

Lukion kemiakilpailu keskiviikkona 2.11.2022

Perussarja

Kilpailun kestoaika 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 kokeen 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".

Onnea kilpailuun!

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

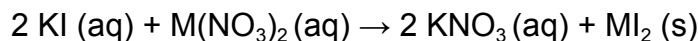
1. Kilpailijan nimi:
2. Koulu, paikkakunta:
3. Luokka-aste:
4. Sähköpostiosoite:
5. Kotiosoite, postinumero- ja toimipaikka:
6. Puhelinnumero:

Lukion kemiakilpailu keskiviikkona 2.11.2022

Perussarja

1. (5 p)

Erästä alkuainetta M voidaan saostaa vesiliuoksesta oheisen reaktioyhtälön mukaisesti kaliumjodidilla.



10,0 ml $\text{M}(\text{NO}_3)_2$ (aq) näytteen konsentraatio oli ennen saostusta 0,00564 mol/l. Näytteeseen lisättiin ylimäärä kaliumjodidia, jolloin saostui 0,026 g suolaa MI_2 . Selvitä laskemalla mistä alkuaineesta on kyse.



Kuva 1: MI_2 (s)

2. (10 p)

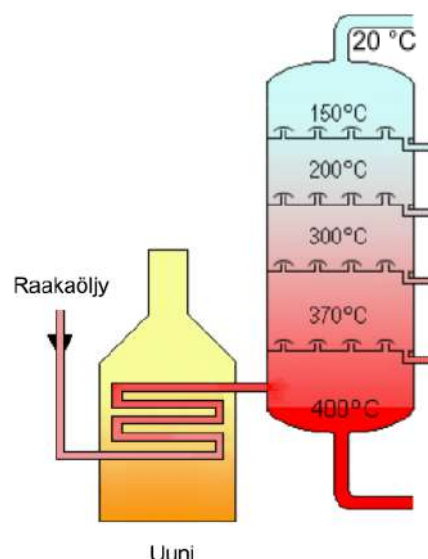
Yksi raakaöljyn jalostuksen vaiheista on öljyn jakotislaus. Siinä kuumennettu öljy pumpataan 20-400 asteiseen tislaustorniin, jolloin sen sisältämät eri hiilivety-yhdisteet saadaan eroteltua toisistaan.

a) Selitä lyhyesti mihin jakotislaus perustuu.

b) Oheinen kuva esittää jakotislauksen lämpötila-alueita. Yhdistä seuraavat yhdisteet oikeaan lämpötila-alueeseen:

Butaani, pohjaöljy (käytetään bitumin ja asfaltin valmistuksessa), *dieselöljy* (väh. 9-25 hiiliatomia molekyylissä), *kerosiini* (10-16 hiiliatomia molekyylissä), *bensiini* (4-8 hiiliatomia sisältävät hiilivedyt), *raskas polttoöljy* (vähintään 20 hiiliatomia)

c) Miksi tislaamattoman raakaöljyn käyttö sellaisenaan erilaisissa moottoreissa olisi vaarallista?



Kuva 2. Raakaöljyn jakotislauksen lämpötila-alueet

3. (4 p)

Muta sisältää erilaisia alkuaineita, joista yksi on pii. Pii esiintyy mudassa silikaatteina. Kemiallisessa käsittelyssä kaikki mudan sisältämä pii muutetaan puhtaaksi piidioksidiksi. Eräs mutanäyte painoi x g ja siitä muodostui y g piidioksidia. Kuinka suuri oli piin massaprosenttinen osuus mudassa? Ilmoita vastaus x:n ja y:n avulla.

4. (6 p)

Piirrä ja nimeä orgaaninen yhdiste, joka

- On heterosyklinen
- On tyydyttynyt hiilivety
- Pystyy muodostamaan vetysidoksen
- Pystyy muodostamaan dipoli-dipolisidoksen, mutta ei vetysidosta
- On tertiäärinen amiini
- On etanolin hapetustuote

5. (9 p)

Metallista alumiinia valmistetaan Hall–Héroult-menetelmällä. Tässä menetelmässä bauksiitista saatua alumiinioksidia liuotetaan kryoliittiin noin 1000 °C:n lämpötilassa. Tästä seoksesta alumiini saadaan erotettua elektrolyysillä eli sähkön avulla aikaansaadulla kemiallisella reaktiolla.

- Kryoliitin massaprosenttinen koostumus on seuraava: Na = 32,8 m%, F = 54,3 m%, Al = 12,9 m%. Mikä on kryoliitin kemiallinen kaava, kun sen empiirinen kaava on sama kuin sen molekyylikaava.
- Elektrolyysissä alumiinioksidista muodostuu sulaa alumiinia. Samalla hiilestä valmistettu elektrodi hapettuu, jolloin muodostuu hiilidioksidia. Reaktiossa ei esiinny muita lähtöaineita eikä synny muita tuotteita. Kirjoita elektrolyysireaktion tasapainotettu reaktioyhtälö.
- Kuinka monta tonnia hiilidioksidia Hall–Héroult-menetelmä tuottaa yhtä alumiinitonnia kohti, jos huomioidaan vain elektrolyysireaktiossa tuotettu hiilidioksidi? (Todellisuudessa tuotto on paljon suurempi, kun huomioidaan lisäksi reaktion tarvitsema energian määrä ja sen tuottamisen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt. Muista siis kierrättää alumiinitölkkiä!)

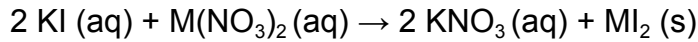
Kuvien lähteet:

- By PRHaney - Oma teos, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9472815>
- By Users Psarianos, Theresa knott on en.wikipedia - According to Theresa knott's user page (and her Image gallery), this image was originally created by her. - Mbeychok 23:26, 20 September 2007 (UTC), CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=417182>

Ratkaisut

1. (5 p)

Erästä alkuainetta M voidaan saostaa vesiliuoksesta oheisen reaktioyhtälön mukaisesti kaliumjodidilla.



10,0 ml $\text{M}(\text{NO}_3)_2$ (aq) näytteen konsentraatio oli ennen saostusta 0,00564 mol/l. Näytteeseen lisättiin ylimäärä kaliumjodidia, jolloin saostui 0,026 g suolaa MI_2 . Selvitä laskemalla mistä alkuaineesta on kyse?

Alkuaine voidaan selvittää laskemalla sen moolimassa.

Tiedetään, että

$$c(\text{M}(\text{NO}_3)_2) = \frac{n(\text{M}(\text{NO}_3)_2)}{V(\text{näyte})}$$

Tällöin

$$n(\text{M}(\text{NO}_3)_2) = c(\text{M}(\text{NO}_3)_2) \cdot V(\text{näyte})$$

$$= 0,00564 \text{ mol/l} \cdot 0,010 \text{ l}$$

$$= 0,000\,056\,4 \text{ mol} \quad (1 \text{ p})$$

$$n(\text{M}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{M}) = n(\text{MI}_2) \quad (1 \text{ p})$$

$$n(\text{MI}_2) = \frac{m(\text{MI}_2)}{M(\text{MI}_2)}$$

Tällöin

$$M(\text{MI}_2) = \frac{m(\text{MI}_2)}{n(\text{MI}_2)}$$

$$M(\text{MI}_2) = \frac{0,026 \text{ g}}{0,000\,056\,4 \text{ mol}} = 460,993 \text{ g/mol} \quad (1 \text{ p})$$

$$M(\text{MI}_2) = M(\text{M}) + 2 \cdot M(\text{I})$$

$$M(\text{M}) = M(\text{MI}_2) - 2 \cdot M(\text{I}) = 460,993 \text{ g/mol} - 2 \cdot 126,90 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{M}) = 207,193 \text{ g/mol} \approx 207,2 \text{ g/mol} \quad (1 \text{ p})$$

Laskettu moolimassa vastaa lyijyn moolimassaa. Kyseessä on siis lyijy. (1 p)

2. (10 p)

a. Selitä lyhyesti mihin jakotislaus perustuu?

Tislaus perustuu aineiden eri haihtuvuuksiin / höyrynpaineisiin / kiehumispisteisiin, jotka ovat seurausta molekyylien välisistä heikoista vuorovaikutuksista. Tislauksessa nestemäistä seosta kuumennetaan, jolloin alhaisimman kiehumispisteen omaava yhdiste haihtuu ensimmäisenä. (1 p)

Jakotislauksessa pohjalta haihtunut höyry johdetaan suoraan ylemmälle tasolle, josta vielä haihtuvampi yhdiste haihtuu uudelleen seuraavalle tasolle. Näin eri haihtuvuudet / höyrynpaineet / kiehumispisteet omaavat yhdisteet saadaan eroteltua toisistaan. (1 p)

b. Oheinen kuva esittää jakotislauksen lämpötila-alueita. Yhdistä seuraavat yhdisteet oikeaan lämpötila-alueeseen:

20 °C – *Butaani* (1 p)

150 °C – *benziini* (1 p)

200 °C – *kerosiini* (1 p)

300 °C – *dieselöljy* (1 p)

375 °C – *raskas polttoöljy* (1 p)

400 °C – *pohjaöljy* (1 p)

c. Miksi tislaamattoman raakaöljyn käyttö sellaisenaan erilaisissa moottoreissa olisi vaarallista?

Mitkä tahansa kaksi seuraavista:

Raakaöljyn raskaammat jakeet eivät höyrysty ja voivat tahmeina tervamaisina aineina tukkia polttoaineen syöttöjärjestelmän tai mäntämekanismien.

Raakaöljyn oktaaniluku on kaukana ideaalista, jolloin moottorin puristussuhde ja siten hyötysuhde on matala.

Kuumennettaessa raakaöljystä vapautuu erilaisia kaasumaisia yhdisteitä, jotka voivat aiheuttaa räjähdyksen.

Raakaöljy sisältää myös rikkiä, joka muodostaa veden kanssa syövyttävää rikkihappoa.

3. Tehtävä

Tosiaan kun muodostui y g piidioksidia, niin se sisälsi

$$\frac{M(\text{Si})}{M(\text{SiO}_2)} \cdot y = \frac{28,09}{(28,09+32)} \cdot y = \frac{28,09y}{(28,09+32)} \text{ grammaa piitä.} \quad (2\text{p})$$

Tämä osuus mudasta on

$$\frac{\frac{28,09y}{(28,09+32)}}{x} = \frac{28,09y}{(28,09+32)} \cdot \frac{1}{x} = \frac{28,09y}{(28,09+32)x} \quad (+1\text{p})$$

Ja prosentteina

$$m - \% = \frac{28,09y}{(28,09+32)x} \cdot 100 \% = \frac{2809y}{60,09x} \quad (+1\text{p})$$

4. (6 p)

Piirrä ja nimeä orgaaninen yhdiste, joka

a. on heterosyklinen

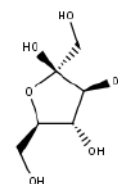
Mikä tahansa heterosyklinen yhdiste ja sen oikea nimi (1 p). Esim.



pyrroli



pyridiini



fruktoosi

b. On tyydyttynyt hiilivety

Mikä tahansa tyydyttynyt hiilivety eli alkaani ja sen oikea nimi (1 p). Esim.



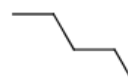
etaani



propaani



butaani



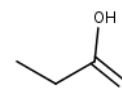
pentaani

c. Pystyy muodostamaan vetysidoksen

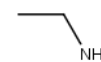
Mikä tahansa yhdiste, joka voi muodostaa vetysidoksen ja sen oikea nimi (1 p). Esim. alkoholit, karboksyylihapot ja amiinit.



etanoli



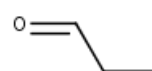
propanihappo



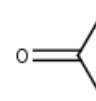
etyyliamiini

d. Pystyy muodostamaan dipoli-dipolisidoksen, mutta ei vetysidosta

Mikä tahansa yhdiste, joka muodostaa dipoli-dipolisidoksen, muttei vetysidosta ja sen oikea nimi (1 p). Esim. aldehydit, ketonit, eetterit ja esterit.



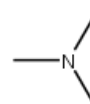
propanaali



propanoni

e. On tertiäärinen amiini

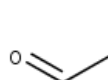
Mikä tahansa tertiäärinen amiini ja sen oikea nimi (1 p). Esim.



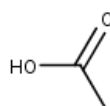
trimetyyliamiini

f. On etanolin hapetustuote

Hyväksytään etanaali tai etaanihappo (1p)



etanaali



etaanihappo

5. Tehtävä

a) Oletetaan, että kryoliittia on 100 g. Tällöin alkuaineiden ainemäärät ovat:

	m (g)	M (g/mol)	n (mol)
Na	32,8	22,99	1,427
F	54,3	19,00	2,858
Al	12,9	26,98	0,478

Ainemäärät laskettu oikein (1 p)

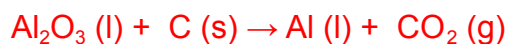
Alkuaineiden suhde:

$$n(\text{Na}) : n(\text{F}) : n(\text{Al}) = 1,427 : 2,858 : 0,478 \quad | \div 0,478$$

$$n(\text{Na}) : n(\text{F}) : n(\text{Al}) = 2,98 : 5,98 : 1,00$$

Kemiallinen kaava on siis Na_3AlF_6 (1p)

b) Tekstin perusteella:



Tasapainotus onnistuu ilman hapetuslukuja:



Jos olomuodoissa virhe (2 p)

Jos lähtöaineet ja tuotteet oikein, mutta kertoimissa virhe (1 p)

c) Yksi tonni alumiinia = $1000 \text{ kg} = 1 \cdot 10^6 \text{ g}$

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} = 37065,5 \text{ mol} \quad (1 \text{ p})$$

Reaktioyhtälön mukaan 4 moolia alumiinia synnyttää samalla 3 moolia hiilidioksidia.

$$n(\text{CO}_2) = \frac{3}{4} \cdot n(\text{Al}) = \frac{3}{4} \cdot 37065,5 \text{ mol} = 27798,4 \text{ mol} \quad (2 \text{ p})$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 27798,4 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = 1\,223\,406 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) \approx 1,2 \text{ tonnia} \quad (1 \text{ p})$$

Jos b) kohdassa on reaktioyhtälön tasapainotus väärin, mutta c) kohdan ratkaisuperiaate oikein, saa opiskelija c) kohdasta täydet pisteet.

Lukion kemiakilpailu keskiviikkona 2.11.2022

Avoim sarja

Kilpailun kestoaika 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".

Onnea kilpailuun!

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. Sukupuoli
3. Koulu, paikkakunta:
3. Luokka-aste:
4. Sähköpostiosoite:
5. Kotiosoite, postinumero- ja toimipaikka:
6. Puhelinnumero:

Lukion kemiakilpailu keskiviikkona 2.11.2022**Avoin sarja****1. (4 p)**

Muta sisältää erilaisia alkuaineita, joista yksi on pii. Pii esiintyy mudassa silikaatteina. Kemiallisessa käsittelyssä kaikki mudan sisältämä pii muutetaan puhtaaksi piidioksidiksi. Eräs mutanäyte painoi x g ja siitä muodostui y g piidioksidia. Kuinka suuri oli piin massaprosenttinen osuus mudassa? Ilmoita vastaus $x:n$ ja $y:n$ avulla. (Mikäli vastasit tähän tehtävään jo perussarjan kokeessa, kirjoita vastaukseksi vain *“tehtävään on vastattu perussarjan kokeessa”*.)

2. (9 p)

Laboratoriossa on viisi tippapulloa merkittynä 1–5, joissa on seuraavien yhdisteiden 0,5 M vesiliuokset: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, AgNO_3 , NaCl , NaHCO_3 , HNO_3 . Sekoittamalla jokaista vesiliuosta toisiinsa tehtiin seuraavat havainnot:

	2	3	4	5
1	Sininen liuos, valkea raskas saostuma	Valkea maitomainen saostuma	Väritön liuos, ei näkyvää muutosta	Kellertävä saostuma
2	–	Sininen liuos, ei näkyvää muutosta	Sininen liuos, ei näkyvää muutosta	Vaaleansininen saostuma
3		–	Väritön liuos, ei näkyvää muutosta	Väritön liuos, ei näkyvää muutosta
4			–	Väritön liuos, voimakasta kuplintaa

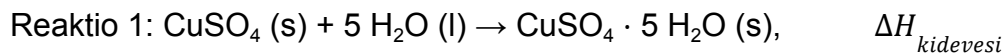
- Mitä vesiliuosta kussakin tippapullossa oli?
- Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö yhdistelmälle 1 + 3
- Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö yhdistelmälle 4 + 5

3. (8 p)

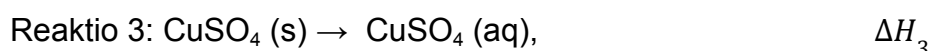
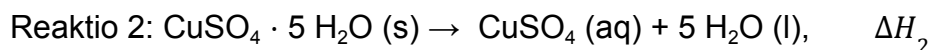
Erään metallin todettiin liukenevan vain kiehuvaan kuningasveteen. Kuningasvesiliuos haihdutettiin kuiviin ja haihdutusjäännös liuotettiin laimeaan suolahappoon. Liuosta elektrolysoitiin 100.0 mA virralla 10.0 min, jolloin katodin massa kasvoi 40.0 mg. Kun elektrolyysiä jatkettiin tämän jälkeen, huomattiin, että katodin massa kasvoi edelleen. Mikä metalli oli kyseessä? Esitä laskusi ja päättelysi.

4. (9 p)

Kuparisulfaatti voi esiintyä sekä kidevedellisenä muotona $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ että kidevedettömänä muotona CuSO_4 . Reaktio 1 kuvaa tilannetta, jossa kidevedettömästä kuparisulfaattista muodostuu kidevedellistä kuparisulfaattia:



Tämä reaktion entalpia on vaikea määrittää suoraan, mutta se voidaan määrittää epäsuorasti näiden sulfaattien liukenemisentropioiden avulla:



Kun näiden suolojen liukenemisentropiat mitattiin kalorimetrin avulla, saatiin arvoksi $\Delta H_2 = 11,2 \text{ kJ/mol}$ ja arvoksi $\Delta H_3 = -57,0 \text{ kJ/mol}$

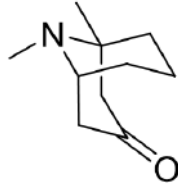
- Laske entalpian arvo $\Delta H_{\text{kidevesi}}$ reaktiolle 1.
- Teoreettinen arvo reaktion 1 entalpialle, $\Delta H_{\text{teor.}}$, voidaan laskea muodostumisentropioiden avulla. Laske $\Delta H_{\text{teor.}}$.

Yhdiste	Muodostumisentropia (kJ/mol)
$\text{CuSO}_4 (\text{s})$	-770,0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} (\text{s})$	-2278,5
$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$	-285,9

- Tässä tapauksessa $\Delta H_{\text{kidevesi}}$ ja $\Delta H_{\text{teor.}}$ eivät täysin vastaa toisiaan. Niinpä kidevedetöntä kuparisulfaattia päädyttiin tutkimaan tarkemmin. Jos tätä kemikaalia säilytetään pitkään laboratorioilmassa, se imee itseensä vettä. Kidevedetön kuparisulfaatti ei siis välttämättä olekaan täysin kidevedetöntä. Veden määrä voidaan selvittää termogravimetrisellä mittauksella. Tässä mittauksessa tuntemattoman määrän vettä sisältävää kuparisulfaattinäytettä kuumennettiin $600 \text{ }^\circ\text{C}$:een, ja näytteen massan muutos mitattiin. Mittaustulos on esitetty liitteessä 1. Laske näytteen sisältämä kidevesien määrä yhden desimaalin tarkkuudella. Esitä vastaus muodossa $\text{CuSO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$.

5. (12 p)

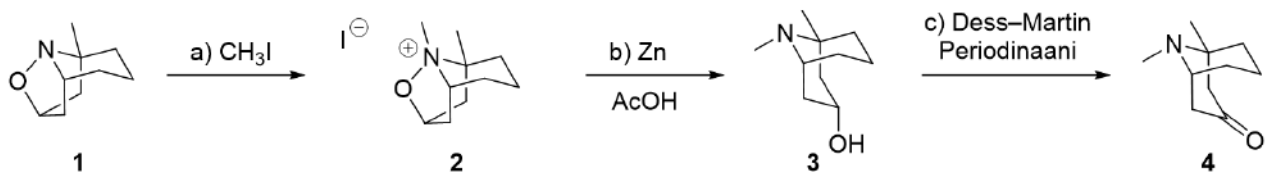
N-Metyylieufokokiini on Yhdysvaltojen kalliovuorten eteläosissa kasvavista okakuusista (*Picea pungens*) eristetty tropaaniaalkaloidi.



Kuva 1: *N*-metyylieufokokiinin rakenne

N-metyylieufokokiinille julkaistiin vuonna 2021 alla esitetty synteettinen valmistusreitti.

Kaavio 1: *N*-metyylieufokokiinin synteesireitti



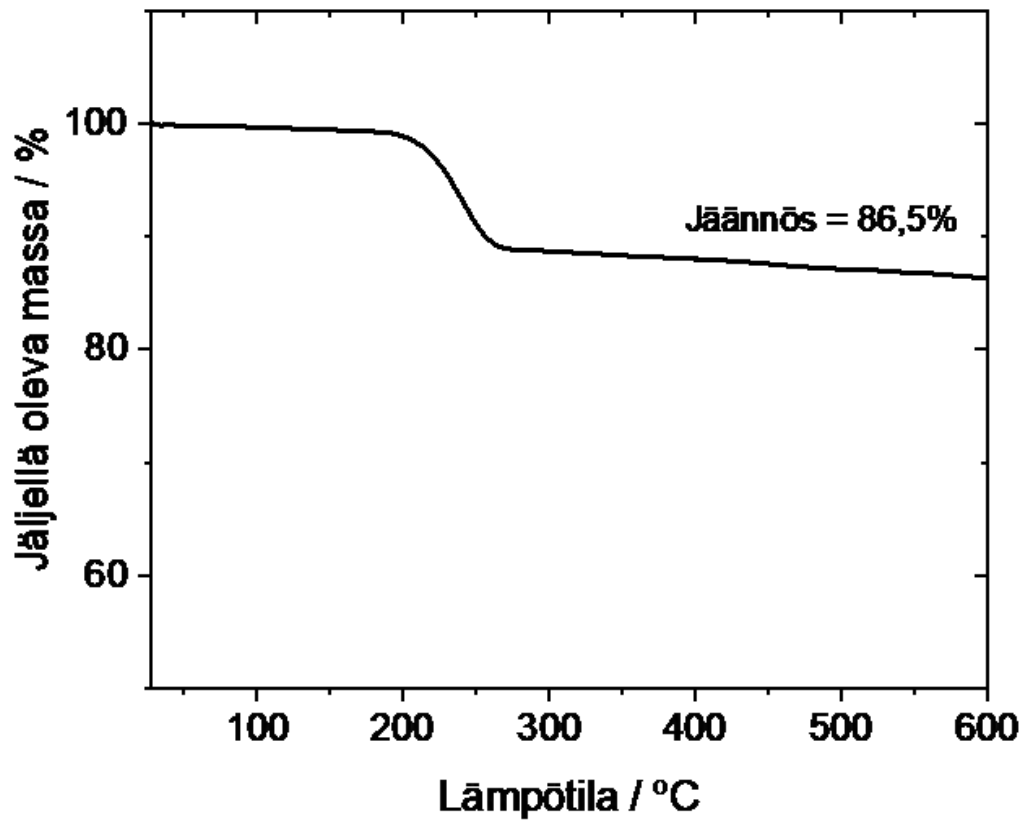
- a. Tutki yllä olevaa *N*-metyylieufokokiinin synteesiä ja valitse kutakin askelta parhaiten kuvaavaa reaktiotyyppiä.

Reaktio	Additio	Eliminaatio	Substituutio	Hapetus	Pelkistys
a					
b					
c					

- b. Kuinka monta stereokeskusta *N*-metyylieufokokiinissa on? Merkitse stereokeskukset näkyviin *N*-metyylieufokokiinin rakenteeseen.
- c. Kun *N*-metyylieufokokiinia käsitellään suolahapolla, muodostuu suola. Piirrä tämän suolan rakenne.
- d. Seuraava IR-spektri vastaa yhtä reitin molekyyleistä 1–4. Mitä yhdistettä, perustele lyhyesti.

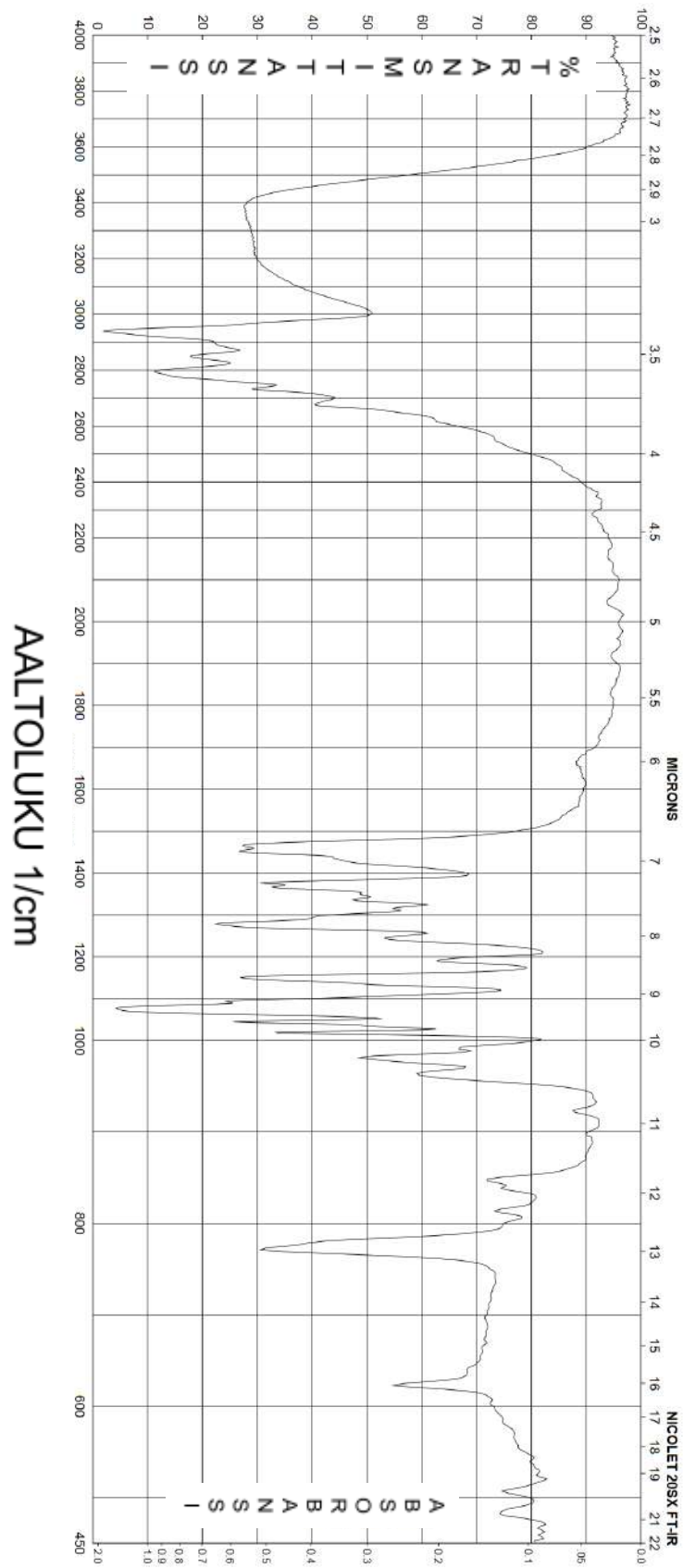
Sähköisen kokeen liitteet:

LIITE 2: Termogravimetrinen mittaus tehtävään 4 c.



Sähköisen kokeen liitteet:

LIITE 2: IR-spektri tehtävään 5 d.



RATKAISUT

1. Tehtävä

Tosiaan kun muodostui y g piidioksidia, niin se sisälsi

$$\frac{M(\text{Si})}{M(\text{SiO}_2)} \cdot y = \frac{28,09}{(28,09+32)} \cdot y = \frac{28,09y}{(28,09+32)} \text{ grammaa piitä.} \quad (2\text{p})$$

Tämä osuus mudasta on

$$\frac{\frac{28,09y}{(28,09+32)}}{x} = \frac{28,09y}{(28,09+32)} \cdot \frac{1}{x} = \frac{28,09y}{(28,09+32)x} \quad (+1\text{p})$$

Ja prosentteina

$$m - \% = \frac{28,09y}{(28,09+32)x} \cdot 100 \% = \frac{2809y}{60,09x} \quad (+1\text{p})$$

2. Tehtävä

a. Mitä vesiliuosta kussakin tippapullossa oli?

1 – AgNO₃

Hopeasulfaatti, kloridi ja karbonaatti ovat kaikki niukkaliukoisia.

2 – CuSO₄·5H₂O

Sininen väri viittaa kuparin akvakompleksiin, kuparikarbonaatti/vetykarbonaatti/hydroksidikarbonaatti on niukkaliukoista.

3 – NaCl

Natriumsuolat ovat vesiliukoisia, hopeakloridi niukkalukoista ja maitomaista.

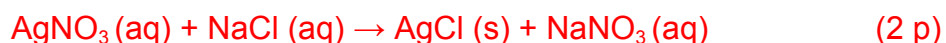
4 – HNO₃

Metallinitraatit ovat vesiliukoisia, H⁺ reagoi karbonaattien kanssa vapauttaen hiilidioksidia.

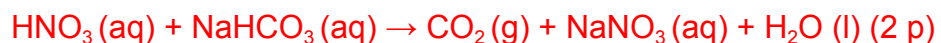
5 – NaHCO₃

Karbonaatit ja vetykarbonaatit saostavat Ag⁺ ja Cu²⁺ ionit vastaavina karbonaatteina. H⁺ vapauttaa hiilidioksidia. (5 p)

b. Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö yhdistelmälle 1 + 3



c. Kirjoita tasapainotettu reaktioyhtälö yhdistelmälle 4 + 5



3. Tehtävä

Elektrolyysille pätee kaavat

$$It = nzF \quad \text{It} = nzF \quad \text{ja} \quad n = \frac{m}{M}$$

Tästä saadaan

$$It = \frac{m}{M} \cdot zF \quad \text{eli} \quad M = \frac{mzF}{It} = \frac{0,04 \text{ g} \cdot 96485 \frac{\text{As}}{\text{mol}} \cdot z}{0,1 \text{ A} \cdot 10 \cdot 60 \text{ s}} = 64 \cdot z \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad (4 \text{ p})$$

Mahdollisilla z-arvoilla saadaan seuraava järkevä taulukko:

z	M	pohdinta
1	64	M vastaa Cu mutta Cu-ioni liuoksessa on 2+ ⇒ ei mahdollinen. Sitä paitsi Cu liukenee laimeaan typpihappoon.
2	128	M vastaa Te joka on epämetalli ja liuoksessa anioninen eikä pelkistyisi katodille ⇒ ei mahdollinen. Sitä paitsi Te:n hapetusluvut liuoksessa ovat +IV ja +VI. Kuningasvesikäsitteilyn jälkeen hapetusluku olisi +VI.
3	192	M vastaa Ir joka on jalometalli ja liukenee vain kuningasveteen.
4	256	M vastaa Fm mutta Fm-ioni liuoksessa on 3+ ⇒ ei mahdollinen. Sitä paitsi Fm liukenee suolahappoon ja on kaikki isotoopit radioaktiivisina muutenkin epärealistinen.

Johtopäätös on, että metalli oli iridium.

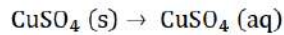
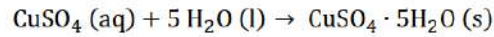
(+4p)

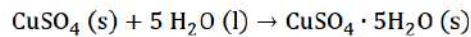
4. Tehtävä

Vastaus:

a)

Reaktion 1 entalpia saadaan laskettua, kun reaktio 2 käännetään ympäri ja lasketaan yhteen reaktion 3 kanssa:





$$\Delta H_{\text{kidevesi}} = \Delta H_3 + (-\Delta H_2) = -57,0 \text{ kJ/mol} + (-11,2 \text{ kJ/mol}) = -68,2 \text{ kJ/mol}$$

Pisteytys:

Pyydetyn reaktioyhtälön esittäminen joko kahden annetun reaktion summana TAI sanallisesti 1 p

Oikein laskettu entalpia 1 p

b)

Muodostumisentalpioiden avulla laskettuna reaktion entalpia on:

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{teor}} &= \sum_{\text{tuotteet}} n \cdot \Delta H_f^\circ - \sum_{\text{lähtöaineet}} n \cdot \Delta H_f^\circ \\ &= -2278,5 \text{ kJ/mol} - (-770,0 \text{ kJ/mol} + 5 \cdot (-285,9) \text{ kJ/mol}) \\ &= -2278,5 \text{ kJ/mol} - (-2199,5 \text{ kJ/mol}) = -79,0 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Pisteytys:

Oikein formuloitu lauseke ΔH_{teor} :lle 1 p

Oikea lopputulos 3 p

JOS veden edestä puuttuu kerroin "5" = 1 p

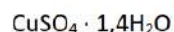
c) Kuumennuksessa kuparisulfaattia poistuu siihen liittynyt vesi. Poistuneen veden osuus kokonaismassasta on 13,5%. Jos oletetaan, että näytteen koko oli 100 g, voidaan laskea sekä veden että jäljelle jääneen kuparisulfaatin ainemäärät ja näitä vertaamalla selvittää, kuinka monta vesimolekyyliä kuparisulfaattissa oli per 1 kuparisulfaattiyksikkö:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 13,5 \text{ g} / 18,016 \text{ g/mol} \approx 0,7493 \text{ mol}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) / M(\text{CuSO}_4) = 86,5 \text{ g} / 159,62 \text{ g/mol} \approx 0,5419 \text{ mol}$$

$$n(\text{CuSO}_4) / n(\text{H}_2\text{O}) \approx 1,4$$

"Kidevedetön" kuparisulfaatti sisälsi siis keskimäärin 1,4 vesimolekyyliä per yksi CuSO_4 -yksikkö:



Toinen tapa laskea lasku on käyttää suoraan moolimassoja: 159,62 g/mol of 86,5 % yhdisteen kokonaismoolimassasta, jonka täytyy siis olla 184,53 g/mol. Tästä veden osuus on 184,53 g/mol – 159,62 g/mol = 24,91 g/mol, eli vettä on noin 1,4 molekyyliä.

Pisteytys:

Veden ja kuparin ainemäärä laskettu 2 p

Ainemäärien vertailusta kidevesien määrä 1 p

TAI

Kokonaismoolimassa laskettu 1 p

Veden osuus kokonaismoolimassasta laskettu 1p

Vesimolekyylien määrä laskettu moolimassasta 1p

5. Tehtävä

- a. Tutki yllä olevaa *N*-metyylieufokokkiinin synteesiä ja valitse kutakin askelta parhaiten kuvaavaa reaktiotyyppiä. (6 p)

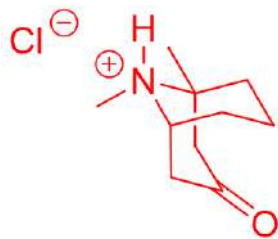
Reaktio	Additio	Eliminaatio	Substituutio	Hapetus	Pelkistys
a			✓ (2 p)		
b	✓ (1 p)				✓ (2 p)
c		✓ (1 p)		✓ (2 p)	

- b. Kuinka monta stereokeskusta *N*-metyylieufokokkiinissa on? Merkitse kaikki näkyviin tähdellä.



Riittää tunnistaa kaksi hiilissä olevaa stereokeskusta. Myös työssä on teknisesti stereokeskus, mutta tässä nopea elektroniparin inversio johtaa nopeaan konfiguraatiovaihtoon. (2 p)

- c. Kun *N*-metyylieufokkiinia käsitellään suolahapolla, muodostuu suola. Piirrä tämän suolan rakenne.



N-metyylieufokkiini on amiini. Protonoitaessa siitä muodostuu ammoniumsuola, jonka vastinoina on kloridi. Myös toinen diastereomeerinen rakenne on sallittu (Me aksiaalinen) (2 p)

- d. Seuraava IR-spektri vastaa yhtä reitin molekyyleistä 1–4. Mitä yhdistettä, perustele lyhyesti.

Yhdiste 3. Spektrissä esiintyvän leveän 3000 aaltoluvun kohdalla esiintyvä leveä venymä viittaa OH-ryhmän läsnäoloon. Ainoa synteesireitin molekyyli, jossa on OH-ryhmä, on molekyyli 3. (2 p)

Gymnasiets kemitävling onsdagen den 2 november 2022

Grundserien

Tävlingens längd är 100 minuter. Om en studerande deltar i både den öppna serien och grundserien görs först grundseriens prov, som tar 100 minuter. Efter att den studerande lämnat in grundseriens prov kan hen påbörja uppgifterna i den öppna serien. Den studerande har 80 minuter på sig att slutföra det andra provet. De uppgifter som finns i både grundserien och den öppna serien behöver inte besvaras två gånger. Som svar på den uppgiften som redan besvarats ska provskribenten skriva: "uppgiften har besvarats i grundseriens prov".

Lycka till i tävlingen!

Genom att delta i tävlingen ger du tillstånd att publicera resultatet i MAOL:s kommunikationskanaler. Om du inte vill att resultatet i tävlingen ska publiceras, måste det förbjudas separat.

Godkänner du att dina uppgifter behandlas i enlighet med gällande datasäkerhet?

- Ja – jag deltar i tävlingen.
- Nej – jag deltar inte i tävlingen.

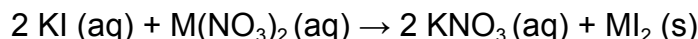
Information om den som deltar i tävlingen

1. Tävländes namn:
2. Skola, ort:
3. Klassnivå:
4. E-postadress:
5. Hemadress, postnummer och ort:
6. Telefonnummer:

Gymnasiets kemitävling onsdagen den 2 november 2022 Grundserien

1. (5 p)

Ett grundämne M kan fällas ut i en vattenlösning med kaliumjodid. Reaktionslikheten för detta är



10,0 ml av ett prov av $\text{M}(\text{NO}_3)_2 (\text{aq})$ hade koncentrationen 0,00564 mol/l före utfällningen. I provet tillsattes ett överskott av kaliumjodid och då fälldes 0,026 g salt ut som MI_2 . Ta reda på genom uträkningar vilket grundämne det är frågan om i uppgiften.



Bild 1: $\text{MI}_2 (\text{s})$

2. (10 p)

Ett av stegen i raffinering av råolja är fraktionerad destillering av olja. Den uppvärmda oljan pumpas in i ett destillationstorn med temperaturen 20-400 grader, så att de olika kolväteföreningarna som oljan innehåller kan separeras från varandra.

- Förklara kort vad fraktionerad destillation bygger på.
- Den bifogade bilden visar temperaturområdena för fraktionerad destillation. Kombinera följande föreningar med rätt temperaturintervall:

Butan, *basolja* (används vid framställning av bitumen och asfalt), *dieselolja* (minst 9-25 kolatomer i molekylen), *kerosin* (10-16 kolatomer i molekylen), *bensin* (kolväten med 4-8 kolatomer), *tung brännolja* (minst 20 kolatomer)

- Varför skulle användningen av odestillerad råolja som sådan i olika motorer vara farlig?

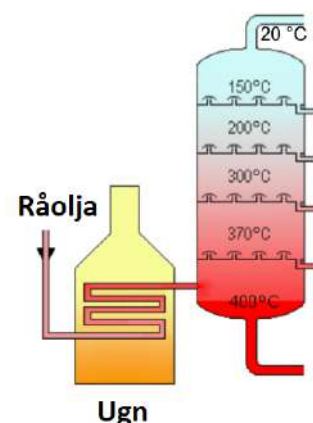


Bild 2. Fraktionerad destillering av råolja i olika temperaturintervall.

3. (4 p)

Lera innehåller olika grundämnen och ett av dem är kisel. Kisel förekommer i lera som silikater. I en kemisk behandling omvandlas allt kisel som finns i lera till ren kiseldioxid. Ett lerprov vägde x g och av det bildades y g kiseldioxid. Hur stor var massprocenten kisel i lera? Uttryck svaret med hjälp av x och y.

4. (6 p)

Rita och namnge en organisk förening som

- a) är heterocyklisk
- b) är ett mättat kolväte
- c) kan bilda vätebindningar
- d) kan bilda dipol-dipolbindningar, men inte vätebindningar
- e) är en tertiär amin
- f) är en oxidationsprodukt av etanol

5. (9 p)

Metalliskt aluminium tillverkas med Hall–Héroult-metoden. I denna metod löses aluminiumoxid som erhållits från bauxit i kryolit vid en temperatur av cirka 1000 °C. Aluminium kan separeras från denna blandning genom elektrolys, det vill säga genom en kemisk reaktion sker med hjälp av elektricitet.

- a. Kryolit består i massprocent av: Na = 32,8 m%, F = 54,3 m%, Al = 12,9 m%. Vad är den kemiska formeln för kryolit när dess empiriska formel är samma som dess molekylformel.
- b. Vid elektrolys bildas smält aluminium av aluminiumoxid. Samtidigt oxiderar elektroden av kol, vilket gör att koldioxid bildas. Inga andra utgångsämnen finns i reaktionen och inga andra produkter bildas. Skriv den balanserade reaktionslikheten för elektrolysreaktionen.
- c. Hur många ton koldioxid produceras i Hall–Héroult-metoden per ton aluminium, om man bara tar hänsyn till koldioxiden som produceras i elektrolysreaktionen? (I verkligheten är koldioxidmängden mycket högre när man även tar hänsyn till mängden energi som krävs för reaktionen och de koldioxidutsläpp som orsakas av dess produktion. Så kom ihåg att återvinna dina aluminiumburkar!)

Bildernas källor:

- 1. By PRHaney - Oma teos, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9472815>
- 2. By Users Psarianos, Theresa knott on en.wikipedia - According to Theresa knott's user page (and her Image gallery), this image was originally created by her. - Mbeychok 23:26, 20 September 2007 (UTC), CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=417182>

Gymnasiets kemitävling onsdagen den 2 november 2022

Öppna serien

Tävlingens längd är 100 minuter. Om en studerande deltar i både den öppna serien och grundserien görs först grundseriens prov, som tar 100 minuter. Efter att den studerande lämnat in grundseriens prov kan hen påbörja uppgifterna i den öppna serien. Den studerande har 80 minuter på sig att slutföra det andra provet. De uppgifter som finns i både grundserien och den öppna serien behöver inte besvaras två gånger. Som svar på den uppgiften som redan besvarats ska provskribenten skriva: "uppgiften har besvarats i grundseriens prov".

Lycka till i tävlingen!

Genom att delta i tävlingen ger du tillstånd att publicera resultatet i MAOL:s kommunikationskanaler. Om du inte vill att resultatet i tävlingen ska publiceras, måste det förbjudas separat.

Godkänner du att dina uppgifter behandlas i enlighet med gällande datasäkerhet?

- Ja – jag deltar i tävlingen.
- Nej – jag deltar inte i tävlingen.

Information om den som deltar i tävlingen

1. Tävländes namn:
2. Kön:
3. Skola, ort:
4. Klass:
5. E-postadress:
6. Hemadress, postnummer och ort:
7. Telefonnummer:

Gymnasiets kemitävling onsdagen den 2 november 2022**Öppna serien****1. (4 p)**

Lera innehåller olika grundämnen och ett av dem är kisel. Kisel förekommer i lera som silikater. I en kemisk behandling omvandlas allt kisel som finns i lera till ren kiseldioxid. Ett lerprov vägde x g och av det bildades y g kiseldioxid. Hur stor var massprocenten kisel i lera? Uttryck svaret med hjälp av x och y . (Om du redan svarat på denna uppgift i grundserieprovet, skriv bara "uppgiften har besvarats i grundseriens prov" som svar.)

2. (9 p)

I ett laboratorium finns fem droppflaskor som markerats med siffrorna 1–5. Följande föreningars 0,5 M vattenlösningar finns i flaskorna: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, AgNO_3 , NaCl , NaHCO_3 , HNO_3 . Genom att blanda alla lösningar i tur och ordning med varandra kunde följande observationer göras:

	2	3	4	5
1	En blå lösning, en vit tung fällning	En vit mjölklik fällning	En färglös lösning, inga synliga förändringar	En gulaktig fällning
2	–	En blå lösning, inga synliga förändringar	En blå lösning, inga synliga förändringar	En ljusblå fällning
3		–	En färglös lösning, inga synliga förändringar	En färglös lösning, inga synliga förändringar
4			–	En färglös lösning, starkt bubblande

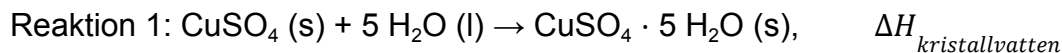
- Vilka föreningars vattenlösningar fanns i varje droppflaska?
- Skriv ut en balanserad reaktionslikhet för då lösning 1 och 3 blandades.
- Skriv ut en balanserad reaktionslikhet för då lösning 4 och 5 blandades.

3. (8 p)

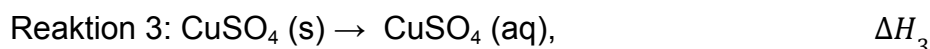
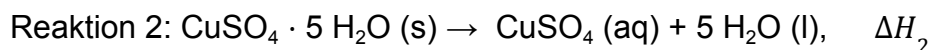
En viss metall löste sig endast i kungsvatten. Kungsvattenlösningen indunstades till torrhet och efter förångningen löstes återstoden i utspädd saltsyra. Lösningen elektrolyserades med strömmen 100,0 mA under 10,0 min, varvid katodens massa ökade med 40,0 mg. När elektrolysen fortsatte efter detta märktes att katodens massa fortsatte att öka. Vilken metall var det? Presentera dina beräkningar och ditt resonemang.

4. (9 p)

Kopparsulfat förekommer både med kristallvatten som $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ och utan kristallvatten som CuSO_4 . Reaktion 1 beskriver situationen då kopparsulfat med kristallvatten bildas av kopparsulfat utan kristallvatten:



Denna reaktions entalpi är svår att bestämma direkt. Istället kan man indirekt bestämma entalpin med hjälp av dessa sulfaters löslighetsentalpier.



Då dessa salters löslighetsentalpier mättes i en kalorimeter fick man resultaten $\Delta H_2 = 11,2 \text{ kJ/mol}$ och $\Delta H_3 = -57,0 \text{ kJ/mol}$

- Räkna ut entalpivärdet för $\Delta H_{\text{kristallvatten}}$ för reaktion 1.
- Det teoretiska värdet i reaktion 1 för entalpin, $\Delta H_{\text{teor.}}$, kan räknas ut med hjälp av bildningsentalpier. Räkna ut $\Delta H_{\text{teor.}}$.

Förening	Bildningsentalpi (kJ/mol)
$\text{CuSO}_4 (\text{s})$	-770,0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} (\text{s})$	-2278,5
$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$	-285,9

- I detta fall motsvarar inte $\Delta H_{\text{kristallvatten}}$ och $\Delta H_{\text{teor.}}$ helt varandra. Därför undersöktes kopparsulfat utan kristallvatten noggrannare. Om denna kemikalie lagras under lång tid i laboratorieluften kommer den att absorbera vatten. Kristallvattenfritt kopparsulfat är därför inte nödvändigtvis helt vattenfritt. Mängden vatten kan bestämmas genom en termogravimetrisk mätning. I denna mätning värmdes ett prov av kopparsulfat innehållande en okänd mängd vatten till $600 \text{ }^\circ\text{C}$ och provets massaförändring mättes. Mätresultatet presenteras i bilaga 1. Beräkna mängden kristallvatten som finns i provet med en decimals noggrannhet. Presentera ditt svar som $\text{CuSO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$.

5. (9 p)

N-Metyleufococcin är en tropanalkaloid isolerad från blågran (*Picea pungens*) som växer i de södra delarna av klippiga bergen i USA.

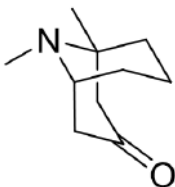
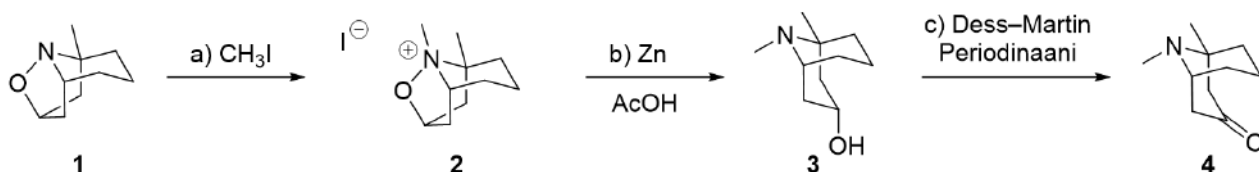


Bild 1: N-metyleufococcins struktur

För N-metyleufococcin publicerades år 2021 en syntetisk framställningsväg. Den visas nedan.

Schema 1: N-metyleufococcins syntes.



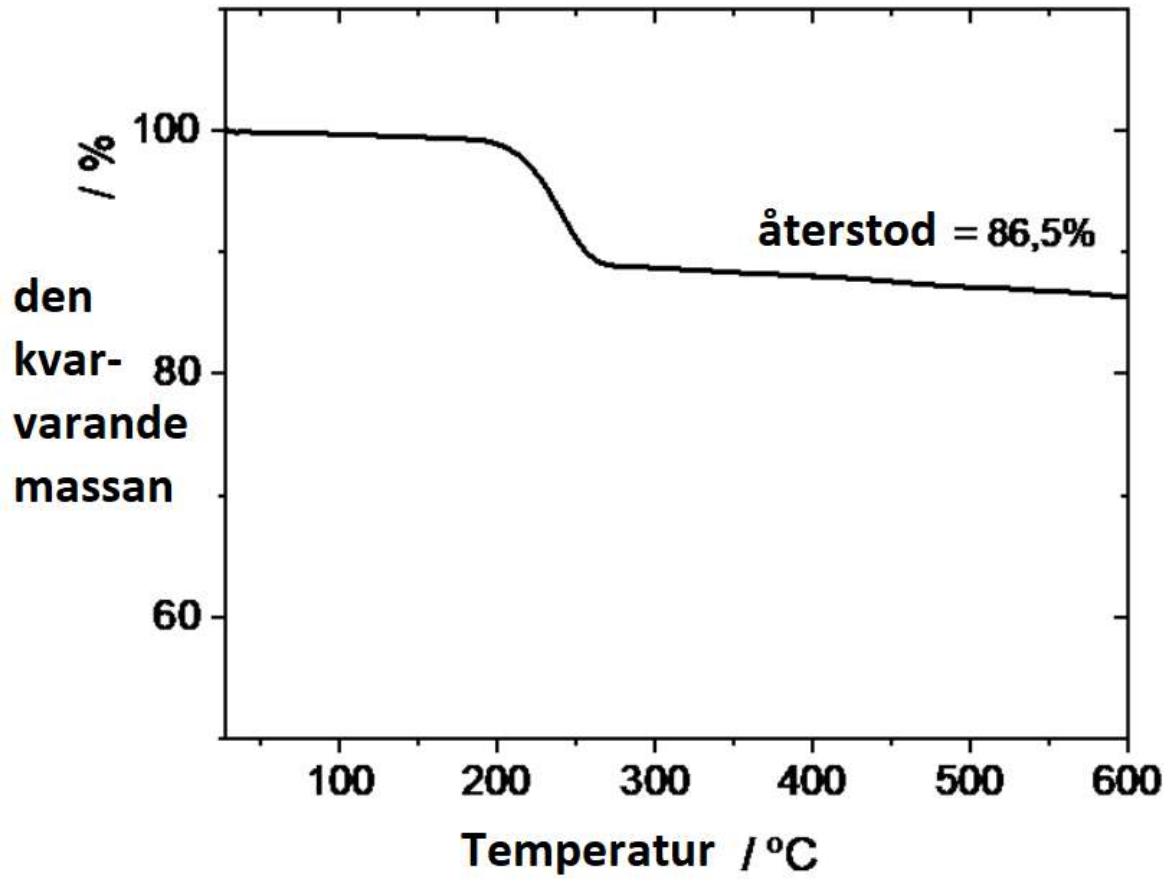
- a. Undersök syntesen av N-metyleufococcin och välj den reaktionstyp som bäst beskriver varje steg.

Reaktion	Addition	Elimination	Substitution	Oxidation	Reduktion
a					
b					
c					

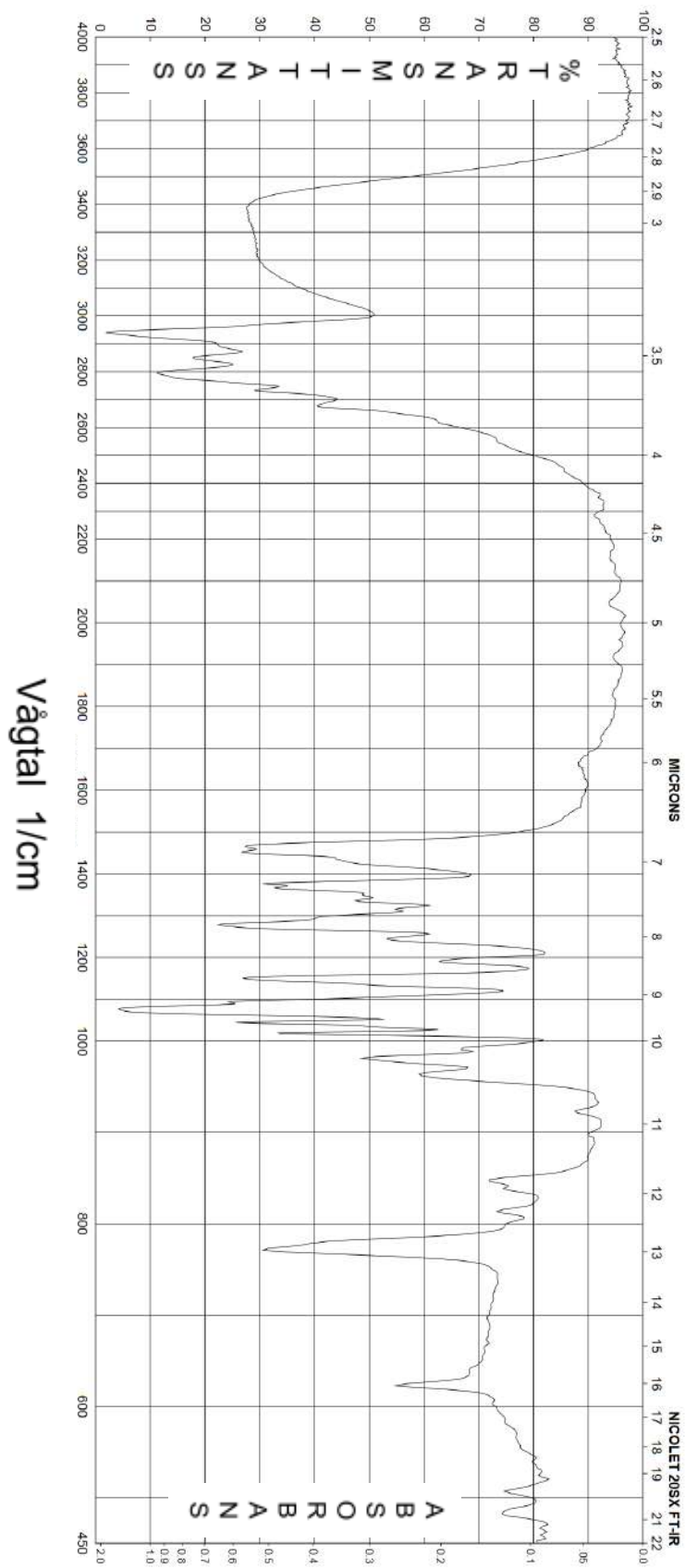
- b. Hur många kirala centrum har N-metyleufococcin? Markera de kirala centrumen i strukturen av N-metyleufococcin.
- c. Då N-metyleufococcin behandlas med saltsyra, bildas ett salt. Rita ut strukturen för detta salt.
- d. Följande IR-spektra visar en av syntesens molekyler 1–4. Vilken förening? Motivera kort.

Det digitala provets bilagor:

BILAGA 2: Den termogravimetriska mätningen i uppgift 4 c.



BILAGA 2: IR-spektrum för uppgift 5 d.



Chemistry contest 2.11.2022

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.

Good luck to the contest!

By participating in the competition, you give 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:

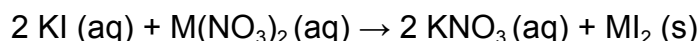
1. Name:
2. School, location:
3. Year group:
4. Email:
5. Home address, postcode and town:
6. Phone number:

High school Chemistry contest 2.11.2022

Basic series

1. (5 p)

An element M can be precipitated from an aqueous solution according to the following reaction equation with potassium iodide.



The concentration of a 10.0 ml sample of $\text{M}(\text{NO}_3)_2$ was 0.00564 mol/l before the precipitation. When an excess amount of potassium iodide was added to the sample, the mass of the precipitate MI_2 was 0.026 g. Calculate what is the element M.



Figure 1: MI_2 (s)

2. (10 p)

Fractional distillation is one of the methods used in oil refineries to separate the crude oil into useful products. In the distillation crude oil is heated in a furnace and feded into a distillation tower, in which different hydrocarbon compounds are separated into different fractions.

- Explain briefly, what is the basic principle behind fractional distillation.
- Figure 2 on the left presents a typical fractional distillation tower. Connect the following compounds to the correct fractions, based on the temperature shown:

Butane, *residue* (used in production of bitumen and asphalt), *diesel oil* (minimum of 9-25 carbon atoms in a molecule), *kerosene* (10-16 carbon atoms in a molecule), *gasoline (petrol)*, 4-8 carbon atoms in a molecule), *Fuel oil* (minimum of 20 carbon atoms in a molecule).

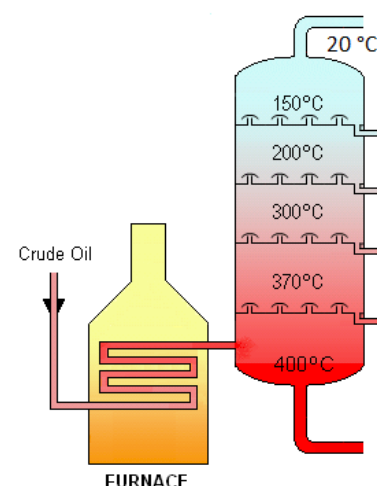


Figure 2. Temperatures of the fractional distillation tower.

- Why would it be dangerous to use undistilled crude oil in different engines?

3. (4 p)

Mud contains various elements, one of which is silicon. Silicon occurs in mud as silicates. In the chemical treatment, all the silicon contained in the mud is converted into pure silicon dioxide. A mud sample weighed x grams and formed y grams of silicon dioxide. What was the mass percentage of silicon in the mud? Express your answer using x and y.

4. (6 p)

Draw and name an organic compound, which

- Is heterocyclic
- Is a saturated hydrocarbon
- Is capable of forming hydrogen bonds
- Is capable of forming a dipole-dipole bond, but not a hydrogen bond
- Is a tertiary amine
- Is an oxidation product of ethanol

5. (9 p)

The Hall–Héroult process is the main method used for production of metallic aluminium. In the process alumina, an oxide of aluminium, is extracted from the ore bauxite. Alumina dissolves into molten cryolite in 1000 °C degrees. Pure aluminium can be separated from this mixture via electrolysis, which is a technique in which a non-spontaneous chemical reaction occurs due to direct electric current.

- The mass percentage composition of cryolite is as follows: m-%(Na) = 32.8 %, m-%(F) = 54.3 %, m(Al) = 12.9 %. What is the chemical formula of cryolite, when it is known that its empirical formula is the same as its molecular formula?
- In electrolysis, molten aluminium is formed from aluminium oxide. At the same time, the carbon electrode oxidises, causing carbon dioxide to be formed. No other reactants are needed and no other products are formed in the electrolysis. Write the balanced reaction equation for the electrolysis reaction.
- How many tons of carbon dioxide does the Hall–Héroult method produce per one ton of aluminium, if only the carbon dioxide produced in the electrolysis reaction is taken into account? (In reality, the yield is much higher when you also take into account the amount of energy needed for the reaction and the carbon dioxide emissions caused by its production. So remember to recycle your aluminium cans!)

Table of Figures:

- By PRHaney - Oma teos, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9472815>
- By Users Psarianos, Theresa knott on en.wikipedia - According to Theresa knott's user page (and her Image gallery), this image was originally created by her. - Mbeychok 23:26, 20 September 2007 (UTC), CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=417182>

Chemistry contest 2.11.2022

Open 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.

Good luck to the contest!

By participating in the competition, you give 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. Gender:
3. School, location:
4. Year group:
5. Email:
6. Home address, postcode and town:
7. Phone number:

Chemistry contest 2.11.2022**Open series****1. (4 p)**

Mud contains various elements, one of which is silicon. Silicon occurs in mud as silicates. In the chemical treatment, all the silicon contained in the mud is converted into pure silicon dioxide. A mud sample weighed x grams and formed y grams of silicon dioxide. What was the mass percentage of silicon in the mud? Express your answer using x and y . (If you answered this question in the basic series already, please write to the answer box "the answer is in the basic series exam".)

2. (9 p)

In the laboratory, there are five drop bottles labelled with numbers 1 to 5. The bottles contains 0.5 M aqueous solutions of the following salts: $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, AgNO_3 , NaCl , NaHCO_3 , HNO_3 . By mixing each possible combination of two solutions together, the following observations were made:

	2	3	4	5
1	Blue solution, white heavy precipitate	A white milky precipitate	Colourless solution, no visible change	A yellowish precipitate
2	–	Blue solution, no visible change	Blue solution, no visible change	Light blue precipitate
3		–	Colourless solution, no visible change	Colourless solution, no visible change
4			–	Colourless solution, strong bubbling

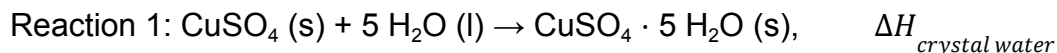
- Identify the solutions in the bottles 1-5.
- Write the balanced reaction equation for the reaction of solutions 1 + 3
- Write the balanced reaction equation for the reaction of solutions 4 + 5

3. (8 p)

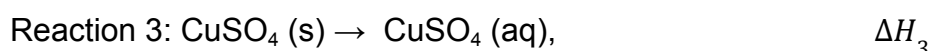
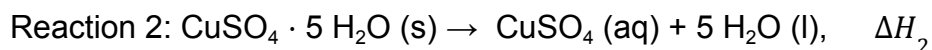
A certain metal was found to dissolve only in boiling aqua regia. After dissolution the aqua regia solution was evaporated and the residue was dissolved in dilute hydrochloric acid. The solution was electrolyzed with a current of 100.0 mA for 10.0 min. The mass of the cathode increased by 40.0 mg. When the electrolysis was continued after this, it was noticed that the mass of the cathode continued to increase. What metal was it? Present your calculations and reasoning.

4. (9 p)

Copper sulphate can occur both as a hydrated salt, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, and anhydrous salt, CuSO_4 . Reaction 1 describes a situation in which hydrated copper sulphate is formed from anhydrous copper sulphate:



Reaction enthalpy for this reaction is hard to determine experimentally, but it can be determined indirectly by using the following enthalpies of dissolution:



When the enthalpies of dissolution were measured with calorimetry, the following values were obtained $\Delta H_2 = 11.2 \text{ kJ/mol}$ and $\Delta H_3 = -57.0 \text{ kJ/mol}$

- Calculate the enthalpy $\Delta H_{\text{crystal water}}$ for the reaction 1.
- The theoretical value for the enthalpy of reaction 1, $\Delta H_{\text{theor.}}$, can also be calculated with enthalpies of formation. Calculate the $\Delta H_{\text{theor.}}$.

Compound	Enthalpy of formation (kJ/mol)
$\text{CuSO}_4 (\text{s})$	-770,0
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} (\text{s})$	-2278,5
$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$	-285,9

- In this case $\Delta H_{\text{crystal water}}$ and $\Delta H_{\text{theor.}}$ do not completely correspond to each other. Thus, anhydrous copper sulphate was studied in more detail. If this chemical is stored for a long time in open air, it will absorb water. Anhydrous copper sulphate is therefore not necessarily completely anhydrous. The amount of water can be determined by thermogravimetric measurement. In this measurement, a sample of copper sulphate containing an unknown amount of water was heated to $600 \text{ }^\circ\text{C}$, and the change in mass of the sample was measured. The measurement result is presented in Appendix 1. Calculate the amount of crystal water, X, in the sample with one decimal place. Present your answer in a form $\text{CuSO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$.

5. (12 p)

N-methyl euphoccine is a tropane alkaloid isolated from blue spruce (*Picea pungens*) that grows in the southern Rocky Mountains of the United States.

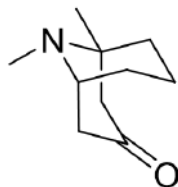
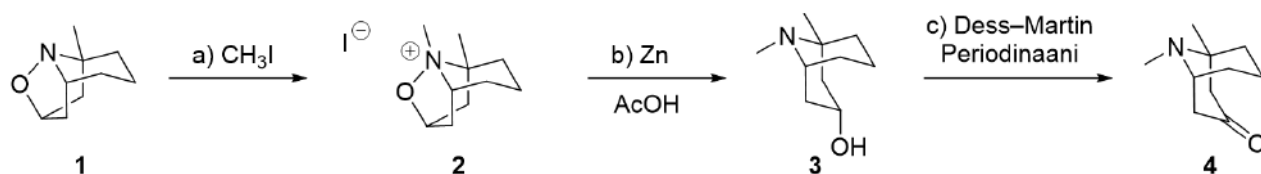


Figure 1: The structure of *N*-methyl euphoccine

The following synthesis route was published for *N*-methyl euphoccine in 2021.

Figure 2: The synthesis of *N*-methyl euphoccine

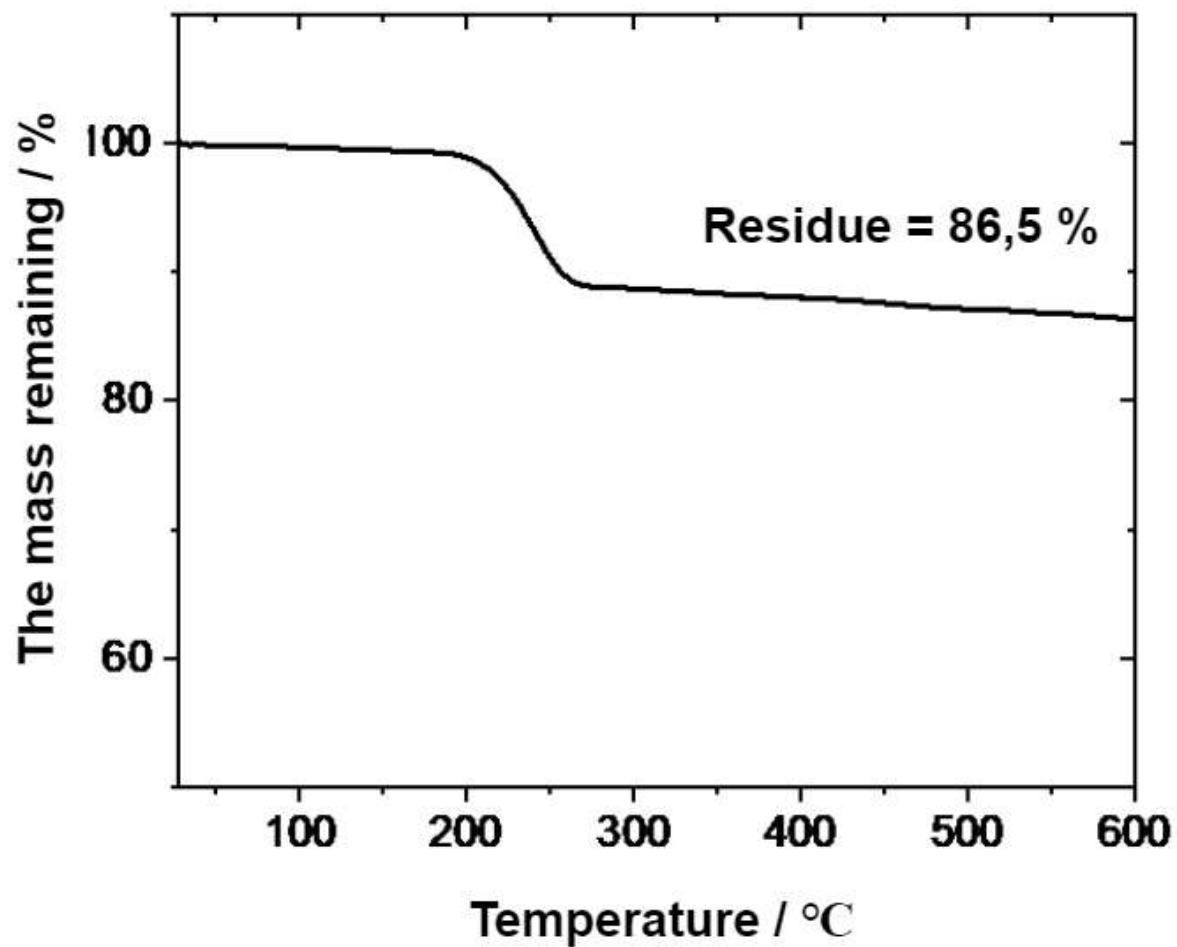


- a. Examine the synthesis for *N*-methyl euphoccine above and choose the reaction type that describes the type the best in each step a-c.

Reaction	Addition	Elimination	Substitution	Oxidation	Reduction
a					
b					
c					

- b. How many stereocenters are present in *N*-methyl euphoccine? Label the stereocenters to the structure of *N*-methyl euphoccine.
- c. When *N*-methyl euphoccine is treated with hydrochloric acid, a salt is formed. Draw the structure of this salt.
- d. Following IR spectrum in appendix 2 is recorded from one of the compounds **1-4** in the synthesis. Which compound it is? Justify briefly.

Appendix 1: Thermogravimetric measurement for question 4 c.



Appendix 2: IR spectrum for question 5 d.

