

KEMIAN SIVUT

Ylioppilaskokeen kemian kysymykset, syksy 1999

-
1. Selvitä, mitä tarkoitetaan seuraavilla käsitteillä: **a)** alkuaine, **b)** kemiallinen yhdiste, **c)** molekyyli, **d)** kahtaisioni, **e)** atseotrooppinen seos, **f)** raseeminen seos.

Ratkaisu

2. Kuukivi sisältää ilmeniittiä (mineraalia, jonka kaava on FeTiO_3). On ehdotettu, että tulevaisuudessa kuunkävijät voisivat valmistaa tarvitsemansa hengityshapen pelkistämällä ilmeniittiä Maasta tuodun vetykaasun avulla korkeassa lämpötilassa. Tuotteina saadaan vettä, metallista rautaa ja titaanidioksidia. Esitä reaktion yhtälö. Näin saadusta vedestä happi valmistetaan elektrolyytisesti. Kuinka monta grammaa vettä ja happea voidaan valmistaa 55 kilogrammasta kuukiveä, kun oletetaan, että sen ilmeniittipitoisuus on 5,4 massaprosenttia?

Ratkaisu

3. Keittokirjassa annetaan salaattikastikkeen valmistamiseksi seuraava ohje:

1 osa ruokaetikkaa
suolaa

3 osaa kasviöljyä
sokeria

Ainekset sekoitetaan keskenään ja ravistetaan voimakkaasti. Esitä kemiallinen perustelu, miksi **a)** ruokaetikka ja öljy erottuvat aikaa myöten omiksi kerroksikseen, **b)** suola liukenee paremmin ruokaetikkaan kuin öljyyn, **c)** pöytäliinalle läikkyneestä salaattikastikkeesta aiheutuneen tahran saa poistettua helpommin saippualliuoksella kuin puhtaalla vedellä.

Ratkaisu

4. Tarkastele oheiseen jaksolliseen järjestelmään kirjaimilla a - h merkittyjä alkuaineita.
a) Mitkä näistä eivät muodosta kemiallisia yhdisteitä? **b)** Mitkä näistä esiintyvät

-
- +8.** Metallien korroosio. Tarkastele korroosiota kemiallisena tapahtumana ja esitä keinoja, joilla korroosiota voidaan vähentää.

Ratkaisu

KEMIAN SIVUT

Yo-sivujen alku



KEMIAN SIVUT

Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, syksy 1999

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

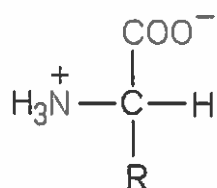
1. a) Alkuaine on täsmällisimmin määriteltävissä atomin rakenteen perusteella:

alkuaineen kaikilla atomeilla on **sama järjestysluku** ts. niiden ytimessä on sama määrä protoneja. (Joskus alkuainetta on ollut tapana kuvata myös siten, että se on aine, jota ei kemiallisin keinoin pystytä jakamaan pienempiin osiin.)

b) Kemiallinen yhdiste muodostuu **kahden tai useamman eri alkuaineen atomien liittyessä yhteen kemiallisin sidoksien**. Esimerkiksi kahdesta vetyatomista ja yhdestä happiatomista muodostuva vesi H_2O tai NaCl , joka koostuu Na^+ - ja Cl^- -ioneista niiden liittyessä toisiinsa hilarakenteeksi, jonka koko voi vaihdella mutta joka on ulospäin sähköisesti neutraali.

c) Molekyyli on **kahdesta tai useammasta atomista** muodostunut hiukkanen. Molekyylissä atomit liittyvät toisiinsa **yhteisten elektronien avulla** (kovalenttinen sidos). Molekyylissä voi olla kymmeniä ja jopa satoja tuhansia atomeja. Jotkin alkuaineet esiintyvät molekyyleinä, joissa on kaksi tai useampia saman alkuaineen atomia.

d) Kahtaisioni on aminohappomolekyyli, jossa aminoryhmä $-\text{NH}_2$ on protonoitunut



muotoon $-\text{NH}_3^+$ ja karboksyyliiryhmä $-\text{COOH}$ deprotonoitunut muotoon $-\text{COO}^-$. **Molekyylin toisessa päässä on siis positiivinen ja toisessa negatiivinen varaus.**

e) Atseotrooppisen seoksen komponentit **eivät erotu tislattaessa** vaan seos kiehuu vakio- lämpötilassa . Esimerkiksi etanoli ja vesi muodostavat atseotrooppisen seoksen, samoin typpihappo ja vesi.

f) Raseeminen seos sisältää **optisesti aktiivisia D- ja L-isomeerejä yhtä paljon**, joten se ei itse ole optisesti aktiivinen.

2. Ilmeniitin pelkistysreaktion yhtälö

sen uloimmalla kuorella on kaksi elektronia, jotka irtoavat herkästi, jolloin edellinen täysin miehitetty kuori jää uloimmaksi. Myös c (Cu, kupari) esiintyy yhdisteissään usein +2:n arvoisena ionina. Se on siirtymäryhmiin kuuluva metalli, jonka uloimmalla elektronikuorella on yksi elektroni ja jonka toiseksi uloimman 3. kuoren d-elektronien energiataso on lähellä 4 s-elektronin energiatasoa.

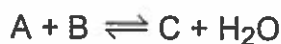
c) Epämetalli d:n (P:n, fosforin) oksidi on hapan. $P_4O_{10} + 6 H_2O \rightarrow 4 H_3PO_4$
Myös epämetallit e (S), f (F) ja g (I) muodostavat happamia oksideja.

d) Metallia a:n (Li:n, litiumin) oksidi on emäksinen. $Li_2O + H_2O \rightarrow 2 LiOH$

Myös metalli b:n (Mg) oksidi on emäksinen. Alkuaine c:lläkin (Cu) on emäksinen oksidi.

e) Voimakkain hapetin on f (F, fluori). Fluori on vahvasti elektronegatiivinen ja muodostaa herkästi F^- -anionin riistämällä elektronin joltakin toiselta aineelta uloimman kuoren 7:n elektroninsa täydennykseksi.

5. A ja B reagoivat keskenään seuraavasti:



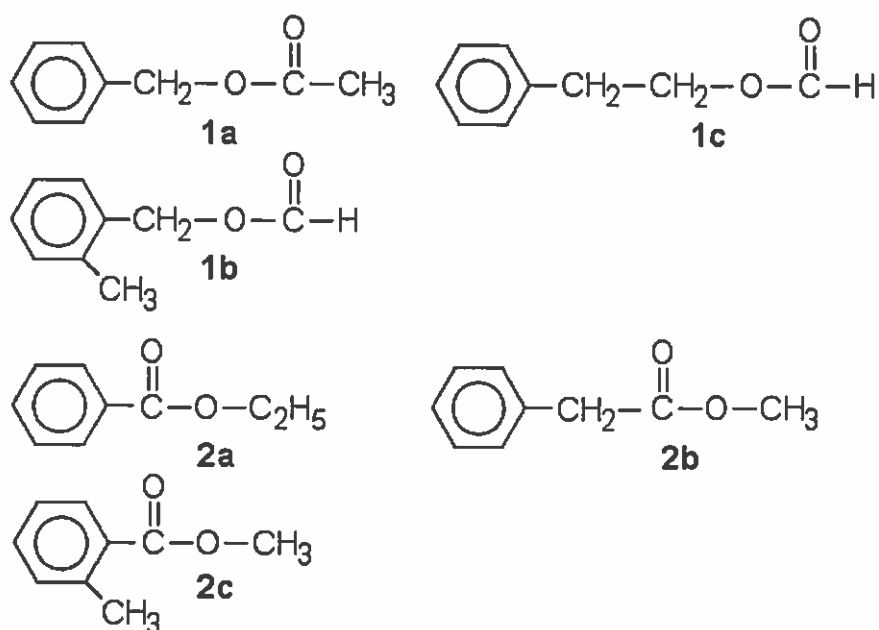
Yhdisteen C alkuainekoostumuksesta ja moolimassasta päätellään (ajatellaan esim. 100 g:n näytettä, jolloin prosenttiluvut vastaavat kunkin alkuaineen massaa grammoina ja jaetaan massojen mittaluvut alkuaineen moolimassojen mittaluvuilla):

C	H	O
72,0 %	6,7 %	21,3 %
$72,0 : 12,01 = 6,0$	$6,7 : 1,00 = 6,7$	$21,3 : 16,0 = 1,33$
4,5	5	1
9	10	2

Jaetaan 13. rivin tulokset 1,33:lla (pienimmällä). Kokonaislukuihin päästään lauantamalla 4. rivin luvut 2:lla. Lasketaan moolimassa aluksi pienimmillä kertoimilla. $M(C_9H_{10}O_2) = 150 \text{ g/mol}$ (siis alle 160 g/mol).

Koska reaktiossa lohkeaa vettä ja tuotteessa C on kaksi happiatomia, päätellään, että

kyseessä on **esteröitymisreaktio**. Reaktiossa yhdiste **A** voi olla joko karboksyylihappo tai alkoholi (tai fenoli). (Yhdiste **A** on aromaattinen, joten myös yhdiste **C** on aromaattinen.)



Esterit 1a -1c ovat syntyneet aromaattisesta alkoholista (A) ja karboksyylihaposta (etikahappo tai muurahaishappo, B). Yhdiste 1b on o-isomeeri, myös m- ja p-isomeerit kuuluvat mukaan.

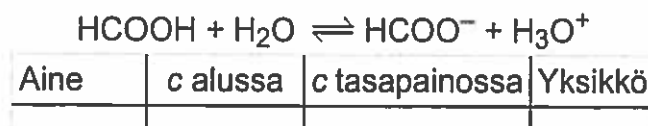
Esterit 2a - c ovat syntyneet aromaattisesta karboksyylihaposta (A) ja alkoholista (etanoli tai metanoli B). Yhdisteellä 2c on m- ja p-isomeerit.

Fenolitkin esteröityvät, mutta niiden esteröimiseen ei käytetä happoa (koska fenolit ovat itse happamia) vaan jotakin erikoisreagenssia tai sopivaa hapon johdannaista, esim. happoanhydridiä, jolloin toisena reaktiotuotteena ei saada vettä vaan happoa (vrt. aspiriinin valmistus). Joissakin tapauksissa fenolin esteröiminen onnistuu myös happokloridilla, jolloin emäksisissä olosuhteissa (NaOH-liuoksessa) lohkeaa myös vettä ja NaCl. Tehtävässä ei ollut rajattu yhdistettä B (joka siis voi olla muukin kuin happo), veden lohkeaminen olisi kuitenkin otettava huomioon.

Huomautus

Lisää isomeerisiä yhdisteitä (omaan selainikkunaan)

6. Muurahaishapon protolyysireaktio:



HCOOH	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3} - x$	mol/l
HCOO ⁻	0	x	mol/l
H ₃ O ⁺	0	x	mol/l

$$K_a = x^2 : (1,5 \cdot 10^{-3} - x) = 1,6 \cdot 10^{-4}$$

$$x = 4,16 \cdot 10^{-4}$$

$$K_a = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1,00 \cdot 10^{-14} (\text{mol/l})^2$$

Yhtälö ja sen ratkaiseminen kuvana

Formiaatti- ja oksoniumionien lisäksi

liuoksessa on hyvin pieni määrä hydroksidi-ioneja, joiden konsentraatio lasketaan veden ionitulon avulla.

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 4,16 \cdot 10^{-4} \cdot [OH^-] = 1,00 \cdot 10^{-14} \text{ (Yksiköt jätetty pois tästä.)}$$

$$[OH^-] = 2,4 \cdot 10^{-11} \text{ mol/l}$$

$$[HCOO^-] = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

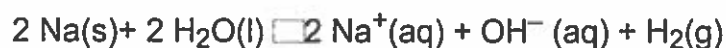
$$[H_3O^+] = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$[OH^-] = 2,4 \cdot 10^{-11} \text{ mol/l}$$

Huom. Liuos on tietysti sähköisesti neutraali, eli positiivisia ja negatiivisia ioneja on *yhtä paljon*. [OH⁻] on vain niin pieni verrattuna toisten ionilajien konsentraatioon, että konsentraatioiden arvojen tarkkuuden rajoissa sen vaikutus ei näy. Sen laskeminen on hieman turhaa, mutta se vaadittiin oikeaan ratkaisuun.

Liuoksesta saadaan puskuriliuos lisäämällä muurahaishapon emäksistä suolaa esim. **HCOONa** tai **HCOOK**. (Koska NaOH ja KOH ovat myös suoloja, voitaisiin liuos muuttaa puskuriliuokseksi lisäämällä jompaa kumpaa noin puolet neutralointiin tarvittavasta määrästä. Puskuriliuoksia valmistettaessa näin ei kuitenkaan yleensä menetellä.)

7. a) Natrium pelkistää vetyä vedestä:



Demonstraatiossa ei pidä käyttää kovin suurta määrää natriumia, koska reaktio on eksotermisen ja nopea, joten muodostuva vety voi syttyä räjähdysmäisesti palamaan. Myös roiskeet ovat mahdollisia avointa reaktioastiaa käytettäessä. Suojalevy on tarpeen. Vettä on oltava runsaasti ylimäärin. Jos käytetään kaasunkeräystä, vety voidaan todeta palamiskokeella (haukahtava ääni). Veteen kannattaa lisätä

fenoliftaleiinia indikaattoriksi. Sen punainen väri osoittaa hydroksidi-ionien muodostumisen. Usein toimitaan siten, että pieni natriummetallin pala pannaan suurehkoon vesiastiaan (iso keitinlasi tai pneumaattinen amme). Palanen vaeltelee ympäri astiaa punainen vana perässään.

b) Demonstraatio perustuu kaksoissidokselle tyypilliseen additioreaktioon. Hiilivetyjä sisältäviin koeputkiin lisätään hieman bromivettä (Br_2) tai kaliumpermanganaatin (KMnO_4) laimeaa vesiliuosta. Alkeenin reaktion seurauksena bromin ruskea tai permanganaatin violetti väri häviää. Alkaaneja sisältävässä koeputkessa väri säilyy. Ravisteltaessa koeputket on pidettävä kumitulpalla suljettuina. Kädet on hyvä suojata hansikkain. Koeputkia ei saa täyttää liian täyteen, noin 3/4 putkesta on hyvä jättää tyhjäksi. Demonstraation jälkeen putket tyhjennetään orgaanisille liuottimille varattuun jäteastiaan, ei viemäriin.

c) Katalyytin vaikutusta reaktion nopeuteen on helppoa havainnollistaa pienillä ainemäärillä piirtoheittimen avulla. Kahteen petrimaljaan (tai muuhun tasapohjaiseen lasiastiaan) pannaan yhtä paljon (= yhtä vähän!) laimeahkoa vetyperoksidin (H_2O_2) vesiliuosta. Molempiin maljoihin alkaa muodostua hetken kuluttua pieniä kuplia, jotka osoittavat vetyperoksidin hajoavan hapeksi ja vedeksi. Toiseen maljaan ripotellaan hieman hienojakoista mangaanidioksidia MnO_2 , jolloin vetyperoksidin hajoaminen kiihtyy ja kuplia muodostuu nopeasti (kuohuu). Maljojen sisällön voi huuhtoa runsaalla vedellä viemäriin, mutta käsille on aineita varottava roiskuttamasta, sillä vetyperoksidi on laimeanakin liuoksena hieman syövyttävää.

-
- +8.** Vastaukseen tulisi sisällyttää korroosioilmiön selitys ja esimerkkejä sekä korrodoutisesta että sen estosta.

Metallien korroosio

Korroosiollla tarkoitetaan ilmiötä, joissa metalli tai metalliseos altistuu hapettumiselle ja osittain hapettuu ilman tai muiden kaasujen ja liuosten vaikutuksesta.

Korroosio voi olla kosteaa (liuoksen vaikutus) tai kuivaa (kuivien kaasujen vaikutus). Kuiva korroosio on harvinaisempaa ja sitä esiintyy erikoisolosuhteissa, sillä ilman kanssa kosketuksiin joutuva metallipinta on aina tekemisissä myös kosteuden kanssa.

Metallien jännitesarjasta (jaloudesta vs. epäjaloudesta) voidaan osittain päätellä metallin alttius korroosioon, mutta ei täysin, sillä olosuhteet vaikuttavat metallin hapettumiseen. Korroosiota edistää hapen lisäksi kosketus elektrolyyttiliuokseen.

Esimerkki

Korroosioalttius merivedessä: Mg, Zn, Al, Fe, Pb, Sn, Cu, Ni, ruostumaton teräs, Ag, Au

Esimerkki

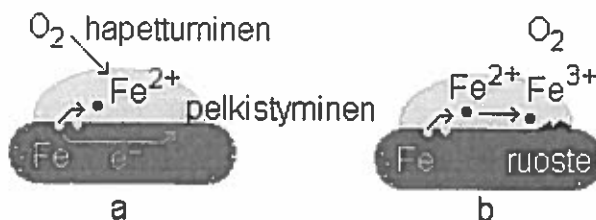
Suojaava oksidikerros

Jotkin epäjalot metallit, mm. Al, Zn, Cr, Ti, muodostavat pintaansa tiiviin oksidikerroksen, joka suojaa metallirakenteen sisempiä osia korroosiolta. Metallin sanotaan tällöin passivoituvan. Ilman suojakerrosta alumiini hapettuu herkästi ja syttyy jopa palamaan suhteellisen helposti. Raudan oksidikerros, ruoste, puolestaan on huokoinen ja epäyhtenäinen ja pikemminkin edistää korroosiota keräämällä huokosiin vettä ja elektrolyyttejä.

Esimerkki

Patina

Ilman CO_2 reagoi kosteuden ja joidenkin metallien kanssa muodostaen hydroksidi- ja karbonaattiyhdisteitä, joita sanotaan patinaksi ja jotka hidastavat korroosion etenemistä. Tällaisia metalleja ovat Cu, Pb ja Zn. Kuparin ja pronssin patina on pääosin vihreää emäksistä $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$:a, mutta joukossa voi olla sulfaattejakin.



Raudan ruostuminen

Kuva a: raudan hapettuminen tapahtuu kohdassa, jossa ilman happi pääsee kosketukseen raudan pinnan ja kosteuden kanssa. Metallipinta toimii anodina.

Kuva b: Fe^{2+} hapettuu edelleen Fe^{3+} :ksi, joka muodostaa hapen ja veden kanssa ruostetta ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Korroosiolta suojaaminen

- Teräksen (Fe ja 0,15 - 0,85 % C) seostaminen ruostumattomaksi teräkseksi sopivilla metalleilla, joita ovat Cr, Ni ja Mo. Esimerkiksi 18/10 teräs sisältää 18 % Cr ja 10 % Ni.

- *Pinnan suojaaminen* emalilla, maalilla, lakalla tai muovilla.
- *Pintakäsittely toisella metallilla*: kromaus, nikkelointi, tinaus, hopeointi ja jopa kultaus. Metallipinta saadaan tavallisimmin kastamalla esine sulaan metalliin mutta voidaan tuottaa myös elektrolyyttisesti. Kultaa voidaan kiinnittää myös ohuena lehtikultalevyinä sivellintä käyttäen. Galvanointi on raudan päällystämistä sinkillä (Zn-sulatteessa). Galvanointi perustuu sulamispisteiden eroon: Zn 419 °C, Fe 1535°C.
- Pinnan käsitteleminen kemiallisen reaktion avulla. *Fosfatisointi*, jossa rautaesine upotetaan kuumaan PO_4^{3-} -ioneja sisältävään liuokseen tai H_3PO_4 -liuokseen, on etenkin autoteollisuuden suosima ruosteenestomenetelmä.
- Raudan pinta voidaan myös *passivoida* käsittelemällä se savuavalla typpihapolla, johon on lisätty $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ tai Mn-yhdistettä. Pintaan syntyy tällöin tiivis ja paksu oksidikerros.
- Alumiiniin syntyy *oksidikerros* itsestään, mutta se voidaan myös tuottaa anodisoimalla eli eloksoimalla. Prosessissa alumiinin pinta saadaan myös värjättyksi. Alumiiniesine asetetaan elektrolyysikennoon anodiksi, elektrolyytinä on laimea H_2SO_4 ja väriaine. Anodilla syntyy happea, joka oksidoi alumiinin pinnan. Väriaine kiinnittyy pysyvästi oksidikerrokseen. Eloksoinnissa muodostuva oksidikerros on paksumpi kuin alumiinin luontainen oksidikerros.
- *Katodisointi eli uhrimetallin käyttö*. Tavallisia uhrimetalleja ovat Zn ja Mg, jotka sijoitetaan anodiksi ja yhdistetään teräsesineeseen johtimella. Menetelmää käytetään laivoissa ja maahan upotettavissa teräsrakenteissa.

Kannattanee myös mainita, ettei korroosiota voida kokonaan estää, mutta sitä pystytään kuitenkin huomattavasti hidastamaan

Myös **jalometallien korroosiota tai korroosionkestävyyttä** on hyvä käsitellä vastauksessa.