

Lukion kemiakilpailu keskiviikkona 1.11.2023

Perussarjan tehtävien ratkaisut, yht. 66 p.

Tehtävä 3. Aineen rakenteita ja ominaisuuksia, yhteensä 16 p

3.1 Millaisen rakenteen eli hilan seuraavat yhdisteet muodostavat kiinteässä tilassa? Valitse kullekin yhdisteelle oikea vaihtoehto seuraavista: ionihila, atomihila, molekyylihila

Yhdiste	Hilatyyppe
Natriumkloridi NaCl	Ionihila
Piidioksidi SiO ₂	Atomihila
Kulta Au	Atomihila

Pisteytys: 1 per kohta

3.2 Löydät laboratorion lasipullon, joka etiketin perusteella sisältää natriumkloridin ja piidioksidin kiinteää seosta. Miten määrittäisit seoksen massaprosenttisen koostumuksen? Käytössäsi on peruslaboratorion välineet ja lasitavarat sekä tavallisimmat laboratorionkemikaalit.

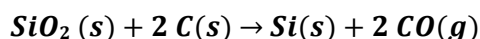
Punnitse näyte. Vaihtoehtoja esim.:

Liuota natriumkloridi veteen. Suodata vesi ja siihen liuennut natriumkloridi. Punnitse kuiva SiO₂.

Liuota natriumkloridi veteen. Titraa kloridi-ionien ainemäärä AgNO₃:lla.

Pisteytys: Alkupunnitus 1 p, loppuvaiheet 2 p

3.3 Piidioksidia voidaan käyttää alkuainemuotoisen piin valmistukseen alla kuvatun reaktioyhtälön mukaisesti:



Kuinka paljon piitä voi muodostua, kun 405 kg hiiltä reagoi hiekan kanssa, jonka massa on 1200 kg ja sen sisältämä piidioksidin massaprosenttinen osuus on 87 m-%? Muut hiekan komponentit eivät reagoi hiilen kanssa.

Hiekassa piidioksidia: $0,87 \cdot 1200 \text{ kg} = 1044 \text{ kg}$

$$n_{\text{SiO}_2} = \frac{m_{\text{SiO}_2}}{M_{\text{SiO}_2}} = \frac{1044 \cdot 10^3 \text{ g}}{60,09 \text{ g/mol}} \approx 17373,9 \text{ mol}$$

$$n_{\text{C}} = \frac{m_{\text{C}}}{M_{\text{C}}} = \frac{405 \cdot 10^3 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} \approx 33721,9 \text{ mol}$$

Hiili on reaktion rajoittava tekijä (käytettävissä alle kaksi kertaa SiO₂:n ainemäärä).

$$n_{\text{Si}} = \frac{1}{2} \cdot n_{\text{C}} = 0,5 \cdot 33721,9 \text{ mol} \approx 16861,0 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Si}} = n_{\text{Si}} \cdot M_{\text{Si}} = 16861 \text{ mol} \cdot 28,09 \text{ g/mol} \approx 470 \text{ kg}$$

Pisteytys: Piidioksidin massa 1 p Ainemäärien lasku 2 p Rajoittava tekijä 2 p Piin ainemäärä ja massa 2 p

3.4 Yhdisteitä voidaan lajitella johteisiin, puolijohteisiin ja eristeisiin. Valitse oikea vaihtoehto seuraaville yhdisteille:

Yhdiste	Johtavuus
Natriumkloridi NaCl	Eriste
Pii Si	Puolijohde
Kulta Au	Johde

Pisteytys: 1 per kohta

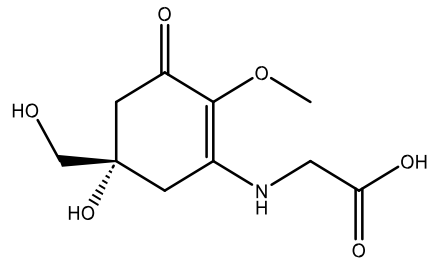
Tehtävä 4. Mykosporiini, yhteensä 16 p

Mykosporiinit ovat orgaanisia yhdisteitä, joita useat merilevät tuottavat. Ne kiinnostavat mm. kosmetiikkateollisuutta, koska nämä yhdisteet absorboivat voimakkaasti UV-säteilyä ja voisivat siis toimia aurinkosuojien ainesosina. Alla on kuvattu erään mykosporiinijohdannaisen rakenne:

4.1 Luettele kyseisen yhdisteen funktionaaliset ryhmät

- Hydroksyyli ryhmä
- Ketonien karboksyyli ryhmä eli ketoryhmä
- Karboksyyli ryhmä
- Aminoryhmä
- Eetteriryhmä
- Hiili-hiilikaksoissidos eli alkenyyli ryhmä

Pisteytys: 1 p per ryhmä

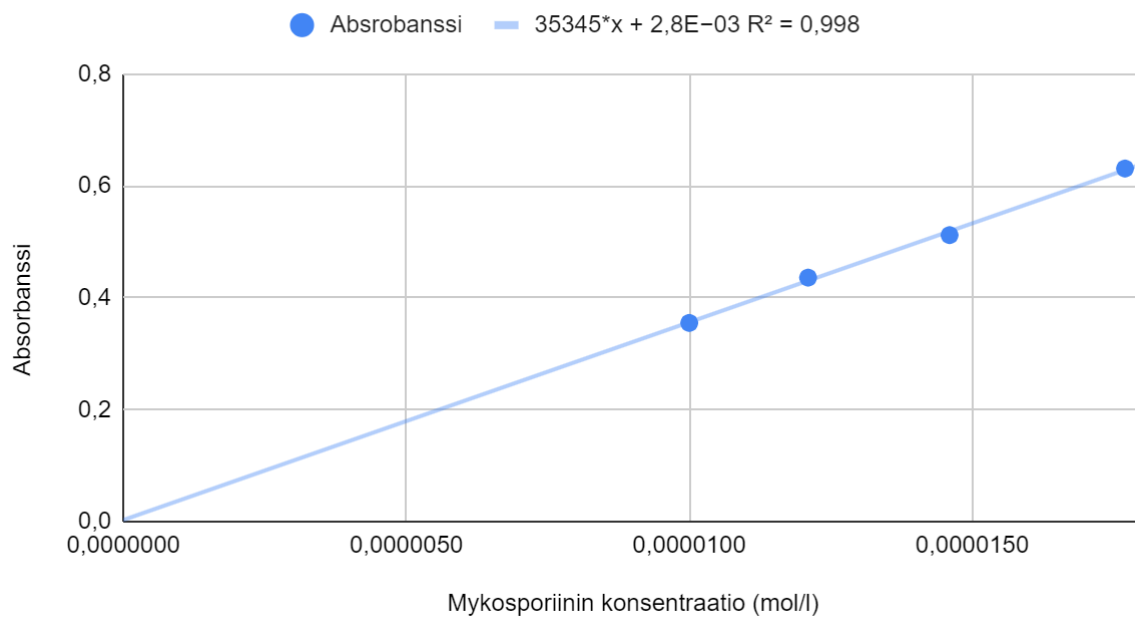


4.2 Voimakkaasti absorboivien molekyylien pitoisuus näytteessä voidaan määrittää UV-Vis spektroskopiolla. Mittauksessa havaittu absorbanssi eli absorboituneen valon osuus on suoraan verrannollinen näytteen konsentraatioon. Yllä kuvatusta mykosporiinista tehtiin joukko standardinäytteitä, joille saatiin seuraavat absorbanssit:

Standardinäytteen pitoisuus (mol/l)	Absorbanssi
$1,00 \cdot 10^{-5}$	0,355
$1,21 \cdot 10^{-5}$	0,436
$1,46 \cdot 10^{-5}$	0,512
$1,77 \cdot 10^{-5}$	0,631

Tuntematon mykosporiininäyte laimennettiin ensin mittapullossa 250,00 ml:ksi. Tästä pullosta otettiin 10,00 ml:n osanäyte, joka laimennettiin 100,00 ml:ksi. Näin saadun liuoksen absorbanssi mitattiin, ja sen arvoksi saatiin 0,483. Mikä oli alkuperäisen tuntemattoman näytteen mykosporiiniainemäärä?

Mykosporiininäytteiden standardisuora



Mitatun näytteen konsentraatio:

$$0,483 = 35218 \cdot x + 0,004 \Rightarrow x = \frac{0,483 - 0,004}{35218} \approx 1,36 \cdot 10^{-5}$$

Kyseinen näyte oli 100 ml:n mittapullossa:

$$n_1 = 0,1000 \text{ l} \cdot 1,36 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = 1,36 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Tämä oli laimennettu 10 ml:n näytteestä, joka oli alun perin 250 ml:n mittapullossa:

$$c_2 = \frac{n_1}{0,01000 \text{ l}} = 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$n_2 = 0,2500 \text{ l} \cdot 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} \approx 3,40 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

Pisteytys: Kuvaaja oikein 4 p (jos akselit toisin päin, 2 p)

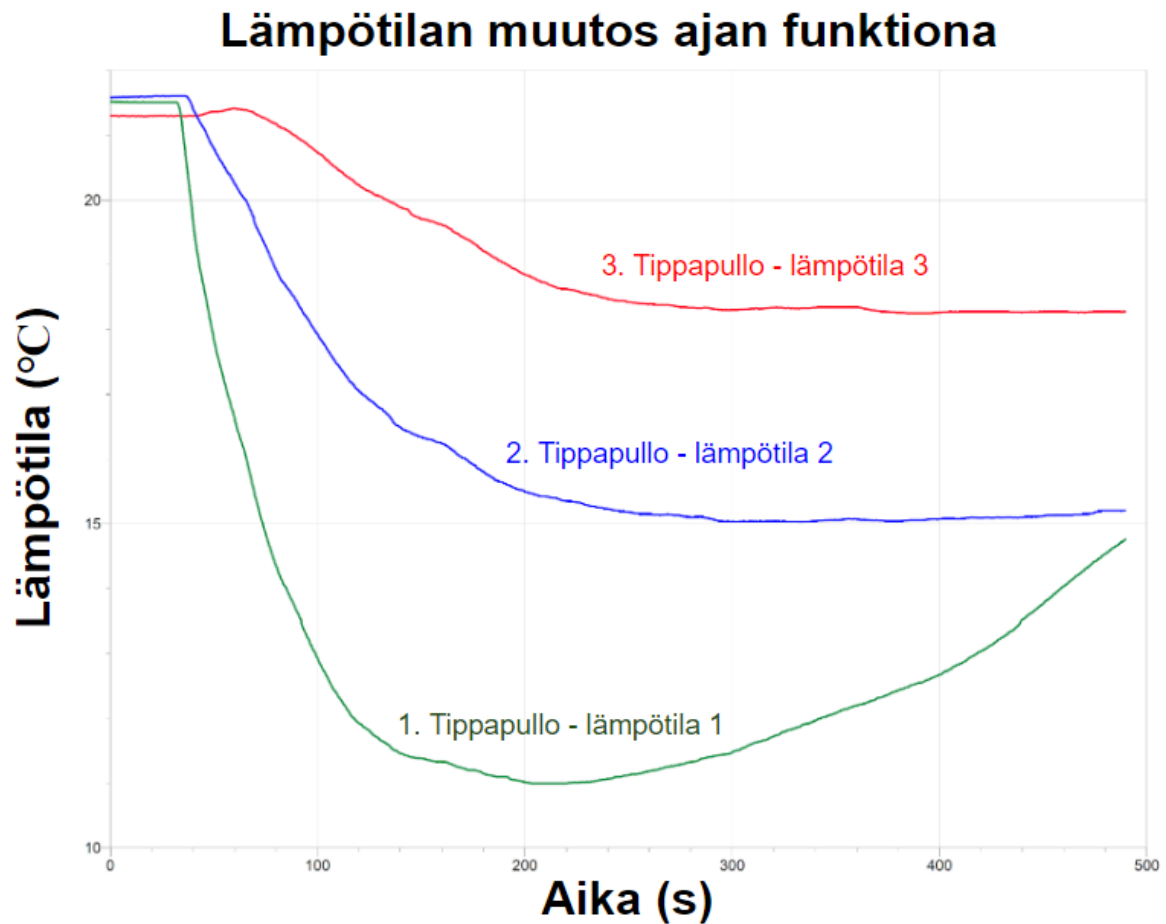
Mitatun näytteen konsentraatio laskettu 2 p

Alkuperäisen näytteen ainemäärä 4 p

Tehtävä 5. Voihan tippapullo!, yhteensä 12 p

Etanoli, 1-propanoli ja 1-butanoli ovat kaikki värittämiä yhdenarvoisia alkoholeja. Pullottaessaan keyseisiä alkoholeja tippapulloihin opettaja vahingossa unohti, missä pullossa on mitäkin.

5.1 Opettaja päätti selvittää tippapullojen kemikaalit tutkimalla niiden haihtumista. Haihtumista mitattiin lämpötilan muutoksena, kun kemikaali haihtuu lämpötila-anturin päähän sidotusta paperista. Päättelä kuvan perusteella mitä alkoholia on missäkin pullossa.



- | | |
|--|----|
| 1. Tippapullo - Lämpötila 1: etanoli | 1p |
| 2. Tippapullo - Lämpötila 2: 1-propanoli | 1p |
| 3. Tippapullo - Lämpötila 3: 1-butanoli | 1p |

5.2 Selitä kemian käsitteitä käyttäen, miksi näiden alkoholien haihtuminen on keskenään erilaista.

Haihtuminen on nesteen pinnalla tapahtuvaa aineen höyrystymistä. Aine, jonka molekyylien väliset sidokset ovat heikompia haihtuvat helpommin eli nopeitten. 1p

Kaikki molekyylit; etanoli, 1-propanoli ja 1-butanoli, sisältävät hydroksyyliyhmän, joten ainoa ero alkoholien rakenteessa on niiden hiiliketjun pituus. 1p

Pitenevä hiiliketju lisää dispersiovoimien määrää, joten molekyylien välisten sidosten voimakkuus kasvaa hiiliketjun kasvaessa. Etanoli < 1-propanoli < 1-butanoli 1p

Haihtuminen on endoterminen prosessi, joten lämpötila haihtuvan aineen läheltä laskee. Se aine, joka haihtuu huoneenlämpötilassa nopeitten, sitoo ympäriltään eniten energiaa aluksi, joten sen lämpötila-anturin lämpötila laskee lyhyen ajan kuluessa eniten. 1p

5.3 Kuvaile sanallisesti tai hahmottele piirtäen millainen kuvaaja saataisiin, jos tutkittavana aineena olisi asetonia. Perustele lyhyesti.

Asetoni on kooltaan suurin piirtein samankokoinen kuin 1-propanoli, mutta se ei sisällä hydroksyyliyh്മää vaan keto-/karbonyyliyh്മän. 1p

Hydroksyyliyh്മän omaavien molekyylien välille voi muodostua vetysidoksia, mutta ketoryh്മän omaavat molekyylit voivat muodostaa vain dipoli-dipolisidoksia. 1p

Tästä syystä asetonin todennäköisesti haihtuisi nopeammin kuin yksikään yllä mainituista alkoholeista. Kuvaajassa asetonin lämpötila laskisi siis nopeitten ja alhaisimmaksi, kunnes kaiken asetonin haihduttua lämpötila alkaisi nousta taas. 1p

5.4 Millä muulla tavalla opettaja voisi selvittää missä pullossa on mitäkin kemikaalia? Perustele vastauksesi.

Tippapullojen kemikaalit voitaisiin tunnistaa ajamalla niistä NMR-spektri. 1p

Alkoholien rakenteista nähdään, että ne voidaan tunnistaa muodostuvien signaalien lukumäärän, jakautumisen ja integraalin avulla. (/eri määrä protoniympäristöjä, eri määrä viereiseen hiileen kiinnittyneitä protoneita ja eri määrä protoneita samassa protoniympäristössä.) 1p

Tehtävä 6. Väkevän rikkihapon laimentaminen, yhteensä 10 p

Rikkihappo on kemikaali, jota on osattu valmistaa jo 1700-luvulta lähtien. Vuonna 2005 rikkihapon kulutus maailmanlaajuisesti oli 190 miljoonaa tonnia. Rikkihappoa käytetään lannoitteiden, väriaineiden, lääkkeiden ja räjähteiden valmistuksessa sekä öljynjalostuksessa ja metallurgisissa prosesseissa. Rikkihappo on monelle tuttu myös autojen akuista. Väkevä rikkihappo sisältää 98 massa-% rikkihappoa ja sen tiheys on 1,832 g/ml.

6.1 Mikä on rikkihapon molekyylikaava?

H₂SO₄ 1p

6.2 Laske väkevän rikkihappoliuoksen konsentraatio yksikössä mol/l.

Tarkastellaan yhtä litraa rikkihappoa

$$m(\text{rikkihappoliuos}) = \rho(\text{rikkihappo}) \cdot V(\text{rikkihappo})$$

$$m(\text{rikkihappoliuos}) = 1,832 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \cdot 1000 \text{ ml} = 1832 \text{ g} \quad 1\text{p}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,98 \cdot 1832 \text{ g} = 1793,36 \text{ g} \quad 1\text{p}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1793,36 \text{ g}}{98,086 \text{ g/mol}} = 18,304 \text{ mol} \quad 1\text{p}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V(\text{rikkihappoliuos})} = \frac{18,304 \text{ mol}}{1,00 \text{ l}} \approx 18,3 \text{ mol/l} \quad 1\text{p}$$

Mutta vain max. 2 p mikäli massaprosenttia / liuoksen massaa ei ole laskettu oikein / tiheyttä käytetty suoraan puhtaan rikkihapon tiheytenä.

6.3 Kuinka suuri tilavuus väkevää 98-m% rikkihappoa tarvitaan, kun halutaan valmistaa laimentamalla 500 ml 1,0 M rikkihappoa?

Väkevistä rikkihaposta siirrettävä rikkihapon ainemäärä tulee olla sama, kuin 1 M liuoksen rikkihapon ainemäärä.

$$n_1 = n_2 \quad 1\text{p}$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{c_2 V_2}{c_1} \quad 1\text{p}$$

$$V_1 = \frac{1,00 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0,500 \text{ l}}{18,304 \text{ mol/l}} = 0,02731 \text{ l} \approx 27,3 \text{ ml} \quad 1\text{p}$$

Opiskelijaa voi saada tehtävästä täydet pisteet vaikka tulos olisi väärin, mikäli se johtuu laskuvirheestä kohdassa 6.2. ja tulos on jollakin tavalla järkevä. (Tilavuus ei yli 500 ml)

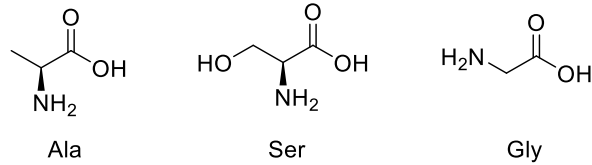
6.4 Mitä seikkoja rikkihappoliuoksen valmistuksessa tulee ottaa huomioon?

”Ensin vesi, sitten happo, muuten tulee käteen rakko.” / Reaktio on eksotermiini ja vapauttaa lämpöä. 1p

Rikkihappo on **voimakkaasti syövyttävää**, joten on käytettävä suojahanskoja suojalasien ja takin lisäksi. 1p

Tehtävä 7. Peptidirobotin ohjelmointi, yhteensä 10 p

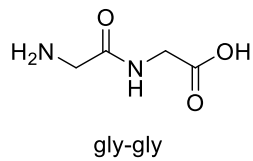
Peptidejä voidaan nykyisin valmistaa hyvin helposti synteeseiroboteilla. Olet ohjelmoimassa robottia, jolla on käytettävissä seuraavat kolme aminohappoa (Ala, Ser, Gly):



Käyttäen lähtöaineina näitä kolmea aminohappoa, suunnittele ja piirrä robotille sellaiset dipeptidit (eli kahdesta aminohaposta amidisidoksilla muodostuvat peptidit) A–E, jotka täyttävät seuraavat ehdot:

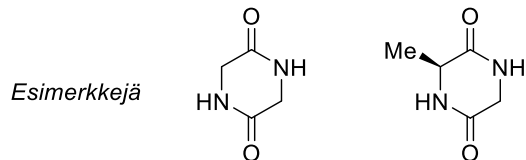
7.1 Dipeptidi A, joka ei ole kiraalinen. [2 p]

Pisteytys: Pakko olla gly-gly dipeptidi, ainoa aminohappo, jossa ei ole stereogeenistä keskusta.



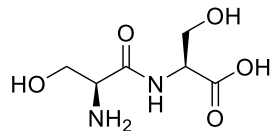
7.2 Dipeptidi B, joka on sylkinen. [2 p]

Pisteytys: Mikä tahansa ala, ser, gly yhdistelmä, jossa on muodostettu rengas



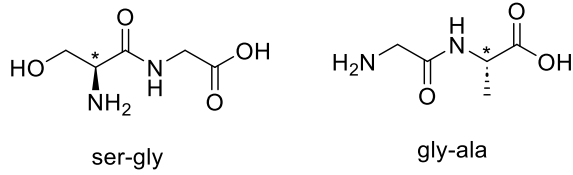
7.3 Dipeptidi C, jolla on korkein mahdollinen molekyylipaino. [2 p]

Pisteytys: Pakko olla ser-ser, seriinillä on suurin moolimassa annetuista aminohapoista.



7.4 Dipeptidi D, jolla on vain yksi enantiomeeri eikä muita stereoisomeerejä. [2 p]

Pisteytys: Pakko olla jokin dipeptidi jossa toinen aminohappo on gly. Näin yhdisteessä on vain yksi stereogeeninen keskus joka voi olla *R* tai *S*, nämä rakenteet ovat toistensa enantiomeerit.



7.5 Dipeptidi E, jolla on enantiomeeri sekä muita stereoisomeerejä. [2 p]

Pisteytys: Mikä tahansa dipeptidi, kunhan siinä ei ole gly. Näin dipeptidissä on kaksi stereogeenistä keskusta, jotka molemmat voivat olla *R* tai *S* (eli niillä on yhteensä neljä eri stereoisomeeriä *R,R*; *R,S*; *S,S*; *S,R*).

