

KEMIAN SIVUT

Kemian ylioppilastehtävien ratkaisut, syksy 1995

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

1. a) Kulta on jalometalli, se ei siis hapetu helposti, joten sitä esiintyy luonnossa sellaisenaan. Sen *keltainen väri ja suuri tiheys* herättävät huomiota ja helpottavat sen erottamista muusta materiaasta.

Rauta on epäjalo metalli. Se hapettuu helposti mutta on myös melko yksinkertaisella teknologialla pelkistettävissä metalliseksi. Raudan lähteinä käytetyt malmit ovat oksidimalmeja. Niistä happi saadaan erotetuksi kuumentamalla malmia hiilen kanssa riittävän korkeassa lämpötilassa.

Alumiini on rautaa epäjalompi metalli. Sen pelkistäminen vaatii runsaasti energiaa (alumiini pelkistetään bauksiitin ja kryoliitin sulatteesta). Ennen sähköenergian laajamittaista tuottamista alumiinin valmistus oli hankalaa ja alumiini oli kallista. Sähkövoimaloita alettiin rakentaa 1800-luvun lopussa.

[Vrt. Yo 98 k tehtävä 2 a](#)

b) *Samalla alkuaineella voi olla useita isotooppeja, erimassaisia ytimiä. Alkuaine määritellään atomiytimen protonien lukumäärän (järjestysluvun) perusteella. Suurin järjestysluku ilmoittaa samalla alkuaineiden lukumäärän. Saman alkuaineen neutronien määrä saattaa vaihdella.*

2. Vastaus: **happea 25,8 %, vetyä 74,2 %, vettä syntyi 0,02 ml**

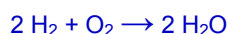
Yksityiskohtainen ratkaisu

$$V(\text{O}_2 + \text{H}_2) = 47,2 \text{ ml}$$

$$V(\text{H}_2) = 10,6 \text{ ml jäi reagoimatta ja } 36,6 \text{ ml osallistui reaktioon}$$

$$V(\text{H}_2) = 10,6 \text{ ml jäi reagoimatta ja } 36,6 \text{ ml osallistui reaktioon}$$

Avogadron lain mukaan kaasureaktioissa ainemäärien suhde on sama kuin kaasujen tilavuuksien suhde.



$$V(\text{O}_2) = x \text{ ja } x + 2x = 36,6 \text{ ml}$$

$$V(\text{H}_2) = 2x, \text{ josta } x = 12,2 \text{ ml, prosentteina } 100 \cdot 12,2 : 47,2 \% = 25,8 \%$$

$$\text{Vetyä: } 100 \% - 25,8 \% = 74,2 \%$$

Reaktiossa syntyy vettä yhtä suuri ainemäärä kuin vetyä kuluu.

$$n(\text{H}_2) = 2 \cdot 12,2 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 : 22,4 \text{ dm}^3 = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = n(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 18,01 \text{ g/mol} = 0,02 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \mathbf{0,02 \text{ ml}}$$
 (koska veden tiheys on 1,00 g/ml)

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18,01 \text{ g/mol}$$

$$V_m = 22,4 \text{ l/mol}$$

3. Suolat ovat kiteisiä yhdisteitä, joilla on **ionihila**. Hila rakentuu positiivisista kationeista ja negatiivisista anioneista. Vesimolekyylit ovat **dipoleja**: hapen puolella on pieni negatiivinen osittaisvaraus ja vetyjen puolella vastaavasti positiivinen. Niinpä vesimolekyylit voivat irrottaa kidehilaan törmällessään ioneja ja kertyä niiden ympärille hydraattivaipaksi, joka pitää ionit erillään vesimolekyylien joukossa. Ionien ja vesimolekyylien välille muodostuu ioni-dipolisidoksia. Jos kidehilan sidokset ovat lujempia kuin vesimolekyylien ja ionien mahdolliset sidokset, liukenemista ei tapahdu. **Monet orgaaniset liuottimet ovat poolittomia yhdisteitä.** Niiden molekyylit eivät pysty muodostamaan tästä syystä sidoksia ionien kanssa eivätkä siten purkamaan ionihilaa.

4. Kaava esittää **tereftaalihapon ja glykolin muodostamaa polyesteriä**. Emäksinen liuos (NaOH-liuos) **hydrolysoi** esterin lähtöaineikseen.

rakennekaavoja

Polyesteri (1) on polyeteenitereftalaatti, jonka monomeerit ovat glykoli (2) ja tereftaalihappo (3).

5. Esimerkkeinä **a)** 1-pentanol ja 2-pentanol **b)** cis-2-buteeni ja trans-2-buteeni **c)** D- ja L-alaniini **d)** sykloheksaanin tuoli- ja venemuoto **e)** metaani (symmetrinen tetraedri, C:n ja H:n elektronegatiivisuusero pieni) **f)** bentseeni. Monet muutkin yhdisteet kävisivät.

rakennekaavoja

6. Sakkariinin $C_7H_5NO_3S$ tyypiatomiin kiinnittynyt vety voi irrota protonina (sakkariini on erittäin heikko happo). Sakkariinin natriumsuolan $C_7H_4NO_3S^- Na^+$ liuetessa veteen anioni toimii emäksenä (hydrolyysi), jolloin liuokseen syntyy OH^- -ioneja ja liuoksesta tulee emäksinen. Kun Na-suolan konsentraatio on c , myös anionin konsentraatio on c .



Aine	Alussa	Tasapainossa
$C_7H_4NO_3S^-$	c	$c - x$
$C_7H_5NO_3S$	0	x
OH^-	0	x

Tästä saadaan emäsvakion lausekkeeksi:

$$K_b = x^2 : (c - x).$$

Sievennettynä:

$$x^2 + K_b x - c K_b = 0$$

$$\text{Ratkaistaan } x = 0,5 \cdot \{ -K_b \pm (K_b^2 + 4cK_b)^{0,5} \}$$

$$M(C_7H_4NO_3S^- Na^+) = 205,18 \text{ g/mol}$$

$$m(C_7H_4NO_3S^- Na^+) = 29 \text{ mg}$$

$$c(C_7H_4NO_3S^- Na^+) = 0,1413 \text{ mmol/l (eli mM)}$$

$$K_a = 2,0 \cdot 10^{-12} \text{ mol/l, joten}$$

$$K_b = 10^{-14} \text{ mol}^{-2} \text{l}^{-2} : K_a = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

Sijoitetaan $c:n$ ja $K_b:n$ arvo $x:n$ lausekkeeseen (vain positiivinen juuri hyväksytään). Saadaan:

$$x = 1,375 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

[Lauseke kuvana](#)

$$pOH = 3,86 \text{ eli n. } 4$$

$$pH = 14 - 4 = 10$$

- +7.** Allotropialla tarkoitetaan sitä, että *alkuaine* esiintyy useammassa kuin yhdessä *rakennemuodossa* samoissa olosuhteissa. Ero voi olla sidoksissa, kuten grafiitilla ja timantilla, tai kiderakenteessa, kuten tinan ja raudan allotroopeilla, tai atomien lukumäärässä, kuten hapella O_2 ja otsonilla O_3 .

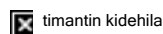
Hiilen allotrooppisiin muotoihin kuuluvat **grafiitin** ja **timantin** lisäksi **fullereenit**.



grafiitin rakenne

Tehtävän kuvassa **vasemmanpuoleinen rakenne kuuluu grafiitille**, jossa hiiliatomit ryhmittyvät fuusioituneiksi kuusirenkaiksi siten, että kukin hiiliatomi sitoutuu samassa tasossa kolmeen naapuriinsa. Renkaissa hiilten välillä on yhden elektroniparin muodostamia kovalenttisia sidoksia. Tasojen välillä puolestaan on heikkoja van der Waalsin sidoksia. Vain puolet tasojen hiiliatomeista osuu kohdakkain. Tasojen välimatka on huomattavasti pitempi kuin renkaan C-C-sidos. Kunkin hiiliatomin ulkokuoren elektroneista yksi jää kovalenttisiin sidoksiin käyttämättä. Näistä elektroneista syntyy hiiliatomeille yhteinen elektronipilvi, joka sijoittuu rengastasojen väliin ja jossa elektronit pääsevät liikkumaan suhteellisen vapaasti. Niinpä kerrokset eivät olekaan lujasti kiinni toisissaan vaan pystyvät liukumaan. Grafiitti onkin siksi hieman "rasvamaista" ja soveltuu voiteluaineeksi. Helposti liikkuvien elektronien ansiosta se myös johtaa sähköä. Väritään grafiitti on läpinäkymätöntä, tummaa ja hieman kiiltävää. Läpinäkymättömyys ja tumma väri kertovat siitä, että grafiitti pystyy absorboimaan valoa laajalla aallonpituusalueella, ts. elektroneille ovat useat energiatilat mahdollisia. Kiilto puolestaan osoittaa, että osa valosta heijastuu. Syynä on grafiitin suhteellisen tiivis rakenne.

[Vrt. Syksy +8/s98](#)



timantin kidehila

Oikeanpuoleinen kuva esittää timantin kiderakennetta. Kaikki hiiliatomit ovat sitoutuneet toisiinsa kovalenttisin sidoksin, ja sidokset suuntautuvat tetraedrisesti jokaisesta hiiliatomista. Elektronit liikkuvat suhteellisen rajatulla alueella, minkä takia rakennelma on jäykkä. Kun sidokset lisäksi ovat lujia, on ymmärrettävää, että timantti on kovimpia tunnettuja aineita. Sen sulamispiste on korkea, ja se on kemiallisesti kestävä. Elektronien rajatun liikkumatilan vuoksi timantti ei myöskään johda sähköä. Timantti on läpinäkyvä ja sitä käytetään valontaitto-ominaisuuksiensa takia korukivenä.

Timantteja voidaan valmistaa keinotekoisesti, faasinmuutos grafiitista vaatii korkean paineen ja lämpötilan. Timanttirakenteisia ohuita kalvoja valmistetaan kiteyttämällä kaasufaasista sopiville pinnoille. Timanttikalvoja käytetään esim. kirurgissa instrumenteissa, laakereissa ja partakoneen terissä.

Tehtävän annossa mainittujen kahden allotroopin lisäksi hiilelle on joitakin vuosia sitten löydetty **pallohiileksi** tai **fullereeniksi** nimetty allotroopinen muoto. Fullereenin käsittely vastauksessa ei ole välttämätöntä, mutta lyhyenä mainintana (ei välttämättä niin laajasti kuin tässä esitetään) se täydentää vastausta (ja pistesaalista).

Fullereenit muodostuvat ontoista hiiliatomipalloista, suurista molekyyleistä, joissa hiiliatomit ovat sitoutuneet kovalenttisin sidoksin fuusioituneiksi viisi- ja kuusirenkaiksi. Esim. ensimmäisenä fullereenina tunnetussa C_{60} -molekyylissä on 12 viisirengasta ja 20 kuusirengasta. Rakenneperiaate on siinä sama kuin jalkapallossa. Fullereeneja esiintyy luonnostaan mm. noessa ja joissakin kivilajeissa (shungiitti). Grafiitti ja timantti eivät liukene mihinkään tunnettuihin liuottimiin, mutta fullereenit liukenevat mm. tolueniiniin ja bentseeniin, joten ne voi uuttaa erilleen noesta (noessa on pääasiassa C_{60} , C_{70} , noin 2 % – 10 % noen

lähteestä riippuen). Fullereenikiteessä molekyyliapallojen väliin jää tilaa, johon voi absorboitua kaasuja, esim. vety ja helium absorboituvat nopeasti, happi hitaammin. Kiteessä molekyyliapallot pyörivät noin 20 miljardia kierrosta sekunnissa. Niinpä fullereeneista saadaan sopivilla lisäaineilla käsittelemällä magneettista orgaanista materiaalia.

Muodoltaan putkimaisia fullereenimolekyylejä on myös onnistuttu valmistamaan. Ne ovat ikään kuin grafiitista lohkaistuja kerroksia, jotka on kierretty rullaksi. Tällaisilla molekyyleillä on mahdollista käyttöä sähköjohteina.

[Huomautus \(hiilen allotropia\)](#)

- **Fullereenit**

- [Sussex Fullerene Research Centre](#)
[Sussex Fullerene Gallery](#)
- [USB Buckyball Home Page](#)
- [Kemian Nobel-palkinto 1996](#)

Robert F. Curl Jr., sir Harold W. Kroto, E. Smalley

KEMIAN SIVUT
[Yo-sivujen alku](#)

