

KEMIAN SIVUT

Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, syksy 1998

[1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | [5](#) | [6](#) | [7](#) | [+8](#) | [kysymykset \(erilliseen selainikkunaan\)](#)

1. a) Puhdas aine ja seos

Puhdas aine on joko alkuaine tai kemiallinen yhdiste, esim. O₂, H₂O. Useimmat aineet, joiden kanssa olemme tekemisissä, ovat seoksia. Mm. vesijohtovesi on liuos, ilma taas kaasuseos ja käyttömetallit lejeerinkejä.

b) Vahva happo on (Brønstedin teorian) mukaan aine, joka on vesiliuoksessaan täysin protolysoitunut, esim. HCl, HNO₃ ja H₂SO₄. **Syövyttävä happo** on aine, jolla on tietty kemiallinen vaikutus esim. metalliin, lasiin, nahkaan jne. Syövyttävän hapon ei tarvitse olla vahva happo: em. vahvojen happojen ohella esim. CH₃COOH ja HF ovat syövyttäviä happoja. Syövyttävä happo voi olla myös happoseos (esim. kuningasvesi).

c) Emäs (Brønstedin mukaan) on aine, joka voi ottaa vastaan protonin, esim. OH⁻, NH₃, HSO₄⁻ ovat emäksiä vesiliuoksessa. **Emäksinen vesiliuos** on vesiliuos, jonka pH >7. Tällaisessa liuoksessa on enemmän OH⁻-ioneja kuin H₃O⁺-ioneja.

d) Amorfinen aine on kiinteää ainetta, jonka rakenneyksiköillä ei ole säännöllistä järjestystä. Atomien väliset sidokset ovat eripituisia (ja erivahvuisia). Tämän takia amorfiselle aineella ei ole terävää sulamispistettä, vaan se pehmenee vähitellen lämmitessään, kuten esim. lasi. **Kiteisen aineen** rakennehiukkaset (ionit, molekyylit tai atomit) ovat säännöllisessä järjestyksessä ja sulamispiste on useimmiten terävä, esim. NaCl, metallit, monet orgaaniset yhdisteet (jotka tosin saattavat kuumennettaessa hajota sulamatta).

e) Galvaaninen kenno on virtalähde, esim. kuivapari. **Elektrolyysikenno** on sähköpari, jossa sähkövirta saa aikaan kemiallisen reaktion, esim. kloorin valmistuksessa käytetyt kennot (NaCl-sulatteen tai liuoksen elektrolyysi), kuparin elektrolyyttiseen puhdistukseen käytetyt kennot.

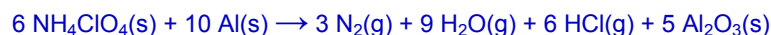
f) Isomeerit ovat yhdisteitä, joiden molekyyllissä (tai kompleksi-ionissa) on samat atomit mutta eri järjestyksessä. Esim. CH₃CH₂OH (etanoli) ja CH₃-O-CH₃ (dimetyylieetteri) ovat toistensa isomeerejä.

Isotoopit ovat saman alkuaineen erimassaisia atomeja: niillä on ytimessään yhtä monta protonia mutta eri määrä neutroneja. Esim. Vety H (1 protoni, ei yhtään neutronia) ja raskas vety D (yksi protoni ja yksi neutroni).

2. a) Reaktion on oltava "räjähdysreaktio", ts. nopea, eksoterminen ja pääosin kaasumaisia tuotteita synnyttävä. Lähtöaineseoksessa on tarpeen happea sisältävä helposti hajoava yhdiste, jotta reaktio pääsee nopeasti alulle. Lähtöaineiden keveys on myös etu.

b) 236 dm³

Ratkaisu



$$n(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 412 \text{ g} : 117,49 \text{ g/mol} = 3,507 \text{ mol}$$

$$n(\text{Al}) = 175 \text{ g} : 26,98 \text{ g/mol} = 6,486 \text{ mol}$$

Alumiinia on ylimäärin.

$$M(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 117,49 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}$$

$$n = m : M$$

Ekvivalentti ainemäärä olisi $(10 : 6) \cdot 3,507 \text{ mol} = 5,845 \text{ mol}$.

Lasketaan siksi kaasujen ainemäärä $n(\text{NH}_4\text{ClO}_4)$:n perusteella:

$$n(\text{kaasut}) = (3 + 9 + 6) : 6 \cdot n(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 3 \cdot 3,507 \text{ mol} = 10,52 \text{ mol}$$

$$V(\text{kaasut})_{\text{NTP}} = 10,52 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 236 \text{ dm}^3$$

3. Rikkihappo on vahva happo ja hapetin. Sen käyttö perustuu pääosin näihin ominaisuuksiin.

Eniten rikkihappoa käytetään lannoitteiden teolliseen tuotantoon. Niukkaliukoinen kalsiumfosfaatti $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ muutetaan rikkihapolla liukoiseksi divetyfosfaatiksi $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, jota tarvitaan superfosfaatilannoitteiden valmistukseen. Rikkihaposta ja ammoniakista valmistetaan ammoniumsulfaattia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, jota käytetään myös lannoitteissa ja lisäksi mm. veden käsittelyyn ja nahan parkitsemiseen. Rikkihappo on tarpeen väriaineiden, räjähteiden, pesuaineiden (sulfonihappojen), muovien, tekokuitujen ja toisten happojen (esim. H_3PO_4 ja kuiva HCl) valmistuksessa. Rikkihapolla on laajaa käyttöä metallurgiassa, mm. teräksen valmistuksessa. Muita käyttökohteita: lyijyakkujen elektrolyyttiliuokset, alumiinisulfaatin $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ja Glauber-suolan Na_2SO_4 valmistus.

Neutralointiin tarvitaan **2 800 kg** Na_2CO_3

Ratkaisu



$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,93 \cdot 1,5 \text{ m}^3 \cdot 1,84 \text{ kg/l} = 2 566,8 \text{ kg}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 566,8 \cdot 10^3 \text{ g} : 98,08 \text{ g/mol} = 26 170 \text{ mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4)$$


$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 26 170 \text{ mol} \cdot 106,0 \text{ g/mol} = 2 774 070 \text{ g} = 2 800 \text{ kg}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106,0 \text{ g/mol}$$

$$1,5 \text{ m}^3 = 1500 \text{ l}$$


4. a) Kuvassa on hydratun sitostanolin ja öljyhapon esteri. Asymmetriset hiiliatomit merkitty tähdellä. Vastaukseen riitti *yhdän* asymmetrisen hiiliatomin merkitseminen kaavaan.

 esterin rakennekaava

b) Asymmetriseen hiiliatomiin on sitoutunut neljä erilaista atomia tai atomiryhmää. Tällaisen C-atomin (tai -atomeja) sisältävä yhdiste on optisesti aktiivinen eli se kääntää tasopolaroidun valon värähtelytasoa. Asymmetrinen hiiliatomi tekee molekyylistä kiraalisen: jokaista asymmetristä hiiliatomia kohti on kaksi optista isomeeriä, D- ja L-isomeerit (R ja S), jotka kääntävät valon värähtelytasoa päinvastaisiin suuntiin ja ovat toistensa peilikuvia. Entsyymien katalysoimissa reaktioissa tavallisesti vain toinen isomeeri pystyy reagoimaan.


5.

Sykloheksaani C_6H_{12} on *tyydyttynyt rengasrakenteinen hiilivety* ja bentseeni C_6H_6 on 6 vetyatomia vähemmän sisältävä *aromaattinen hiilivety*. Bentseeni ei kuitenkaan reaktioissaan muistuta tyydyttymätöntä yhdistettä: additio (esim. hydraus) tapahtuu vaikeasti mutta substituutio suunnilleen yhtä helposti kuin sykloheksaaniin.

 rakennekaavoja

Sykloheksaanin venemuodossa C-atomeihin 1 ja 4 sitoutuneet H-atomit joutuvat lähemmäs toisiaan kuin tuolimuodossa. Tästä syystä venemuoto ei ole niin stabiili kuin tuolimuoto.

Sykloheksaanin rengas muodostuu (sp^3 -hybridisoituneista) hiiliatomeista yksinkertaisin sidoksin. C-atomeista lähtevät sidokset suuntautuvat tetraedrisesti, joten *sidoskulmat ovat noin 109,5 °*. Tästä syystä *sykloheksaanirengas ei ole tasomainen*. Yksinkertaisessa C–C-sidoksessa C-atomit pääsevät kiertymään sidosakselin ympäri, minkä seurauksena hiiliketju voi asettua eri konformaatioihin. Näin on myös sykloheksaanissa, jossa kuitenkin rengas rajoittaa kiertymistä osittain. Sykloheksaanin tärkeimmät konformaatiot ovat *tuoli-* ja *venemuoto*, joista tuolimuoto on energeettisesti edullisempi.

 bentseenin rakenne

Bentseenissä hiilirenkaan ylä- ja alapuolelle muodostuu yhtenäinen renkaan muotoinen π -elektronipilvi (orbitaali), kun tavalliseen sp^2 -hybridisaatioon kuuluvat p_y -orbitaalit yhtyvät.

Bentseenissä C_6H_6 hiiliatomit (sp^2 -hybridisoituneet) liittyvät toisiinsa sidoksin, jotka ovat pituudeltaan ja energialtaan yksinkertaisen sidoksen ja kaksoissidoksen välillä (pituus bentseenissä on 139 pm, C=C-sidos 134 pm, C–C-sidos 154 pm, energiat vastaavasti 518 , 612 ja 348 kJ/mol).

Bentseenin *sidoskulmat ovat kuitenkin samat kuin kaksoissidoksen C-atomeilla eli 120 °*. *Rengasrakenne on tasomainen*. C-atomien hybridisoitumattomista p-orbitaaleista muodostuu renkaan ylä- ja alapuolelle *elektronipilvi*, jossa on 6 elektronia tasaisesti jakautuneina kaikkien C-atomien läheisyyteen. Tämä selittää bentseenille tyypilliset reaktiot ja rakenteen stabiiliuden. Bentseenin rakennetta kuvataan *resonanssimuodoilla*, joissa kaksoissidokset ovat vuorotellen eri C-atomien välillä tai piirtämällä rengas C-C-sidoksista syntyvän kuusikulmion sisään.

HUOM. Hybridisaatiotyypin mainitsemista ei vaadittu. Arvot ovat taulukkokirjasta.

-
6. a) **Katalyytti** nopeuttaa reaktiota vaikka ei vaikutakaan tasapainoaseman loppukonsentraatioihin. Katalyytillä voidaan myös estää sivutuotteiden muodostumista (toinen katalyyttivalinta tuottaisi esim.

glykolia).


Le Châtelier'n periaatteen mukaisesti:

Matala lämpötila. Reaktio on eksoterminen ($\Delta H = -90,2$ kJ), joten matala lämpötila suosii tuotteiden muodostumista.

Korkea paine. Reaktio tapahtuu kaasufaasissa, jolloin korkea paine edistää kaasumolekyylien lukumäärän vähenemistä. Tuotteen muodostuessa kolmesta molekyylistä tulee yksi molekyyli.

b) $K = 24$ (l/mol)²

Ratkaisu

| | | | | |
|---------------|---|---|---------------------------|---------|
| | $\text{CO(g)} + 2 \text{H}_2\text{(g)}$ |  <small>tasapainon symboli</small> | $\text{CH}_3\text{OH(g)}$ | |
| ainemäärä n | CO(g) | H ₂ (g) | CH ₃ OH(g) | yksikkö |
| alussa | 2,0 | 1,0 | 0 | mol/l |
| tasapainossa | $2,0 - 0,18 = 1,82$ | $1,0 - 2 \cdot 0,18 = 0,64$ | 0,18 | mol/l |

Tasapainovakion lauseke:

$$K = [\text{CH}_3\text{OH}] / [\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2$$

$$K = (0,18 : 10,0 \text{ mol/l}) / (1,82 : 10,0 \text{ mol/l}) \cdot (0,64 : 10,0 \text{ mol/l})^2$$

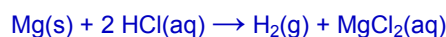
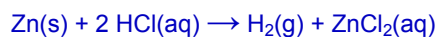
josta saadaan $K = 24 \text{ l}^2/\text{mol}^2$

$$V = 10,0 \text{ l}$$

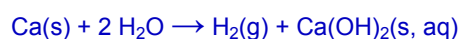
$$c = n : V$$

[Lauseke kuvana](#)

7. 1. Laboratoriossa vetyä valmistetaan useimmiten hapettamalla epäjaloa metallia laimeassa happoliuoksessa (10 % - 20 %). Hapoksi voidaan valita HCl tai jokin muu happo (myös etikkahappo käy).



Voidaan myös käyttää alkali- tai maa-alkalimetallin reaktiota veden kanssa. (Na:n reaktio on kiivas, joten se ei ole paras mahdollinen valinta.)



2. Vetykaasua syntyy myös hajotettaessa vettä elektrolyyttisesti:



Vety tunnustetaan palamisreaktion perusteella: kuuluu tyypillinen "haukahdus", kun pieni määrä vetyä palaa räjähtäen ilmaan sekoittuessaan.

Vedyn ainemäärä $n(\text{H}_2)$ lasketaan ideaalikaasun tilanyhtälöstä, kun vedyn tilavuus on määritetty. Lisäksi on tunnettava mittaushetkellä vallitseva paine (p) ja lämpötila (T).

$$n(\text{H}_2) = pV : RT \text{ (} R \text{ on yleinen kaasuvakio.)}$$

Kokeen suoritus

1. Pieniä metallirakeita (Zn tai Mg) pannaan kaasunkehityspotkeen (putkessa on huokoinen alapää) ja suljetaan putki kumitulpalla, jonka läpi on pistetty taivutettu lasiputki kaasun ulostulotieksi.

Kaasunkehityspotki tuetaan happoliuosta sisältävään (tai Ca:n tapauksessa vettä sisältävään) keitinlasiin.

Asetetaan ulostuloputken pää vesiasiaan. Kaasukuplat kerätään esim. alassuin käännettyyn vedellä täytettyyn mittalasiin (tilavuuden määrittäminen ei ole kovin tarkka).

2. Vedenhajotuslaitteistossa on kahta nurinpäin asetettua byrettiä muistuttava (mitta-asteikko ja hanat) putkiparia, jonka alaosaan asetetaan Pt-elektrodit. Laite täytetään elektrolyyttiliuoksella (esim. laimea Na_2SO_4) ja tuetaan statiivilla elektrolyyttiliuosta sisältävään astiaan (esim. keitinlasiin). Elektrodit kytketään tasajännitelähteeseen. Veden hajoamiselle $E = -1,23 \text{ V}$, mutta käytännössä tarvitaan n. $1,8 \text{ V}$:n jännite. Vety pelkistyy katodilla (-).

HUOM. Yksi valmistustapa riittää vastaukseksi.

+8. Aineet luokitellaan sähkönjohtokyvyn perusteella [johteisiin](#), [puolijohteisiin](#) ja [eristeisiin](#).

Johteet ja suprajohteet

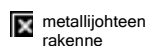
Johtavuus edellyttää sitä, että elektronit tai ionit pääsevät liikkumaan aineessa.

Metallit ovat johteita, jossa elektronit pääsevät liikkumaan lähes vapaasti mihin suuntaan tahansa. Metalliatomien uloimmalla kuorella on niukasti elektroneja. Atomien pakkautuessa yhteen yhteen metallihilaksi, elektronit eivät riitä muodostamaan kovalenttisia sidoksia vaan siirtyvät atomilta toiselle ja muodostavat ns. elektronimeren, joka voidaan ajatella myös suureksi yhteiseksi orbitaaliksi (johtavuusvyöksi). Elektronit pystyvät liikkumaan vyöllä, koska se ei ole täysin miehitetty. Metallien sähkönjohtavuus pienenee lämpötilan kohotessa, koska atomien lämpöliikkeen voimistuminen aiheuttaa elektronien sirontaa. Myös metallien kiderakenteen virheet ja epäpuhtaudet aiheuttavat tavallisissa lämpötiloissa vastaavaa resistanssin kasvua.

Grafiitin rakenteessa hiiliatomit muodostavat kerroksittain asettuvia kuusirenkaista koostuvia tasoja. Kukin hiiliatomi sitoutuu kolmeen naapuriinsa samassa tasossa. Tasojen välimatka on pitempi kuin C–C-sidos itse renkaissa. Eri kerrosten hiilirenkaat asettuvat siten, etteivät renkaiden keskuksat ole pystysuorasti kohdakkain, joten hiiliatomeista vain puolet osuu päällekkäin. Tasojen väliin jää alue, jossa elektronit vaeltavat suhteellisen vapaasti. Grafiitissa, kuten metalleissakin, sähkövirta pääsee liikkumaan mihin suuntaan tahansa. Johtavuus on kuitenkin grafiitissa parempi tasojen suuntaan kuin tasojen vastaan pystysuunnassa.

[Vrt. tehtävän 5 bentseenin rakenteeseen](#)

[Vrt. tehtävä +8/s95](#)

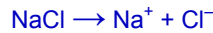


Metallijohteen rakenneperiaate Grafiitin rakenneperiaate sivulta ja kohtisuoraan tasoihin nähden

Elektrolyytit

Ioniyhdisteet purkautuvat sulatteessa ja liuetteissaan (veteen) kationeiksi ja anioneiksi, jotka liikkeessaan kuljettavat sähkövirtaa.

Esimerkki



Hapot ja emäkset muodostavat ioneja protolysoituessaan. Niiden vesiliuokset toimivat siten johteina.

Esimerkki

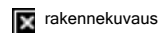
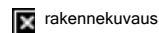


Ioniyhdisteitä, happoja ja emäksiä nimitetään *elektrolyyteiksi* ja niiden (vesi)liuoksia *elektrolyyttiliuoksiksi*. Elektrolyyttiliuosten sähkönjohtokyky riippuu mm. siitä, kuinka paljon ioneja liuoksessa on: vahvat hapot ja emäkset ovat myös vahvoja elektrolyyttejä ja heikot vastaavasti heikkoja elektrolyyttejä. Rungasliukoiset ioniyhdisteet ovat vesiliuoksissaan vahvoja elektrolyyttejä, niukkaliukoiset heikkoja. Lämmittäminen parantaa elektrolyyttien ja elektrolyyttiliuosten johtavuutta tiettyyn rajaan saakka. Elektrolyyteillä on suuri käytännön merkitys galvaanisissa ja elektrolyysikenoissa. Elimistössä hermoimpulssien kulku perustuu elektrolyyttien kuljettamaan sähkövirtaan.

Oman luokkansa johteissa muodostavat *suprajohteet*, joissa resistanssi häviää alhaisissa lämpötiloissa. Useat metallit (esim. Hg, Sn, Pb) ja lejeeringit muuttuvat suprajohtaviksi lähestyttäessä absoluuttista nolapistettä. Niitä korkeammissa lämpötiloissa suprajohteina toimivat jotkin keraamiset ei-stoikiometriset yhdisteet ja eräät dopantteja sisältävät orgaaniset molekyylit sekä fullereenit. Suprajohtavuuden mekanisme ei ole vielä aukottomasti selitetty.

Puolijohteet

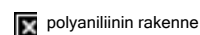
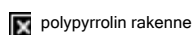
Puolijohteissa varauksenkuljettajina toimivat *elektronit* (n-tyyppin puolijohde) tai *positiiviset aukot* (p-tyyppin puolijohde). Puolijohde sähkönjohtavuus paranee lämmitettäessä.



Positiiviset aukot
p-tyyppin puolijohde

Negatiiviset elektronit
n-tyyppin puolijohde

Tyypillinen puolijohde on esimerkiksi pienillä määrillä booria (B) tai fosforia (P) dopattu pii (Si). Si-atomilla on uloimmalla kuorellaan neljä elektronia. Niinpä piiatomit muodostavat keskenään hilan tetraedrisesti suuntautunein kovalenttisin sidoksien. Hilan syntyy häiriö, kun mukaan liitetään fosforiatomi, jolla 5 elektronia uloimmalla kuorellaan, tai booriatomi, jolla on vastaavasti kolme elektronia. P:n tapauksessa ylimääräinen elektroni siirtyy hilassa atomilta toiselle. B:n tapauksessa syntyy yhden elektronin vajauksesta aukko, joka siirtyy hilassa eteenpäin (itse asiassa elektroni siirtyy ja jälkeen jää uusi aukko). Lämmittäminen auttaa kummassakin tapauksessa elektronia saamaan riittävästi energiaa siirtyäkseen. Sekä epäorgaanisissa että orgaanisissa puolijohteissa virran kulkusuuntaa rajoittaa sidosten suuntautuminen toisin kuin metallijohteessa ja grafiitissa.



Polyasetyleeni

Polypyrroli

Polyaniliini

Puolijohteina voivat toimia myös konjugoituja kaksoissidoksia sisältävät polymeeriset hiiliyhdisteet, mm. polyasetyleeni, polypyrroli ja polyaniliini. Nämäkin yhdisteet tarvitsevat dopanttia johtavuuden saavuttamiseen. Dopanttiksi sopii esimerkiksi I_2 .

Eristeet

Eristeitä ovat sellaiset aineet, joissa elektronit ovat lokalisoituneet täysille molekyyliorbitaaleille tai joissa varaukset eivät pääse liikkumaan tai joista puuttuvat rakenneyksiköiden väliset sidokset (kuivat, kiteiset suolat ja molekyyliyhdisteet, kaasut). Esimerkiksi puhdas timantti on eriste, jonka kidehilassa C-atomit ovat sitoutuneet tetraedrisesti suuntautunein kovalenttisin sidoksin. Elektronit eivät siten pääse vaeltamaan timantin kidehilassa. Jos kuitenkin timantin kidehilaan tuodaan epäpuhtauksia, timantista tulee puolijohde. Lasi on myös eriste. Se on verkkorakenteinen aine, jossa rakenneosaset ovat sitoutuneet vahvoihin ionisidoksin ja kovalenttisiin sidoksin. Joten elektronit ovat lokalisoituneita. Poolisetkaan molekyyliyhdisteet eivät johda sähköä, koska osittaisvarausten väliset vuorovaikutukset pitävät molekyylit toisiinsa nähden sellaisissa asemissa, että varaukset kumoavat toisensa.

[Huomautus](#) (omaan selainikkunaan)

KEMIAN SIVUT
[Yo-sivujen alku](#)

