

Kemian ylioppilaskoe

kevät 2026

Hyvän vastauksen piirteitä täydennettynä
MAOL:n pisteytyssuosituksilla



MFKA
KUSTANNUS

Nämä pisteytyssuosituksukset täydentävät YTL:n julkaisemia hyvän vastauksen piirteitä.

Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päättää tutkintoaineen sensorikunta.

Yleisiä ohjeita ja esimerkkejä arviointityön tueksi

Laskennalliset tehtävät:

Lausekkeiden ja suureyhtälöiden muodostaminen ja ratkaiseminen	
Epäselvä ratkaisu - ratkaisua on vaikea hahmottaa - oleellisia vaiheita puuttuu - esim. oleelliset reaktioyhtälöt ja perustelut puuttuvat, vaikka laskennallinen tulos on oikein - esim. rajoittavaa tekijää ei ole perusteltu, vaikka oikeaa rajoittavaa tekijää käytetään laskuissa	Pisteytysohjeen mukaisesti
Karkeat virheet - virhe keskeisessä kemiallisessa periaatteessa - esim. virheellinen reaktioyhtälö laskun lähtökohtana (HUOM! alkupään perustehtävissä voi esiintyä poikkeuksia) - esim. reaktioyhtälöiden kertoimien huomioiminen puuttuu tai kertoimet väärin - esim. väärä z-arvo sähkökemian tehtävissä - esim. alkukonsentraatioiden käyttäminen tasapainolausekkeessa, tasapainolausekkeessa väärät potenssit, happovakion käyttäminen emäsvakiona, pK_a-arvon käyttäminen K_a-arvona - esim. virhe, joka johtaa väärään yksikköön, väärään lausekkeeseen tai muuten epämielikkääseen tulokseen	ei-VSE eli pisteiden kertyminen päättyy

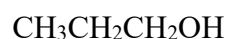
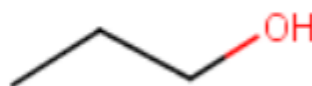
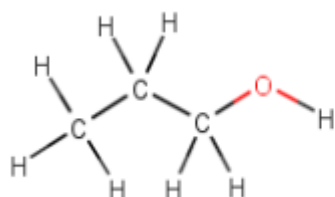
Merkittävät virheet - yksikönmuunnosten virheet - kemiallisten kaavojen ala- ja yläindeksejä ei ole merkitty reaktioyhtälöissä, esim. CaSO_4 tai CuSO_4 tai $\text{Ca}^{(2+)}$ - välivaiheessa tapahtuva puute tai virhe, joka johtaa oikeaan tai mielekkääseen tulokseen - esim. NTP-olosuhteet tulkittu väärin $t = 25\text{ °C}$ - esim. tasapainotehtävässä on käytetty approksimaatiota ilman perustelua - esim. kemiallisen kaavan purkamisvirhe moolimassa laskettaessa $M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = M(\text{CaNO}_6)$ - esim. pieni virhe, joka helpottaa oleellisesti tehtävää - esim. aiemmin tehty pieni virhe ainemäärässä helpottaa rajoittavan tekijän päättelyä tai tuotteen määrän laskemista (pistemenetys yhteensä -1 p. ja -2 p.) - esim. pieni virhe muuttaa vastauksen suuruutta, jolloin johtopäätös muuttuu oleellisesti (pistemenetys -1 p. ja -2 p.)	VSE, jos osuus on erikseen pisteytetty, kyseisen pisteytetyn osuuden menetys tai – 2 p.
Pienet virheet - pienet merkintä-, pyöristys-, näppäily- ja kopioimisvirheet, jotka vaikuttavat vähän tulokseen - esim. $1,012\text{ mol} = 1,021\text{ mol}$ - esim. toisen asteen yhtälön ratkaisusta puuttuu toinen juuri kokonaan - esim. laskettu oikein, mutta matemaattisesti virheellinen lauseke, esim. $2x = 6 = x = 3$ - esim. kopiointivirhe kirjallisuusravossa $F = 95\,485\text{ C/mol}$ - esim. merkintävirhe $n(\text{Cl}) = 0,50\text{ mol}$, vaikka tarkoitetaan kloorikaasun ainemäärää ja jatko on oikein - esim. matemaattinen virhe loppuvaiheessa $3x = 9$ josta ratkaistu $x = 2$ - esim. $125000\text{ g}/159,7\text{ g/mol} = 156,544\text{ mol}$ (po. $782,718\text{ mol}$; mielekäs suuruusluokka)	VSE, –1 p./virhe

Mitättömät virheet - tehtävän kannalta triviaalista laskusta on pelkkä tulos näkyvissä - esim. tavallinen $n = m/M$ -lasku loppupään vaativassa tehtävässä - puutteellinen numerotarkkuus välivaiheessa, jos se ei vaikuta lopputulokseen - esim. laskussa 1,00 - x merkitty $1 - x$ - esim. välivaiheeseen on kirjattu puutteellinen numerotarkkuus, mutta laskuissa on käytetty laskimen tarkempaa arvoa - siirtovirheet, jotka eivät vaikuta tulokseen - esim. yksikkö oikein laskuissa, mutta puuttuu vastausriviltä	-0 p. eli ei pistevähennyksiä
Merkinnät, välitulokset ja lopputulos	
- sieventämätön suureyhtälö on ratkaistu laskimella ilman perusteluja - lukuarvosijoituksia puuttuu lausekkeista - suureyhtälö ilmenee selkeästi lukuarvojen ja yksiköiden sijoittamisesta.	jos ratkaisu on muuten ymmärrettävä ja virheetön, ei pistevähennyksiä
Lopputuloksen yksikkö on väärin tai puuttuu. Yhtälöt voidaan ratkaista ilman yksiköitä, kunhan tehtävästä käy ilmi, miten lopputuloksen yksikköön päädytään, esimerkiksi erillisen yksikkötarkastelun avulla.	-2 p jos tehtävässä on laskennallisuutta vähintään 8 p. Muuten -1 p./tehtävä
Lopputuloksen numerotarkkuus ei vastaa tehtävänantoa. (Pieni vaihteluväli hyväksytään tehtäväkohtaisesti, yleensä yksi merkitsevä numero enemmän hyväksytään.)	-1 p./tehtävä
Liikaa pyöristettyjä välituloksia on käytetty laskuissa siten, että lopputulos muuttuu. Lopputuloksessa virheellinen eksponenttimerkintä, esim. 1.6 E-5 mol .	-1 p./tehtävä
Graafinen esitys	
Karkeat virheet - oleelliset osat kuvaajasta on piirretty siten, että jatkaminen ei ole mielekästä tai mahdollista	ei-VSE eli pisteiden kertyminen päättyy

Merkittävät virheet - virheitä akselin jakovälissä, mutta jatkaminen on mielekästä ja mahdollista	VSE jos osuus on erikseen pisteytetty, kyseisen pisteytetyn osuuden menetys tai -2 p.
Puutteita tai virheitä: - akselit väärinpäin verrattuna tehtävänantoon - akselien otsikoinnissa puutteita - kulmakerroin on määritetty liian epätarkasti - graafinen esitys on tehty huolimattomasti tai epätarkasti - yksi mittapiste väärässä paikassa, mutta jatkaminen on mielekästä ja mahdollista	VSE -1 p./virhe tai pisteytysohjeen mukaan

Orgaaniset tehtävät

Esimerkkejä erilaisista vaihtoehtoisista rakennekaavojen esittämistavoista:



Karkeat virheet - tehtävän kannalta keskeisessä osassa rakennekaavaa on virhe - esim. tarkasteltavasta funktionaalisesta ryhmästä puuttuu vety - atomista lähtee väärä määrä sidoksia (ei koske yksittäistä vedyn puuttumista hiiliketjusta) - esim. propanoni, jossa 5 sidosta hiilestä - esim. jos annettu rakennekaavan sijaan molekyylikaava tai annettu kaava ei ole yksiselitteinen, esim. C ₄ H ₉ OH voi tarkoittaa eri alkoholeja - virheet tehtävän kannalta keskeisten käsitteiden hallinnassa - virheellinen kiraliakeskus tunnistettu	ei-VSE eli pisteiden kertyminen päättyy
Merkittävät virheet - rakennekaavasta (muut kuin viivakaavat) puuttuvat kaikki vedyt hiilistä - oikea funktionaalinen ryhmä on väärässä paikassa siten, että tehtävän jatkaminen on mahdollista - rakenne ei ole yksiselitteinen, mutta tehtävän jatkaminen on mahdollista esim. C ₄ H ₉ OH	VSE jos osuus on erikseen pisteytetty, kyseisen pisteytetyn osuuden menetys tai -2 p.

Pienet virheet - rakennekaavasta puuttuu yksittäinen tai yksittäisiä vetyjä hiilistä (muut kuin viivakaavat) - orgaaniseen suolaan on merkitty kovalenttinen sidos ionien välille - orgaanisessa rakennekaavassa funktionaalinen ryhmä on merkitty sitoutumaan väärinpäin esim. OHCH_2CH_3 - kaavasta puuttuu varaus esim. R-NH_3 tai R-COO - tehtävän kannalta epäoleellisessa kohdassa yhdisteen hiilirungossa on yksi hiili liikaa tai liian vähän tai hiilirunko ei ole yksiselitteinen esim. C_3H_7-sivuryhmä - nimessä hiiliatomien numerointi on väärin	VSE –1 p./virhetyyppi
Mitättömät virheet - nimessä väliviivan puuttuminen - nimessä sivuryhmät väärässä järjestyksessä	–0 p. eli ei pistevähennyksiä
Muita esimerkkejä	
Ristiriita -tehtävään on annettu oikea ja väärä vastaus (ei koske kopiointivirheitä) -esim. tärkkelys koostuu glukoosista ja fruktoosista -tehtävästä ei ilmene oikea vastaus -esim. vedessä on vetysidos vedyn ja hapen välillä (viitataanko kovalenttiseen vai vetysidokseen)	0 p. kyseisestä osuudesta eli kaikkien pisteiden menetys
Pienet puutteet ja virheet - tehtävässä pyydetyn reaktioyhtälön kertoimet ovat monikertaiset tai murtoluvut - tehtävässä pyydetystä epäorgaanisesta reaktioyhtälöstä puuttuu olomuoto tai olomuodot - atomien tai yhdisteiden inhimillistäminen (atomi haluaa), jos virhe on oleellinen tehtävänannon kannalta - oikean vastauksen lisäksi tehtävänantoon liittyvässä asiassa on virheellinen kuvaus esim. lumen ja jään rakenne selitetty oikein, mutta vedessä “ei ole vetovoimia” - kemiallisessa kaavassa virheellisesti isoja tai pieniä kirjaimia, esim. CL	–1 p. / virhetyyppi

Mitättömät puutteet ja virheet

- yksittäinen kirjoitusvirhe käsitteessä
- kielelliset epätarkkuudet, mutta asiasta saa selvää
- hapettumis- tai pelkistymisosareaktioista puuttuu olomuodot
- tehtävänantoon kuulumattomassa asiassa on virhe, esim. yhdiste nimetty väärin, vaikka nimeämistä ei edellytetä
- reaktioyhtälössä on kaksoisnuoli yksöisnuolen tilalla tai päinvastoin

-0 p./virhetyyppi

Hyvän vastauksen piirteet: FI – Kemia

20.3.2026

Alustavat hyvän vastauksen piirteet 20.3.2026

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

Ylioppilastutkinnon kokeessa selvitetään, ovatko opiskelijat omaksuneet lukion opetussuunnitelman mukaiset tiedot ja taidot sekä saavuttaneet lukiokoulutuksen tavoitteiden mukaisen riittävän kypsyysden. Kemian kokeessa arvioinnin kohteina ovat kemiallisen tiedon ymmärtäminen ja soveltaminen. Arvioinnissa otetaan huomioon myös kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taidot. Näihin kuuluvat esimerkiksi kokeiden suunnittelu, työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö, tulosten esittäminen ja tulkitseminen sekä johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen.

Kemian tehtäviä arvosteltaessa painotetaan oppiaineen luonteen mukaista esitystapaa sekä käsitteiden ja kielenkäytön täsmällisyyttä. Reaktioyhtälöt esitetään ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta olomuotoja ei tarvitse mainita. Rakennekaavojen eri esitystavat hyväksytään.

Laskennallisissa tehtävissä suureyhtälöjä ja kaavoja käytetään tavalla, joka osoittaa kokelaan ymmärtäneen tehtävänannon oikein ja soveltaneen ratkaisussaan asianmukaista periaatetta tai lakia. Vastauksesta ilmenee yksiselitteisesti, miten lopputulokseen päädytään, mutta laajoja välivaiheita ei tarvita. CAS-ohjelmia voi hyödyntää tehtävän eri vaiheissa. Merkintätapojen kannalta keskeisiä vaiheita ovat periaatteiden ja lakien sekä lopputuloksen ja johtopäätösten esittäminen. Lopputulokset annetaan lähtöarvojen mukaisella tarkkuudella yksiköineen ja johtopäätökset perustellaan.

Mittaustuloksia ja niistä piirrettyjä kuvaajia hyödynnetään tiedon analysoinnissa ja johtopäätösten tekemisessä. Mittauspisteisiin sovitetaan asianmukainen suora. Mittauspisteiden välisiä arvoja voi interpoloida kuvaajaa silmämääräisesti lukemalla tai sopivalla ohjelmalla. Kuvaajaan merkitään akselien nimet, yksiköt ja asteikko. Kuvaajaan merkitään johtopäätösten kannalta olennaiset kohdat, kuten titrauskäyrän ekvivalenttikohta tai hetkellistä nopeutta laskettaessa kyseinen tangentti.

Essee- ja selittävässä vastauksissa tekstiä täydennetään reaktioyhtälöillä, kaavoilla tai piirroksilla. Käsiteltäviä ilmiöitä kuvataan makroskooppisella, mikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Vastauksesta ilmenee, että tehtävään liittyvää aineistoa on hyödynnetty, sovellettu, analysoitu ja arvioitu tehtävänannon mukaisesti. Hyvä vastaus on jäsennelty ja sisällöltään johdonmukainen.

Vastaus arvostellaan tehtäväkohtaisten kriteerien mukaisesti. Lähtökohtana ovat vastauksen ansiot, joista kertyy pisteitä. Jos keskeinen kemiallinen periaate puuttuu tai se on virheellinen, pisteiden kertyminen päättyy. Tällöin virheellisen tuloksen siirtymistä eteenpäin ei hyväksytä (ei-VSE). Tällaiset virheet ovat esimerkiksi stoikiometriavirheet, väärä rajoittava tekijä tai väärä aine reaktioyhtälössä. Muiden puutteiden tai virheiden tapauksessa virheellisen tuloksen siirtyminen eteenpäin hyväksytään (VSE), jolloin pisteiden kertyminen jatkuu puutteen tai virheen jälkeen. Kokeen osan 3 vaativat tehtävät edellyttävät täsmällisempää periaatteiden hallintaa kuin kokeen alkupään perustehtävät. Kemian kannalta epätasällisesta kielenkäytöstä, pienestä laskuvirheestä tai likiarvojen huolimattomasta käytöstä vähennetään 0–3 p. esimerkiksi seuraavasti:

- pyöristys- ja kopiointivirheet, jotka eivät vaikuta lopputulokseen, –0 p.
- kopiointivirheet, pyöristysvirheet ja pienet huolimattomuusvirheet, jotka vaikuttavat lopputulokseen, yksittäinen pieni virhe rakennekaavassa –1 p.
- yksikönmuunnosvirheet, systemaattinen virhe rakennekaavassa tai muut vähäistä suuremmat virheet, jossa ei kuitenkaan ole väärä kemiallinen periaate –2 p.

Sisällysluettelo

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

1. Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta 20 p.

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

2. Kemiallinen tasapaino 15 p.
3. Kuparisulfaattiliuoksen ja sinkin reaktio 15 p.
4. Fingolimodin synteesi 15 p.
5. Ammoniumkloridin puhtauden määrittäminen 15 p.
6. Indigokarmiini 15 p.
7. Typpitrikloridin tasapaino 15 p.
8. Hiilivetyjen orbitaalit 15 p.

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

9. Telluurin tuotanto 20 p.
10. Reaktionopeus ja aktivaatioenergia 20 p.
11. Amiinien reaktioita 20 p.

Koe yhteensä 120 p.

Osa 1: 20 pisteen tehtävä

1. Monivalintatehtäviä kemian eri osa-alueilta 20 p.

Valitse jokaisessa osatehtävässä 1.1–1.10 parhaiten sopiva vaihtoehto. Oikea vastaus 2 p., väärä vastaus 0 p., ei vastausta 0 p.

1.1 Hiilivedyn täydellisen palamisreaktion tuotteet ovat 2 p.

- CO_2 ja H_2O . (2 p.)

1.2 Suodatuksessa erottuvat toisistaan 2 p.

- saostuma ja suodos. (2 p.)

1.3 Erään aineen sulamispiste normaalissa ilmanpaineessa on $-78,5\text{ }^\circ\text{C}$ ja kiehumispiste $142\text{ }^\circ\text{C}$.

Tämä aine on todennäköisimmin 2 p.

- molekyyliyhdiste. (2 p.)

1.4 Reaktio $4\text{HCl(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2\text{(g)} + 2\text{H}_2\text{O(g)}$ on endoterminen vasemmalta oikealle. Millä keinolla saadaan tasapainoasemaa siirtymään oikealle tuotteiden suuntaan? 2 p.

- Nostetaan painetta. (2 p.)

1.5 Mikä seuraavista kuvauksista sopii erääseen kloorin isotooppiin? 2 p.

- Protonien lukumäärä on 17 ja neutronien lukumäärä 20. (2 p.)

1.6 Missä seuraavista yhdisteistä on vahvin hiili-hiilisidos? 2 p.

- etyynissä (2 p.)

1.7 Mikä seuraavista alkuaineista muodostaa helpoiten kationeja? 2 p.

- Rb (2 p.)

1.8 Kuinka monessa erilaisessa kemiallisessa ympäristössä on vety-ytimiä propan-1-olin $^1\text{H-NMR}$ -spektrissä? 2 p.

- neljässä (2 p.)

1.9 Hiilimonoksidin IR-spektrin piikki kuvaa 2 p.

- hiili-happisidoksen värähdysenergiaa.

(2 p.)

1.10 Mikä seuraavista on butan-2-olin isomeeri? 2 p.

- dietyylieetteri

(2 p.)

Osa 2: 15 pisteen tehtävät

2. Kemiaallinen tasapaino 15 p.

2.1 Happo-emästasapaino 4 p.

Täydennä seuraavat virkkeet puuttuvilla sanoilla tai lukuarvoilla. Kuhunkin kohtaan tulee korkeintaan yksi luku tai korkeintaan kolme sanaa.

Jos opettaja haluaa nähdä opiskelijan vastaukset, niin klikkaamalla opiskelijan nimeä pistetaulukossa, opettaja näkee opiskelijan kaikki tehtäväkohtaiset vastaukset mukaan lukien tehtävän 2 vastaukset.

2.1.1 1 p.

- protonin (1 p.)
- vetyionin (1 p.)

2.1.2 1 p.

- oksoniumioni (1 p.)
- vetyioni (1 p.)

2.1.3 1 p.

- 7,00 (1 p.)

2.1.4 1 p.

- 7,47 (1 p.)

2.2 Puskuriliuos 3 p.

Täydennä seuraavat virkkeet puuttuvilla sanoilla. Kuhunkin kohtaan tulee korkeintaan kolme sanaa.

2.2.1 1 p.

- happamuuden (1 p.)
- pH-arvon (1 p.)
- emäksisyyden (1 p.)

2.2.2 1 p.

- vastinhappoa (1 p.)
- konjugoitua happoa (1 p.)
- konjugaattihappoa (1 p.)

2.2.3 1 p.

- hiilihapon (1 p.)
- hiilidioksidin (1 p.)

2.3 Titraus 3 p.

Täydennä seuraavat virkkeet puuttuvilla sanoilla. Kuhunkin kohtaan tulee korkeintaan kolme sanaa.

2.3.1 1 p.

- neutralointireaktioksi (1 p.)
- happo-emäsreaktioksi (1 p.)
- protoninsiirtoreaktioksi (1 p.)

2.3.2 1 p.

- natriumasetaattia (1 p.)
- natriumetanaattia (1 p.)
- asetaattia (1 p.)
- etanaattia (1 p.)
- suolaa (1 p.)

2.3.3 1 p.

- korkeampi (1 p.)

Myös muut oikeat ilmaisut hyväksytään.

2.4 Kemiaallinen tasapaino 5 p.

Valitse oikea vastausvaihtoehto. Jos olet aloittanut tehtävään vastaamisen, mutta et haluakaan jättää tehtävää arvosteltavaksi, poista vastauksesi valitsemalla pudotusvalikosta tyhjä rivi.

Kuvaajassa 2.4.A esitetään erään reaktion aineiden A, B, C ja D konsentraatiot (mol/l) ajan (s) funktiona.

Tarkastele kuvaajaa 2.4.A.

2.4.1 1 p.

- A ja B (1 p.)

2.4.2 1 p.

- x (1 p.)

2.4.3 1 p.

- w (1 p.)

2.4.4 1 p.

- 3 (1 p.)

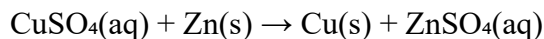
2.4.5 1 p.

- 1 (1 p.)

Tämä tehtävä arvostellaan lautakunnassa keskitetysti, joten opettaja ei tee alustavaa arvostelua. Keskitetysti arvosteltavan vastauksen pisteet päivittyvät arvostelupalveluun lopullisen arvostelun edetessä. Vastauksen kohdalla näkyy arvostelupalvelussa viiva (-), kunnes kyseinen vastaus on arvosteltu.

3. Kuparisulfaattiliuoksen ja sinkin reaktio 15 p.

Sininen kuparisulfaatin vesiliuos ja sinkki reagoivat seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



3.1 Eräessä kokeessa kuparisulfaattiliuoksen tilavuus oli 200,0 ml ja konsentraatio 0,683 mol/l. Metallisen sinkin massa oli 1,85 g. Oletetaan, että reaktio tapahtuu kokonaan. Kuinka monta grammaa kuparia voi muodostua kokeessa?

Kuparia saatiin tehdyssä kokeessa 1,066 g. Laske kuparin saantoprosentti. 9 p.

$$n(\text{CuSO}_4) = c \cdot V = 0,683 \text{ mol/l} \cdot 0,2000 \text{ l} = 0,1366 \text{ mol}$$

$$n(\text{Zn}) = m/M = 1,85 \text{ g} / (65,38 \text{ g/mol}) = 0,028296 \text{ mol}$$

(1 p.)

- Pisteeseen riittää yksi oikein laskettu ainemäärä

Sinkki kuluu loppuun reaktiossa, koska sinkin ainemäärä on pienempi kuin kuparisulfaatin

(1 p.)

ainemäärä ja reaktioyhtälön kertoimet ovat samat.

(1 p.)

Reaktioyhtälön kertoimien perusteella muodostuneen kuparin ainemäärä on $n(\text{Cu}) = n(\text{Zn})$

(1 p.)

$$m(\text{Cu}) = n \cdot M = 0,028296 \text{ mol} \cdot 63,55 \text{ g/mol} = 1,7982 \text{ g}$$

(1 p.)

Kuparia muodostuu 1,80 g. (1,8 g / 1,798 g)

- Kyseessä pyydetty tulos, joten piste edellyttää oikean tarkkuuden ja yksikön

(1 p.)

$$\text{Kuparin saantoprosentti} = 1,066 \text{ g} / 1,7982 \text{ g} = 0,59281$$

(2 p.)

- Jos vastauksessa ilmenee, että on ymmärretty kuparin saantoprosentti ja sijoitettu teoreettinen massa oikein osoittajaan, 2 p.

Kuparin saantoprosentti oli 59,3 % (0,593). (59 % / 59,28 %)

(1 p.)

MAOLin kommentteja:

- Jos vertailtu vain ainemääriä, mutta ei mainittu reaktioyhtälön kertoimia, **max 8 p.**
- Jos rajoittavan tekijän tarkastelu tekemättä tai tehty väärin, **max 3 p.**
(ainemääräpiste ja saantoprosentin suoritustapapisteet)
 - Yleinen virhe: Jos vastaukseksi saatu 8,68 g ja 12,28 %, käytetty väärää rajoittavaa tekijää
- Saantoprosentin voi ratkaista myös laskemalla punnitun kuparin ainemäärän 0,0167742 mol ja vertaamalla sitä laskettuun ainemäärään.

3.2 Mitä havaintoja voit tehdä reaktion aikana? Mainitse kolme reaktioon liittyvää havaintoa. 3 p.

1 p./havainto, esimerkiksi:

- Harmaa metalli/sinkki syöpyy./liukenee/hajoaa(liuokseen)/sinkin massa pienenee
 - Syöpyminen on kohdennettava oikeaan metalliin
- (Kuparisulfaatti)liuoksen (sininen) väri haalenee hieman./liuos muuttuu sinisestä värittömäksi/ sininen väri häviää liuoksesta
 - “väri muuttuu” ei yksinään riitä
- Punertavaa metallia/kuparia muodostuu (harmaan metallin/sinkin pinnalle ja astian pohjalle).
- Reaktio on eksoterminen eli lämpötilan muutoksen voi havaita reaktioastian lämpenemisessä.

MAOLin kommentteja

- Havainnoksi ei lasketa niitä, joita ei voi havaita. Esim. vain maininta “sinkki hapettuu”.
- Ylimääräisistä vääristä havainnoista ei vähennetä pisteitä.

3.3 Onko reaktio hapettumis-pelkistymisreaktio? Perustele vastauksesi hapetuslukujen (hapetusasteiden) avulla. 3 p.

Reagoivien aineiden hapetusluvut:

	lähtöaine	reaktiotuote
Cu	+2	0
Zn	0	+2

- Hapetusasteet oikein yhdelle metallille tai tilanteelle (1 p.)
- Hapetusasteet oikein myös toiselle (1 p.)
 - Hapetusasteet voi ilmaista myös roomalaisin numeroin.
 - Hapetusasteissa ei edellytetä etumerkkiä, koska ovat positiivisia

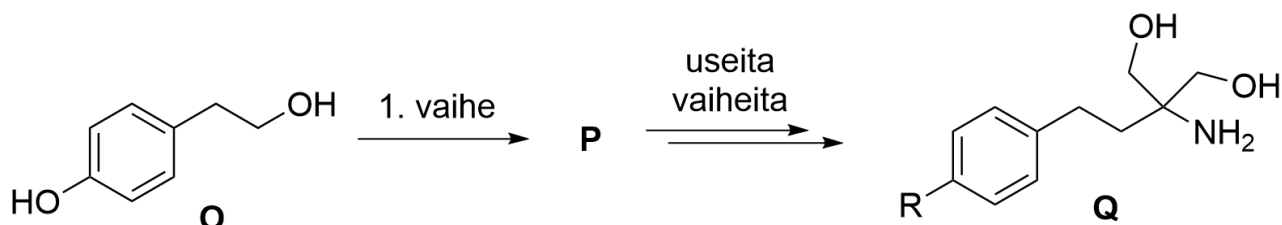
Koska reagoivien aineiden hapetusluvut muuttuvat / sinkki hapettuu ja kupari pelkistyy, reaktio on hapettumis-pelkistymisreaktio. (1 ip.)

MAOLin kommentteja:

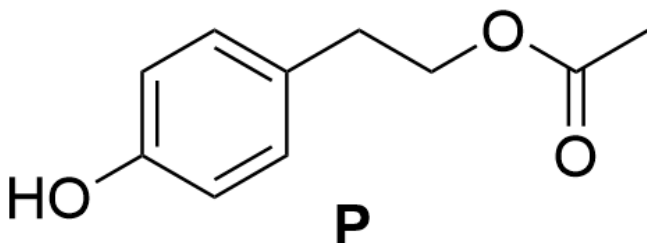
- Jos lisäksi tarkasteltu sulfaatti-ionin hapetusasteita, ei ansioita eikä vähennyksiä.

4. Fingolimodin synteesi 15 p.

Fingolimodi (Q) on MS-taudin hoidossa käytettävä lääkeaine, jota voidaan valmistaa monivaiheisella synteesimenetelmällä yhdisteestä O. Alla olevassa kaaviossa on esitetty synteesi, jonka ensimmäisessä vaiheessa muodostuu välituotetta P. Fingolimodin rakennekaavassa oleva kirjain R kuvaa molekyylin loppuosaa. R on haaroittumaton hiilivetyketju, jonka atomien välillä on ainoastaan yksinkertaisia sidoksia.



4.1 Synteesin ensimmäisessä vaiheessa käytetään menetelmää, jossa ainoastaan yhdisteen O primäärinen hydroksiryhmä reagoi etikkahapon kanssa. Tällöin syntyy välituote P, joka on esteri. Piirrä välituotteen P rakennekaava. Voit hyödyntää vastauksessasi tiedostoa 4.A. 3 p.



Kysytty rakennekaava.

(3 p.)

MAOLin kommentteja:

- Rakennekaavan erilaiset esitystavat hyväksytään (yleisohje).
- Vastauksena annettu reaktioyhtälö, jossa oikea tuote ja toinen tuote vesi, ei pistevähennystä
- Esteri muodostettu oikein etikkahapon reaktiossa primäärisen hydroksiryhmän kanssa, mutta jokin virhe O-molekyylistä peräisin olevassa osassa, **max 2 p.**
- Esteri muodostettu oikein primäärisen hydroksiryhmän kanssa, mutta väärän hapon kanssa, **max 1 p.**
- Jos esteröity molemmat hydroksiryhmät tai vain fenolinen hydroksiryhmä, **0 p.**
- Jos oikean lisäksi väärä rakenteita, **0 p.**
- Jos rakennekaavasta, jossa hiiliatomit näkyvissä, puuttuu vetyjä, **max 1 p.**

4.2 Fingolimodin (Q) massaprosenttinen koostumus on seuraava: 74,22 % hiiltä, 10,82 % vetyä, 4,556 % typpeä ja 10,41 % happea. Kuinka monta hiiliatomia on hiilivetyketjussa, joka on merkitty fingolimodin rakennekaavaan kirjaimella R? 7 p.

Tehtävän voi ratkaista hyvin monella eri tavalla. Alla on esitetty yksi tapa.

Oletetaan fingolimodia olevan 100 g, jolloin

$$m(\text{N}) = 4,556 \text{ g}, m(\text{C}) = 74,22 \text{ g}, m(\text{H}) = 10,82 \text{ g} \text{ och } m(\text{O}) = 10,41 \text{ g}.$$

(1 p.)

Tällöin ainemäärät ovat:

$$n(\text{N}) = m(\text{N}) / M(\text{N}) = 4,556 \text{ g} / 14,01 \text{ g/mol} = 0,325196 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}) = m(\text{C}) / M(\text{C}) = 74,22 \text{ g} / 12,01 \text{ g/mol} = 6,17985 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = m(\text{H}) / M(\text{H}) = 10,82 \text{ g} / 1,008 \text{ g/mol} = 10,734127 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}) = m(\text{O}) / M(\text{O}) = 10,41 \text{ g} / 16,00 \text{ g/mol} = 0,650625 \text{ mol}$$

(2 p.)

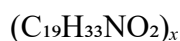
Määritetään fingolimodin suhdekaava:

N: 1

$$\text{C: } n(\text{C}) / n(\text{N}) = 6,17985 \text{ mol} / 0,325196 \text{ mol} = 19,0034 \approx 19$$

$$\text{H: } n(\text{H}) / n(\text{N}) = 10,73413 \text{ mol} / 0,325196 \text{ mol} = 33,0081 \approx 33$$

$$\text{O: } n(\text{O}) / n(\text{N}) = 0,650625 \text{ mol} / 0,325196 \text{ mol} = 2,00071 \approx 2$$



(1 p.)

Koska ketju koostuu ainoastaan hiilestä ja vedystä, on fingolimodissa ainoastaan yksi typpiatomi / **kaksi happiatomia**. Tästä seuraa, että fingolimodin molekyylikaava on $\text{C}_{19}\text{H}_{33}\text{NO}_2$.

(1 p.)

Rakenteen Q perusteella hiiliatomeja on muualla kuin ketjussa R yhteensä 11,

(1 p.)

josta saadaan laskettua ketjun R hiiliatomien määrä:

$$19 - 11 = 8.$$

(1 p.)

Tapa II

Määritetään fingolimodin moolimassa typen tai hapen avulla.

Typen massaprosenttinen osuus $14,01 \text{ g/mol} / M(\text{fingolimodi}) = 0,04556$

$M(\text{fingolimodi}) = 14,01 \text{ g/mol} / 0,04556 = 307,507 \text{ g/mol}$

TAI hapen avulla

$M(\text{fingolimodi}) = 2 \cdot 16,00 \text{ g/mol} / 0,1041 = 307,397 \text{ g/mol}$

(3 p.)

Muodostetaan ja ratkaistaan mielekäs yhtälö hiiliatomien lukumäärän määrittämiseksi. (yht. 3 p.)

Esim. vähennetään fingolimodin moolimassasta rakennekaavassa näkyvien atomien osuus

$M(R) = M(\text{fingolimodi}) - M(\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_2\text{N}) = 307,397 \text{ g/mol} - 194,248 \text{ g/mol} = 113,149 \text{ g/mol}$

(1 p.)

Suorassa ketjussa on x hiiliatomia, jolloin vetyjä on $2x + 1$ kpl,

$M(R) = x \cdot 12,01 \text{ g/mol} + (2x + 1) \cdot 1,008 \text{ g/mol} = 113,149 \text{ g/mol}$

$x = 7,995 \approx 8$

tai perusteltu esimerkiksi kokeilemalla eri pituisten ketjujen moolimassat.

(2 p.)

Ketjun R hiiliatomien määrä on 8.

(1 p.)

Tapa III

Kaksi happea molekyylissä

(1 p.)

Moolimassa hapen osuuden avulla

$$M(\text{fingolimodi}) = 2 \cdot 16,00 \text{ g/mol} / 0,1041 = 307,397 \text{ g/mol}$$

(2 p.)

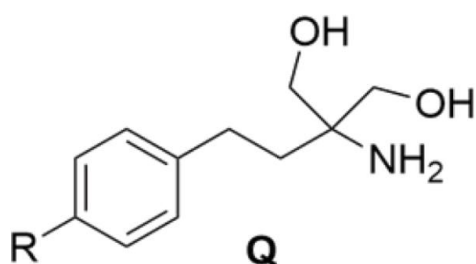
Hiiltä 74,22% ja moolimassan avulla saadaan hiilien määrä

$$C = (0,7422 \cdot 307,397 \text{ g/mol}) / 12,01 \text{ g/mol} = 18,9967 \approx 19$$

(2 p.)

Kuvasta voi päätellä että 6 kpl C bentseenirenkaassa + 5 kpl C ketjussa = 11 kpl C

(1 p.)



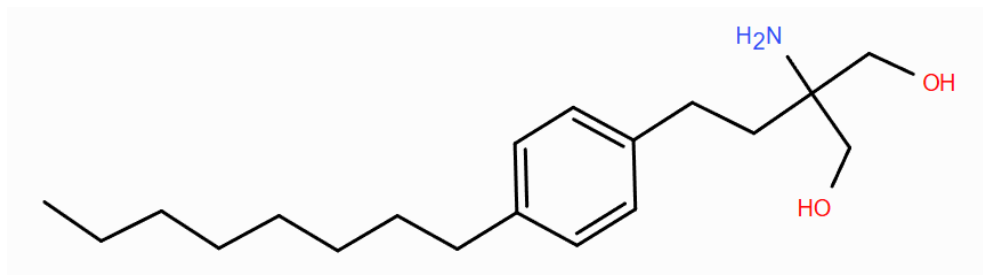
Tiedämme että koko molekyylissä on 19 kpl C ja siksi ketjussa on 8 kpl C, (19 – 11 = 8)

(1 p.)

Tapa IV: Ketcher-ratkaisu

Ratkaisussa esitetty oikea rakennekaava tai sanallisesti perusteltu, miten kokeiltuun molekyylikaavaan on päädytty.

(2 p.)



Lisäksi näytetty kuvakaappaus, jossa näkyy Ketcherin laskema alkuaineanalyysi (Elemental analysis)

(2 p.)

Calculated Values

×

Chemical Formula:
C₁₉H₃₃NO₂

Molecular Weight:

307.478

Decimal places

3

▼

Exact Mass:

307.251

Decimal places

3

▼

Elemental Analysis:
C 74.2 H 10.8 N 4.6 O 10.4

Close

Todettu, että kuvankaappauksessa olevat luvut ovat alkuaineiden prosenttiosuuksia, jotka vastaavat tehtävänantoa

(1 p.)

Rakenteen Q perusteella hiiliatomeja on muualla kuin ketjussa R yhteensä 11,

(1 p.)

josta saadaan laskettua ketjun R hiiliatomien määrä:

$$19 - 11 = 8.$$

(1 p.)

4.3 Miten fingolimodin (Q) vesiliukoisuus pH-arvossa 1 eroaa sen vesiliukoisuudesta pH-arvossa 13? Perustele vastauksesi. 5 p.

Kun pH on 1, vesiliuos on voimakkaasti hapan. Tällöin fingolimodin aminoryhmä on vastaanottanut protonin / vetyionin eli se on **ionimuodossa** / happomuodossaan ($-\text{NH}_3^+$).

(1 p.)

Vastaavasti, kun pH on 13, vesiliuos on voimakkaasti emäksinen. Tällöin fingolimodin aminoryhmä (on emäsmuodossaan ($-\text{NH}_2$) eli se) ei ole vastaanottanut tai luovuttanut protonia / vetyonia.

(1 p.)

Vesimolekyyli pystyy muodostamaan ioni-dipolisidoksia positiivisesti varautuneen aminoryhmän (happomuoto) kanssa. Vesimolekyyli muodostaa vetysidoksia / **muuta heikompia sidoksia** (emäsmuodon) aminoryhmän kanssa, jossa on vain osittaisvarauksia.

(1 p.)

Ioni-dipolisidokset ovat vahvempia kuin vetysidokset.

(1 p.)

Tämän takia fingolimodi liukenee paremmin happamaan kuin emäksiseen vesiliuokseen. **(1 ip.)**

5. Ammoniumkloridin puhtauden määrittäminen 15 p.

Laboratoriosta löytyi purkki vanhaa ammoniumkloridia, jonka puhtaus haluttiin selvittää. Analyysiä varten punnittiin epäpuhdasta ammoniumkloridinäytettä 0,5086 g. Näytteeseen lisättiin natriumhydroksidiliuosta ja seosta keitettiin. Reaktiossa muodostui ammoniakkikaasua, natriumkloridia ja vettä. Vapautunut ammoniakki ohjattiin astiaan, jossa oli 100,0 ml vetykloridihappoliuosta (suolahappoa). Vetykloridihappoliuoksen konsentraatio oli 0,1013 mol/l. Kaikki vapautunut ammoniakki reagoi vetykloridihapon kanssa. Vetykloridihapon ylimäärä titrattiin natriumhydroksidiliuoksella, jonka konsentraatio oli 0,1925 mol/l. Titrauksessa kului 7,12 ml natriumhydroksidiliuosta.

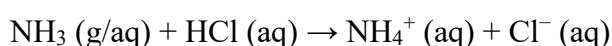
5.1 Kirjoita kaikki työhön liittyvät reaktioyhtälöt. 6 p.

Ammoniumkloridin reaktio natriumhydroksidin kanssa keitetessä:

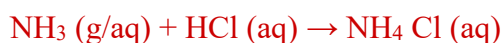


(2 p.)

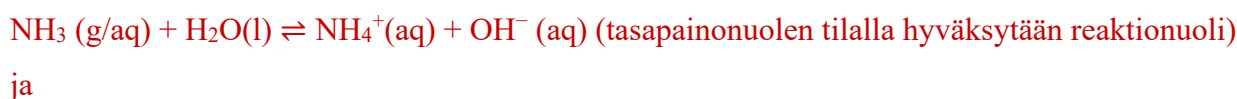
Vapautuneen ammoniakin reaktio vetykloridiliuoksen kanssa:



TAI



TAI

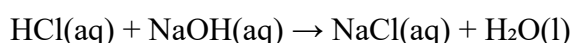


joten



(2 p.)

Vetykloridihapon reaktio titrauksessa natriumhydroksidin kanssa:



TAI



(2 p.)

MAOLin kommentteja:

Kaikkiin reaktioyhtälöihin pätee seuraava pisteytys:

- Kaikki aineet oikein **1 p.**
- Ja kaikki olomuodot sekä kertoimet oikein **1 p.**

5.2 Laske ammoniumkloridin puhtaus massaprosentteina. 7 p.

Vetykloridin kokonaisainemäärä:

$$n(\text{HCl})_{\text{tot.}} = c \cdot V = 0,100 \text{ l} \cdot 0,1013 \text{ mol/l} = 10,130 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

(1 p.)

Titratun vetykloridin ainemäärä:

$$n(\text{HCl})_{\text{ylim.}} = n(\text{NaOH})_{\text{titr.}} = c \cdot V = 0,1925 \text{ mol/l} \cdot 0,00712 \text{ l} = 1,3706 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

(1 p.)

2. reaktioyhtälöstä

Ammoniumkloridin ainemäärä:

$$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{HCl})_{\text{reag}}$$

(1

p.)

Ammoniakin kanssa reagoineen suolahapon ainemäärä

$$n(\text{HCl})_{\text{reag}} = n(\text{HCl})_{\text{kok.}} - n(\text{HCl})_{\text{ylim.}} = 10,130 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 1,3706 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 8,7594 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

(1 p.)

Ammoniumkloridin massa ja puhtaus:

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = n \cdot M = 8,7594 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 53,492 \text{ g/mol} = 0,468558 \text{ g}$$

(1 p.)

$$\text{Puhtaus massaprosentteina} = m(\text{NH}_4\text{Cl})/m(\text{näyte}) \cdot 100 \% = 0,46856 \text{ g} / 0,5086 \cdot 100 \% \quad \textbf{(1 p.)}$$

$$= 92,12698 \%$$

$$= 92,1 \% \quad \textbf{(92 \%, 92,13 \%)} \quad \textbf{(1 p.)}$$

5.3 Miksi oli tärkeää, että reaktiot tehtiin vetokaapissa? 2 p.

Reaktiossa vapautuu **ammoniakkikaasua**,

(1 p.)

joka on voimakkaan hajuisia ja hengitettäessä voimakkaasti ärsyttävää. Vaikka ammoniakki imeytetään happamaan vesiliuokseen, on tarpeen varmistaa, ettei ammoniakki missään tilanteessa pääse hengitysilmaan.

(1 p.)

Hyväksytään perusteluksi myös

- Ammoniakki on myrkyllinen kaasu.
- Ammoniakkikaasu ärsyttää ihoa / silmiä

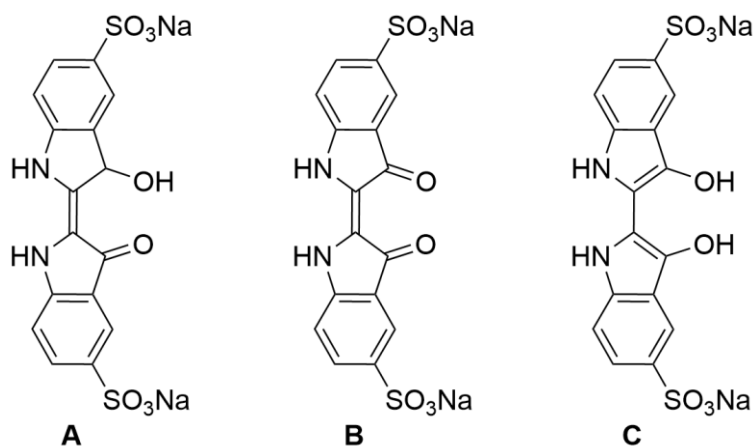
MAOLin kommentteja:

- Jos ammoniakkikaasun lisäksi väärä aine mainittu, esim. kloorikaasu/vetykaasu, **ei pistevähennyksiä**

6. Indigokarmiini 15 p.

Indigokarmiini esiintyy kolmessa erivärisessä muodossa (A, B ja C), kun pH on emäksinen.

Indigokarmiinin hapettuneet ja pelkistyneet muodot ovat erivärisiä. Muotojen A, B ja C rakennekaavat on esitetty oheisessa kuvassa.



Videolla 6.A nähtävässä demonstraatiossa indigokarmiinin emäksinen vesiliuos kaadetaan toiseen keitinlasiin. Kaadettaessa liuoksessa oleva indigokarmiini hapettuu ja keltainen vesiliuos muuttuu vihreäksi. Hetken kuluttua vesiliuos muuttuu vihreästä punaiseksi ja edelleen keltaiseksi.

6.1 Tarkastellaan indigokarmiinin muotoa A. Molekyylin päissä ovat natriumsulfonaattiryhmät – SO₃Na. Nimeä muut indigokarmiinin muodon A funktionaaliset ryhmät. 4 p.

Oikeat ryhmät, **1 p./ryhmä**, korkeintaan 4 p.:

- aminoryhmä
- hydroksiryhmä
- karbonyyliryhmä / **ketoniryhmä** / **ketoryhmä** / **ketonin karbonyyliryhmä**
- hiiliatomien välinen kaksoissidos / **alkenyyliryhmä**
- aromaattinen rengas / fenyyliryhmä / **bentseenirengas**

MAOLin kommentteja:

- Hyväksytään myös ilman ryhmä-sanaa, esim. amino ja hydroksi
- Hydroksiryhmän tilalla hydroksyyli-ryhmä hyväksytään.
- Jos hydroksiryhmän tilalla hydroksidiryhmä tai alkoholiryhmä, **0 p./ryhmä**
- Jos aminoryhmän tilalla amiini tai amiiniryhmä, **0 p./ryhmä**
- Kaksoissidos ilman kohdennusta hiilten välille, eteeniryhmä, alkeeni, **0 p./ryhmä**
- Jos täysin vääriä funktionaalisia ryhmiä mainittu, väärä kumoaa oikean.
(ei koske oikein tunnistettuja mutta väärin nimettyjä ryhmiä, kuten amiiniryhmä)

6.2 Mikä indigokarmiinin muodoista A, B ja C on hapettunein? Perustele vastauksesi indigokarmiinin rakenteen avulla. 4 p.

Hapettunein muoto on B.

(2 p.)

Perustelu (esimerkiksi): Muodossa B hapen suhteellinen osuus yhdisteessä on suurin. / **Muodossa B on eniten ketoniryhmiä. Ketoniryhmä on hapettunut muoto. / Muodossa B molemmat sekundääriset alkoholit ovat hapettuneet ketoneiksi.**

(2 p.)

- Hyväksytään myös, että B tunnistettu sillä, että sillä on vähemmän vetyä.

Esim. Hapettunein on yhdiste B, koska kaikilla on yhtä paljon happea, mutta B:ssä vähiten vetyä.

6.3 Videolla 6.A vesiliuos kaadetaan toiseen keitinlasiin, jolloin indigokarmiini hapettuu. Mikä aiheuttaa indigokarmiinin hapettumisen? Vastausta ei tarvitse perustella. 2 p.

Ilman **happi** aiheuttaa indigokarmiinin hapettumisen.

(2 p.)

6.4 Millä muulla tavalla kuin kaatamalla vesiliuoksen toiseen keitinlasiin voisit hapettaa vesiliuoksessa olevan indigokarmiinin? Mainitse yksi tapa. 2 p.

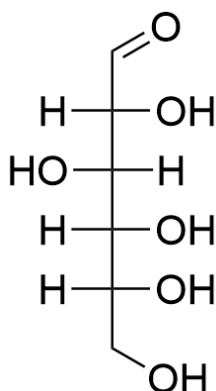
Vastauksessa on mainittu yksi tapa, esimerkiksi jokin seuraavista:

- Liuosta voidaan sekoittaa tai ravistella.
- Liuokseen voidaan johtaa happea. /puhaltamalla ilmaa pillillä
- Liuokseen voidaan lisätä hapetinta / hapettavaa ainetta. Hapettavia aineita on esim. KMnO_4 ,

(2 p.)

- Katalyyttia ei hyväksytä tavaksi.

6.5 Glukoosi saa aikaan indigokarmiinin pelkistymisen. Ohessa on esitelty glukoosin rakennekaava. Miksi glukoosi voi toimia pelkistimenä? Perustele vastauksesi glukoosimolekyylin rakenteen avulla. 3 p.



Glukoosissa on funktionaalisia ryhmiä, jotka voivat itse hapettua (ja siten pelkistää indigokarmiinin).

(1 p.)

Esimerkkejä näistä ryhmistä:

- (Primäärinen) hydroksiryhmä voi hapettua (aldehydiksi).
- (Sekundäärinen) hydroksiryhmä voi hapettua (ketoniksi).
- Aldehydiryhmä voi hapettua (karboksyylihapoksi).

- Yksi hapettava ryhmä oikein

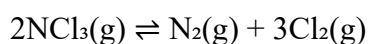
(1 p.)

- Kaksi tai useampi hapettuvaa ryhmää oikein

(1 p.)

7. Typpitrikloridin tasapaino 15 p.

Typpitrikloridi NCl_3 on erittäin helposti räjähtävä yhdiste. Suljetussa astiassa typpitrikloridi muodostaa tasapainotilan hajoamistuotteidensa kanssa seuraavasti:



Reaktion tasapainovakio on $3,3 \cdot 10^{-12} \text{ (mol}^2/\text{l}^2\text{)}$.

7.1 Tuntematon määrä kaasumaista typpitrikloridia suljettiin astiaan, jonka tilavuus oli 2,0 l. Kun tasapainotila oli saavutettu, typen konsentraatioksi astiassa määritettiin $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$. Kuinka monta milligrammaa typpitrikloridia suljettiin astiaan alun perin? 8 p.

$$c = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$K = 3,3 \cdot 10^{-12}$$

$$M(\text{NCl}_3) = 14,01 \text{ g/mol} + 3 \cdot 35,45 \text{ g/mol} = 120,36 \text{ g/mol}$$

$$V = 2,0 \text{ l}$$

Tasapainotarkastelu:

	$2\text{NCl}_3(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{N}_2(\text{g})$	+	$3\text{Cl}_2(\text{g})$
Alussa	x		0		0
Muutos	$-2c$		$+c$		$+3c$
Tasapainossa	$x - 2c$		c		$3c$

(2 p.)

$$K = [\text{N}_2][\text{Cl}_2]^3 / [\text{NCl}_3]^2$$

(1 ip.)

$$= c \cdot (3 \cdot c)^3 / (x - 2c)^2$$

(1 p.)

Ratkaistaan x :

$$x = \pm \sqrt{\frac{27c^4}{K}} + 2c$$

$$= 3,569037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l (tai } x = -2,289037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l)}$$

(1 p.)

Ratkaistaan typpitrikloridin massa alussa:

$$n = x \cdot V$$

$$m = n \cdot M(\text{NCl}_3) = x \cdot V \cdot M(\text{NCl}_3) = 3,569037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 2,0 \text{ l} \cdot 120,36 \text{ g/mol}$$

$$= 0,008591386 \text{ g}$$

$$= 8,6 \text{ mg (8,59 g)}$$

(3 p.)

TAI

Tasapainotarkastelu:

	$2\text{NCl}_3(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{N}_2(\text{g})$	+	$3\text{Cl}_2(\text{g})$
Alussa	x		0		0
Muutos	$-2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6}$		$+3,2 \cdot 10^{-6}$		$+3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6}$
Tasapainossa	$x - 6,4 \cdot 10^{-6}$		$3,2 \cdot 10^{-6}$		$9,6 \cdot 10^{-6}$

(2 p.)

$$K = \frac{[\text{N}_2][\text{Cl}_2]^3}{[\text{NCl}_3]^2}$$

(1 ip.)

$$3,3 \cdot 10^{-12} = \frac{3,2 \cdot 10^{-6} \cdot (3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6})^3}{(x - 2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6})^2}$$

(1 p.)

$$x = 3,569037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l (tai } x = -2,289037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l)}$$

(1 p.)

Ratkaistaan typpitrikloridin massa alussa:

$$n(\text{NCl}_3) = c \cdot V = 3,569037 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 2,0 \text{ l} = 7,13807 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m(\text{NCl}_3) = n \cdot M(\text{NCl}_3) = 7,13807 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot (14,01 + 3 \cdot 35,45) \text{ g/mol}$$

$$= 0,008591386 \text{ g}$$

$$= 8,6 \text{ mg (8,59 mg)}$$

(3 p.)

MAOLin kommentteja:

- $K = [\text{N}_2][\text{Cl}_2]^3 / [\text{NCl}_3]^2$ ei vaadita jos tasapainovakion yhtälö ilmenee lukuarvojen sijoituksesta
- Jos tasapainotarkastelu väärin, **ei-VSE**. Tehtävässä saa **max 1 p.** jos tasapainovakion yhtälö on oikein.
- Jos tulokseksi saatu $m = 8,665$ mg eli 8,7 mg, on laskussa käytetty alkukonsentraatiota TI-Nspiren oletustarkkuutta 0,000036 mol/l, **max 7 p.**
(oletustarkkuus 6 desimaalia)
- Jos tulokseksi saatu 8,5 mg, laskussa käytetty alkuainemäärää TI-Nspiren oletustarkkuudella 0,00071 mol. **max 7 p.**
- Jos tulokseksi saatu 3,9 mg, tällöin $(3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6})^3$ - lausekkeesta jäänyt kerroin 3 sulkujen ulkopuolelle $3 \cdot (3,2 \cdot 10^{-6})^3$, **max 4 p.**

7.2 Typpitrikloridin hajoamisreaktio suljetussa astiassa on tasapainoreaktio. Miksi reaktio on yksisuuntainen avoimessa tilassa? 3 p.

Avoimessa tilassa tuotteet leviävät ympäristöön. (1 p.)

Näin ollen hajoamisreaktion käänteisreaktiota ei voi tapahtua merkittävässä määrin (1 p.) eikä systeemi saavuta tasapainotilaa. (1 p.)

TAI

Avoimessa tilassa tuotteet leviävät ympäristöön. (1 p.)

Tuotteita poistuu reaktioyhtälön oikealta puolelta (1 p.), jolloin tasapainoasema siirtyy jatkuvasti kohti tuotteita eikä reaktio saavuta koskaan tasapainotilaa. (1 p.)

MAOLin kommentteja:

- Painetta ei hyväksytty reaktion yksisuuntaiseksi selitykseksi, koska paineella ei ole merkitystä avoimessa astiassa. Esim.:
Kaasumaisia tuotteita poistuu (1 p.), jolloin
paine muuttuu ja tasapainoasema siirtyy kohti tuotteita (koska tuotteiden ainemäärä nyt pienempi ym.). (0 p.)
- Jos vain todettu, että kaasuilla tasapainotila voi muodostua vain suljetussa astiassa, 1 p.

7.3 Typpitrikloridin muodostumisentalpia on 232 kJ/mol. Miten lämpötilan nostaminen vaikuttaa typpitrikloridin hajoamisreaktion tasapainoasemaan? Perustele vastauksesi. 4 p.

Typpitrikloridin hajoamisreaktio on sen muodostumisreaktion käänteisreaktio.

Näin ollen käänteisreaktion reaktioentalpia on muodostumisentalpian vastaluku eli -232 kJ/mol .

TAI



Laskettu reaktioentalpia muodostumisentalpioita käyttäen

$$\Delta H = \sum n\Delta H_f(\text{tuotteet}) - \sum n\Delta H_f(\text{lähtöaineet}),$$

$$\Delta H = 0 \text{ kJ/mol} - 2 \cdot 232 \text{ kJ/mol} = -464 \text{ kJ/mol}$$

TAI

Muodostumisentalpia:



Reaktioentalpia:



(2 p.)

Hajoamisreaktio on siis eksotermisen.

(1 p.)

Näin ollen lämpötilan kasvattaminen siirtää tasapainoasemaa lähtöaineiden suuntaan.

(1 p.)

MAOLin kommentteja:

- Jos vastauksessa päädytään reaktioentalpiaan $+232 \text{ kJ/mol}$, ja endotermiseen reaktioon, **ei-VSE, 0 p.**

8. Hiilivetyjen orbitaalit 15 p.

8.1 Valitse oikea hybridisaatio. Oikea vastaus 1 p., väärä vastaus 0 p., ei vastausta 0 p.

Jos olet aloittanut tehtävään vastaamisen, mutta et haluakaan jättää tehtävää arvosteltavaksi, poista vastauksesi valitsemalla pudotusvalikosta tyhjä rivi. 3 p.

8.1.1 Mikä on etaanin hiiliatomien hybridisaatio? 1 p.

- sp^3 (1 p.)

8.1.2 Mikä on eteenin hiiliatomien hybridisaatio? 1 p.

- sp^2 (1 p.)

8.1.3 Mikä on etyynin hiiliatomien hybridisaatio? 1 p.

- sp (1 p.)

8.2 Esiintyykö eteenillä $H_2C=CH_2$ konformaatioisomeriaa? Perustele vastauksesi orbitaalien avulla. 5 p.

(Eteenissä hiiliatomit ovat sp^2 -hybridisoituneet.) $C=C$ -sidoksen muodostumiseen osallistuu kaksi sp^2 -hybridiorbitaalia sekä kaksi molekyylin tasoon nähden kohtisuoraa p-orbitaalia. (1 p.)

Orbitaaleista muodostuu hiiliatomien välille yksi σ -sidos ja yksi π -sidos. / hiiliatomi muodostaa kolme σ -sidosta ja yhden π -sidoksen. (1 p.)

π -sidos ei voi vapaasti kiertyä. Tämä estää CH_2 -ryhmien vapaan kiertymisen $C=C$ -kaksoissidoksen ympäri. (2 p.)

Näin ollen eteenillä ei esiinny konformaatioisomeriaa. (1 ip.)

MAOLin pisteytysuositus:

Eteenillä ei esiinny konformaatioisomeriaa, (1 ip.)

koska kaksoissidos ei kierry/pyörähdä. (1 p.)

Eteenissä hiiliatomit ovat sp^2 -hybridisoituneet / ulkokuoren s ja kaksi p-orbitaalia ovat muodostaneet kolme sp^2 -hybridiorbitaalia. (Hybridiorbitaalit muodostavat kolme sigmasidosta.) (1 p.)

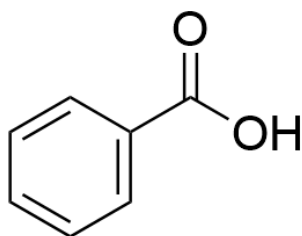
(Eteenissä hiiliatomien välillä on σ -sidoksen lisäksi π -sidos.)

Hybridisoitumattomat p-orbitaalit muodostavat π -sidoksen, joka estää kaksoissidoksen kiertymisen. (2 p.)

MAOLin kommentteja:

- Hybridisaatiota ei ole kohdennettu hiiliatomiin, **-1 p.** esim. eteeni on sp^2 -hybridisoitunut.

8.3 Bentsoehapon rakennekaava on esitetty ohessa. Bentsoehapon kaikkien hiiliatomien hybridisaatio on sp^2 . Mitä tämän perusteella voidaan päätellä sen kolmiulotteisesta rakenteesta? Perustele vastauksesi. 3 p.



sp^2 -hybridisoituneet hiilet (ja niihin kiinnittyneet atomit) muodostavat tasomaisen rakenteen / **asettuvat tasoon**. Tästä voimme päätellä, että bentseenirengas on tasomainen. **(1 p.)**

Karboksyylihapporyhmän hiili, kaksi happiatomia ja bentseenirenkaan hiiliatomi, johon karboksyyliryhmä sitoutuu, ovat keskenään samassa tasossa. **(1 p.)**

Hydroksiryhmän vedyn asentoa emme voi päätellä hiiliatomien hybridisaatiosta. **(1 p.)**

8.4 Perustele bentseenin orbitaalirakenteen avulla, miksi sen kaikki kuusi hiili-hiilisisidosta ovat yhtä pitkiä. 4 p.

(Hiiliatomit ovat sp^2 -hybridisoituneet.) Jokaisen vierekkäisen hiiliatomin välissä on samanlainen σ -sidoks. **(1 p.)**

Molekyylin tasoon nähden kohtisuorat kuusi p-orbitaalia yhdistyvät, **(1 p.)**

jolloin muodostuu π -sidoks / π -elektronien pilvi, joka on delokalisoitunut (tasaisesti) koko renkaan ympäri. **(2 p.)**

(Näin ollen kaikki hiili-hiilisisidokset ovat identtisiä.)

MAOLin pisteytys ehdotus:

Bentseenirenkaan hiiliatomit ovat sp^2 -hybridisoituneet.

- Jokaisen hiiliatomin hybridiorbitaaleilla olevat elektronit muodostunut σ -sidokset kahteen hiiliatomiin ja yhteen vetyatomiin. **(1 p.)**
- Jokaisella hiilellä on hybridisoitumaton p-orbitaali, **(1 p.)**
- jotka yhdistyvät ja mahdollistavat π -sidosten elektronien delokalisoitumisen koko renkaan alueelle. **(2 p.)**

Osa 3: 20 pisteen tehtävät

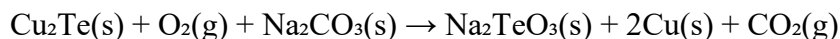
9. Telluurin tuotanto 20 p.

Telluuri on hopeanharmaa puolimetalli, jota käytetään muun muassa aurinkokennoissa. Sillä on samankaltaisia kemiallisia ominaisuuksia kuin rikillä.

Telluuria esiintyy muun muassa kuparimalmin seassa kupari(I)telluridina Cu_2Te . Kuparin jalostamisen yhteydessä kupari(I)telluridia kertyy kuparin elektrolyysin sivutuotteena muodostuvaan liejuun. Telluuria tuotetaan tästä elektrolyysin sivutuotteesta monivaiheisella prosessilla.

9.1 Telluurin erotusprosessin ensimmäisessä vaiheessa kupari(I)telluridia kuumennetaan natriumkarbonaatin kanssa lämpötilassa $500\text{ }^\circ\text{C}$. Kupari(I)telluridi reagoi natriumkarbonaatin ja ilman hapen kanssa muodostaen kiinteää natriumtelluriittia Na_2TeO_3 ja metallista kuparia. Reaktiossa vapautuu hiilidioksidia.

Kirjoita tätä prosessin vaihetta kuvaava reaktioyhtälö. 3 p.



- Kaikki aineet ovat oikein. (1 p.)
- Lisäksi kaikki kertoimet ovat oikein (1 sp.)
- ja kaikki olomuodot ovat oikein (1 sp.).

Pisteet sidottu siihen, että kaikki aineet ovat oikein.

9.2 Mitä ympäristövaikutuksia osatehtävässä 9.1 kuvatulla prosessilla on? Mainitse kolme asiaa.
3 p.

Esimerkiksi kolme seuraavista ympäristövaikutuksista (1 p./esimerkki):

- Suhteellisen korkea lämpötila vaatii energiaa. Ympäristövaikutukset riippuvat käytetystä energialähteestä. Esimerkiksi, jos energia tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla, siitä aiheutuu hiilidioksidipäästöjä.
- Tuotteena syntyvä hiilidioksidi on kasvihuonekaasu.
- Lähtöaineena käytetyn natriumkarbonaatin tuottaminen kuluttaa energiaa ja raaka-aineita.
- Telluuriyhdisteet (ovat lievästi myrkyllisiä, ja ne) on otettava prosessissa huolellisesti talteen, eikä niitä saa päästää ympäristöön.
- Hiilidioksidi liukenee veteen, muodostuu hiilihappoa, vesistöt happamoituvat
- Reaktiossa syntyvä kupari voidaan ottaa talteen ja käyttää jatkojalostuksessa

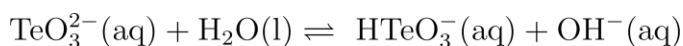
MAOLin kommentteja:

- Jos kuvattu ympäristövaikutuksia jollekin muulle kuin osatehtävän 9.1 kuvatulle prosessille, esim. kaivosteollisuuden haittavaikutukset tai aurinkokennojen positiiviset vaikutukset, ei ansioita.
- Ei hyväksytty: hiilidioksidi aiheuttaa haposateita / happamia sateita.

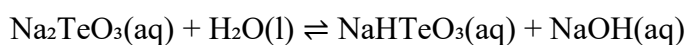
9.3 Erotusprosessin seuraavassa vaiheessa natriumtelluriitti Na_2TeO_3 liuotetaan veteen, jolloin natriumtelluriitti saadaan erotettua metallisesta kuparista.

Telluriitti-ioni TeO_3^{2-} on emäs. Sen vastinhappo on vetytelluriitti-ioni HTeO_3^- , jonka happovakion arvo on $2,3 \cdot 10^{-3}$ (mol/l).

Kirjoita telluriitti-ionin protoninsiirtoreaktion reaktioyhtälö. 4 p.

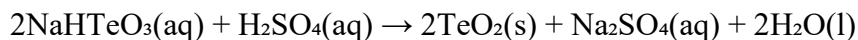


TAI



- Lähtöaineet oikein (1 ip.)
- Tunnistettu heikoksi protolyytiksi eli tasapainonuoli (1 ip.)
- Tuotteet oikein ja kertoimet oikein (1 p.)
- Kaikki olomuodot oikein (1 sp.)

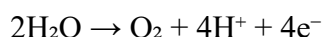
9.4 Erotusprosessin seuraavassa vaiheessa natriumvetytelluriitin vesiliuokseen lisätään rikkihappoa, jolloin liuoksesta saostuu telluuridioksidia TeO_2 :



Telluuridioksidi TeO_2 voidaan pelkistää elektrolyyttisesti telluuriksi happamasta vesiliuoksesta.

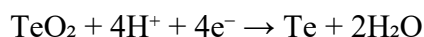
Kirjoita telluuridioksidin elektrolyyttisen pelkistämisen anodi- ja katodireaktioiden sekä kokonaisreaktion reaktioyhtälöt. Oletetaan, että elektrodit ovat inerttejä. Tässä osatehtävässä reaktioihin ei tarvitse merkitä olomuotoja. 6 p.

Anodi:



(2 p.)

Katodi:

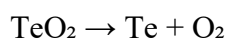


(2 p.)

- Jos ymmärretty, että telluuri(IV)-ioni pelkistyy telluuriksi ja reaktioyhtälössä 4e^- ,
max 1 p. katodireaktiosta

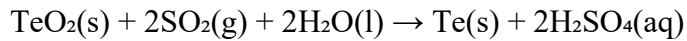


Kokonaisreaktio:



(2 ip.)

9.5 Osatehtävässä 9.4 kuvatun elektrolyysin sijasta telluuridioksidin voi pelkistää myös reaktiolla, jossa kaasumaista rikkidioksidia johdetaan telluuridioksidin ja rikkihapon seokseen:



Tarkastellaan sekä rikkidioksidiin että osatehtävässä 9.4 kuvattuun elektrolyysiin perustuvia pelkistysprosesseja. Mitä näissä prosesseissa pitäisi huomioida, jotta telluurin tuotanto olisi mahdollisimman ympäristöystävällistä? 4 p.

Elektrolyysillä pelkistäminen, **1 p./huomio**, enintään 2 p. Esimerkkejä huomioista:

- Elektrolyysi vaatii runsaasti sähköenergiaa, ja tämä tulee tuottaa käyttäen uusiutuvia energialähteitä ympäristövaikutusten minimoimiseksi.
- (Telluuri on lievästi myrkyllistä.) Se on otettava prosessissa huolellisesti talteen, eikä sitä saa päästää ympäristöön.

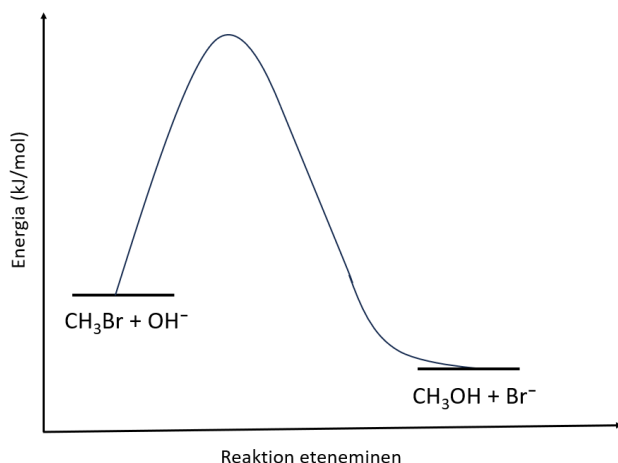
Rikkidioksidilla pelkistäminen, **1 p./huomio**, enintään 3 p. Esimerkkejä huomioista:

- Rikkidioksidin tuottaminen vaatii energiaa.
- Kaasumaista rikkidioksidia ei saa vapautua ympäristöön.
- Rikkidioksidin vesiliuos on syövyttävää ja haitallista vesieliöille, joten sitä ei saa päästää ympäristöön.
- Sivutuotteena muodostuva rikkihappo pitää pystyä ottamaan talteen ja käyttämään uudelleen.

10. Reaktionopeus ja aktivaatioenergia 20 p.

Tutustu tekstiin 10.A ja kuvaajaan 10.B ja tee osatehtävät 10.1–10.4.

10.1 Onko kuvaajassa 10.B kuvattu bromimetaanin ja hydroksidi-ionin välinen reaktio endoterminen vai eksoterminen? Perustele vastauksesi. 3 p.



Reaktio on eksoterminen.

(1 ip.)

(Reaktiossa vapautuu energiaa, koska) lähtöaineiden energia/entalpia on suurempi kuin tuotteiden (tai tuotteiden energia on alhaisempi kuin lähtöaineiden). / Reaktion edetessä (sitoutuneen) energian määrä vähenee. / Reaktion entalpianmuutos on negatiivinen. / Lähtöaineisiin on sitoutunut enemmän energiaa kuin tuotteisiin.

(2 ip.)

MAOLin kommentteja:

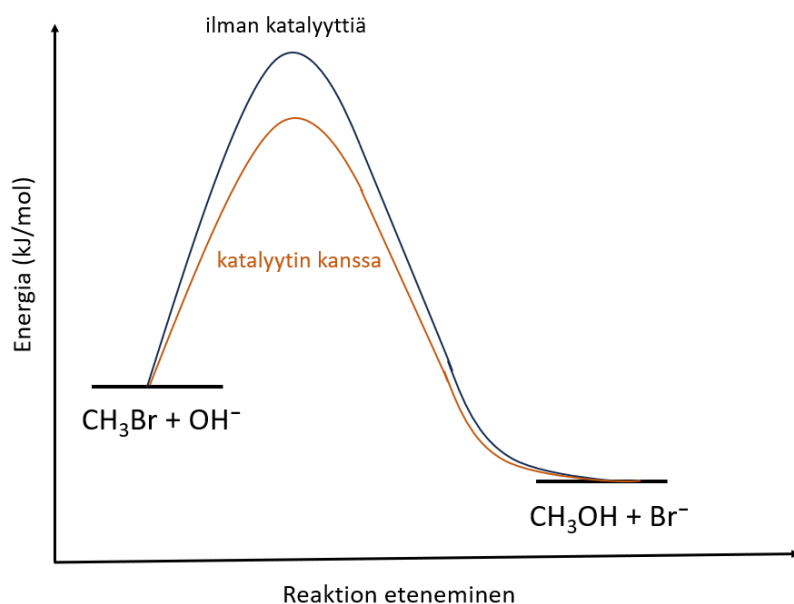
- Jos perustellut, että lähtöaineiden **sidoksiin** on sitoutunut enemmän energiaa, **max 1 p.**

10.2 Miten katalyytti vaikuttaisi kuvaajassa 10.B esitetyn reaktion etenemiseen? Esitä vastauksesi yhtenä kuvana. Ota kuvaajasta 10.B kuvakaappaus tai tallenna se kuvana. Piirrä kuvaajaan piirto-ohjelmalla lisäykset, jotka kuvaavat reaktion etenemistä, kun käytetään katalyyttiä. Liitä vastaukseen kuvakaappaus laatimastasi täydennetystä kuvasta. 4 p.

Kuvasta ilmenee seuraavat seikat:

- Lähtöaineiden ja tuotteiden energiat ovat samat riippumatta siitä, käytetäänkö katalyyttiä.
 - Lähtee samalta energiatasolta kuin alkuperäinen, (1 p.)
 - Päätyy samalle energiatasolle kuin alkuperäinen (1 p.)
- Reaktion aktivaatioenergia on katalyyttiä käytettäessä alhaisempi kuin alkuperäisessä reaktiossa ilman katalyyttiä. (2 p.)
 - huippu/huiput ovat matalammalla kuin alkuperäisen kuvaajan

Esimerkiksi:



Esimerkki vastauksen kuvasta.

MAOLin kommentteja:

- Hyväksytään, jos piirretty kuvaaja päättyy samalle lähtöaineiden tai tuotteiden energiatasolle, mutta eri kohtaan vaaka-akselin suhteen.
- Jos ei ole piirretty annetun kuvan päälle, vaan itse piirretty uusi kuva, **max 3 p.**
- Jos poistettu alkuperäisen kuvaajan huippu, **max 3 p.**
 - Pyydetty piirtämään lisäykset
- Piirroksessa ylimääräisiä merkintöjä, ei ansioita tai pistevähennyksiä.

10.3 Metanolia voidaan tuottaa hiilidioksidin ja vedyn välisen reaktion avulla. Teollisessa tuotannossa reaktiota tehostetaan lisäämällä reaktiokammioon katalyyttiä. Suunnittele tutkimus, jossa tutkitaan kahden erilaisen katalyytin vaikutusta reaktionopeuteen. Kuvaile tutkimuksen suorittaminen, siinä tehtävät mittaukset ja vakioina pidettävät tekijät. 5 p.

Suoritetaan kaksi erillistä koetta; yhdessä kokeessa katalyyttinä on A ja toisessa B. **(1 p.)**

Kummassakin kokeessa mitataan jommankumman lähtöaineen tai tuotteen konsentraation muutosta. /syntyvää aineen määrää tietyssä ajassa **(1 p.)**

Muutos mitataan kummassakin kokeessa yhtä pitkän ajan kuluttua/aika vakioidaan **(1 p.)**

Lämpötila pidetään vakiona. **(1 p.)**

Lähtöaineiden alkupitoisuudet / (osa)paineet pidetään vakiona. **(1 p.)**

MAOLin kommentteja:

- Oikeasta reaktioyhtälöstä ei ansioita eikä väärästä pistevähennystä

10.4 Vetyjodidin hajoamisreaktion ($2\text{HI} \rightarrow \text{H}_2 + \text{I}_2$) aktivaatioenergia on 179 kJ/mol. Lämpötilassa 573 K reaktionopeuskertoimen luonnollisen logaritmin arvo on $\ln(k) = -12,747$. Mikä aktivaatioenergian arvon pitäisi olla, jotta reaktionopeuskertoimen arvo kaksinkertaistuisi lämpötilassa 573 K? $\ln(2k) = -12,054$ 8 p.

Merkitään seuraavasti: nopeusvakiota k_1 vastaava aktivaatioenergia on E_{a1} ja nopeusvakiota k_2 vastaava aktivaatioenergia on E_{a2}

$$\ln(k_1) = \ln(A) - E_{a1}/(RT)$$

$$\ln(k_2) = \ln(2k_1) = \ln(A) - E_{a2}/(RT)$$

(2 p.)

$$\ln(k_1) - \ln(2k_1) = \ln(A) - E_{a1}/(RT) - \ln(A) + E_{a2}/(RT)$$

$$\ln(k_1) - \ln(2k_1) = E_{a2}/(RT) - E_{a1}/(RT)$$

(2 p.)

$$E_{a2}/(RT) = \ln(k_1) - \ln(2k_1) + E_{a1}/(RT)$$

(1 p.)

$$E_{a2} = RT(\ln(k_1) - \ln(2k_1)) + E_{a1}$$

(1 p.)

$$= 8,314463 \text{ J/(K mol)} \cdot 573 \text{ K} (-12,747 - (-12,054)) + 179\,000 \text{ J/mol}$$

(1 p.)

$$= 175\,698,42 \text{ J/mol}$$

$$= 176 \text{ kJ/mol} \quad (175,7 \text{ kJ/mol})$$

(1 p.)

TAI

Laskimeen syötetty yhtälöpari ja ratkaistu

$$\begin{cases} -12,747 = \ln(A) - \frac{179000}{8,314463 \cdot 573} \\ -12,054 = \ln(A) - \frac{E_{a2}}{8,314463 \cdot 573} \end{cases}$$

Ja saadaan suoraan E :n arvo.

(7 p.)

$$E_{a2} = 176 \text{ kJ/mol}$$

(1 p.)

TAI

Ratkaistu A yhtälön $\ln(k_1) = \ln(A) - E_{a1}/(RT)$ avulla:

$$-12,747 = \ln(A) - 179 \text{ kJ/mol} / (8,314463 \text{ J/molK} \cdot 573 \text{ K})$$

(2 p.)

$$A = 6,044 \dots \cdot 10^{10}$$

(2 p.)

Sen jälkeen sijoitus yhtälöön $\ln(2k_1) = \ln(A) - E_{a2}/(RT)$:

$$-12,054 = \ln 6,044 \dots \cdot 10^{10} - E_a / (8,314463 \text{ J/molK} \cdot 573 \text{ K})$$

(2 p.)

$$E_{a2} = 175698 \text{ J/mol}$$

(1 p.)

$$E_{a2} = 176 \text{ kJ/mol}$$

(1 p.)

TAI

$$\text{Ratkaistu } E_a/RT = 179000 \text{ J/mol} / (8,314463 \text{ J/molK} \cdot 573 \text{ K}) = 37,57199$$

(2 p.)

Sijoitettu saatu arvo ja reaktionopeuskertoimen luonnollisen logaritmin arvo on

$$\ln(k) = -12,747$$

$$\text{yhtälöön } \ln(k) = \ln(A) - E_{a1}/(RT)$$

$$\ln(A) = 37,57199 - 12,747 = 24,82499$$

(2 p.)

joka sijoitettu yhtälöön $\ln(2k) = \ln(A) - E_{a2}/(RT)$

$$-12,054 = 24,82499 - E_{a2} / (8,314463 \text{ J/molK} \cdot 573 \text{ K})$$

(2 p.)

$$E_{a2} = 175698,42 \text{ J/mol}$$

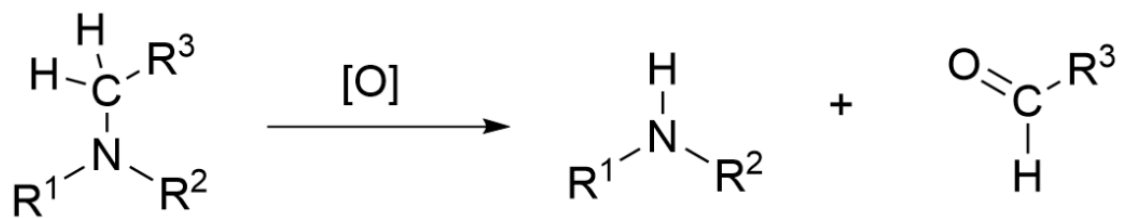
(1 p.)

$$= 176 \text{ kJ/mol}$$

(1 p.)

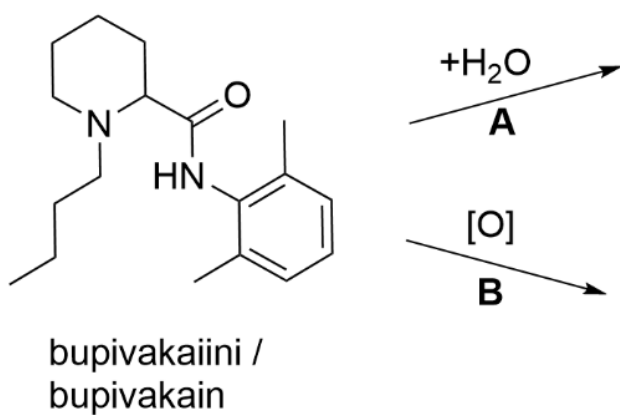
11. Amiinien reaktioita 20 p.

Maksa voi hajottaa tertiääriset amiinit usealla eri tavalla. Yksi mahdollinen reaktio on hapettuminen, jolloin reaktiotuotteina syntyy sekundääristä amiinia ja aldehydiä oheisen reaktiokaavion mukaisesti. R^1 , R^2 ja R^3 tarkoittavat molekyylin loppuosaa.

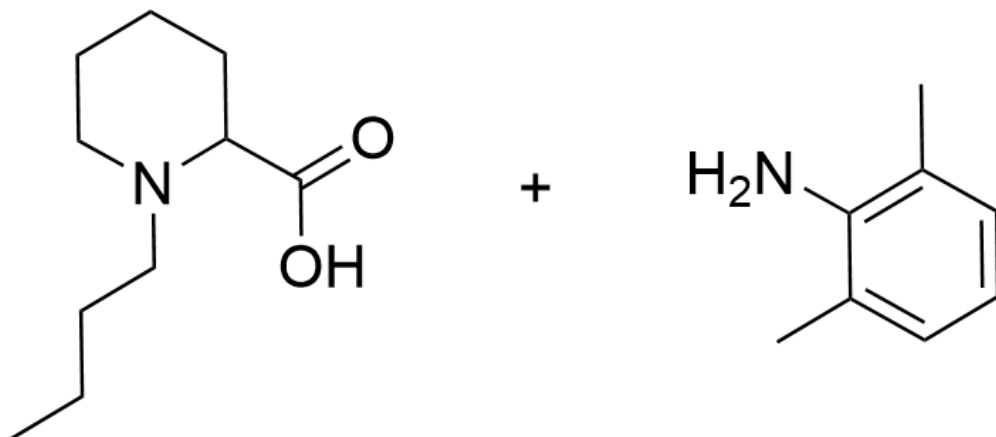


Bupivakaiini on puudutusaine, joka hajoaa maksassa usealla eri tavalla. Oheisessa kuvassa on esitetty hajoamisreaktiot A ja B. Reaktioista tiedetään seuraavat asiat:

- Reaktio A on amidin hydrolyysi.
- Reaktio B on tertiäärisen amiinin hapettuminen.
- Molemmissa reaktioissa A ja B syntyy kaksi eri tuotetta.



11.1 Piirrä reaktion A tuotteiden rakennekaavat. Voit hyödyntää vastauksessasi tiedostossa 11.A annettua bupivakaiinin rakennekaavaa. 4 p.



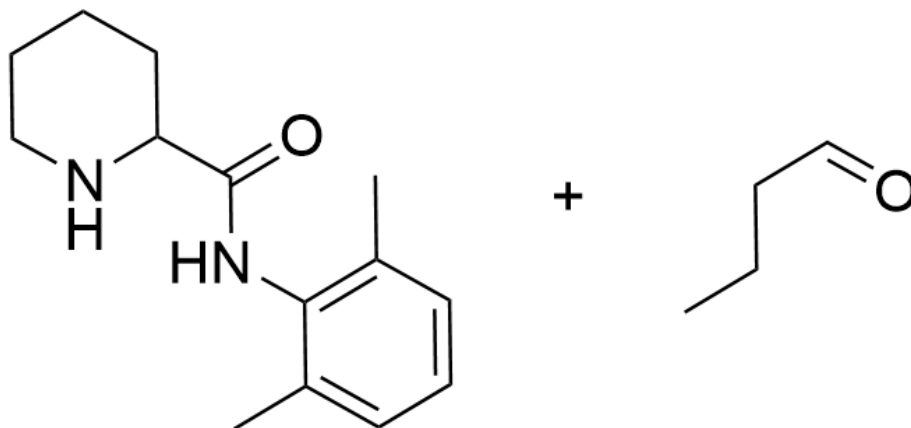
Reaktion A tuotteiden rakennekaavat

(2 p./rakennekaava)

MAOLin kommentteja:

- Rakennekaavan erilaiset esitystavat hyväksytään (yleisohje).
- Jos piirretty rakennekaavat, joissa hiiliatomit näkyvissä, mutta hiiliatomeihin sitoutuneet vedyt puuttuvat, **max 3 p.**
- Jos funktionaalisesta ryhmästä puuttuu vetyjä, kyseisestä rakenteesta **0 p.**
- Pienet virheet yleisohjeen mukaan pisteytyksessä:
 - Oikea funktionaalinen ryhmä on väärässä paikassa, **0 p.**
 - Tehtävän kannalta epäoleellisessa kohdassa yhdisteen hiilirungossa on yksi hiili liikaa tai liian vähän, kyseisestä rakenteesta **max 1 p.**
- Jos enemmän kuin kaksi reaktiotuotetta, väärä kumooa oikean.

11.2 Piirrä reaktion B tuotteiden rakennekaavat. Voit hyödyntää vastauksessasi tiedostossa 11.A annettua bupivakaiinin rakennekaavaa. 4 p.



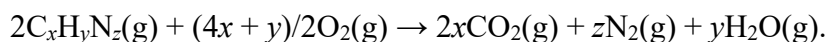
Reaktion B tuotteiden rakennekaavat

(2 p./rakennekaava)

MAOLin kommentteja:

- Rakennekaavan erilaiset esitystavat hyväksytään (yleisohje).
- Jos piirretty rakennekaavat, joissa hiiliatomit näkyvissä, mutta hiiliatomeihin sitoutuneet vedyt puuttuvat, **max 3 p.**
- Jos funktionaalisesta ryhmästä puuttuu vetyjä, kyseisestä rakenteesta **0 p.**
- Pienet virheet yleisohjeen mukaan pisteytyksessä:
 - Oikea funktionaalinen ryhmä on väärässä paikassa, **0 p.**
 - Tehtävän kannalta epäoleellisessa kohdassa yhdisteen hiilirungossa on yksi hiili liikaa tai liian vähän, kyseisestä rakenteesta **max 1 p.**
- Jos enemmän kuin kaksi reaktiotuotetta, väärä kumoaa oikean.

11.3 Kun erästä kaasumaista amiinia ($C_xH_yN_z$) poltettiin, reaktiotuotteina syntyi hiilidioksidia (CO_2), typpeä (N_2) ja vettä (H_2O). Amiinin palamisreaktio on

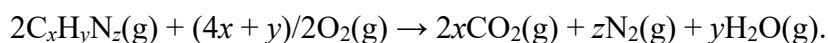


Reaktion lähtöaineena oli 10,0 ml amiinia. Kun reaktiotuotteena saatu kaasuseos jäähdytettiin huoneen lämpötilaan, kaasuseoksesta oli poistunut 25,0 millilitraa kaasua. Tilavuuden pieneneminen johtui yhden reaktiotuotteen olomuodon muutoksesta. Kun kaasuseos tämän jälkeen pestiin emäksisellä pesuliuoksella, kaasuseoksesta poistui 10,0 ml kaasua. Lopulta pesun jälkeen jäljellä oli 5,0 ml kaasua. Kaikki tilavuudet mitattiin huoneenlämpötilassa.

Päättele annettujen tietojen perusteella kertoimet x , y ja z . Perustele vastauksesi.

Esitä vastauksessasi tasapainotettu reaktioyhtälö ja nimeä lähtöaineena käytetty amiini.

Ilmankosteutta ja veden höyrynpainetta ei huomioida. Kaikki kaasut oletetaan ideaalikaasuiksi. Ideaalikaasujen tilavuudet ovat suoraan verrannollisia niiden ainemääriin. 12 p.



Reaktiossa oli vain kaasuja, joten stoikiometriset kertoimet ilmaisevat reagoivien aineiden ainemäärä- ja tilavuussuhteet.

Kertoimen y päättely:

Kun seos jäähdytettiin huoneen lämpötilaan, vesihöyry tiivistyi nesteeksi eli se poistui kaasuseoksesta. Vesihöyryä oli 25,0 ml.

(1 p.)

Vesihöyryä on amiiniin nähden 25,0 ml/10 ml eli 2,5-kertainen määrä. Siten veden kerroin $y = 2 \cdot 2,5 = 5$.

(2 p.)

Kertoimen x päättely:

Jäljelle jääneessä kaasuseoksessa oli hiilidioksidia ja typpeä. Hiilidioksidi poistui emäksiseen pesuliuokseen. Hiilidioksidia oli siten 10,0 ml.

(1 p.)

Koska amiinia oli 10 ml ja hiilidioksidia muodostui 10 ml, kerroin $x = 1$.

(1 p.)

Nyt saadaan hapen kerroin $(4x + y)/2 = (4 \cdot 1 + 5)/2 = 4,5$.

(2 p.)

Kertoimen z päättely:

Pesun jälkeen jäljellä oli vain typpikaasua (5,0 ml).

(1 p.)

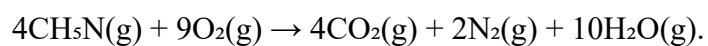
Koska amiinia oli lähtöaineena 10,0 ml ja typpeä muodostui 5 ml, $z = 1$.

(2 p.)

Näin saadaan reaktioyhtälön kertoimet:



Kerrotaan kertoimet kahdella, jotta saadaan kokonaislukukerroin hapelle:



(1 p.)

Yhdiste on metyyliamiini/metaaniamiini.

(1 p.)

TAI

$$V(C_xH_yN_z) = 10,0 \text{ ml}$$

$$V(H_2O) = 25,0 \text{ ml} \quad (1 \text{ p.})$$

$$V(CO_2) = 10,0 \text{ ml} \quad (1 \text{ p.})$$

$$V(N_2) = 5,0 \text{ ml} \quad (1 \text{ p.})$$

Tilavuudet ovat suoraan verrannollisia ainemääriin, joten tilavuuksien suhde on saman kuin ainemäärien suhde:

$$\frac{n(CO_2)}{n(N_2)} = \frac{V(CO_2)}{V(N_2)} = \frac{10,0 \text{ ml}}{5,0 \text{ ml}} = 2 = \frac{2x}{z} \quad (1 \text{ p.})$$

$$\frac{n(H_2O)}{n(CO_2)} = \frac{V(H_2O)}{V(CO_2)} = \frac{25,0 \text{ ml}}{10,0 \text{ ml}} = 2,5 = \frac{y}{2x} \quad (2 \text{ p.})$$

$$\frac{n(CO_2)}{n(C_xH_yN_z)} = \frac{V(CO_2)}{V(C_xH_yN_z)} = \frac{10,0 \text{ ml}}{10,0 \text{ ml}} = 1 = \frac{2x}{2} \quad (1 \text{ p.})$$

Ratkaistaan x , z ja y yhtälöistä:

$$x = 1$$

$$2 = \frac{2x}{z} \quad z = 1$$

$$2,5 = \frac{y}{2x} \quad y = 5 \quad (3 \text{ p.})$$



Amiini on metyyliamiini (1 p.)

MAOLin kommentteja:

- Ratkaisussa valittu mielekkäät olosuhteet (esim. NTP) ja laskettu ainemäärät, ei vähennystä.
- Yleinen virhe: Ei huomioitu stoikiometrisia kertoimia hiilidioksidille $2x$.

Jos vastauksena $4\text{C}_2\text{H}_5\text{N}_1(\text{g}) + 13\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 8\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{N}_2(\text{g}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, hiilidioksidin kerroin huomioitu väärin, **max 5 p.**

Virheellinen ratkaisu etenisi esim. seuraavanlaisesti:



$$\frac{n(\text{N}_2)}{n(\text{N}_2)} = \frac{5,0 \text{ ml}}{5,0 \text{ ml}} = 1$$

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{N}_2)} = \frac{10,0 \text{ ml}}{5,0 \text{ ml}} = 2$$

$$\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{N}_2)} = \frac{25,0 \text{ ml}}{5,0 \text{ ml}} = 5$$

$$z = 1, y = 5 \text{ ja } x = 2 \quad (\text{tulisi olla } 2x = 2, \text{ jolloin } x = 1)$$

