

MAOL:n pistesuositus kemian reaalikokeen tehtäviin keväällä 2009.

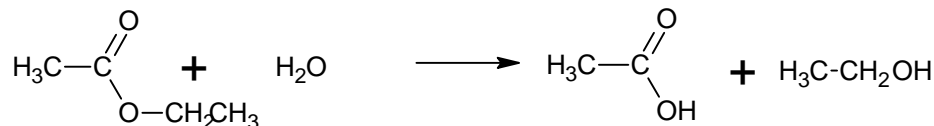
- Tehtävän eri osat arvostellaan 1/3 pisteen tarkkuudella ja loppusumma pyöristetään kokonaisiksi pisteiksi. Tehtävän sisällä pieniä puutteita voi korvata jonkin muun kohdan tavallista syvällisemmällä käsittelyllä. Kemian kannalta epätäsmällisestä kielenkäytöstä, huolimattomasti piirretyistä orgaanisten yhdisteiden rakennekaavoista tai huolimattomasta kaavojen kirjoittamisesta sekä virheellisistä nimistä vähennetään 0 – 1 p.
- Pieni laskuvirhe tai likiarvojen huolimaton käyttö aiheuttaa 1/3 – 1 pisteen vähennyksen.
- Selventävien kuvien ja kaavioiden käyttö on suositeltavaa. Sanallisissa vastauksissa tulee käyttää myös kemiallisia kaavoja. Yleensä vastaukset tulee perustella.
- Jos vastauksena pyydetään reaktioyhtälöä, sen tulee olla esitettynä ilman hapetuslukuja pienimmin mahdollisin kokonaislukukertoimin ja olomuodoilla varustettuna. Orgaanisissa reaktioyhtälöissä käytetään rakennekaavoja, mutta ei vaadita olomuotoja.

1.

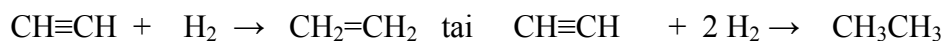
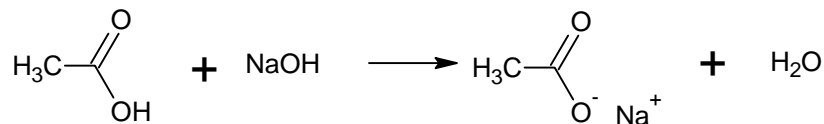
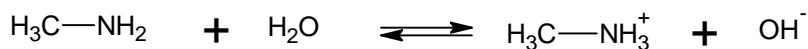
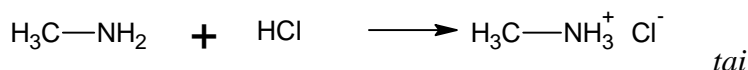
Oikea valinta 1/3 p. ja perustelu 2/3 p.

A	B
etaani	substituutio
asetaldehydi	hapettuminen
etyyliasetatti	hydrolyysi
etikkahappo	suola (reagoi emäksen kanssa)
metyyliamiini	emäs (muodostaa suolan)
etyyni	hydraus

Reaktioyhtälöt:



(happokatalyyysi, esimerkiksi rikkihappo tai fosforihappo)



yhteensä 6 pistettä

Muitakin perusteltuja ja oikeita reaktioyhtälöitä hyväksytään.

Jos korvautumisreaktion tuotteena H_2 , -1/3 p.

2. a) Reaktioyhtälöt:



Olomuodot puuttuvat tai kopioitu väärin - 1/3 p.

b) Ammoniumnitraatti hajoaa typpikaasuksi:

$$n(\text{N}_2) = \frac{35,0\text{mg}}{28,02\text{g/mol}} = 1,249\text{...mmol}$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{N}_2)$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 1,249\text{... mmol} \cdot 80,052\text{ g/mol} = 99,99\text{... mg} \quad 1\text{p}$$

Ammoniumnitraatti hajoaa dityppioksidiksi:

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = (626 - 99,99\text{...})\text{ mg} = 526,0\text{...mg} \quad 1\text{p}$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = \frac{526,0\text{mg}}{80,052\text{g/mol}} = 6,570\text{... mmol}$$

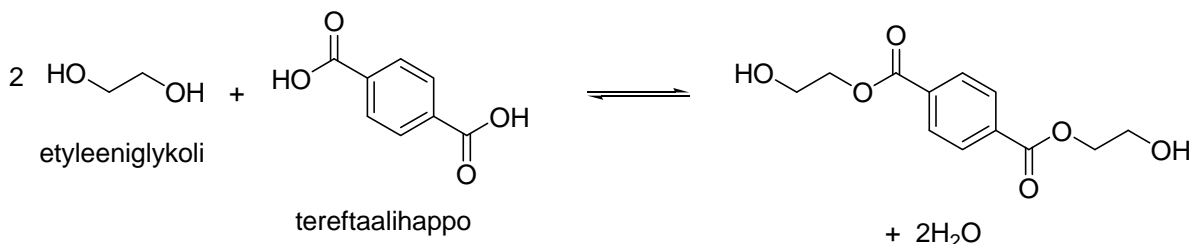
$$n(\text{N}_2\text{O}) = n(\text{NH}_4\text{NO}_3) \quad 1\text{p}$$

$$m(\text{N}_2\text{O}) = 6,570\text{... mmol} \cdot 44,02\text{ g/mol} = 289,2\text{...mg} \approx \mathbf{289\text{ mg}} \quad 1\text{p}$$

yhteensä 6 pistettä

Jos reaktioyhtälöissä virheitä, mutta laskut muuten oikein, enintään 4 p.

3. a) ja b)



Rakennekaavoista 1/3 p + 2/3 p ja reaktioyhtälöstä 3 p.

Jos reaktioyhtälö kirjoitettu vain tereftaalihapon ja yhden etyleeniglykolimolekyylin esteröitymisestä, -1 p

(Varsinaisessa PET-polymeerissä etyleeniglykolin ja tereftaalihapon suhde on 1 : 1.) 4 p

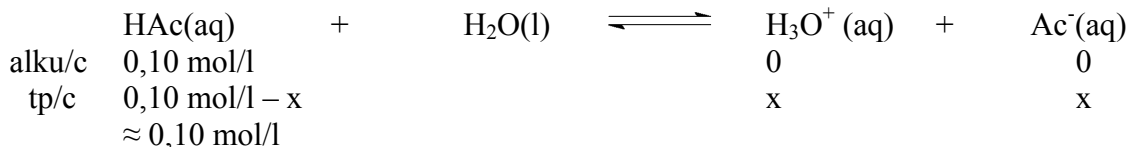
c) Kertamuoveja ei voi lämmittämällä muovata uudelleen. Polymeeriketjut kytkeytyvät toisiinsa vahvoihin sidoksiin kestäväksi verkkomaiseksi rakenteeksi. Jos kertamuovia lämmitetään, se ei pehmene, vaan edelleen kuumennettaessa hajoaa.

Kestumuoveissa polymeeriketjujen välillä esiintyy heikkoja sidoksia, jotka katkeavat lämmitettäessä. Tällöin polymeeriketjut voivat liukua toistensa ohi ja muovi muovautuu.

Varsinaiset polymeeriketjut säilyvät muuttumattomia. Kun muovi jäähtyy, sidokset muodostuvat polymeeriketjujen välille uudelleen.

PET on polyesteri, joka muodostuu pitkistä lähes poolittomista polymeeriketjuista, joiden välillä on heikkoja sidoksia. 2 p

4. a)



$$K_a = \frac{[H_3O^+][Ac^-]}{[HAc]} \rightarrow \frac{x \cdot x}{0,10 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$x^2 + 1,8 \cdot 10^{-5} x - 1,8 \cdot 10^{-5} = 0$$

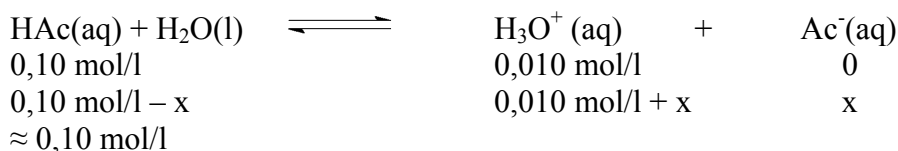
$$x = 1,3326 \cdot 10^{-3} \quad (x = -1,35067 \cdot 10^{-3} \text{ ei käy})$$

Tai

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a [HAc]} \approx \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,10} \text{ mol/l} = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} \quad 1 \text{ p}$$

$$\text{Dissosiaatioaste (protolyysiaste)} = \frac{1,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}}{0,10 \text{ mol/l}} = 1,34 \cdot 10^{-2} \approx \mathbf{1,3\%} \quad 1 \text{ p}$$

b) Etikkahapon lisäys HCl-liuokseen:



$$K_a = \frac{[H_3O^+][Ac^-]}{[HAc]} = \frac{(0,010 + x)x}{0,10 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5} \quad 1 \text{ p}$$

$$x^2 + (0,010 + 1,8 \cdot 10^{-5})x - 1,8 \cdot 10^{-6} = 0 \quad 1 \text{ p}$$

$$x = 1,7656 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \quad (x = -0,01019, \text{ ei kelpaa}) \quad 1 \text{ p}$$

$$\text{Dissosiaatioaste (protolyysiaste)} = \frac{1,77 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}}{0,10 \text{ mol/l}} = 1,77 \cdot 10^{-3} \approx \mathbf{0,18\%} \quad 1 \text{ p}$$

Jos approksimaatiot perustelematta, -1 p.

5. a) Elektronegatiivisuus kuvaa sitoutuneen atomin kykyä vetää puoleensa sidoksen elektroneja. Mitä suurempi on alkuaineen suhteellinen elektronegatiivisuusarvo, sitä voimakkaammin se vetää puoleensa sidoselektroneja. Atomin koko ja ytimen varaus vaikuttavat elektronegatiivisuuteen. 2p

b) Kahden atomin välisen sidoksen poolisuus voidaan päätellä niiden elektronegatiivisuusarvojen erotuksesta. Molekyylin poolisuus riippuu poolisten sidosten lukumäärästä ja molekyylin muodosta. Molekyylin poolisuuden lisääntyessä liukoisuus veteen kasvaa ja yhdisteen sulamis- ja kiehumispisteet nousevat (vrt. olomuoto).

- Kun elektronegatiivisuusarvojen erotus on nolla, muodostuva sidos on pooliton. Esimerkkinä alkuaineet, joiden kaksiatomiset molekyylit ovat täysin poolittomia ja molekyyliden välillä on vain heikkoja dispersiovoimia.

- Elektronegatiivisuuseron kasvaessa sidoksen poolisuus kasvaa. Poolisia sidoksia sisältävä yhdiste voi olla pooliton, jos varausjakauma molekyylissä on symmetrinen. Esim. metaani ja hiilidioksidi ovat poolittomia.

- Jos molekyylissä on poolisia kovalenttisia sidoksia ja molekyylin varausjakauma on epäsymmetrinen, molekyyli on poolinen, esim. vesi.

- Kun elektronegatiivisuuksien ero kasvaa, sidoksen ioniluonne lisääntyy. Ioniyhdisteet ovat kiinteitä, yleensä veteen hyvin liukenevia, esim. NaCl.

4p

Myös muita ominaisuuksia (haihtuvuus, pintajännitys ym.) voidaan tarkastella.

Jos elektronegatiivisuus on määritelty vain alkuaineen ominaisuutena toteamatta sitoutuneisuutta, -1 p.

6. a) 100 grammassa yhdistettä

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) = \frac{87,8\text{g}}{12,01\text{g/mol}} : \frac{0,82\text{g}}{1,001\text{g/mol}} : \frac{11,4\text{g}}{14,01\text{g/mol}}$$

$$= 7,311\text{ mol} : 0,819\text{ mol} : 0,813\text{ mol}$$

Jakamalla luvulla 0,813 saadaan $n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{N}) \approx 9\text{ mol} : 1\text{ mol} : 1\text{ mol}$

1 p

Empiirinen kaava $(\text{C}_9\text{HN})_n$ tai C_9HN

1 p

b) Yhdisteen hiili palaa täydellisesti hiilidioksidiksi

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{0,403\text{l}}{22,41\text{l/mol}} = 0,01798\text{mol}$$

$$n(\text{C}_9\text{HN}) \rightarrow 9 n(\text{CO}_2)$$

$$\text{Empiirisestä kaavasta } M(\text{C}_9\text{HN}) = 123,108\text{ g/mol}$$

1 p

$$\frac{0,403\text{l}}{22,414\text{l/mol}} = \frac{9 \cdot 0,246\text{g}}{n \cdot 123,108\text{g/mol}}$$

josta $n \approx 1 \rightarrow$ Molekyylikaava: C_9HN

1 p

c) Lineaarisen molekyylin rakennekaava $\text{H-C}\equiv\text{C-C}\equiv\text{C-C}\equiv\text{C-C}\equiv\text{C-C}\equiv\text{N}$

2 p

Jos molekyyliä ei ole piirretty lineaariseksi, -1 p.

7. a) Mineraalisuola sisältää magnesiumsulfaattia ja kaliumkloridia.

- Sulfaatti-ioni voidaan todeta saostamalla se niukkaliukoisena sulfaattina esim. bariumsulfaattina.
- Kalium voidaan todeta liekkikokeella koboltilasin läpi.

Jompikumpi tapa tai muu perusteltu menetelmä

2p

b) Analyysi

- Suolanäyte punnitaan tarkasti ja liuotetaan tislattuun veteen.
- Kirkkaaseen liuokseen lisätään riittävästi bariumkloridiliuosta (tms. runsasliukoista Ba^{2+} -suolaliuosta).
- Muodostunut bariumsulfaattisaostuma suodatetaan, kuivataan ja punnitaan.
- Saostuman massasta voidaan laskea sulfaatti-ionien massa ja edelleen sulfaatti-ionien massaprosenttisuus.

1p

1p

1p

Myös muu järkevä määrittäminen hyväksytään (esim. kloridi-ionin määrittämisen avulla voidaan laskea sulfaatti-ionien massaprosenttinen osuus).

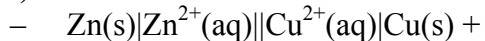
c) Jodi on välttämätön alkuaine kilpirauhasen tuottamien hormonien synteesille.

Suolavalmisteesiin lisätty kaliumjodidi turvaa tarvittavan jodin saannin.

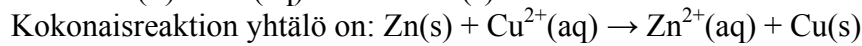
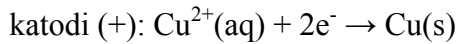
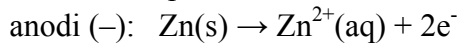
1p

(Kilpirauhasen vajaatoiminta aiheuttaa struuman. Verenkierrossa jodi kulkee ionimuodossa ja hapettuu kilpirauhasessa molekulaarisiksi jodiksi. Elimistöön joutuva jodi keräytyy kilpirauhaseseen, joka tuottaa elimistölle tärkeää kilpirauhashormonia eli tyroksiinia.)

8. a)



Elektrodeilla tapahtuvat reaktiot:



1p

1p

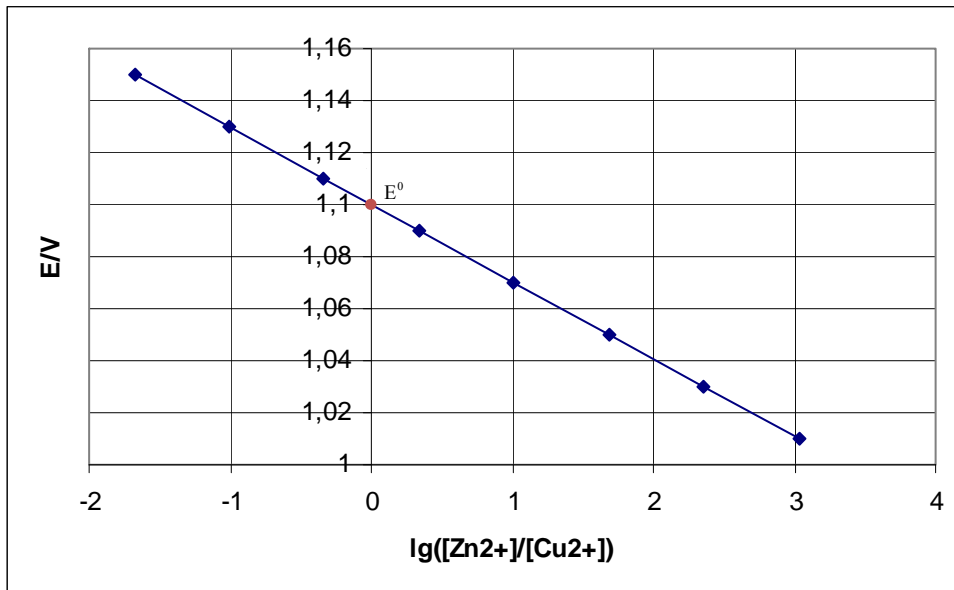
1p

Anodi/katodi – käsitteitä ei vaadita. Jos elektrodien varaukset väärinpäin, -1p.

Olomuotomerkinnot puuttuvat -1/3 p.

Hyvin selitetty piirros kennokaavion tilalla, enintään 2/3p.

b)



Kuvaaja piirretty oikein

Luettu kuvaajalta $E^0 = 1,10 \text{ V} \pm 0,005 \text{ V} \approx \mathbf{1,10 \text{ V}}$

1p

1p

Jos akselit väärinpäin -1/3p.

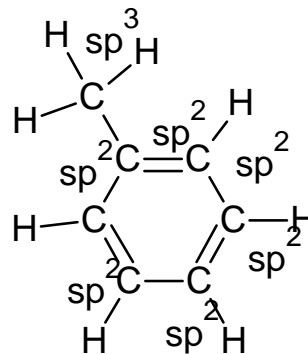
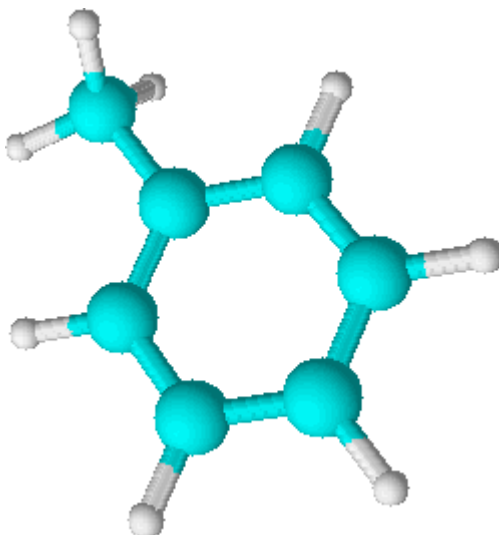
Jos pistettä ei ole merkitty kuvaajalle -1/3p.

Jos E^0 on laskettu kuvaajaa käyttämättä, -1p.

c)
$$E = E^0 - 0,0296 \text{ V} \cdot \lg \frac{[1,00 \text{ M}]}{[0,025 \text{ M}]} = 1,05 \text{ V}$$

1p

9. a)



Bentseenirenkaan hiiliatomit ovat sp^2 -hybridisoituneet, metyyliryhmän hiiliatomi on sp^3 -hybridisoitunut

1p

b) Kaikki hiiliatomien väliset kulmat ovat 120° .

1p

c) Kaikki hiiliatomit ja bentseenirenkaaseen liittyneet vetyatomit ovat samassa tasossa.

Perustelu sp^2 -hybridisaatiolla

1p

1p

(Vain metyyliryhmän vetyatomit ainoastaan ovat eri tasossa.)

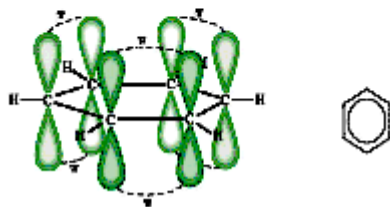
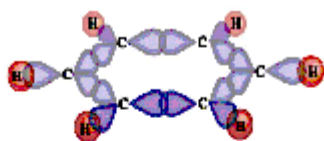
d) Bentseenirenkaan hiiliatomien väliset sidospituudet ovat yhtä pitkiä.

1p

Bentseenirenkaassa hiiliatomien väliset sidokset muodostuvat sp^2 -hybridiorbitaalien σ -sidoksista ja π -sidoselektronien muodostamasta delokalisoituneesta systeemistä.

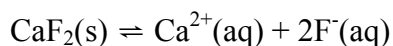
1p

(Metyyliryhmän hiiliatomin ja bentseenirenkaan hiiliatomien välinen sidos on pidempi.)



Jos todettu että kaikki sidokset yhtä pitkiä, -2/3p.

10. a) Kalsiumfluoridin kylläisessä vesiliuoksessa vallitsee tasapaino



alku (M) (x) 0 0

tasap.(M) - x 2x

Reaktioyhtälön perusteella $[\text{Ca}^{2+}] = \frac{1}{2} [\text{F}^{-}]$ ja $K_L = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{F}^{-}]^2$

1p

$\frac{1}{2} [\text{F}^{-}] \cdot [\text{F}^{-}]^2 = \frac{1}{2} \cdot [\text{F}^{-}]^3 = 3,9 \cdot 10^{-11} (\text{mol/l})^3 \rightarrow [\text{F}^{-}] = 4,27 \dots \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx \underline{\underline{4,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}}}$

1p

b) Kun kylläiseen liuokseen lisätään Ca^{2+} -ioneja (reaktiotuotetta), tasapainotila siirtyy lähtöaineiden suuntaan, jolloin liuoksen fluoridi-ionin konsentraatio pienenee.

Perustelu Le Châtelier-periaatteen mukaan tai liukuosuustulon avulla.

1p

c) Fluoridi-ioni on heikko emäs ja vetykloridi vahva happo. Kun kylläiseen liuokseen lisätään vetykloridia, osa fluoridi-ioneista reagoi vetyfluoridiksi:



1 p

Tällöin liuoksen fluoridi-ionin konsentraatio pienenee ja tasapainotilan saavuttamiseksi kalsiumfluoridia liukenee enemmän, ts. liukoisuus kasvaa (Le Châtelier).

1p

11. Tunnettu säteily absorboituu kulkiessaan näytteen läpi tai säteilyä emittoituu, kun näytettä on viritetty.

Spektroskopia tutkii aineen rakennetta sen sitoman tai lähettämän sähkömagneettisen säteilyn avulla. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituus voi vaihdella gammasäteilystä radioaaltoalueelle, mutta tavallisesti spektrometrisissa menetelmissä tulevat kyseeseen aallonpituudet, jotka ovat ultravioletin, näkyvän valon(optisen), infrapunaisen ja radiotaajuisen (NMR) säteilyn alueilla. Myös röntgensäteilyä käytetään.

Röntgensäteily	Sisäkuorella olevien elektronien siirtymiset
UV-säteily	Ulkokuorella olevien elektronien siirtymiset
IR-säteily	Molekyylien värähtelyt: venytykset ja taivutukset
Radioaallot (NMR)	Atomiytimen käyttäytyminen magneettikentässä

Seuraavista yksi hyvin selitetty menetelmä 2 – 4 p, muista 1 – 2 p/menetelmä.

UV-spektroskopia (ultraviolettispektroskopia)/ näkyvän valoalueen spektroskopia

UV-spektroskopiaa käytetään yleisesti kvantitatiiviseen tutkimukseen. Tuloksen saamiseksi tarvitaan vertailu- eli standardinäytteitä, joissa määritettävän aineen pitoisuus tunnetaan. Vertailunäytteiden avulla saadaan mitattua ominaisuuden, esimerkiksi valon absorption voimakkuuden (yhteydessä esimerkiksi liuoksen värin intensiteettiin), ja näytteen pitoisuuden välinen riippuvuus, jota kuvataan standardisuoralla. Kun mitataan tuntemattoman näytteen absorptio ja sijoitetaan se suoralle, voidaan suoralta lukea, kuinka paljon näyte sisältää tutkittavaa ainetta. Karkeasti tulos voi olla luettavissa myös visuaalisesti (kolorimetria).

IR-spektroskopia (infrapunaspektroskopia)

IR-spektrien avulla voidaan selvittää orgaanisissa molekyyleissä olevien funktionaalisten ryhmien olemassaoloa. Molekyylissä tapahtuvat sidosvärähtelyenergiat vastaavat sähkömagneettisen säteilyn infrapuna-aallonpituusalueella. Esimerkiksi hiilidioksidimolekyylissä ovat kolmenlaiset sidosvärähtelyt mahdollisia: epäsymmetrinen venytys, symmetrinen venytys ja taivutus. Kullakin aineella on sille ominainen IR-spektri. Vertaamalla tutkittavan aineen spektriä tunnetun aineen spektriin nähdään, onko kyseessä sama yhdiste tai onko yhdisteillä samoja funktionaalisia ryhmiä.

NMR-spektrometria (ydinmagneettinen resonanssi-spektrometria)

Säteilyn aallonpituus: radioaallot ja perustuu siihen, että tietyt atomiytimet, kuten vetyatomit käyttäytyvät pienten magneettien tavoin.

Tärkein menetelmä on analysoida orgaanisten molekyylien rakennetta.

- ^1H -NMR: tutkitaan molekyylissä olevien vetyatomien (protonien) määrää. Esimerkiksi metaanin NMR-spektrissä on vain yksi piikki, mutta etanolin spektrissä on kolme piikkiä, koska siinä kolme erilaista atomiryhmää: CH_3 -, CH_2 ja OH -ryhmä.
- ^{13}C -NMR: tutkitaan molekyylissä olevien hiiliatomien määrää ja laatua.

Röntgendiffraktio

Röntgendiffraktiolla tutkitaan aineiden rakennetta, koostumusta ja kiteisyyttä. Säteilyn sirontakulma riippuu diffraktoivien tasojen välimatkasta (Braggin laki). Mittauksen perusteella voidaan laskea atomien väliset etäisyydet sekä sidoskulmat ja piirtää molekyylin kuva ja järjestäytyminen muiden samanlaisten molekyylien kanssa kiteessä. Röntgendiffraktiota käytetään muun muassa mineraalien ja kemiallisten yhdisteiden tunnistamisessa sekä uusien materiaalien rakenteen tutkimuksessa. Yleensä hyvin tarkkaa tietoa kiderakenteesta saa vain yksittäiskiteestä tehdyistä mittauksista.

Lisäksi esimerkiksi AAS(atomiabsortiospektroskopia):n ja ESR(elektroni-spin resonanssi):n tai NGR(ytimen gammaresonanssin):n mainitseminen voi korvata puutteita jonkin oleellisen kohdan esityksessä.

Jos on selitetty massaspektroskopiaa tai muita asiaan kuulumattomia menetelmiä, -1 p - -4 p.

- +12 Happipitoisuuden vaikuttavat ensisijaisesti kasviplanktonin ja vesikasvien yhteyttämisreaktion nopeus, hapen kulutus ja hapen liukeneminen pintaveteen. 1p
- Tarkasteltu yhteyttämisreaktion nopeuteen vaikuttavia tekijöitä:
- veden lämpötila (vuodenaika, kerrostuneisuus)
 - ravinnepitoisuus (valuma-alue ja ilmasta tulevat ravinteet)
 - valo (syvyys ja planktonin määrä) 1 – 2p
- Tarkasteltu hapen kulutukseen vaikuttavia tekijöitä:
- vesieliöiden hengitys ja eloperäisen aineen hajotustoiminta
 - eloperäisen aineen ja ravinteiden määrä
 - lämpötila 1 – 2p
- yhteensä 4 p

(Kemiallinen ja biologinen hapenkulutus ja pohjasedimentin biologinen hapenkulutus alentavat veden happipitoisuutta. Rehevöityminen lisää eloperäisen aineksen määrää vedessä ja sen vajoamista pohjalle. Tällöin hapenkulutus pohjasedimentissä lisääntyy ja veden happitilanne heikkenee. Hapen liukeneminen pintaveteen (päälysveteen) riippuu tuulista, virtauksesta ja veden lämpötilasta. Talvella jääpeite estää hapen liukenemisen ilmasta. Hapen liukoisuus veteen kasvaa lämpötilan laskiessa.

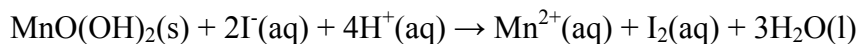
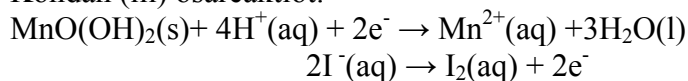
Keväällä ja syksyllä tapahtuva ns. täyskierto hapettaa koko vesimassan ja järvien happivarastot täydentyvät. Talvella päälysveden lämpötila on useimmiten 0,5 – 1 °C ja happipitoisuus päälysvedessä 12 – 13 mg/l. Kesäisin kun päälysveden lämpötila on 18 – 20 °C, on normaali happipitoisuus 8 – 9 mg/l. (Rehevissä järvissä levien voimakas perustuotanto voi aiheuttaa päälysveteen hapen ylikyllästykseen. Tällöin veteen vapautuu happea enemmän kuin siihen voi liueta.)

Koska järvi on vähäravinteinen, hapen kulutus talvella ei ole voimakasta. Kylmään päälysveteen on syksyllä liuennut runsaasti happea. Pieni eloperäisen aineen määrä ja matala lämpötila hidastavat happea kuluttavien reaktioiden etenemistä. Kesällä perustuotanto ei ole voimakasta, koska planktonia on vähän. Lämpimässä vedessä happea kuluttavat prosessit nopeutuvat.)

b)

- (i) $\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2(\text{s})$ 2/3 p
- (ii) $2\text{Mn}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{MnO}(\text{OH})_2(\text{s})$ 2/3 p
- (iii) $\text{MnO}(\text{OH})_2(\text{s}) + 4\text{H}^{+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 1 p
- (iv) $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{I}^{-}(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$ 2/3 p

Kohdan (iii) osareaktiot:



c) Reaktioyhtälöistä (ii) ja (iii):

$$n[\text{MnO}(\text{OH})_2] = n(\text{I}_2) \quad \text{ja} \quad n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{I}_2)$$

$$n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1}{2} \cdot 0,010 \text{ mol/l} \cdot 12,9 \text{ ml} = 0,0645 \text{ mmol} \rightarrow n(\text{O}_2) = 0,03225 \text{ mmol} \quad 1 \text{ p}$$

$$\text{Happipitoisuus: } (0,03225 \text{ mmol} \cdot 32,00 \text{ g/mol}) / 100 \text{ ml} = 0,01032 \text{ g/l} \approx \underline{\underline{10,3 \text{ mg/l}}} \quad 1 \text{ p}$$

yhteensä 9 p

Hyväksytään myös tulos 0,323 mmol/l.