

## KEMIAN SIVUT

## Ylioppilaskokeen kemian kysymykset, syksy 2003

- 
1. Esitä kemiallinen perustelu seuraaville väitteille: **a)** fossiilisten polttoaineiden käyttö lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta, **b)** sadeveden happamuus johtuu hiilidioksidista, **c)** vihreät kasvit vähentävät ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta, **d)** hiilidioksidi on normaaliolosuhteissa kaasu.

Ratkaisu

- 
2. Kun rikkihappoa sisältävä näyte neutraloitiin täydellisesti, kului 12,3 ml NaOH-liuosta. Tämä oli valmistettu liuottamalla 2,40 g natriumhydroksidia veteen ja laimentamalla liuos mittapullossa tilavuuteen 150 ml. Kuinka monta grammaa rikkihappoa näyte sisälsi?

Ratkaisu

- 
3. Eräs orgaaninen yhdiste sisältää 34,3 massa-% hiiltä, 6,7 massa-% vetyä, 13,3 massa-% typpeä ja 45,7 massa-% happea. **a)** Mikä on yhdisteen empiirinen kaava (suhdekaava)? **b)** Mikä on yhdisteen molekyylikaava, kun sen suhteellisen molekyyli­massan on kokeellisesti todettu olevan 105? **c)** Laadi yhdisteen mahdollinen rakennekaava, kun tiedetään, että se on luonnossa esiintyvä aminohappo.

Ratkaisu

- 
4. Selvitä lyhyesti seuraavat, atomin elektronirakenteeseen liittyvät käsitteet: **a)** Paulin periaate (kieltosääntö), **b)** Hundin sääntö, **c)** elektronikuori, **d)** s-orbitaali, **e)** siirtymäalkuaine, **f)** kvanttiluku.

Ratkaisu

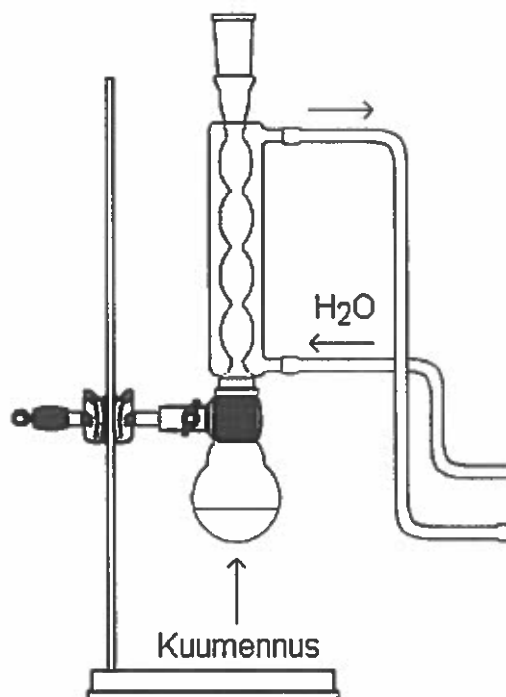
- 
5. Laadi rakennekaavat seuraaville yhdisteille: **a)** 2-pentanoni, **b)** etyylimetyyliamiini, **c)** sykloheksanoli, **d)** 1,3-butadieeni, **e)** 1,4-dihydroksibentseeni, **f)** trans-2,3-dikloori-2-buteeni.

Ratkaisu

6. Heikon yksiarvoisen hapon liuos valmistettiin punnitsemalla 2,50 millimoolia happoa ja laimentamalla liuos tilavuuteen 250 ml. Sähkönjohtokyvyn perusteella voitiin laskea, että 7,64 % haposta oli protolysoitunut. Määritä hapon happovakion arvo ja laske liuoksen pH.

Ratkaisu

7. Tehtävänäsi on valmistaa etyyliimetanaattia eli metaanihapon etyyliesteriä käyttäen oheisen kuvan mukaista laitteistoa.
- a) Laadi tätä esteröitymistä kuvaava reaktioyhtälö.
- b) Miksi reaktioastiaan (pyörökolviin) lisätään orgaanisten aineiden lisäksi väkevää rikkihappoa?
- c) Mikä on laitteistoon kuuluvan pystyjäähdyttimen tehtävä?
- d) Miksi reaktioastiaan lisätään kiehumakiviä?



Ratkaisu

- +8. Timantti ja grafiitti ovat hiilen allotrooppisia muotoja. Kuvaa timantin ja grafiitin rakennetta, selvitä, millaisia sidoksia aineissa on, sekä tarkastele aineiden fysikaalisia ominaisuuksia. Mitä muita hiilen allotrooppisia muotoja tunnetaan?

Ratkaisu

## KEMIAN SIVUT

## Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, syksy 2003

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

## 1. Väitteiden kemialliset perustelut

a) Fossiiliset polttoaineet on peräisin hiilikerrostumista, maaöljystä ja maakaasusta, jotka ovat syntyneet syvälle maakerrosten väliin muinoin kuolleiden kasvien ja eläinten jäännöksistä. Fossiiliset polttoaineet sisältävät hiiltä ja sen yhdisteitä, pääosin hiilivetyjä, joiden palaessa syntyy hiilidioksidia  $\text{CO}_2$ . Poltettaessa hiili vapautuu siis pitkäaikaisvarastoistaan kiertoon ja ilmakehän  $\text{CO}_2$ -pitoisuus kasvaa, ellei hiilidioksidia sitoudu riittävässä määrin vesistöihin (lähinnä meriin sekä sadeveteen) ja vihreisiin kasveihin.  $\text{CO}_2$  ei nesteydy normaalipaineessa eikä voi siis poistua ilmakehästä muuten kuin liukenemalla veteen (tapahtuu myös protolyysireaktio, c-kohta!) tai osallistumalla yhteyttämisreaktioihin.

**Esimerkki palamisreaktiosta**

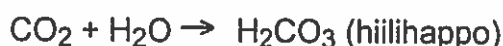
Oktaanin palaminen (oktaania on bensiinissä)



b) Sadeveden happamuus johtuu osittain hiilidioksidista, mutta sadevettä happamoittavat lisäksi rikin ja typen oksidit, joista pääsee ilmakehään mm. vulkaanisen toiminnan seurauksena sekä fossiilisia polttoaineita poltettaessa ja teollisista prosesseista. Sadeveden luonnollinen pH on noin 6, mutta asutuilla seuduilla pH voi laskea jopa arvoihin 4 – 5. Usein hiilidioksidista johtuvaa sadeveden happamuutta nimitetään "luonnolliseksi happamuudeksi" ja muiden happamoittavien aineiden yhteydessä puhutaan "happamasta laskeumasta".



tai

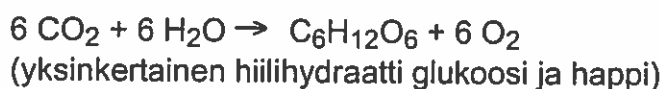


$\text{CO}_2$ :n  
happamuus  
Hiilihappo on  
heikko happo.  
 $\text{p}K_{a1} = 6,4$  (25 °C)

c) Vihreät kasvit käyttävät hiilidioksidia yhteyttämisreaktioon, joten ne kuluttavat

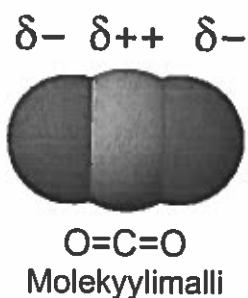
ilmasta hiilidioksidia, mutta hiilen kiertokulusta johtuen ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuus ei varsinaisesti vähene vaan pysyy jokseenkin vakiona. Tosin viime vuosisadan aikana ilman CO<sub>2</sub>-pitoisuus on kohonnut, minkä arvellaan johtuvan ihmisten toiminnasta, mm. teollisuuden ja liikenteen kasvusta. Toisaalta metsäalueet ja muut hiilidioksidia tehokkaasti kuluttavat alueet ovat pienentyneet, nekin pääosin ihmisen toimesta.

Yhteyttämisreaktiossa CO<sub>2</sub> sitoutuu:



d) Normaalioolosuhteet (NTP):  $T = 273 \text{ K}$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ),  $p = 1,013 \text{ bar}$

CO<sub>2</sub> muuttuu normaalipaineessa kiinteäksi lämpötilassa  $194,5 \text{ K}$  ( $-78,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ja nesteytyy vasta, kun painetta kasvatetaan huomattavasti yli normaalipaineen.



Lisätietoa

Hiilidioksidin molekyylirakenne on sauvamainen ja symmetrinen, joten molekyyli on pooliton. Heikohkot dispersiovoimat (Londonin voimat, van der Waalsin voimat) ovat siten hallitsevia molekyylien välisessä vuorovaikutuksessa. Tämä ei kuitenkaan riitä täysin selittämään hiilidioksidin ominaisuuksia — vaikkakin auttaa ymmärtämään yhdisteen olomuodon normaalioolosuhteiden lähellä.

## 2. Neutraloitumisreaktion yhtälö:



NaOH-liuoksen konsentraatio:

$$n(\text{NaOH}) = 2,40 \text{ g} : 40,00 \text{ g/mol (mittapullossa)}$$

$$c(\text{NaOH}) = 2,40 \text{ g} : 40,00 \text{ g/mol} : 0,150 \text{ l} = 0,40 \text{ mol/l}$$

Rikkihapon ainemäärä on puolet titrauksessa kuluneen

NaOH:n ainemäärästä (reaktioyhtälö!).

$$\text{NaOH:n kulutus } 12,3 \text{ ml} = 0,0123 \text{ l}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40,00 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{NaOH}) = 2,40 \text{ g}$$

$$V = 150 \text{ ml} = 0,150 \text{ l}$$

$$n = m : M$$

$$c = n : V$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,07 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \cdot 0,0123 \text{ l} \cdot 0,40 \text{ mol/l}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \cdot 0,0123 \text{ l} \cdot 0,40 \text{ mol/l} \cdot 98,07 \text{ g/mol} = 0,24 \text{ g}$$

3. Hiilen, vedyn, typen ja hapen prosenttiosuuksien summa (34,3 + 6,7 + 13,3 + 45,7) % = 100 %, joten yhdisteessä ei ole muita alkuaineita.

a) Lasketaan kunkin alkuaineen ainemäärä oletetussa 100 g:n näytteessä.

$$n = m : M$$

Aine	C	H	N	O
%	34,3	6,7	13,3	45,7
<i>m</i> (g)	34,3	6,7	13,3	45,7
<i>M</i> (g/mol)	12,01	1,01	14,01	16,00
<i>n</i> (mol)	2,86	6,63	0,95	2,86
$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{O}) = 2,86 : 6,63 : 0,95 : 2,86 = 3 : 7 : 1 : 3$				

Empiirinen kaava on  $k(\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N})$ .

b) Yhdisteen suhteellinen molekyylimassa on 105.

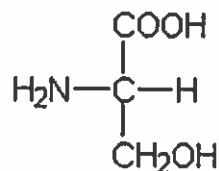
Kaavasta laskemalla saadaan suhteelliseksi molekyylimassaksi

$$3 \cdot 12,0 + 7 \cdot 1 + 3 \cdot 16,0 + 14,0 = 105$$

kun kerroin *k* on 1.

Yhdisteen molekyylikaava on siis  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$

c) Koska yhdiste on luonnossa yleisesti esiintyvä aminohappo, se ilmeisesti sisältää karboksyyliiryhmän ja aminoryhmän, jotka kiinnittyvät samaan hiiliatomiin. Sivuketjuun jää täten yksi hiiliatomi ja hydroksyyliiryhmä.



4. Atomin elektronirakenteeseen liittyvät käsitteet

a) Paulin periaate (kieltosääntö)

Jokaisella saman atomin elektronilla on erilainen kvanttilukuyhdistelmä: ainakin yksi kvanttiluku on siis poikkeava.

### b) Hundin sääntö

Jokaisen elektronikuoren samannimisiin orbitaaleihin asettuvat ensin parittomat elektronit. Kuhunkin orbitaaliin voi kuulua korkeintaan kaksi elektronia, joiden spinkvanttiluvut ovat vastakkaiset. Spinkvanttiluku kuvaa elektronin oman akselinsa ympäri tapahtuvan pyörimisen suuntaa. Spinkvanttiluvut ovat  $+1/2$  (nuoli ylös) ja  $-1/2$  (nuoli alas).

### c) Elektronikuori

Elektronit muodostavat atomiytimen ympärille elektronipilven, jossa elektronit esiintyvät energialtaan erilaisilla energiatasoilla, jotka ryhmitellään karkeasti elektronikuoriksi. Ensimmäinen elektronikuori on lähinnä ydintä ja energialtaan pienin. Elektronikuoret on nimetty isoilla kirjaimilla K, L, M, ... Erilaisten hyppäyksittäin muuttuvien energiatasojen esiintyminen on osoitus energian kvantittumisesta. Kirjaimiin liitetään pääkvanttiluku seuraavasti K 1, L 2, M 3 jne. Kullekin kuorelle mahtuu vain tietty määrä elektroneja, K-kuorelle 2, L-kuorelle 8, M-kuorelle 18 eli  $2n^2$  elektronia. Kaavassa  $n$  tarkoittaa pääkvanttilukua. Elektronikuoren käsite syntyi Bohrin atomimallin myötä.

### d) s-orbitaali

Orbitaali on atomiin tai molekyyliin sisältyvä alue, jolla elektroni **todennäköisimmin** liikkuu. Todennäköisyyttä käytetään, koska elektronin täsmällistä sijaintia on mahdoton määrittää. Yhdelle orbitaalille voi sijoittua korkeintaan kaksi elektronia eli elektronipari, jonka elektroneilla on vastakkainen spin. Samalla elektronikuorella voi olla elektroneja, joiden energiataso on hieman erilainen. Elektronien sanotaan silloin sijoittuvan eri orbitaaleille. Esim. K-kuorella on vain s-orbitaali, L-kuorella s- ja p-orbitaaleja.

Orbitaalin muoto ja koko lasketaan Schrödingerin aaltoyhtälön pohjalta. Kaikki s-orbitaalit ovat kuoren matalaenergiasimpia ja muodoltaan pallomaisia. 1s-orbitaalissa ei ole solmupintaa, mutta 2s-orbitaalissa ja sitä korkeammassa on solmupinta pallon sisällä. Orbitaalin koko kasvaa pääkvanttiluvun mukaan.

Orbitaalia ei voida kokeellisesti havaita. Elektronitiheys sen sijaan voidaan mitata. Suuri elektronitiheys jossakin atomin tai molekyylin osassa merkitsee suurta elektronin esiintymistodennäköisyyttä.

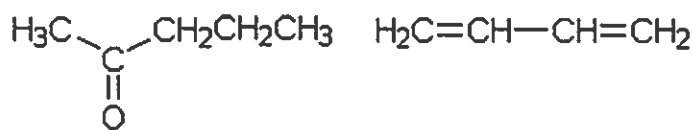
### e) Siirtymäalkuaine

on alkuaine, jonka uloimmalle kuorelle on sijoittunut elektroneja vaikka sisempi kuori ei ole vielä kokonaan täynnä. Siirtymäalkuaineet kuuluvat jaksollisessa järjestelmässä d- ja f-lohkoon. Siirtymäalkuaineet ovat kaikki metalleja.

### f) Kvanttiluku

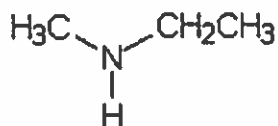
kuvaa atomin elektroniverhon rakennetta: pääkvanttiluku kertoo elektronin energian suuruusluokan (vrt. elektronikuori), sivukvanttiluku ilmaisee orbitaalityypin (s, p, d, f), magneettinen kvanttiluku ilmoittaa magneettikentässä olevan elektronin energiatason ja spinkvanttiluku elektronin pyörimissuunnan (oman akselinsa ympäri)

5.

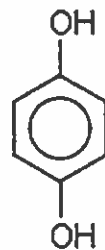


a) 2-pentanoni

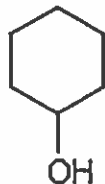
d) 1,3-butadieeni



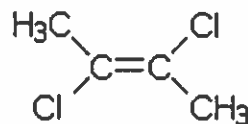
b) etyyliimetyyliamiini



e) 1,4- dihydroksibentseeni



c) sykloheksanoli



f) trans-2,3-dikloori-2-buteeni

6. Yksiarvoisen hapon protolyysireaktio:



Hapon konsentraatio:

$$c(\text{HA}) = 2,50 \text{ mmol} : 0,250 \text{ l} = 0,0100 \text{ mol/l}$$

Haposta 7,64 % on protolysoitunut, joten protolysoitumatonta happoa on 100 % – 7,64 % = 92,36 %

Tasapainokonsentraatiot :

$$[\text{HA}] = 0,9236 \cdot 0,0100 \text{ mol/l} = 0,009236 \text{ mol/l}$$

$$[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,0764 \cdot 0,01 \text{ mol/l} = 0,000764 \text{ mol/l}$$

$$V = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$$

$$c = n : V$$

Happovakio  $K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-] : [\text{HA}]$

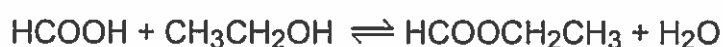
$$K_a = (0,000764 \text{ mol/l})^2 : 0,009236 \text{ mol/l} = 6,32 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Liuksen pH =  $-\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,000764 = 3,12$

Huomautus vastauksen tarkkuudesta: pH-arvo 3,117 tai 3,12 hyväksyttiin, pyöristyksestä arvoon 3,1 rangaistiin 1/3 pisteen menetyksellä.

## 7. Etyylimetanaatin valmistus

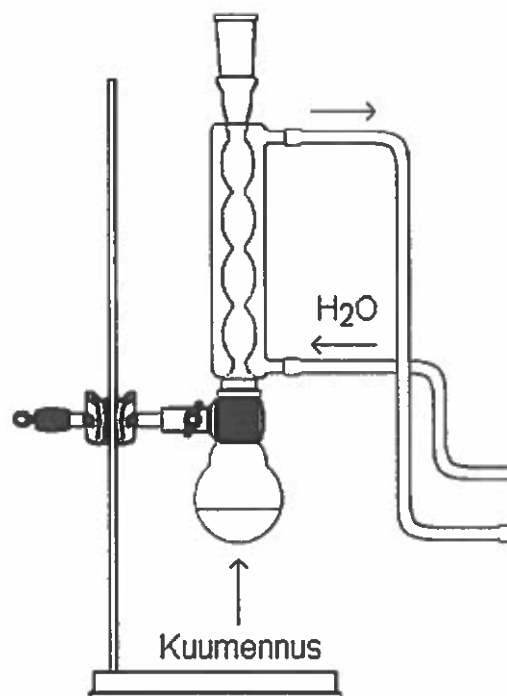
### a) Reaktioyhtälö



b) Esteröitymisreaktio on hidas. Väkevä rikkihappo toimii katalyyttinä.

c) Esteröitymisreaktio on hidas, ja reaktiossa syntyy tasapainoseos. Tasapainon saavuttamiseksi tarvitaan kohtuullisen pitkä kuumennusaika. Seoksen kiehuessa osa reagensseista höyrystyy ja poistuu seoksesta pystyjäähdyttimeen, jossa höyry tiivistyy ja josta neste tippuu takaisin seokseen. Näin estetään seoksen laimeneminen ja yhdisteiden haihtuminen.

d) Kiehumakivillä, jotka ovat pieniä huokoisia kiven tai posliinin palasia, estetään kiehuvan nesteen roiskuminen ja äkillinen räjähdysmäinen höyrystyminen. Ne siis tasaavat kiehumista.



## +8. Vrt. syksyn 95 tehtävään +7