkuaineryhmiä, jotka puuttuvat Mendelejevin taulukosta. Puuttuvien alkuaineiden tai alkuaineryhmien tunnistamiseen ja erottamiseen liittyviä haasteita ja tarvittavia kemiallisia menetelmiä käsitellään monipuolisesti. (6 p.)

Vastauksessa voidaan käsitellä esimerkiksi seuraavia alkuaineita tai alkuaineryhmiä:

Puuttuvia alkuaineita: Ga, Ge, Tc, Hf, Re, Po, At, Rn, Fr, Ra

Puuttuvia alkuaineryhmiä: jalokaasut, harvinaiset maametallit (Sc, Y ja lantanoidit), aktinoidit, muut keinotekoiset alkuaineet

Mendelejevin taulukossa on noin puolet tällä hetkellä tunnetuista alkuaineista. Osa alkuaineista löydettiin jo pian taulukon kehittämisen jälkeen. Taulukon kehittäminen tuki myös uusien alkuaineiden löytämistä (Sc, Ga, Ge, Hf).

**Kaikki jalokaasut puuttuvat.** Jalokaasut ovat kemiallisesti passiivisia eli eivät osallistu kemiallisiin reaktioihin. Niiden erottaminen ja tunnistaminen edellyttää esimerkiksi tislausta kylmissä lämpötiloissa tai kaasunäytteen massaspektrometriaa. Esimerkiksi krypton, neon ja ksenon eristettiin tislaamalla nestemäistä ilmaa. Heliumin olemassaolo tunnistettiin auringon viivaspektristä.

**Harvinaisista maametalleista puuttuu suurin osa.** Ne esiintyvät pieninä pitoisuuksina samoissa mineraaleissa ja ovat kemiallisesti niin samankaltaisia, että niiden erottaminen puhtaana toisistaan on vaikeaa. (Ne onnistuttiin sovittamaan jaksolliseen järjestelmään vasta röntgenspektroskopian avulla.) Mendelejevin jaksollisen järjestelmän alkuaine Di tunnistettiin vasta vuonna 1885 praseodyymin ja neodyymin seokseksi. Lantanoideista prometium on radioaktiivinen, ja sitä esiintyy vain pieniä määriä luonnossa. Se löydettiin vasta, kun sitä syntyi ydinreaktioissa.

**Aktinoideista puuttuu suurin osa.** Ne ovat kaikki radioaktiivisia, ja useimmat niistä ovat



harvinaisia alkuaineita luonnossa. Niistä runsaiten luonnossa esiintyy uraania ja toriumia. Amerikiumista lähtien ne ovat keinotekoisia alkuaineita.

**Hafnium** muistuttaa kemiallisesti zirkoniumia ja piilee zirkoniummineraaleissa. Sen erottaminen puhtaana zirkoniumista on vaikeaa ja vaati erotusmenetelmien kehittämistä. Hafniumin tunnistamisessa apuna käytettiin röntgenspektroskopiaa.