

Lukion kemiakilpailu 5.10.2021

Perussarja

Kilpailun kesto aika on 100 minuuttia. Mikäli oppilas osallistuu sekä avoimeen että perussarjaan, suorittaa hän ensin perussarjan kokeen, johon on aikaa 100 minuuttia. Oppilaan palautettua perussarjan kokeen, hän voi aloittaa avoimen sarjan tehtävät. Tämän suorittamiseen hänellä on aikaa 80 minuuttia. Perussarjan ja avoimen sarjan samaan tehtävään ei tarvitse vastata enää avoimen sarjan kokeessa. Tehtävään on vastattava: "tehtävään on vastattu perussarjan kokeessa".

Osallistumalla kilpailuun annetaan lupa tulosten julkaisemiseen MAOL:n viestintäkanavissa. Mikäli kilpailun tulosta ei haluta julkaistavan, on se erikseen kiellettävä.

Hyväksytkö tietojesi käsittelyn tietosuojaselosteen mukaisesti?

- ☐ Kyllä - osallistun kilpailuun.
- ☐ Ei - en osallistu kilpailuun.

Kilpailijan tiedot

1. kilpailijan nimi:
2. koulu:
3. luokka-aste:
4. sähköpostiosoite:
5. kotiosoite, postinumero- ja toimipaikka:
6. puhelinnumero:

Lukion kemiakilpailu 5.10.2021

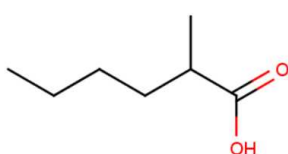
Perussarja

1. (8 p)

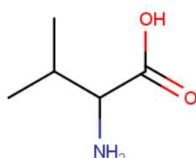
- 0,183 mol alkuainetta painaa 35,7 g. Mikä alkuaine on kyseessä?
- On valmistettava 10 ml konsentraatioltaan 0,02 mmol/l nikkelnitraattia kiinteästä $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Anna ohjeet liuoksen valmistamiseen.

2. (14 p)

- Merkitse ja nimeä kaikki funktionaaliset ryhmät seuraavissa yhdisteissä.
- Mitkä yhdisteistä ovat happamia? Perustele vastauksesi.
- Mitkä yhdisteistä ovat emäksisiä? Perustele vastauksesi.
- Mi(t)kä yhdisteistä voi(vat) muodostaa zwitter-ionin eli kahtaisionin? Piirrä näiden zwitter-ionien rakenteet.
- Missä seuraavista yhdisteistä esiintyy optista isomeriaa? Merkitse stereokeskukset näihin molekyyleihin.



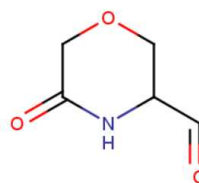
1.



2.



3.



4.

Kuva 1: Tehtävän 2. analysoitavat molekyylit.

3. (15 p)

Eräs hedelmistä löytyvä, hiiltä, vetyä ja happea sisältävä yhdiste tuotiin kemian laboratorioon analysoitavaksi. Tästä yhdisteestä punnittiin 2,8099 g näyte, joka poltettiin täydellisesti. Poltettaessa vapautui 4,1175 g hiilidioksidia ja 1,6855 g vettä. Yhdisteen rakenteen selvittämiseksi näytteestä ajettiin myös oheiset MS- ja IR-spektrit.

- Laske yhdisteen suhdekaava.
- Päättelä yhdisteen molekyylikaava, kun tiedetään, että molekyyli-ionin piikki oli massaspektrin perusteella 180.
(Aineisto 1: Näytteen massaspektri)
- Mikä yhdiste voisi olla kyseessä? Piirrä jokin mahdollinen rakennekaava. Perustele vastauksesi näytteen IR-spektriä apuna käyttäen.
(Aineisto 2: Näytteen IR-spektri)

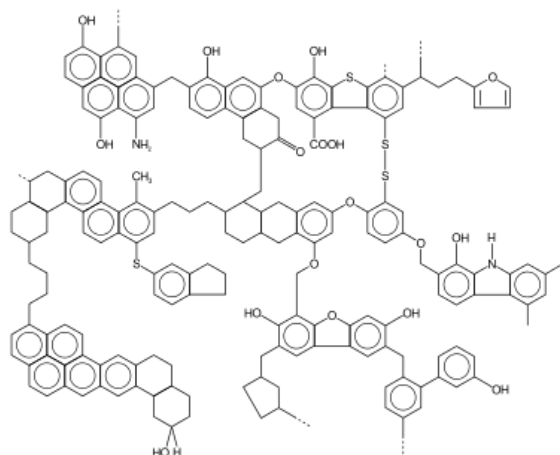
4. (10 p)

Kirjoita reaktioyhtälöt ja kuvaile syntyneitä liuoksia.

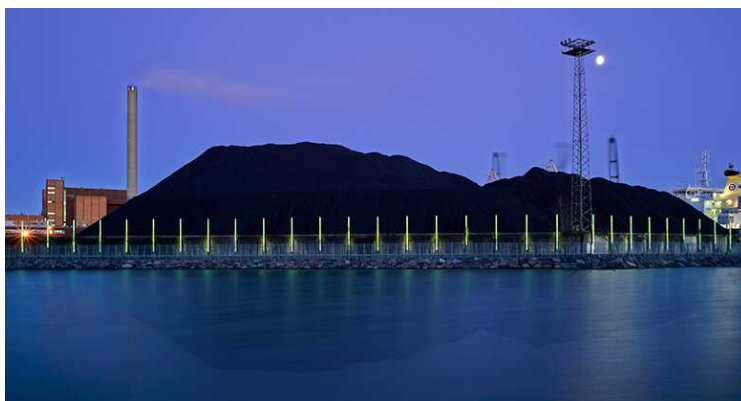
- Natriumkarbonaatti ja suolahappo reagoivat. Muodostunut kaasu johdettiin kylläiseen kalsiumhydroksidiliuokseen.
- Sinkkisulfaatin ja natriumfosfaatin vesiliuokset yhdistettiin ja näin saatu liuos suodatettiin. Saostuma reagoi suolahapon kanssa.

5. (9 p)

Ilmakehään vapautuneen hiilidioksidin määrä riippuu voimakkaasti käytetystä polttoaineesta. Kivihiili tuottaa ilmakehään huomattavasti enemmän hiilidioksidia kuin esimerkiksi maakaasu. Maakaasu on pääasiassa metaania. Kuinka suurella prosenttiosuudella hiilidioksidipäästöt pienenevät, jos sama määrä energiaa tuotetaan kivihiilen polttamisen sijaan polttamalla maakaasua? Kivihiilen tuottama lämpömäärä on 27 MJ/kg. Tutkittavan kivihiilen sisältämä hiilen massaprosenttinen osuus on 80%. Metaanin palamisentalpia on -890 kJ/mol.



Kuva 2: Kivihiili on hiiltä, vetyä ja happea sisältävä kivilaji. Sen kemiallisesta rakenteesta löytyy myös pienissä määrin rikkiä ja typpeä.
Lähde: Wikipedia, Karol Gląbpl.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1521998>

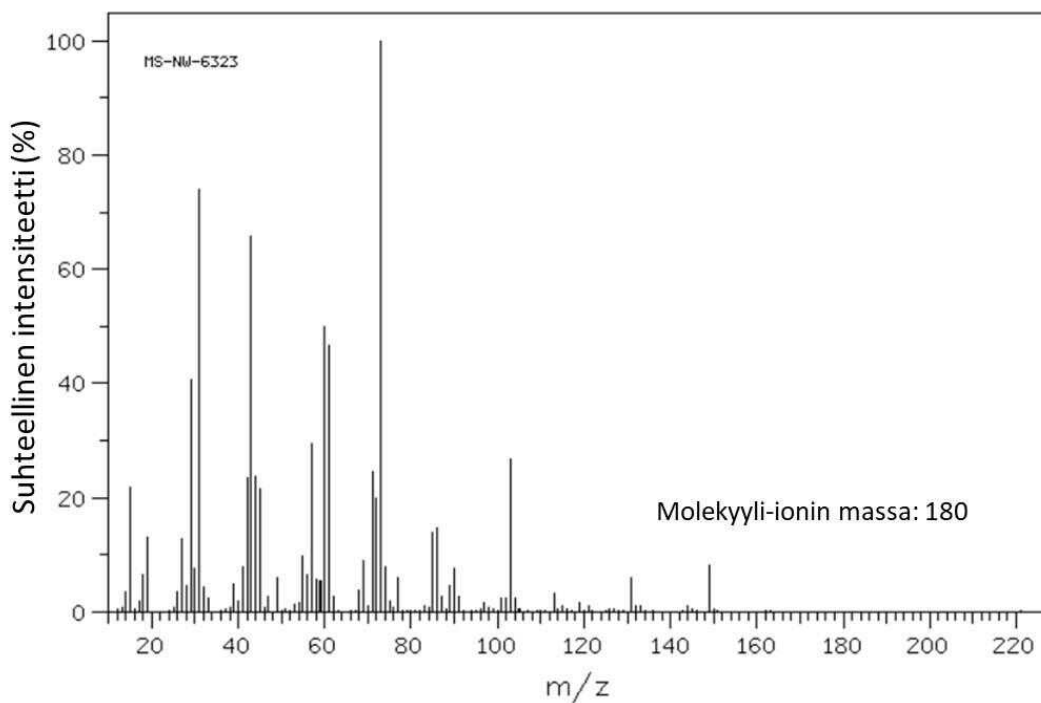


Kuva 3: Hanasaaren voimalaitoksella Helsingissä tuotetaan toistaiseksi lämpöä ja sähköä polttamalla kivihiiltä ja puupellettejä. Maakaasua käytetään energianlähteenä Vuosaaren voimalaitoksilla. Helenin tavoitteena on hiilineutraali tuotanto, ja Hanasaaren voimalaitos suljetaan jo keväällä 2023.

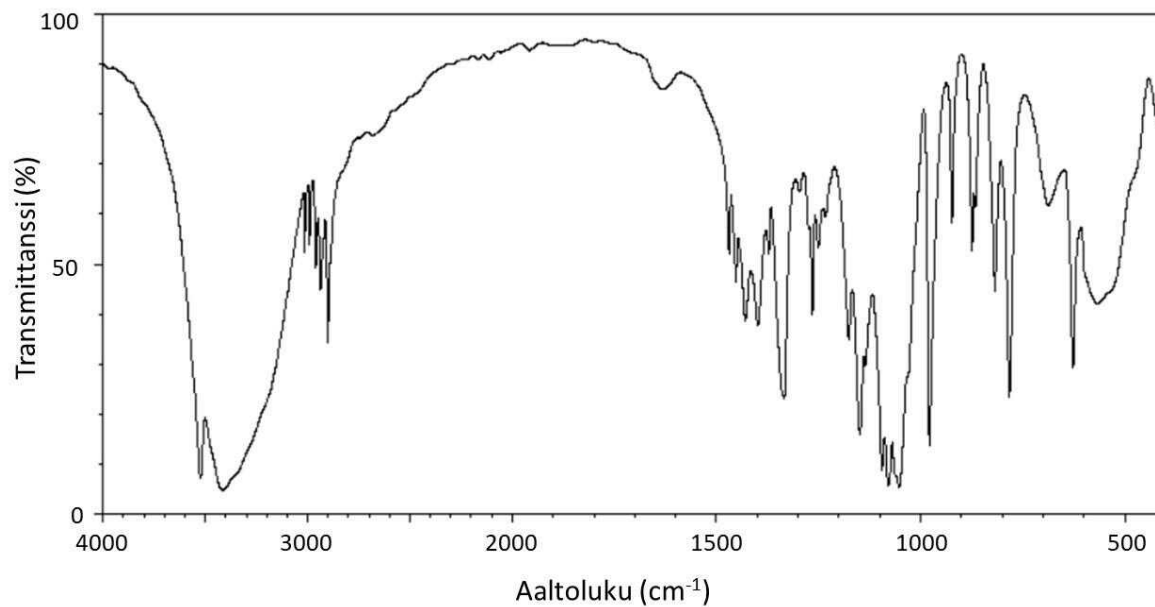
Lähde: Helen Oy,
<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/voimalaitokset/hanasaari/hanasaaren-voimalaitosalue>

Sähköisen kokeen aineistot

Aineisto 1: tehtävä 3. Näytteen massaspektri



Aineisto 2: tehtävä 3. Näytteen IR-spektri



Lähde: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

<https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/landingpage?sdbno=1139>

Ratkaisut

1. yhteensä 8 p

- a) $M = \frac{m}{n} = \frac{35,7 \text{ g}}{0,183 \text{ mol}} \approx 195,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ 1 p
mikä vastaa platinan moolimassaa. 1 p

- b) Tehtävän ratkaisusta on käytävä ilmi, että pyydetty pitoisuus on niin pieni, ettei tällaista massaa voida suoraan punnita vaan on tehtävä välilaimennus tai valmistettava isompi erä halutun konsentraation omaavaa liuosta.

Suoraan laskettuna tulisi:

$$M(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = (58,69 + 2 \cdot 14,01 + 12 \cdot 16,00 + 12 \cdot 1,008) \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = 290,806 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ p}$$

$$n(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = c(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) \cdot V = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 0,01 \text{ l} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

$$m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) = n(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O})$$

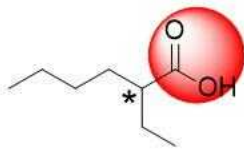
$$= 2 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot 290,806 \text{ g/mol} \approx 0,000\,058\,161\,2 \text{ g}$$

1 p

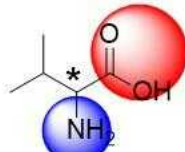
Esimerkiksi (myös muita ratkaisuja hyväksytään): 3 p
Satakertainen massa $m = 0,00581612 \text{ g}$ on mahdollista punnita.
Tällöin ainemäärä on $2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.
Tehdään siitä 1 l liuos mittapulloon: $c = n/V = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$.

Sanallisessa selityksessä liuoksen valmistamisesta mainittava: mittapullo, mittapullon täyttö, analyysivaaka, mittapipetti (tai vastaava), jokaisesta kohdasta 0,5 p/kohta max 1 p. 1 p

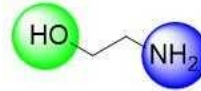
2. yhteensä 14p



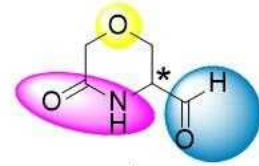
1 etyyliheksaanihappo



2



3



4

funktionaaliset ryhmät:



karboksyylihappo



amino (amiini)



hydroksyyli (alkoholi)



amidi



eetteri



8 p

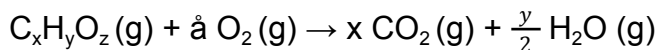
happamia: 1 (1 p)
emäksisiä: 3 (1 p)
kahtaisioni: 2 (1 p)
stereoisomeriaa: 1, 2, 4 (3p)

yhteensä 14 p

3. yhteensä 15p

a) Merkitään tuntematonta näytettä kaavalla $C_xH_yO_z$

Näytteen palaessa tapahtuu reaktio



Reaktioyhtälön perusteella voidaan laskea hiilen ja vedyn ainemäärät hiilidioksidin ja veden massoista.

$$x = n(C) = n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{4,1175 \text{ g}}{44,01 \text{ g/mol}} = 0,093558 \text{ mol}$$

1p

$$y = n(H) = 2 \cdot n(H_2O) = 2 \cdot \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = 2 \cdot \frac{1,6855 \text{ g}}{18,016 \text{ g/mol}} = 0,187112 \text{ mol}$$

2p

Hapen ainemäärä voidaan selvittää esimerkiksi näytteen kokonaismassan ja sen sisältämien hiilen ja vedyn massan perusteella.

$$m(C) = n(C) \cdot M(C) = 0,093558 \text{ mol} \cdot 12,01 \text{ g/mol} = 1,12363 \text{ g}$$

$$m(H) = n(H) \cdot M(H) = 0,187112 \text{ mol} \cdot 1,008 \text{ g/mol} = 0,188609 \text{ g}$$

$$m(O) = m(\text{näyte}) - m(C) - m(H)$$

$$m(O) = 2,8099 \text{ g} - 1,12363 \text{ g} - 0,188609 \text{ g} = 1,49766 \text{ g}$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)} = \frac{1,49766 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,093604 \text{ mol}$$

2p

Yhdisteen sisältämien alkuaineiden suhde on siis

$$n(C) : n(H) : n(O) = 0,093558 : 0,187112 : 0,093604$$

$$\approx 1,0 : 2,0 : 1,0 = 1 : 2 : 1$$

1p

Näytteen sisältämän yhdisteen suhdekaava on siis $(CH_2O)_n$ 1p

b) Suhdekaavan moolimassa on

$$M(CH_2O) = M(C) + 2 \cdot M(H) + M(O)$$

$$= 12,01 \text{ g/mol} + 2 \cdot 1,008 \text{ g/mol} + 16,00 \text{ g/mol}$$

$$= 30,026 \text{ g/mol}$$

Tällöin

$$n \cdot M(CH_2O) = 180$$

$$n = \frac{180}{M(CH_2O)} = \frac{180}{30} = 6$$

Yhdisteen molekyylikaava on siis $C_6H_{12}O_6$

2p

- c) Pisteytys: Rakennekaavan perustelu IR-spektrin avulla **max. 4p**. 1p jos esitetty jokin sopiva rakennekaava. 1p, jos päätelty hedelmäsokeri eli fruktoosi oikein. Mahdollisia perusteluja:

IR-spektrissä nähdään vahva ja leveä piikki noin aaltoluvuilla $3100-3550\text{ cm}^{-1}$. Tämä piikki sopii Maolin taulukoista löytyvän alkoholien tai fenolien O-H sidosten värähtelyyn.

1p

O – H	alkoholi, fenoli	3 200–3 600	vahva, leveä
-------	------------------	-------------	--------------

Fenolin ja bentseenirenkaan esiintyminen voidaan tosin poissulkea, koska yhdiste sisältää vain kuusi hiiltä yhdessä molekyylissä ja mikäli ne muodostaisivat vain bentseenirenkaan, niin ei ole mahdollista, että siihen liittyisi 12 kpl vetyä ja vielä 6 kpl happiatomeja.

1p

Spektrissä näkyy myös terävä piikki noin aaltoluvulla 2900 cm^{-1} , jonka saa todennäköisimmin aikaan yhdisteen sisältämät C-H sidokset.

1p

C – H	alkaani	2 850–3 000	vahva
-------	---------	-------------	-------

IR-spektrin piikki aaltoluvulla $1050-1100\text{ cm}^{-1}$ voi viitata alkoholin, esterin tai eetterin C-O -sidokseen.

1p

C – O	alkoholi, esteri, eetteri	1 050-1 410	vahva
-------	---------------------------	-------------	-------

Voidaan todeta myös, että yhdisteessä ei ole karboksyyli ryhmää, koska IR-spektristä ei löydy karboksyylihapoille tunnusomaista vahvaa ja hyvin leveää piikkiä aaltolukuväliltä $2500-3300\text{ cm}^{-1}$.

1p

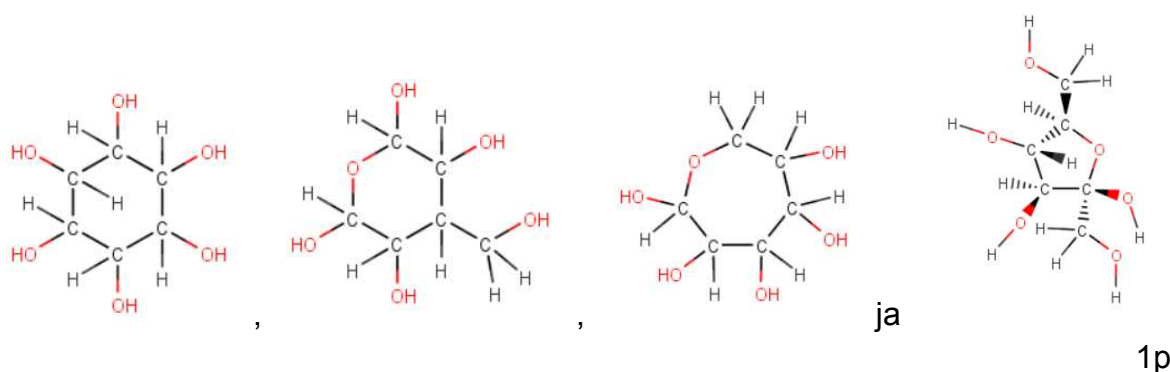
Spektrissä ei ole myöskään merkittäviä piikkejä välillä $1500-2200\text{ cm}^{-1}$, joten siinä ei todennäköisesti ole myöskään aldehydi-, ketoni- tai esteriryhmää, eikä hiilten välisiä kaksois- tai kolmoissidoksia.

1p

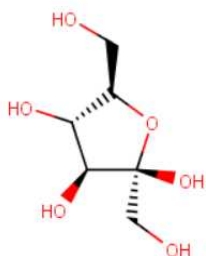
O – H	karboksyylihapo	2 500–3 300	vahva, hyvin leveä
C = C	alkeeni	1 610–1 680	keskivahva-heikko

C = O	aldehydi, ketoni, karboksyylihappo, esteri	1 700–1 750	vahva
C $\equiv$ C	alkyyni	2 100–2 260	vaihtelee

Mahdollisia rakenteita ovat esimerkiksi



Koska yhdistettä esiintyy myös hedelmissä, on yhdiste näistä todennäköisimmin nimensä mukaisesti fruktoosi eli



4. yhteensä 10p

- a) $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 2p
 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 2p
Pisteytys: virhe lähtöaineissa tai tuotteissa, olomuotomerkinnöissä tai kertoimissa, -0,5p/virhe.

Koska syntynyt kalsiumkarbonaatti on niukkaliukoinen suola, on syntynyt liuos sameaa.

1p

- b) $3 \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + 2 \text{Na}_3\text{PO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) + 3 \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 2p
 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) + 6 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3 \text{ZnCl}_2(\text{aq})$ 2p

Pisteytys: virhe lähtöaineissa tai tuotteissa, olomuotomerkinnöissä tai kertoimissa, -0,5p/virhe.

Muodostunut liuos on hapan.

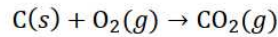
1p

5. yhteensä

Vastaus:

Laskussa voi lähteä liikkeelle esim. päättämällä, että poltettavana on 1 kg kivihiiltä. Tällöin kivihiilen tuottama energia on 27 MJ, johon maakaasua verrataan.

Kivihiilestä 80 m% on hiiltä, eli kilon kivihiilimassasta varsinaisen hiilen osuus on 800 g. Kun hiili palaa, reaktio on:



Syntyvän hiilidioksidin ainemäärä on siis:

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{C}} = \frac{m_{\text{C}}}{M_{\text{C}}} = \frac{800 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} \approx 66,61 \text{ mol}$$

Sama energiamäärä voidaan tuottaa myös maakaasulla, jolloin maakaasun ainemäärä on:

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{27 \cdot 10^6 \text{ J}}{|-890 \cdot 10^3 \text{ J/mol}|} \approx 30,34 \text{ mol}$$

Kun metaani palaa, reaktioyhtälö on:



Syntyvän hiilidioksidin ainemäärä on siis:

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{CH}_4} \approx 30,34 \text{ mol}$$

Käyttämällä maakaasua hiilidioksidipäästöt vähenevät siis:

$$\text{CO}_2 - \% = \frac{66,61 \text{ mol} - 30,34 \text{ mol}}{66,61 \text{ mol}} \cdot 100\% \approx 54,5\%$$

Pisteytys:

Energian määrän laskeminen kivihiilen massasta (tai kivihiilen massan laskeminen valitusta energiasta): 1p

Hiilen osuuden laskeminen kivihiilen massasta: 2p

Syntyvän hiilidioksidin ainemäärä: 1p

Metaanin ainemäärän laskeminen energian avulla: 2p

Metaanista syntyvän hiilidioksidin ainemäärä: 1p

Päästövähennyksen lasku: 2p (1p, jos tehty suora vertailu, jossa huomataan, että metaanin tuottaman hiilidioksidin osuus on 45,5% kivihiilen tuottamasta hiilidioksidista).

Gymnasiets kemitävling 5.10.2021

Grundserien

Tävlingstiden är 100 minuter. Om tävlaren deltar både i grundserien och öppna serien, börjar hen med grundserien. Tiden för den är 100 minuter. Efter grundserien görs öppna serien. Tiden för den är 80 minuter. Då behöver tävlaren inte svara på den uppgift som är samma i båda serierna. Frågan skall svaras: "svaret finns i grundseriens prov".

Med deltagande i tävlingen ges tillstånd att publicera resultat på MAOLs kommunikationskanaler. Om resultatet av tävlingen inte ska offentliggöras, måste det uttryckligen förbjudas.

Håller du med i behandlingen av dina uppgifter i enlighet med sekretesspolicyn?

- ☐ Ja - jag är med i tävlingen.
- ☐ Nej - Jag deltar inte i tävlingen.

Tävlarinformation:

1. tävlarens namn:
2. skola:
3. klassnivå:
4. e-postadress:
5. hemadress, postnummer och postort:
6. telefonnummer:

Gymnasiets kemitävling 5.10.2021
Grundserien

1. (8 p)

- 0,183 mol av ett grundämne väger 35,7 g. Vilket är grundämnet?
- Man ska framställa 10 ml nickelnitratlösning med koncentrationen 0,02 mmol/l av fast nickelnitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Ge anvisningar för hur lösningen bör framställas.

2. (14 p)

- Märk ut och namnge alla funktionella grupper i följande föreningar.
- Vilka av föreningarna är sura? Motivera ditt svar.
- Vilka av föreningarna är basiska? Motivera ditt svar.
- Vilken/Vilka av föreningarna kan bilda en zwitterjon dvs. en dubbeljon.
Rita upp strukturerna för dessa zwitterjoner.
- I vilka av dessa föreningar förekommer optisk isomeri? Märk ut det kirala centret i dessa molekyler.

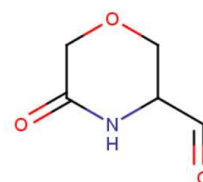
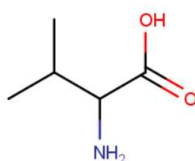
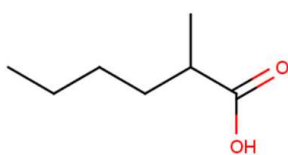


Bild 1: Molekylerna som ska analyseras i uppgift 2.

3. (15 p)

En förening som finns i frukter och innehåller kol, väte och syre hämtades till ett kemiskt laboratorium för att analyseras. Av denna förening uppvägdes ett 2,8099 g prov, vilket förbrändes fullständigt. Vid förbränningen frigjordes 4,1175 g koldioxid och 1,6855 g vatten. För att klargöra föreningens struktur uppmättes också vidstående MS- och IR-spektra för provet.

- Beräkna föreningens proportionsformel (empiriska formel).
- Härled föreningens molekylformel, då man vet, att molekyljonens pik på basis av masspektret finns vid 180.
(Material 1: Provets masspektrum)
- Vilken förening kunde det vara fråga om? Rita upp någon möjlig strukturformel. Motivera ditt svar med hjälp av föreningens IR-spektrum.
(Material 2: Provets IR-spektrum)

4. (10 p)

Skriv reaktionslikheterna (reaktionsformlerna) och beskriv de lösningar som bildas.

- Natriumkarbonat och saltsyra reagerar. Gasen som bildades leddes in i en mättad lösning av kalciumhydroxid.
- Vattenlösningar av zinksulfat och natriumfosfat förenades och den lösning som därvid erhöles filterades. Fällningen reagerar med saltsyra.

5. (9 p)

Mängden av koldioxid som frigörs i atmosfären är kraftigt beroende av det bränsle som används. Stenkol producerar betydligt mer koldioxid till atmosfären än till exempel naturgas. Naturgas är huvudsakligen metan. Med en hur stor procentuell andel minskar koldioxidutsläppen, om samma mängd energi produceras genom att man förbränner naturgas i stället för att förbränna stenkol? Värmemängden som produceras av stenkol är 27 MJ/kg. Det stenkol man undersöker innehåller kol, vars andel i massaprocent är 80%. Förbränningsentalpin för metan är -890 kJ/mol.

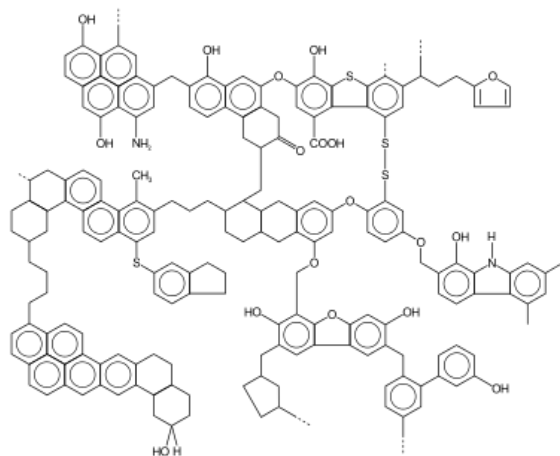


Bild 2: Stenkol är en bergart som innehåller kol, väte och syre. I dess kemiska struktur hittas även svavel och kväve i små mängder.

Källa: Wikipedia, Karol Gläppl.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1521998>

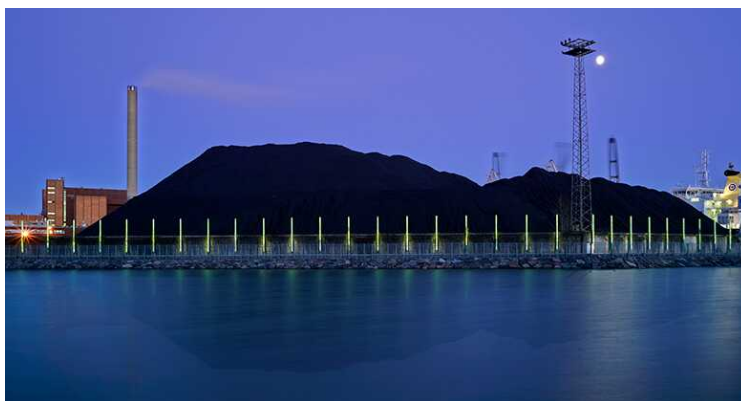


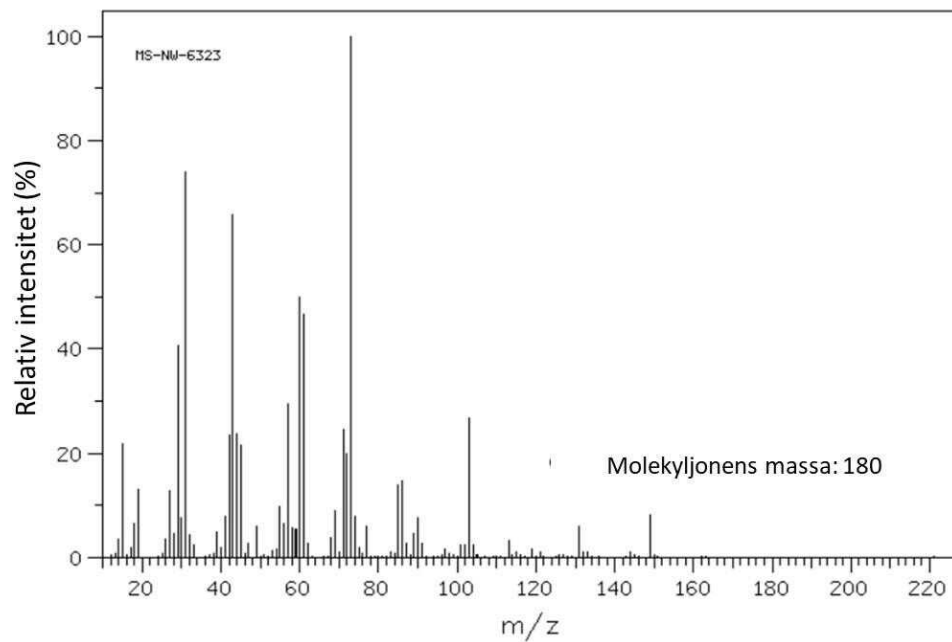
Bild 3: Hanaholmens kraftverk i Helsingfors producerar tills vidare värme och elektricitet genom att förbränna stenkol och träpellets. Naturgas används som energikälla för kraftverket i Nordsjö. Helens mål är koldioxidneutral produktion och Hanasaari-kraftverket stängs under våren 2023.

Källa: Helen Oy,

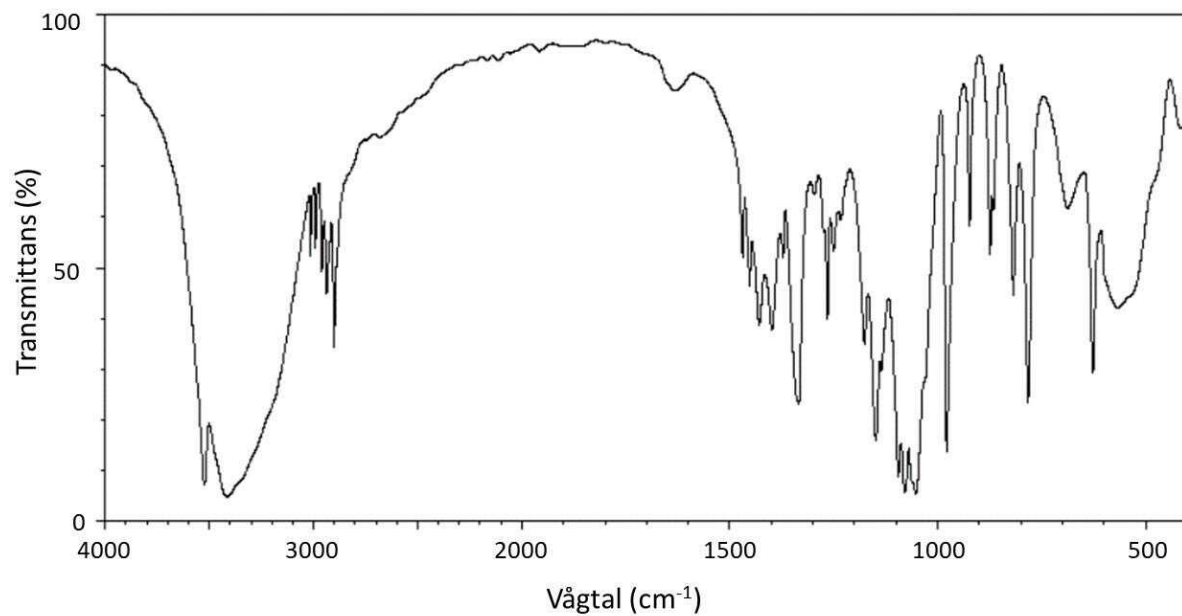
<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/voimalaitokset/hanasaari>

Materialiet för det digitala provet

Material 1: uppgift 3. Provets masspektrum



Material 2: uppgift 3. Provets IR-spektrum



Källa: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

<https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/landingpage?sdbno=1139>

Chemistry competition 5.10.2021

Basic series

Answer all the questions. The time allowed for open series is 100 minutes. If you compete in both basic and open series, the basic series exam should be done first within 100 min and after returning the answers you can start doing the open series exam. The time allowed for open series is then only 80 minutes, since you do not have to answer the same question which you already did in the basic series exam. Please write to that answer box "the answer is in the basic series exam". You are allowed to use a calculator and a data booklet. Remember to answer with clear reasoning.

By participating in the competition, you give a permission to publish the results in MAOL's communication channels. If you wish that your results are not published you must prohibit it separately.

Do you consent to the processing of your data in accordance with the privacy statement?

- ☐ Yes - I will participate in the competition.
- ☐ No - I will not participate in the competition.

Competitor information:

1. Name:
2. School:
3. Year group:
4. Email:
5. Home address, postcode and town:
6. Phone number:

High school chemistry competition 5.10.2021

Basic series

1. (8 p)

- 0,183 mol of an element has a mass of 35,7 g. Which element is it?
- 10 ml of a 0,02 mmol/l concentration of nickel nitrate must be prepared from solid $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Give instructions how to prepare the solution.

2. (14 p)

- Mark and name all the functional groups in the following compounds.
- Which of the compounds are acidic? Justify your answer.
- Which of the compounds are basic? Justify your answer.
- Which of the compounds can form zwitterions, also called an inner salt. Draw the structures of these zwitterions.
- Which of the compounds will show optical isomerism? Mark each stereocenter in these molecules.

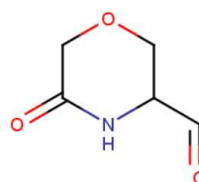
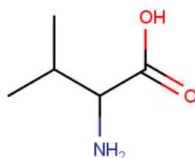
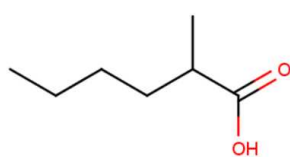


Figure 1: The molecules to be analyzed in question number two.

3. (15 p)

A compound found in fruits, containing carbon, hydrogen and oxygen, was brought to the chemistry laboratory for analysis. A 2.8099 g sample of this compound was burned completely and it produced 4.1175 g of carbon dioxide and 1.6855 g of water. The following MS and IR spectra were also run from the sample to determine the structure of the compound.

- Calculate the empirical formula of the compound.
- Find the molecular formula of the compound, when it is known that the mass of the molecular ion is 180 based on the mass spectrum.
(Material 1: Mass spectrum of the sample)
- What compound could it be? Draw one possible structural formula. Justify your answer using the IR spectrum of the sample.
(Material 2: IR spectrum of the sample)

4. (10 p)

Write the reaction equations and describe the resulting solutions.

- Sodium carbonate and hydrochloric acid were mixed. The evolved gas was directed to a saturated calcium hydroxide solution.
- Aqueous solutions of zinc sulphate and sodium phosphate were mixed and the solution was filtered. The precipitate reacts with hydrochloric acid.

5. (9 p)

The amount of carbon dioxide released into the atmosphere depends heavily on the fuel used. Coal produces significantly more carbon dioxide into the atmosphere than, for example, natural gas. Natural gas is mainly methane. By what percentage will CO_2 emissions be reduced if the same amount of energy is produced by burning natural gas instead of burning coal? The amount of energy produced by coal is 27 MJ / kg. The percentage by mass of pure carbon in the coal under investigation is 80%. The enthalpy of combustion of methane is -890 kJ/mol.

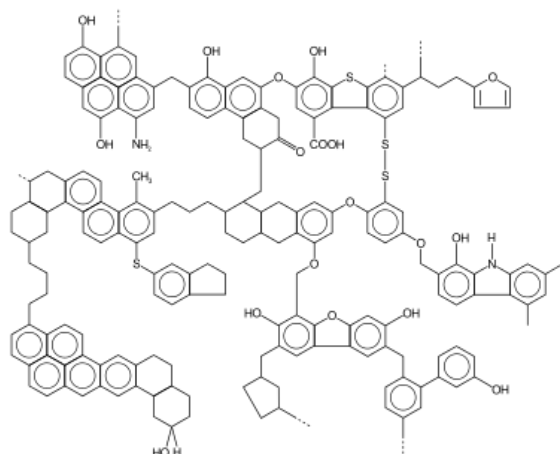


Figure 2: Coal is a type of stone that contains carbon, hydrogen and oxygen. Its chemical structure also contains small amounts of sulfur and nitrogen.

Source: Wikipedia, Karol Głabpl.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1521998>

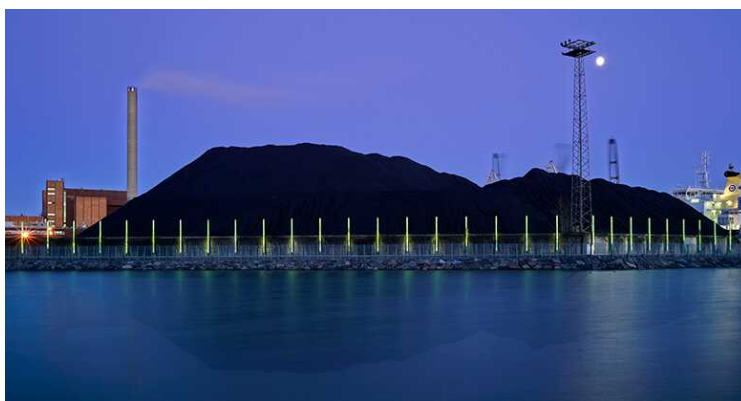


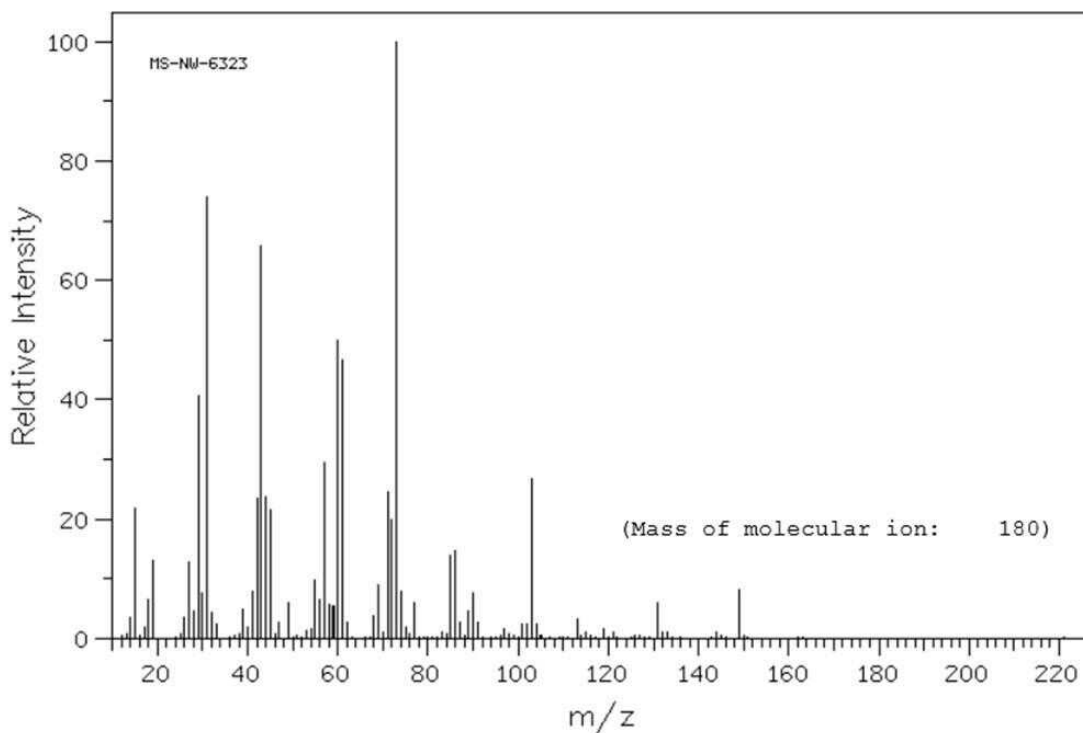
Figure 3: The Hanasaari power plant in Helsinki produces heat and electricity for now by burning coal and wood pellets. Natural gas is used as an energy source at Vuosaari power plants. Helen's goal is carbon-neutral production and the Hanasaari power plant will be closed in the spring 2023.

Source: Helen Oy,

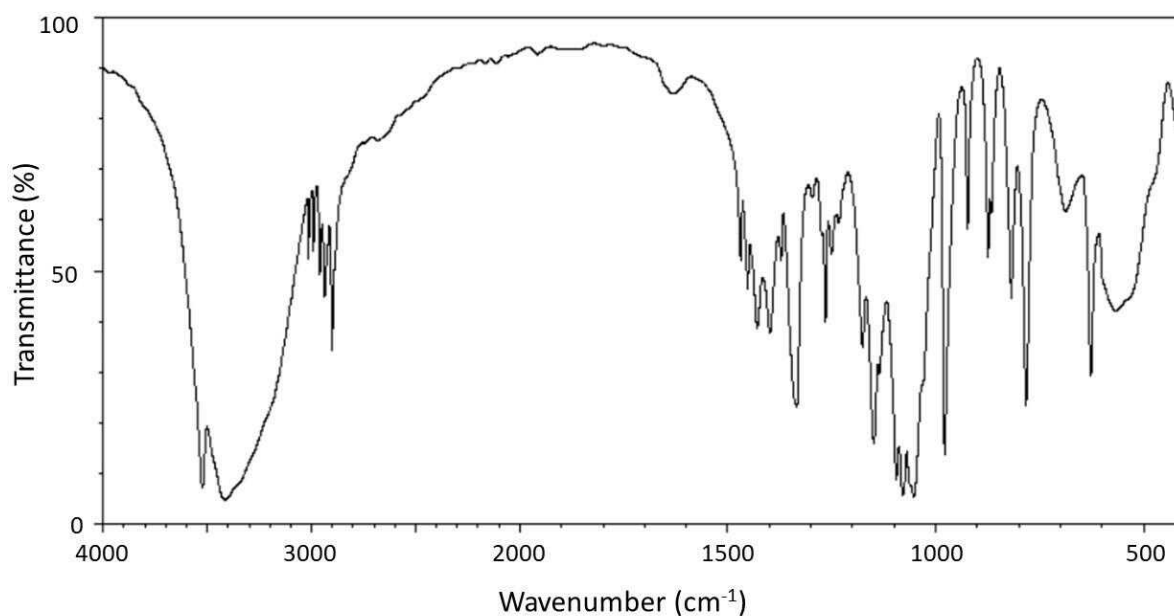
<https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/voimalaitokset/hanasaari/hanasaaren-voimalaitosalue>

Materials in the electronic test

Material 1: Mass spectrum of the sample in question 3.



Material 2: IR spectrum of the sample in question 3.



Source: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

<https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/landingpage?sdbno=1139>

Lukion kemiakilpailu 5.10.2021

Avoin sarja - alkukilpailu

Kilpailun kesto on 100 minuuttia. Mikäli oppilas osallistuu sekä avoimeen että perussarjaan, suorittaa hän ensin perussarjan kokeen, johon on aikaa 100 minuuttia. Oppilaan palautettua perussarjan kokeen, hän voi aloittaa avoimen sarjan tehtävät. Tämän suorittamiseen hänellä on aikaa 80 minuuttia. Perussarjan ja avoimen sarjan samaan tehtävään ei tarvitse vastata enää avoimen sarjan kokeessa. Tehtävään on vastattava: "tehtävään on vastattu perussarjan kokeessa".

Osallistumalla kilpailuun annetaan lupa tulosten julkaisemiseen MAOL:n viestintäkanavissa. Mikäli kilpailun tulosta ei haluta julkaistavan, on se erikseen kiellettävä.

Hyväksytkö tietojesi käsittelyn tietosuojaselosteen mukaisesti?

- ☐ Kyllä - osallistun kilpailuun.
- ☐ Ei - en osallistu kilpailuun.

Kilpailijan tiedot

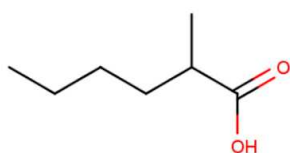
1. kilpailijan nimi:
2. koulu:
3. luokka-aste:
4. sähköpostiosoite:
5. kotiosoite, postinumero- ja toimipaikka:
6. puhelinnumero:

1. (7 p)

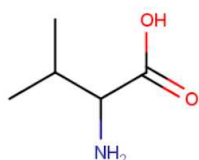
Natriumoksidia valmistettiin kiinteästä natriumhydroksidista kuumentamalla. Kiinteää tuotetta tarvittiin 15,0 g ja saantoprosentin tiedettiin olevan 59 %. Mikä oli tarvittavan lähtöaineen massa?

2. (14 p)

- Merkitse ja nimeä kaikki funktionaaliset ryhmät seuraavissa yhdisteissä.
- Mitkä yhdisteistä ovat happamia? Perustele vastauksesi.
- Mitkä yhdisteistä ovat emäksisiä? Perustele vastauksesi.
- Mi(t)kä yhdisteistä voi(vat) muodostaa zwitter-ionin eli kahtaisionin? Piirrä näiden zwitter-ionien rakenteet.
- Missä seuraavista yhdisteistä esiintyy optista isomeriaa? Merkitse stereokeskukset näihin molekyyleihin.



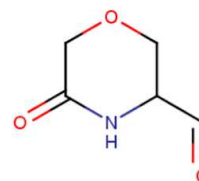
1.



2.



3.



4.

Kuva 1: Tehtävän 2. analysoitavat molekyylit.

3. (15 p)

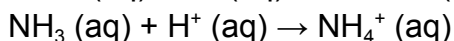
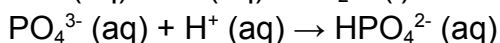
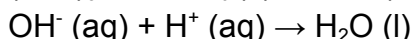
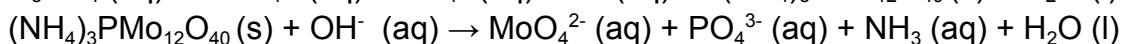
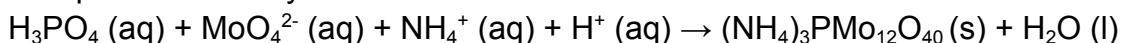
Butaani, 1-butanoli, butanaali ja butaanihappo ovat kaikki yhdisteitä, joilla on hyvinkin erilaisia ominaisuuksia.

- Järjestä kyseiset aineet kasvavan sulamispisteen mukaiseen järjestykseen. Perustele lyhyesti!
- Butaanista voidaan valmistaa butaanihappoa. Nimeä tarvittavat reaktiotyypit ja esitä reaktioyhtälöt.
- Kaikista neljästä aineesta ajettiin IR-spektrit. Yhdistä spektrit oikeaan aineeseen. (Aineisto 1: Butaanin, 1-butanolin, butanaalin ja butaanihapon IR-spektrit.)
- Alla on esitetty myös yhden aineen H-NMR-spektri. Minkä aineen spektri on kyseessä? Perustele. (Aineisto 2: Butaanin, 1-butanolin, butanaalin tai butaanihapon H-NMR-spektri.)

4. (10 p)

Erilaisia happoja sisältävästä liuoksesta määritettiin fosforihappo seuraavasti: 15,00 ml näytettä laimennettiin 100 ml:ksi ja lisättiin 10 ml 5 M typpihappoa. Sitten lisättiin 20 ml 0,5 M ammoniummolybdaattiliuosta, jolloin fosforihappo saostui ammoniumfosfomolybdaattina. Saostuma suodatettiin, pestiin 0,1 M kaliumnitraattiliuoksella ja liuotettiin 50,00 ml:aan 0,1111 M natriumhydroksidiliuosta. Liuokseen lisättiin fenoliftaleiinia ja se titrattiin 0,1000 M suolahapolla värittömäksi, jolloin ylimääräisen hydroksidi-ionin titrautumisen lisäksi fosfaatti-ioni titrautui vetyfosfaatti-ioniksi ja ammoniakki ammoniumioniksi. Suolahapon kulutus oli 16,55 ml.

a. Tasapainota reaktioyhtälöt:



b. Laske näytteen fosforihappokonsentraatio.

5. (12 p)

Alkaliparistot ovat arjessa paljon käytettyjä energianlähteitä (Kuva 2). Alkalipariston nimi tulee elektrolyytin emäksisestä kaliumhydroksidiliuoksesta. Alkaliparistossa metallinen sinkki reagoi sinkki(II)hydroksidiksi, ja samalla mangaani(IV)oksidi muodostaa veden kanssa mm. mangaani(III)oksidihydroksidia $\text{MnO}(\text{OH})$.

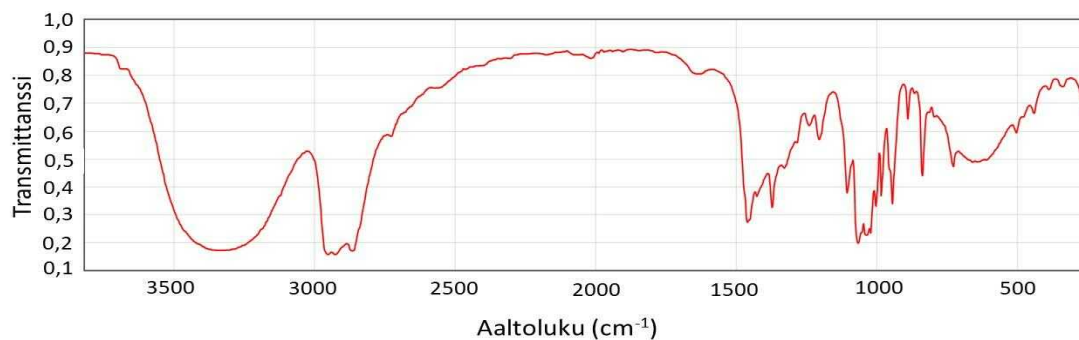


Kuva 2: Kokoluokan AA alkaliparistoja.

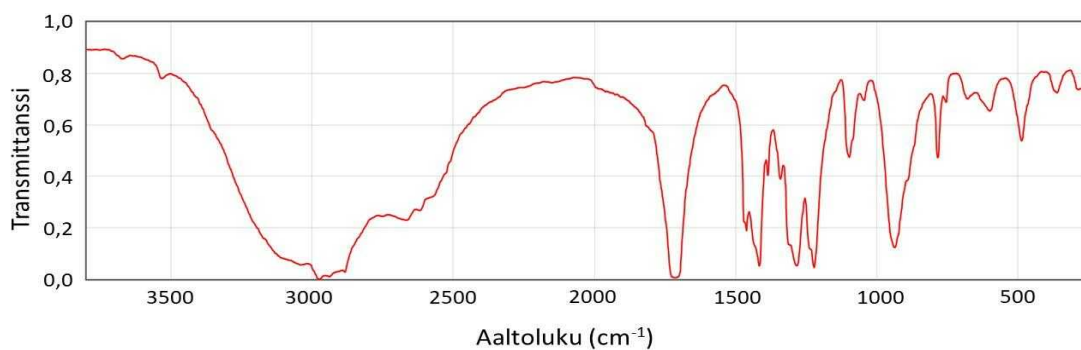
- Kumpi pariston lähtömateriaaleista, metallinen sinkki vai mangaani(IV)oksidi, reagoi pariston **katodilla**? Entä kumpi materiaali sijaitsee pariston **+**-navalla?
- Kirjoita alkaliparistossa esiintyvän kokonaisreaktion tasapainotettu reaktioyhtälö.
- Paristojen ja akkujen kapasiteetti eli niiden sisältämä varauksen määrä ilmaistaan tavallisesti yksikössä mAh eli "milliampeeritunteina". AA-alkalipariston kapasiteetti on maksimissaan n. 2750 mAh. Kuinka suuri massa metallista sinkkiä paristossa täytyy olla tämän kapasiteetin aikaansaamiseksi?
- Alkalipariston keskimääräinen jännite on 1,5 V. Jännite kuitenkin muuttuu voimakkaasti sen mukaan, kuinka suuri osa pariston sisältämästä varauksesta on purettu. Alla olevaan taulukkoon (Aineisto 3) on koottu pariston jännite eri purkuasteilla (mAh). Piirrä kuvaaja pariston jännitteestä puretun varauksen määrän funktiona. Hyödynnä kuvaajaa ja laske pariston energiatiheys yksikössä Wh/kg, kun AA-pariston massa on 25,6 g. (Aineisto 3: Pariston jännite ja puretun varauksen määrä.)

Aineisto 1: Butaanin, 1-butanolin, butanaalin ja butaanihapon IR-spektrit.

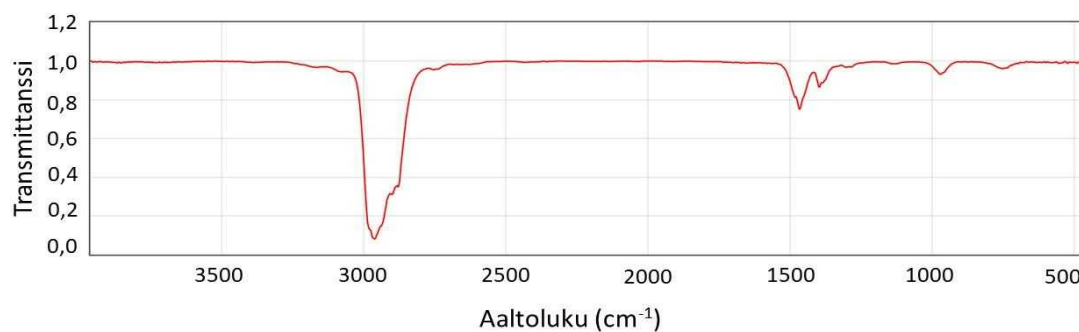
Spektri A



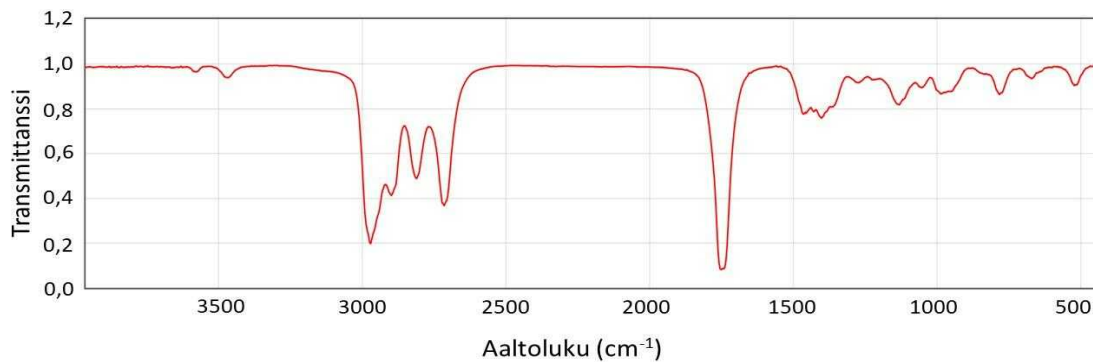
Spektri B



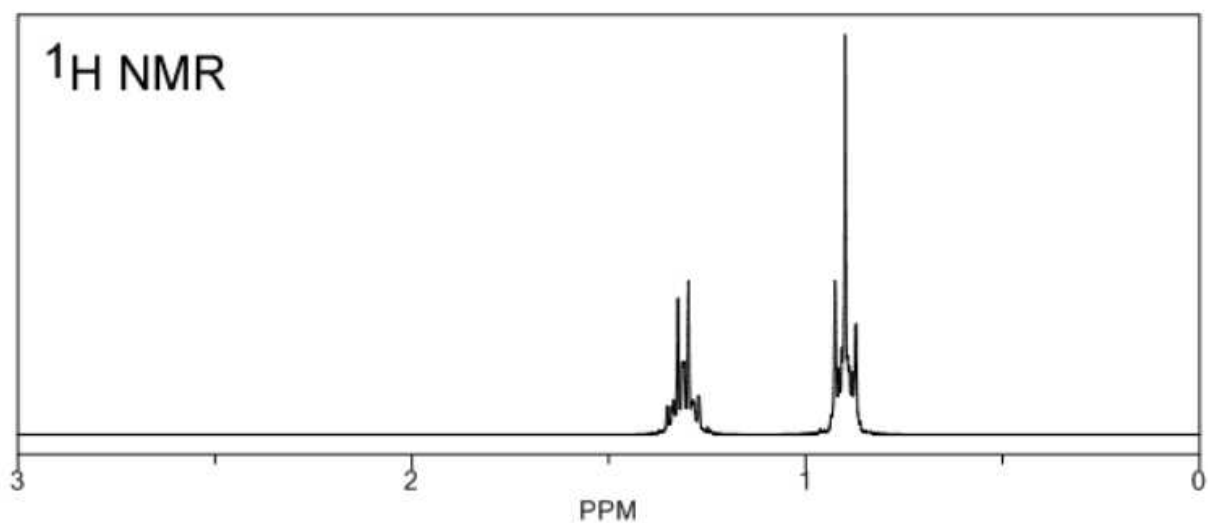
Spektri C



Spektri D



Aineisto 2: Butaanin, 1-butanolin, butanaalin tai butaanihapon H-NMR-spektri

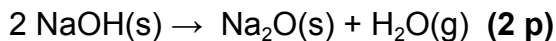


Aineisto 3: Alkalipariston jännite (V) ja puretun varauksen määrä (mAh)

Puretun varauksen määrä (mAh)	Jännite (V)
0	1,60
250	1,40
500	1,35
750	1,32
1000	1,29
1250	1,26
1500	1,23
1750	1,20
2000	1,17
2250	1,11
2500	1,03
2750	0,85

Ratkaisut

1. yhteensä 7 p



On ratkaistava teoreettisen saannon avulla tarvittava lähtöaineen massa.

$$\text{saanto} - \% = \frac{\text{todellinen saanto}}{\text{teoreettinen saanto}} \cdot 100 \%, \text{ josta voidaan ratkaista}$$

$$\text{teoreettinen saanto} = \frac{\text{todellinen saanto}}{\text{saanto-\%/100 \%}}$$

Sijoitetaan tunnetut tiedot:

$$\text{teoreettinen saanto} = \frac{15,0 \text{ g}}{0,59} \approx 25,42372 \text{ g} \quad (2 \text{ p})$$

$$M(\text{Na}_2\text{O}) = (2 \cdot 22,99 + 16,00) \text{ g/mol} = 61,98 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{O}) = \frac{25,42372 \text{ g}}{61,98 \text{ g/mol}} = 0,410192 \text{ mol} \quad (1 \text{ p})$$

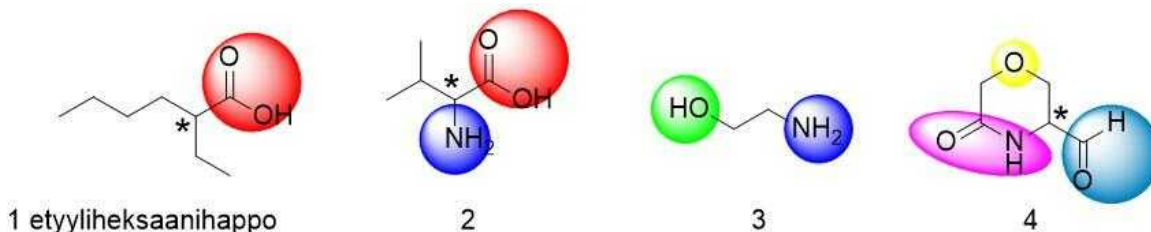
Reaktiokertoimista nähdään, että natriumhydroksidin ainemäärä on kaksinkertainen natriumoksidiin verrattuna.

$$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,410192 \text{ mol} \approx 0,820385 \text{ mol} \quad (1 \text{ p})$$

$$M(\text{NaOH}) = (22,99 + 16,00 + 1,008) \text{ g/mol} \approx 39,998 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = n \cdot M = 0,820385 \text{ mol} \cdot 39,998 \text{ g/mol} \approx 32,813756 \text{ g} \approx 32,8 \text{ g} \quad (1 \text{ p})$$

2. yhteensä 14 p



funktionaaliset ryhmät:



karboksyylihappo



amino (amiini)



hydroksyyli (alkoholi)



amidi



eetteri



aldehydi

8 p

happamia: 1 (1 p)

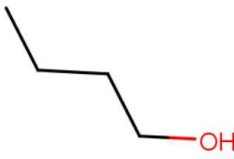
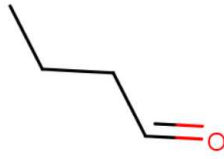
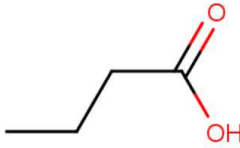
emäksisiä: 3 (1 p)

kahtaisioni: 2 (1 p)

stereoisomeriaa: 1, 2, 4 (3p)

yhteensä 14 p

3. yhteensä 15 p

Yhdiste ja sen rakenne	butaani	1-butanoli	Butanaali	Butaanihappo
				
Sulamispiste	-138,3 °C	-90 °C	-99 °C	-7,9 °C

- a. Kasvavan sulamispisteen mukainen järjestys:
butaani < butanaali < butanoli < butaanihappo

1p

Perustelu:

Aineen sulamispiste on sitä alhaisempi mitä heikommat molekyyliden väliset sidokset yhdisteen molekyyliden välille muodostuu.

1p

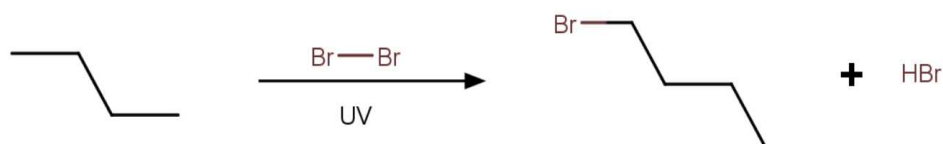
Butaani on pooliton molekyyli, joten butaanimolekyylien välille muodostuu vain heikkoja **dispersiovoimia**. 1-butanolin, butanaalin ja butaanihapon hiilivetyketjun rakenne on samanlainen kuin butaanissa, joten yhdisteiden sulamispisteiden vertailuun riittää niiden funktionaalisten ryhmien aiheuttamien erojen vertaileminen. Koska kaikissa näissä molekyyliissä on poolinen hiilen ja hapen välinen sidos, niin ne voivat muodostaa **dipoli-dipolisidoksia** toistensa välille. Näistä butanolissa ja butaanihapossa esiintyy myös O-H -sidos, joka mahdollistaa **vetysidosten** muodostumisen molekyyliden välille, mikä selittää myös korkeamman sulamispisteen kuin butanaalilla. Butaanihapolla on korkein sulamispiste, koska karboksyyli-ryhmässä on kaksi happea, joten dipoli-dipolisidoksia voi muodostua kaksi kertaa enemmän kuin butanolissa.

1p

Opiskelijan vastauksessa riittää, että kunkin molekyylin välille muodostuva heikko sidos on tunnistettu.

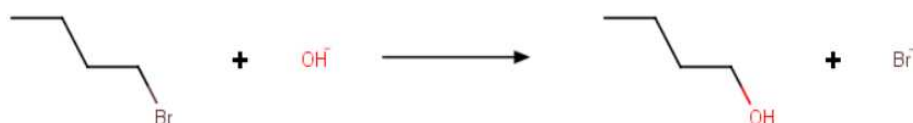
- b. Butaanista voidaan valmistaa butaanihappoa. Selitä tarvittavat vaiheet ja reaktiot.

Butaanista voidaan valmistaa radikaalisubstituutiolla valon ja halogeenin, esim. Br_2 tai Cl_2 , avulla halogeenialkaani. (Muodostuu myös sivutuotteita.)



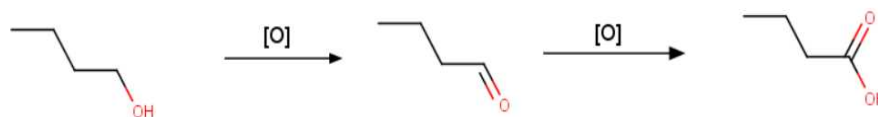
2p

Halogeenialkaaneista voidaan valmistaa alkoholeja korvaamalla halogeeni hydroksyyli ryhmällä. Kyseessä on myös **substituutioreaktio**.



2p

Butanoli voidaan hapettaa karboksyylihapoksi esimerkiksi kaliumpermanganaatilla happamissa olosuhteissa. Kyseessä on siis **hapettumisreaktio**.



2p

- c. A = 1-butanoli

1p

B = butaanihappo

1p

C = butaani

1p

D = butanaali

1p

Selitys (ei tarvita pisteisiin)

Butaanissa on vain C-H -sidoksia → piikki aaltoluvuilla $2850\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$

Butanaalissa myös C=O -sidos → piikki aaltoluvuilla $1700\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$

Butanolin O-H -sidos näkyy aaltoluvuilla $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$, kun taas karboksyylihapon O-H -sidos aaltoluvuilla $2500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$.

- d. Spektri on butaanin,

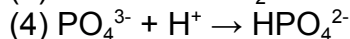
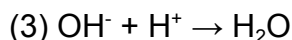
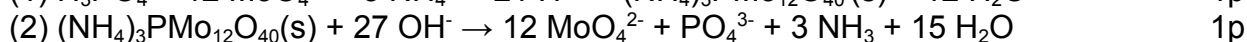
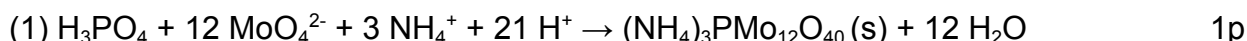
1p

koska se on näistä molekyyleistä ainoa, jolla on vain kaksi protoniympäristöä eli muodostuu vain kaksi piikkiä. Tai tunnistettu, että PPM arvot 0,9 ja 1,3 vastaavat butaanin $-\text{CH}_3$ ja $-\text{CH}_2-$ protoniympäristöjä.

1p

4. Pisteitä yhteensä 10 p.

a) Ne reaktiot ovat tasapainossa näin:



Kaikki kolme 1p

b) Merkitään kysyttyä H_3PO_4 :n ainemäärää x :llä. (1) ja (2) reaktioyhtälöstä nähdään, että $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{PO}_4^{3-})$, joten myös $n(\text{PO}_4^{3-}) = x$

Titrauksen ja a) kohdassa tasapainotettujen reaktioyhtälöiden perusteella

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,1000 \text{ mol/l} \cdot 0,01655 \text{ l} = 0,001655 \text{ molja}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{OH}^-)_{\text{ylimääräinen}} + n(\text{PO}_4^{3-}) + n(\text{NH}_3)$$

Tasapainotetusta reaktioyhtälöstä (2) nähdään, että $n(\text{NH}_3) = 3 \cdot n(\text{PO}_4^{3-}) = 3x$, joten

$$\text{lauseke sievenee siis muotoon: } n(\text{HCl}) = n(\text{OH}^-)_{\text{ylimääräinen}} + x + 3x = 0,001655 \text{ mol}$$

Merkitään vielä ylimääräisen OH^- :n ainemäärää y :llä, jolloin

$$n(\text{HCl}) = y + 4x = 0,001655 \text{ mol}.$$

Lähtöarvojen perusteella tiedetään myös, että

$$n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,050 \text{ l} \cdot 0,1111 \text{ mol/l} = 0,005555 \text{ molja}$$

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{OH}^-)_{\text{liuotuksessa (2) kulunut}} + n(\text{OH}^-)_{\text{ylimääräinen}}$$

Reaktioyhtälö (2) mukaan $n(\text{OH}^-)_{\text{liuotuksessa kulunut}} = 27 \cdot n(\text{PO}_4^{3-}) = 27x$, jolloin lauseke sievenee muotoon $n(\text{NaOH}) = 27x + y = 0,005555 \text{ mol}$

Saadaan siis yhtälöt OH^- :n ja H^+ :n kokonaisainemäärille:

$$n(\text{OH}^-) = 27x + y$$

$$n(\text{H}^+) = 4x + y$$

Vähennetään yhtälöt toisistaan ja saadaan

$$n(\text{OH}^-) - n(\text{H}^+) = 23x$$

josta

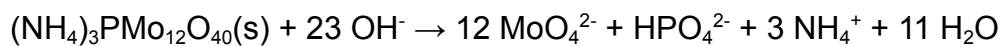
$$x = (n(\text{OH}^-) - n(\text{H}^+))/23$$

Tai ratkaistaan yhtälöpari laskinohjelmalla:

$$\text{solve}\left(\begin{cases} y+4 \cdot x=0.001655 \\ y=0.005555-27 \cdot x \end{cases}, x, y\right) \rightarrow x=0.0001695652 \text{ and } y=0.0009767391$$

MAOL ry - Lukion kemiakilpailu

Toinen tapa päästä tähän, on laskea reaktioyhtälöt (2), (4) ja (5) yhteen, kun viides ensin kerrotaan kolmella. Tällä saadaan:



Joka tapauksessa edelleen

$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = (n(\text{OH}^-) - n(\text{H}^+))/23/V = (0,050 \cdot 0,1111 - 0,01655 \cdot 0,1000)/23/0,015 \approx 0,0113$$

Pisteet $c(\text{H}_3\text{PO}_4)$:n laskusta 7 p:

yhtälöpari 5 p

fosforihapon ainemäärä yhtälöparista 1 p

fosforihapon konsentraatio 1 p

tai

yhteisreaktio 3 p

fosforihapon ainemäärä yhteisreaktiosta 3 p

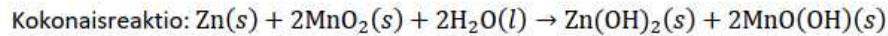
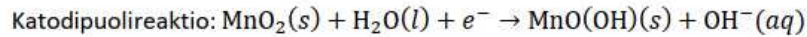
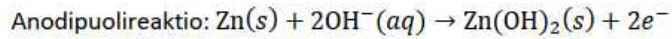
fosforihapon konsentraatio 1 p

5.

Vastaus:

a) Paristossa anodilla eli - -navalla tapahtuu aina hapettuminen, ja katodilla eli + -navalla pelkistyminen. Kuvailun perusteella mangaani(IV)oksidi pelkistyy, eli se reagoi katodilla/+ -navalla.

b)



c)

Ampeeri kuvaa varauksen määrä per 1 sekunti. Lasketaan akun varauksen määrä Coulombeina:

$$Q = 2750 \text{ mAh} = 2750 \cdot 10^{-3} \text{ Ah} = 2750 \cdot 10^{-3} \text{ C/s} \cdot 60 \text{ min} = 2750 \cdot 10^{-3} \text{ C/s} \cdot 3600 \text{ s} = 9900 \text{ C}$$

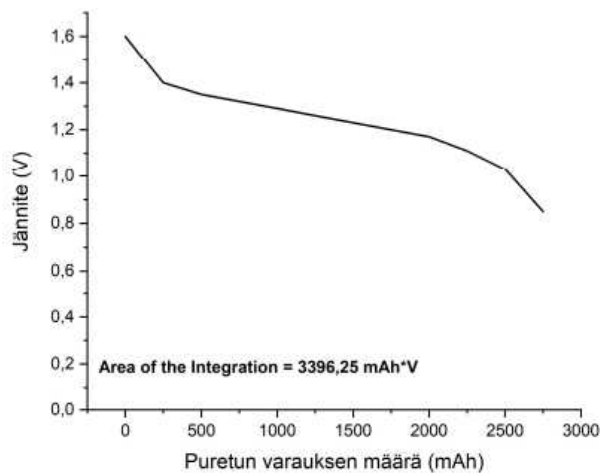
Yksi sinkkiatomi luovuttaa kaksi elektronia. Faradayn vakio kertoo 1 elektronimoolin varauksen, joten sinkin ainemäärä on:

$$n_{\text{Zn}} = \frac{9900 \text{ C}}{2 \cdot 96485 \text{ C/mol}} \approx 0,05130 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Zn}} = n_{\text{Zn}} \cdot M_{\text{Zn}} = 0,05130 \text{ mol} \cdot 65,39 \text{ g/mol} \approx 3,35 \text{ g}$$

d)

Alla on piirretty pyydetty kuvaaja:



Energian määrä saadaan kuvaajasta integroimalla = 3396,25. Koska varauksen määrä on annettu yksikössä mAh, integroimalla saatu yksikkö on mAh · V = mWh. Energiatiheys on siis:

$$\text{energiatiheys} = \frac{3396,25 \text{ mWh}}{25,6 \text{ g}} = \frac{3396,25 \cdot 10^{-3} \text{ Wh}}{25,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} \approx 133 \text{ Wh/kg}$$

Pisteytys:

a) Oikein valittu lähtöaine + -navalle ja katodille yht. 2 p.

b) Kokonaisreaktioyhtälö yht. 3 p. Oikein oleva sinkin ja mangaanin suhde (2 elektronia vs. 1 elektroni) 2 p., vaikka yhtälössä olisi muuten jotain pielessä.

c) Varauksen ilmaisu Coulombeina 2 p.

Sinkin ainemäärän laskeminen joko Faradayn vakion avulla tai elektronin varauksen avulla 2 p (jos ei huomioitu, että 1 sinkki luovuttaa 2 kpl elektroneja = 1p)

d) Piirretty kuvaaja 1 p.

Kuvaaja integroitu 1 p.

Oikein laskettu energiatiheys 1 p.

Gymnasiets kemitävling 5.10.2021
Öppna serien - preliminärtävlingen

Tävlingstiden är 100 minuter. Om tävlaren deltar både i grundserien och öppna serien, börjar hen med grundserien. Tiden för den är 100 minuter. Efter grundserien görs öppna serien. Tiden för den är 80 minuter. Då behöver tävlaren inte svara på den uppgift som är samma i båda serierna. Frågan skall svaras: "svaret finns i grundseriens prov".

Med deltagande i tävlingen ges tillstånd att publicera resultat på MAOLs kommunikationskanaler. Om resultatet av tävlingen inte ska offentliggöras, måste det uttryckligen förbjudas.

Håller du med i behandlingen av dina uppgifter i enlighet med sekretesspolicyn?

- ☐ Ja - jag är med i tävlingen.
- ☐ Nej - Jag deltar inte i tävlingen.

Tävlarinformation:

1. tävlarens namn:
2. skola:
3. klassnivå:
4. e-postadress:
5. hemadress, postnummer och postort:
6. telefonnummer:

Gymnasiets kemitävling 5.10.2021

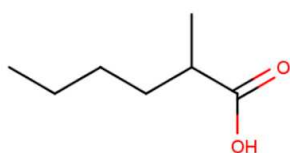
Öppna serien - preliminärtävlingen

1. (7 p)

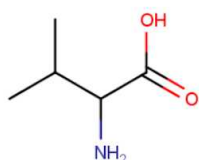
Natriumoxid framställdes av fast natriumhydroxid genom upphettning. Det behövdes 15,0 g av fast produkt och man visste att utbytet var 59 %. Vilken massa av utgångsämnet behövdes?

2. (14 p)

- Märk ut och namnge alla funktionella grupper i följande föreningar.
- Vilka av föreningarna är sura? Motivera ditt svar.
- Vilka av föreningarna är basiska? Motivera ditt svar.
- Vilken/Vilka av föreningarna kan bilda en zwitterjon dvs. en dubbeljon. Rita upp strukturerna för dessa zwitterjoner.
- I vilka av följande molekyler förekommer optisk isomeri? Märk ut det kirala centret i dessa molekyler.



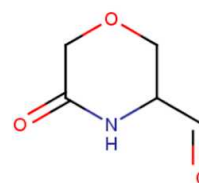
1.



2.



3.



4.

Bild 1: Molekylerna som ska analyseras i uppgift 2.

3. (15 p)

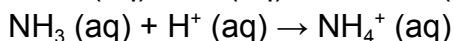
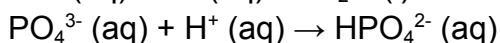
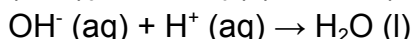
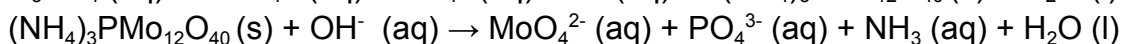
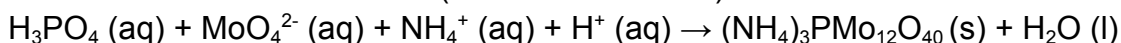
Butan, 1-butanol, butanal och butansyra är alla föreningar som har väldigt olika egenskaper.

- Ordna ifrågavarande ämnen efter växande smältpunkt. Motivera kort!
- Av butan kan man framställa butansyra. Namnge behövliga reaktionstyper och skriv reaktionslikheterna (reaktionsformlerna).
- För alla fyra ämnen uppmättes IR-spektren. Kombinera spektren med korrekt ämne. (Material 1: IR-spektren för butan, 1-butanol, butanal och butansyra)
- Nedan visas även H-NMR-spektret för ett ämne. Vilket ämne gäller spektret för? Motivera. (Material 2: H-NMR spektret för butan, 1-butanol, butanal eller butansyra)

4. (10 p)

Ur en lösning som innehöll olika syror bestämdes fosforsyran på följande sätt: 15,00 ml prov späddes ut till 100 ml och 10 ml 5 M salpetersyra tillsattes. Därefter tillsattes 20 ml 0,5 M ammoniummolybdatlösning, varvid fosforsyran föll ut som ammoniumfosfomolybdat. Fällningen filtrerades, tvättades med 0,1 M kaliumnitratlösning och upplöstes i 50,00 ml 0,1111 M natriumhydroxidlösning. Till lösningen sattes fenolftalein och den titrerades med 0,1000 M saltsyra till färglöshet, varvid, förutom titreringen av överskottet hydroxidjon, även fosfatjonen titrerades till vätefosfatjon och ammoniaken till ammoniumjon. Saltsyraförbrukningen var 16,55 ml.

- a. Balansera reaktionslikheterna (reaktionsformlerna):



- b. Beräkna fosforsyrakoncentrationen för provet.

5. (12 p)

Alkaliska batterier är energikällor som till vardags används flitigt. (Bild 1). Namnet alkaliskt batteri kommer från den basiska (alkaliska) elektrolytlösningen av kaliumhydroxid. Den metalliska zinken i det alkaliska batteriet reagerar till zink(II)hydroxid, och samtidigt bildar mangan(IV)oxid med vatten bl.a. mangan(III)oxidhydroxid $\text{MnO}(\text{OH})$.

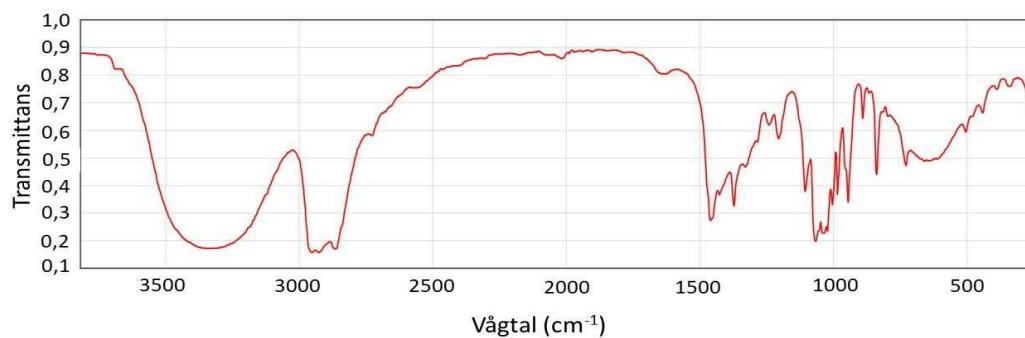


Bild 1: Longlife AA alkaliska batterier.

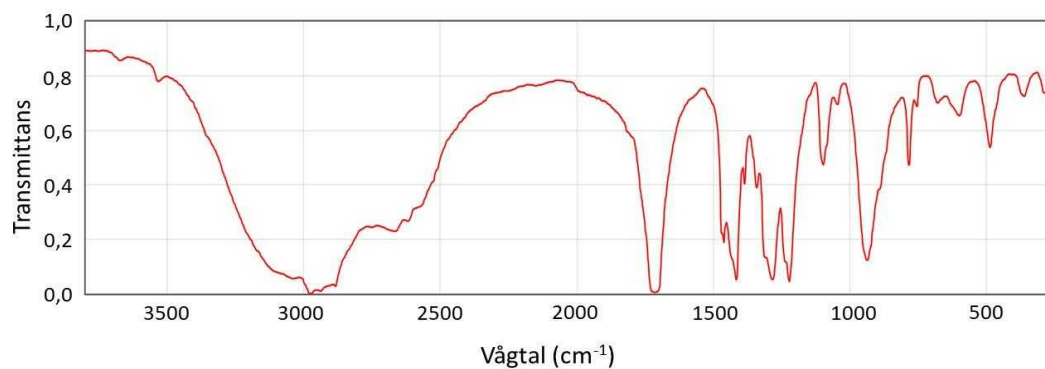
- a. Vilket av batteriets utgångsmaterial, metallisk zink eller mangan(IV)oxid, reagerar vid batteriets **katod**? Och vilket material finns vid batteriets **+**-pol?
- b. Skriv den balanserade reaktionslikheten för den totalreaktion som sker i batteriet.
- c. Batteriers och ackumulatorers kapacitet eller den mängd laddning de innehåller uttrycks vanligen med enheten mAh eller som "milliampere timme". Kapaciteten för ett AA-alkaliskt batteri är maximalt ca 2750 mAh. En hur stor massa metallisk zink bör batteriet innehålla för att denna kapacitet ska åstadkommas?
- d. Medelspänningen i ett alkaliskt batteri är 1,5 V. Spänningen varierar dock kraftigt beroende på hur stor del av den laddning batteriet innehåller har urladdats. I tabellen nedan (Material 3) har batteriets spänning vid olika grader av urladdning (mAh) tabellerats. Rita en kurva (graf) för batteriets spänning som en funktion av mängden urladdad laddning. Utnyttja grafen och beräkna batteriets energidensitet i enheten Wh/kg, då AA-batteriets massa är 25,6 g. (Material 3: Batteriets spänning och mängden urladdad laddning.)

Material 1: IR-spektrerna för butan, 1-butanol, butanal och butansyra.

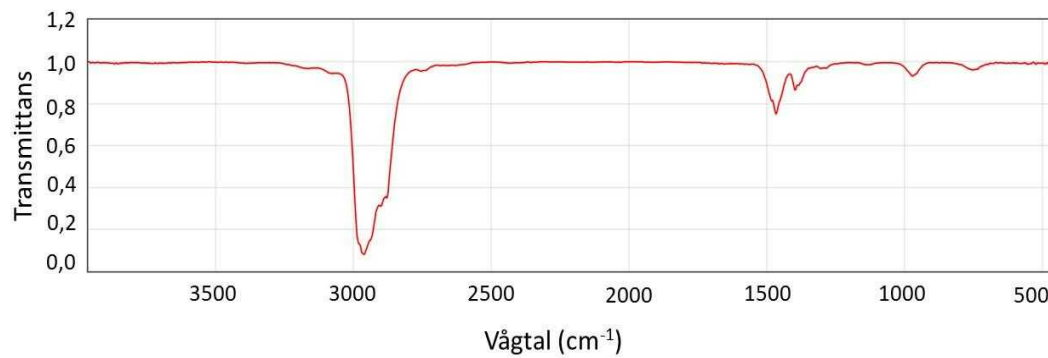
Spektrum A



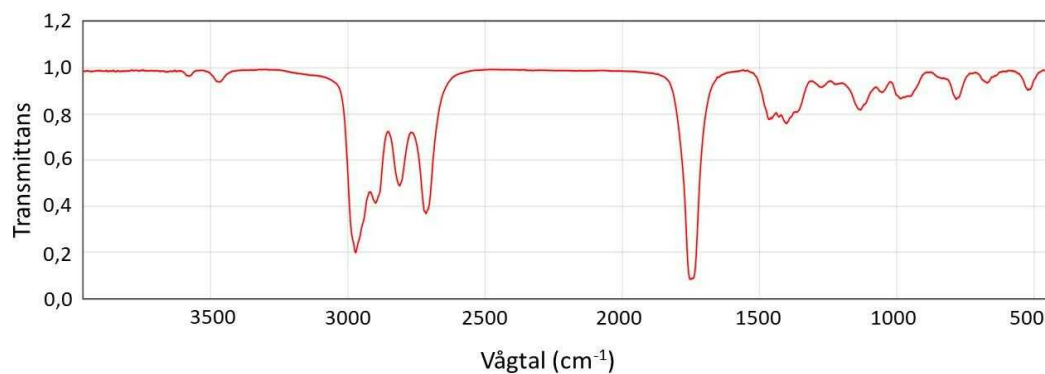
Spektrum B



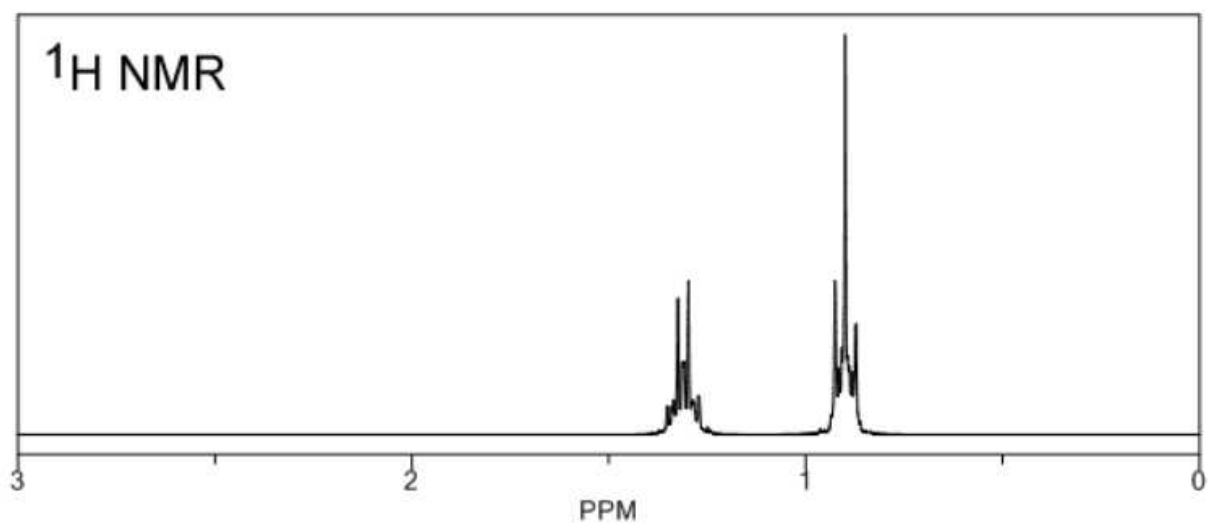
Spektrum C



Spektrum D



Material 2: H-NMR spektret för butan, 1-butanol, butanal eller butansyra



Material 3: Spänningen (V) för det alkaliska batteriet och mängden urladdad laddning (mAh)

Mängden urladdad laddning (mAh)	Spänning (V)
0	1,60
250	1,40
500	1,35
750	1,32
1000	1,29
1250	1,26
1500	1,23
1750	1,20
2000	1,17
2250	1,11
2500	1,03
2750	0,85

Chemistry competition 5.10.2021
Open series - preliminary competition

Answer all the questions. The time allowed for open series is 100 minutes. If you compete in both basic and open series, the basic series exam should be done first within 100 min and after returning the answers you can start doing the open series exam. The time allowed for open series is then only 80 minutes, since you do not have to answer the same question which you already did in the basic series exam. Please write to that answer box "the answer is in the basic series exam". You are allowed to use a calculator and a data booklet. Remember to answer with clear reasoning.

By participating in the competition, you give a permission to publish the results in MAOL's communication channels. If you wish that your results are not published you must prohibit it separately.

Do you consent to the processing of your data in accordance with the privacy statement?

- ☐ Yes - I will participate in the competition.
- ☐ No - I will not participate in the competition.

Competitor information:

1. Name:
2. School:
3. Year group:
4. Email:
5. Home address, postcode and town:
6. Phone number:

Chemistry competition 5.10.2021

Open series - preliminary competition

1. (7 p)

Sodium oxide is prepared by heating solid sodium hydroxide. The percentage yield of the reaction is 59 %. 15.0 g of the solid product is needed. What is the required mass of the reactant?

2. (14 p)

- Mark and name all the functional groups in the following compounds.
- Which of the compounds are acidic? Justify your answer.
- Which of the compounds are basic? Justify your answer.
- Which of the compounds can form zwitterions, also called an inner salt. Draw the structures of these zwitterions.
- Which of the compounds will show optical isomerism? Mark each stereocenter in these molecules.

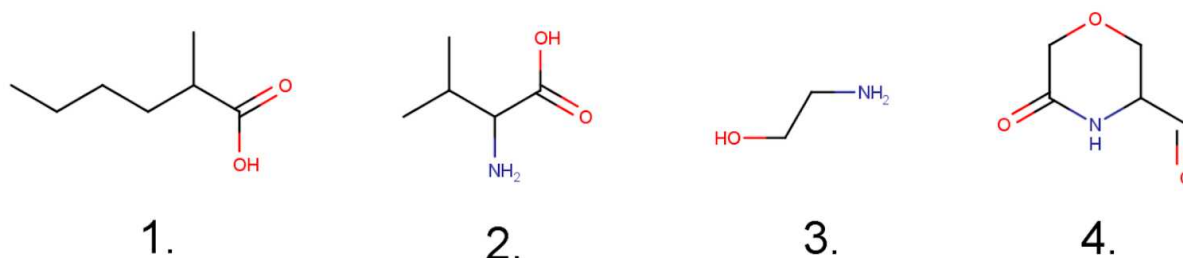


Figure 1: The molecules to be analyzed in question number two.

3. (15 p)

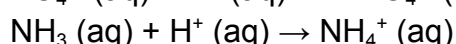
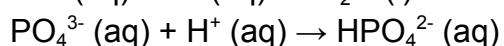
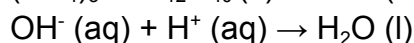
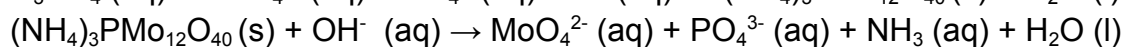
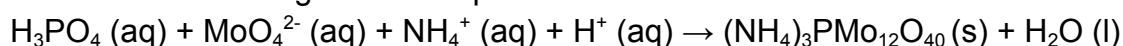
Butane, 1-butanol, butanal and butanoic acid are all compounds with very different properties.

- Arrange these substances in order of increasing melting point. Justify briefly!
- Butanoic acid can be prepared from butane. Name the required reaction types and present the reaction equations.
- IR spectra were run on all four substances. Determine the identity of each spectrum. (Material 1: IR spectrums of butane, 1-butanol, butanal and butanoic acid.)
- The ^1H -NMR spectrum of one of these substances is also shown below. Which substance is it? Justify. (Material 2: ^1H -NMR spectrum of butane, 1-butanol, butanal or butanoic acid.)

4. (10 p)

Phosphoric acid was determined from a solution containing various acids as follows: 15.00 ml of the sample was diluted to 100 ml and 10 ml of 5 M nitric acid was added. Then 20 ml of 0.5 M ammonium molybdate solution was added, whereupon phosphoric acid precipitated as ammonium phosphomolybdate. The precipitate was filtered, washed with 0.1 M potassium nitrate solution and dissolved in 50.00 ml of 0.1111 M sodium hydroxide solution. Phenolphthalein was added to the solution and it was titrated to colorless with 0.1000 M hydrochloric acid. In the titration phosphate ion was titrated to hydrogen phosphate ion and ammonia to ammonium ion in addition to the reaction with excess hydroxide ion. The consumption of hydrochloric acid was 16.55 ml.

- a. Balance the following reaction equations:



- b. Calculate the phosphoric acid concentration of the sample.

5. (12 p)

Alkaline batteries are a widely used source of energy in everyday life (Figure 1). The name of the alkaline battery comes from the alkaline potassium hydroxide solution which is used as the electrolyte. In an alkaline battery, metallic zinc reacts to form zinc (II) hydroxide, and at the same time manganese (IV) oxide forms with water e.g. manganese(III) oxide hydroxide $\text{MnO}(\text{OH})$.



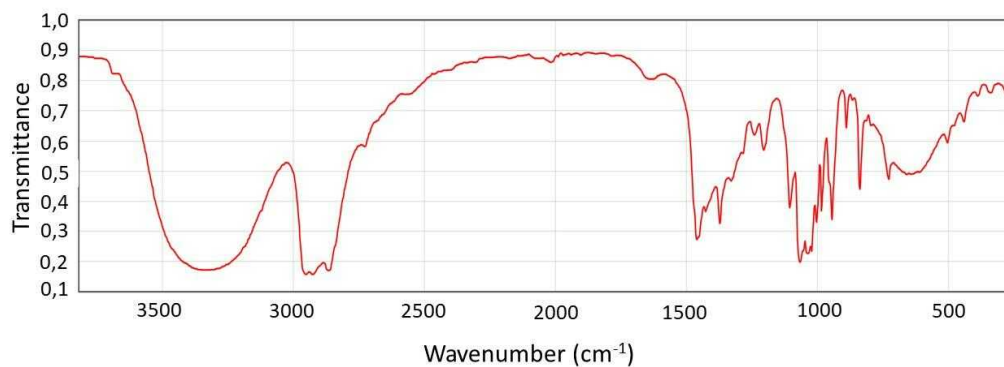
Figure 1: Size AA alkaline batteries.

- a. Which of the battery starting materials, metallic zinc or manganese(IV) oxide, reacts at the cathode of the battery? And which material is located on the + terminal of the battery?
- b. Write the overall equation of the reaction that occurs in the alkaline battery.
- c. The capacity (i.e. the amount of charge they contain) of batteries is usually expressed in mAh, or "milliampere hours". The maximum capacity of an AA alkaline battery is about 2750 mAh. How much in grams metallic zinc must be in the battery to achieve this capacity?
- d. The average voltage of an alkaline battery is 1.5 V. However, the voltage varies greatly depending on how much of the battery's charge is discharged. The table below (Material 3) summarizes the battery voltage at different discharge stages (mAh). Draw a graph of the battery voltage as a function of the amount of capacity used (mAh). Utilize the graph and calculate the energy density of the battery in Wh/kg when the mass of the AA battery is 25.6 g. (Material 3: Battery voltage and amount of capacity used.)

Material 1: IR spectrums of butane, 1-butanol, butanal and butanoic acid.

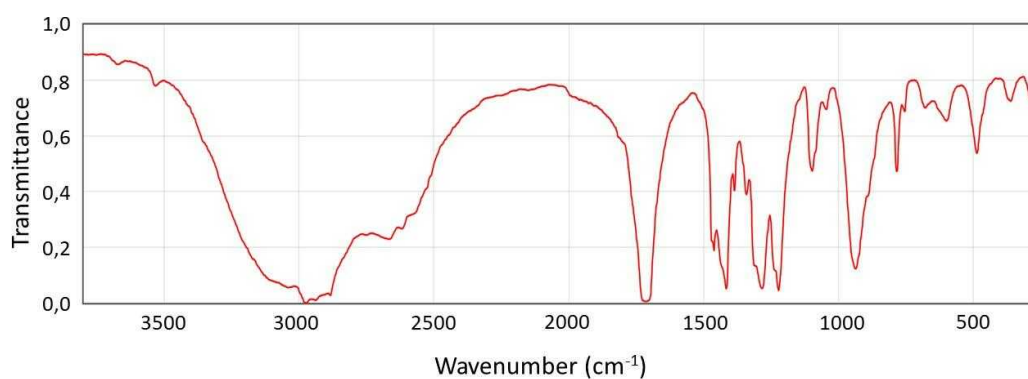
Spectrum

A



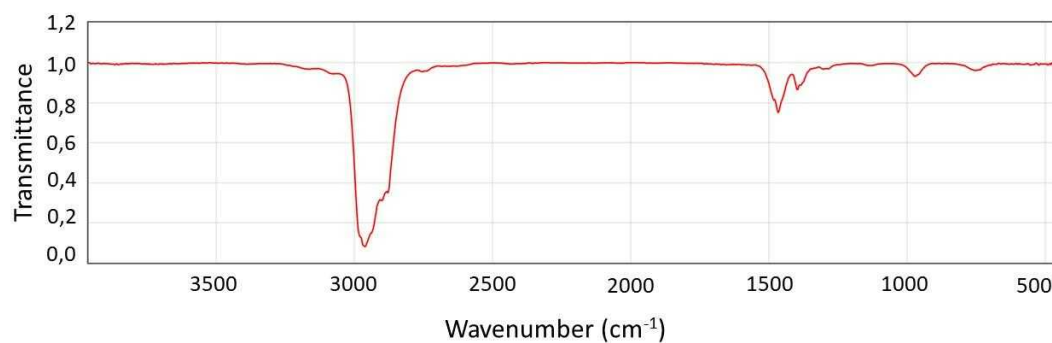
Spectrum

B



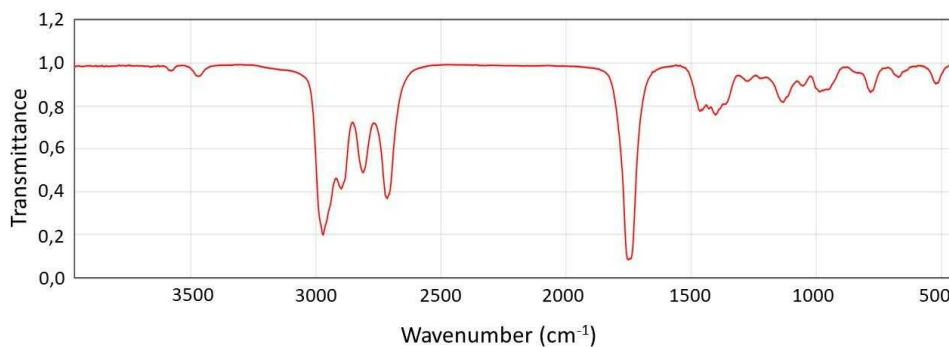
Spectrum

C

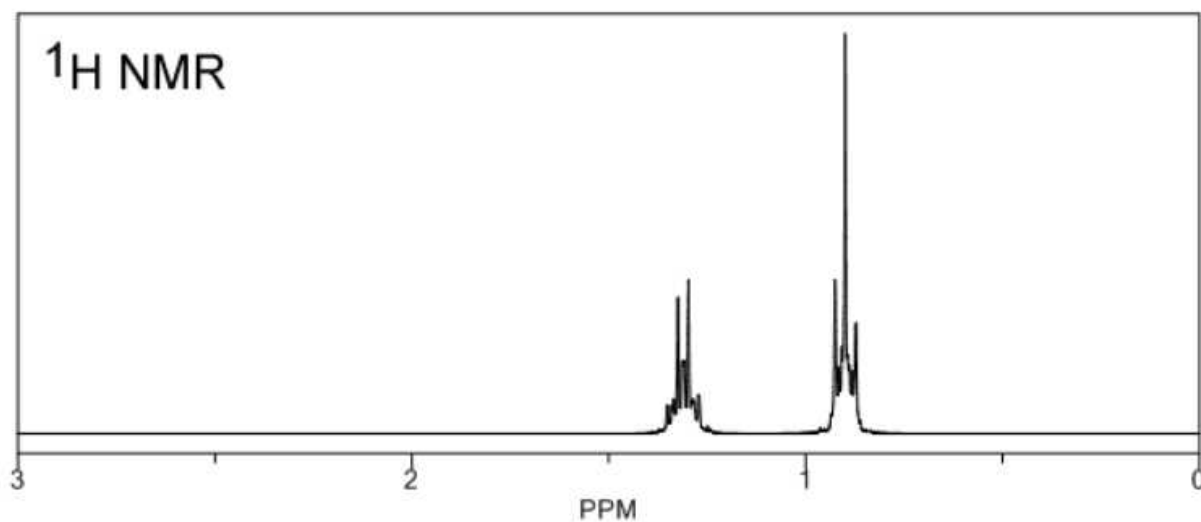


Spectrum

D



Material 2: ^1H -NMR spectrum of butane, 1-butanol, butanal or butanoic acid



Material 3: The voltage of the battery (V) and the amount of capacity used (mAh)

Amount of capacity used (mAh)	Voltage (V)
0	1,60
250	1,40
500	1,35
750	1,32
1000	1,29
1250	1,26
1500	1,23
1750	1,20
2000	1,17
2250	1,11
2500	1,03
2750	0,85