

Lukion kemiakilpailu keskiviikkona 30.10.2024

Perussarjan tehtävien ratkaisut, yht. 60 p.

3. Valitse kullekin kiinteälle aineelle sen oikea hilarakenne pudotusvalikon vaihtoehtoista. Kaikki aineet ovat kiinteässä olomuodossa.

Aine	Hilatyyppi
Vesi	Poolinen molekyylihila (1p)
Strontium	Metallihila (1p)
Etanaali	Poolinen molekyylihila (1p)
Piidioksidi	Atomihila (1p)
Kaliumkloridi	Ionihila (1p)
Dietyylieetteri	Pooliton molekyylihila (1p)
Timantti	Atomihila (1p)
Vetyfluoridi	Poolinen molekyylihila (1p)
Polypropeeni	Ei hilarakennetta (1p)
Kidevedellinen kuparisulfaatti	Ionihila (1p)

4. **Metsät ovat suomalaiset tärkein luonnonvara. Suomalaisen metsän arvioitu kasvutahti on noin 103 miljoona kuutiometriä vuosittain. Metsillä on monta tärkeää tehtävää virkistyskäytöstä vientitalouteen ja suomalaisesta puusta voidaankin valmistaa monenlaisia erilaisia tuotteita.**

4.1 Erästä puusta valmistettavaa yhdistettä analysointiin laboratoriossa.

5,010 grammassa tätä yhdistettä todettiin olevan 1,977 g hiiltä, 0,398 g vetyä ja 2,633 g happea. Laske yhdisteen suhdekaava.

Puusta valmistettavan yhdisteen suhdekaava:

Selvitetään ensin hiilen, vedyn ja hapen ainemäärät

$$n(C) = \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{1,977 \text{ g}}{12,01 \text{ g/mol}} = 0,1646 \text{ mol}$$

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{0,398 \text{ g}}{1,008 \text{ g/mol}} = 0,3948 \text{ mol} \quad (1 \text{ p})$$

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)} = \frac{2,633 \text{ g}}{16,00 \text{ g/mol}} = 0,1646 \text{ mol} \quad (1 \text{ p})$$

Ainemäärien suhde on siis

$$n(C) : n(H) : n(O) = 0,1646 \text{ mol} : 0,3948 \text{ mol} : 0,1646 \text{ mol}$$

$$n(C) : n(H) : n(O) \approx 1 : 2,4 : 1 \quad \times 5 \quad (1 \text{ p})$$

$$n(C) : n(H) : n(O) \approx 5 : 12 : 5$$

Suhdekaava on siis $(C_5H_{12}O_5)_x$ (1p)

4.2 Määritä yhdisteen molekyylikaava alla olevaa spektriä apuna käyttäen.

Puusta valmistettavan yhdisteen molekyylikaava:

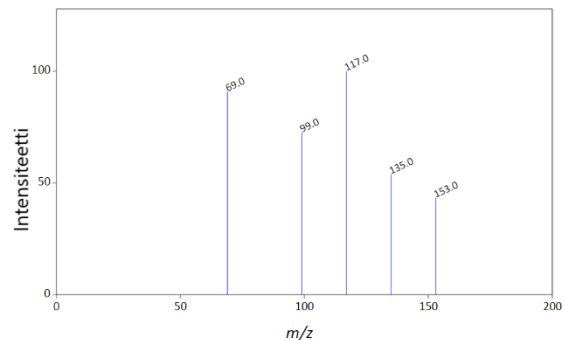
Massaspektrin raskaimman molekyyli-ionin massa on 152. Tällöin

$$x \cdot M(C_5H_{12}O_5) = 152$$

$$x = \frac{152}{M(C_5H_{12}O_5)} = \frac{152}{152,146} \approx 1 \quad (1 \text{ p})$$

Yhdisteen molekyylikaava

on siis $C_5H_{12}O_5$ (1p)



4.3 Yhdisteestä ajettiin myös IR-spektri.

Mitä funktionaalisia ryhmiä yhdiste sisältää käytettävissä olevien tietojen perusteella.

IR-spektristä nähdään, että yhdisteestä löytyy hydroksiryhmän absorptio alueella 3400-3100 cm^{-1} . Spektrissä ei ole karbonyyli-, karboksyyli-, amino- tai alkenyyliyhdisteille tyypillisiä absorptioalueita.

Oikeat vastaukset pudotusvalikkovaihtoehdoin alla.

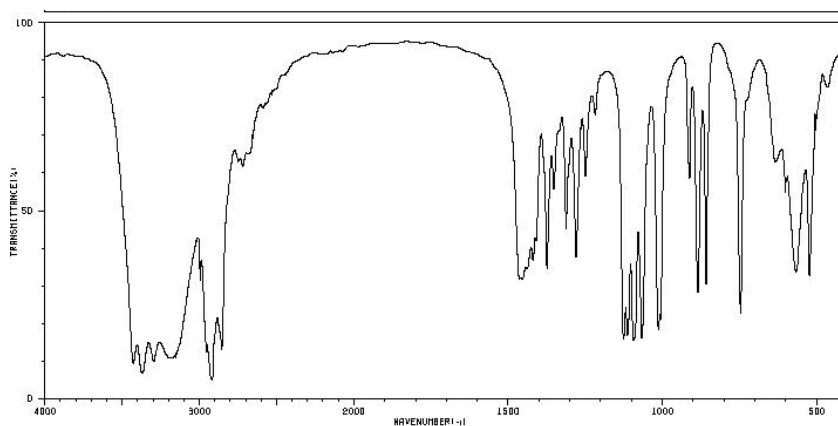
Karbonyyliryhmä: Ei, ei löydy yhdisteen rakenteesta (1 p)

karboksyyliyhdiste: Ei, ei löydy yhdisteen rakenteesta (1 p)

Hydroksiryhmä: Kyllä, löytyy yhdisteen rakenteesta (1 p)

Aminoryhmä: Ei, ei löydy yhdisteen rakenteesta (1 p)

Alkenyyliyhdiste: Ei, ei löydy yhdisteen rakenteesta (1 p)



Spektrin lähde: SDDBS: <https://sdbs.db.aist.go.jp/CompoundLanding.aspx?sdbno=10072>

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

4.4 Mikä yhdiste voisi olla kyseessä? Piirrä myös yhdisteen rakennekaava.

Kyseinen yhdiste on ksylitoli eli (2R,3R,4S)-1,2,3,4,5-pentahydroksipentaani

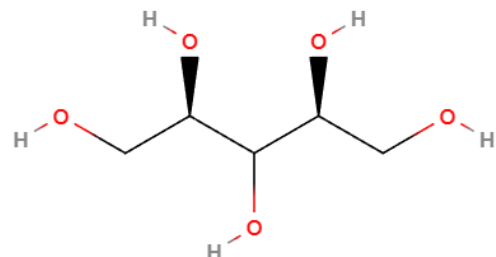
Pisteytys:

Esitetty molekyylikaavaa vastaava rakennekaava (1 p).

Rakenteessa vain oikeita funktionaalisia ryhmiä (1 p).

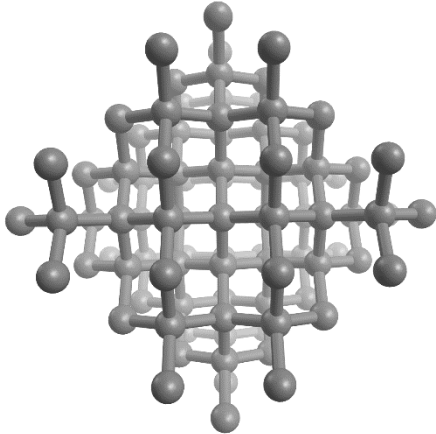
Päätelty, että kyseessä on ksylitoli (1 p).

Piirretty ksylitolin oikea rakenne (1 p).



5 Timantin tiheys

Röntgendiffraktometrillä tutkittiin timantin hilarakennetta. Timantin rakenteessa havaittiin olevan kahdeksan atomia $0,357 \text{ nm} \times 0,357 \text{ nm} \times 0,375 \text{ nm}$ kokoisessa kuutiossa.



Kuva 1: Timantti pakkautuu säännölliseen hilarakenteeseen.

5.1 Laske kuution tilavuus. (2 p)

$$V = (0,357 \text{ nm})^3 = 4,55 \times 10^{-29} \text{ nm}^3$$

5.2 Laske kuution massa. (6 p)

$$n = \frac{m}{M} \Leftrightarrow n = \frac{N}{N_A}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

$$m = \frac{NM}{N_A} = \frac{8 \cdot 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{6,02214 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}} = 1,5954 \cdot 10^{-22} \text{ g} \approx 1,595 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

5.3 Laske timantin tiheys. (2 p)

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1,5954 \cdot 10^{-22} \text{ g}}{4,55 \times 10^{-29} \text{ nm}^3} = 3510 \text{ kg/m}^3$$

- 6 Kofeiini on yksi maailman käytetyimmistä keskushermostoon vaikuttavista päihdeaineista, joilla on väsymystä vähentäviä vaikutuksia. Kofeiinia löytyy luontaisesti monista eri kasveista, joista voidaan valmistaa ruokia ja juomia. Tunnetuimpia näistä ovat todennäköisesti kahvi ja tee, jotka sisältävät lajikkeesta riippuen noin 20 - 110 mg kofeiinia per 2,0 dl kuppi. Opiskelijat halusivat tutkia vaikuttaako teen haudutus aika valmiin teen kofeiinipitoisuuteen. Tutkimusmenetelmäksi valittiin kofeiinipitoisuuden mittaaminen UV-spektrometrillä.**

6.1 Opiskelijat valmistivat ensin standardiliuokset alla olevia ohjeita käyttäen. Laske standardiliuosten pitoisuudet yksikössä mg/l.

Liuos	Valmistus
C ₁	Punnitse 0,0250 grammaa kofeiinia analyysivaa'alla ja laimenna vedellä 1000,0 ml mittapullossa.
C ₂	Mittaa täyspipetillä 80,0 ml liuosta c ₁ ja laimenna vedellä 100,0 ml mittapullossa.
C ₃	Mittaa täyspipetillä 60,0 ml liuosta c ₁ ja laimenna vedellä 100,0 ml mittapullossa.
C ₄	Mittaa täyspipetillä 40,0 ml liuosta c ₁ ja laimenna vedellä 100,0 ml mittapullossa.
C ₅	Mittaa täyspipetillä 20,0 ml liuosta c ₁ ja laimenna vedellä 100,0 ml mittapullossa.

Standardiliuosten pitoisuudet yksikössä mg/l.

liuos c₁ :

$$m(\text{kofeiini}) = 0,0250 \text{ g} = 25,0 \text{ mg} \quad (1 \text{ p})$$

$$\text{pitoisuus}(\text{kofeiini}) = \frac{m(\text{kofeiini})}{V(\text{liuos})} = \frac{25,0 \text{ mg}}{1,0000 \text{ l}} = 25 \text{ mg/l} \quad (1 \text{ p})$$

Laimennossarja c₂-c₅ liuoksesta c₁ :

Liuosta laimennettaessa kofeiinin ainemäärä uudessa liuoksessa pysyy vakiona.

$$n_1 = n_2 \text{ eli}$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

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

$$c_2 = \frac{80,0}{100,0} \cdot c_1 = \frac{4}{5} \cdot c_1 = \frac{4}{5} \cdot 25 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 20 \text{ mg/l}$$

$$c_3 = \frac{60,0}{100,0} \cdot c_1 = \frac{3}{5} \cdot c_1 = \frac{3}{5} \cdot 25 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 15 \text{ mg/l}$$

$$c_4 = \frac{40,0}{100,0} \cdot c_1 = \frac{2}{5} \cdot c_1 = \frac{2}{5} \cdot 25 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 10 \text{ mg/l}$$

$$c_5 = \frac{20,0}{100,0} \cdot c_1 = \frac{1}{5} \cdot c_1 = \frac{1}{5} \cdot 25 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 5 \text{ mg/l} \quad (1 \text{ p})$$

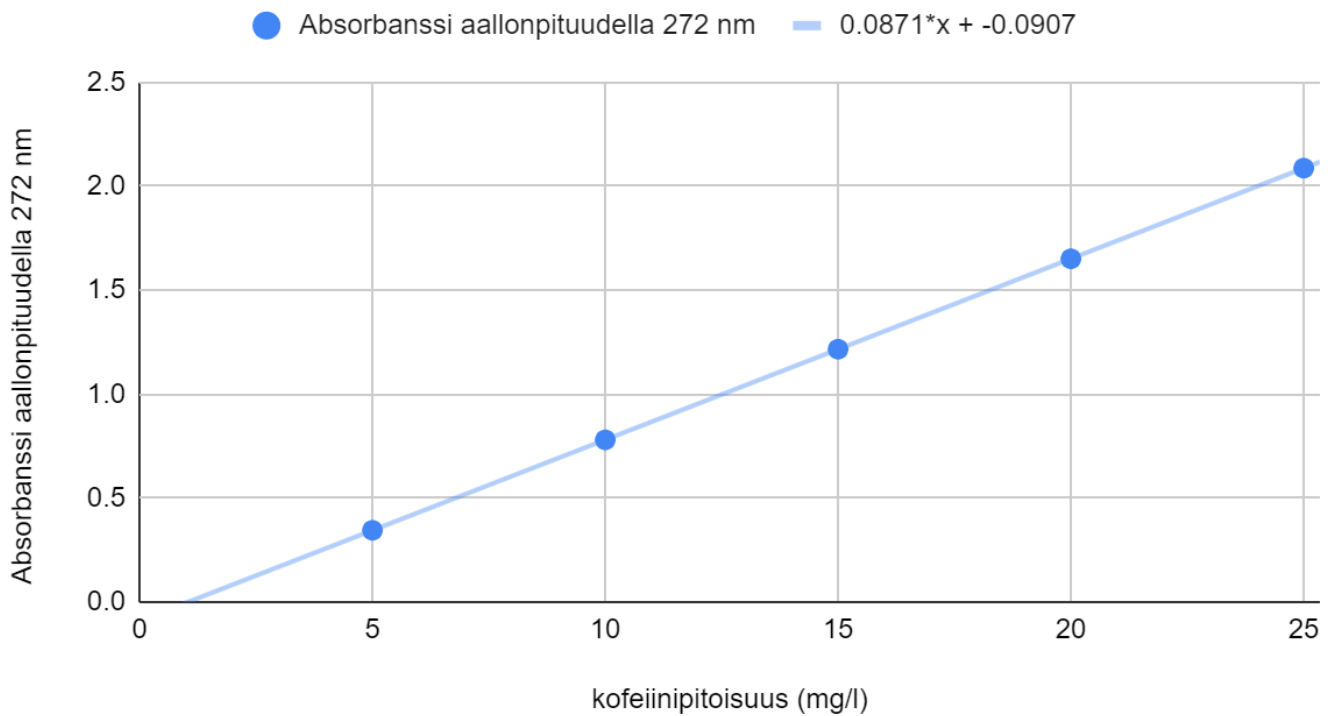
6.2 Standardiliuosten absorbanssit mitattiin UV-spektrometrillä aallonpituudella 272 nm. Piirrä tuloksista kuvaaja ja määritä standardisuoran yhtälö.

Liuos	Absorbanssi aallonpituudella 272 nm
C ₁	2,087
C ₂	1,651
C ₃	1,216
C ₄	0,780
C ₅	0,345

Standardisuoran kuvaaja (akselit nimetty oikein yksikköineen 2p).

Yhtälö: $A = 0,0871 \cdot c - 0,0907$ (1p)

Absorbanssi aallonpituudella 272 nm vs kofeiinipitoisuus (mg/l)



6.3 Opiskelijat valmistivat teenäytteet hauduttamalla teepussia 2,00 desilitrassa 80 asteista vettä 0,5; 1,0 ja 2,0 minuuttia. Näytteen analysointia varten kofeiini uutettiin teestä dikloorimetaaniin. Uuttovaiheessa haudutetusta teestä otettiin 5,0 ml näyte, joka uutettiin dikloorimetaaniin erotussuppilossa. Uuton jälkeen dikloorimetaani kerättiin talteen ja laimennettiin 50,0 millilitraan mittapullossa. Näin valmistetun näytteen absorbanssi aallonpituudella 272 nm mitattiin UV-spektrometrillä. Laske teenäytteiden kofeiinipitoisuudet yksikössä mg/l.

Näytteen haudutusaika	Absorbanssi aallonpituudella 272 nm
0,5 min	0,875
1,0 min	1,198
2,0 min	1,421

Standardisuoran yhtälön avulla voidaan selvittää dikloorimetaaniliuoksen kofeiinipitoisuus.

$$c = \frac{A+0,0907}{0,0871} \quad (1p)$$

Dikloorimetaaniliuoksen tilavuus oli 50,0 ml, joten kokonaisuudessaan 5,0 ml teenäytteestä uutunut kofeiinin massa oli:

$$m(\text{kofeiini}) = c \cdot V(\text{dikloorimetaani}) = \frac{A+0,0907}{0,0871} \text{ mg/l} \cdot 0,0500 \text{ l} \quad (1p)$$

Koska tämä massa uutui 5,0 ml teenäytteestä, sisältää 2,00 dl teetä siis $\frac{200 \text{ ml}}{5 \text{ ml}} = 40$ -kertaisen määrän kofeiinia. 2,00 dl näytteessä on siis kofeiinia

$$m(\text{kofeiini}) = c \cdot V(\text{dikloorimetaani}) \cdot 40 = \frac{A+0,0907}{0,0871} \text{ mg/l} \cdot 0,0500 \text{ l} \cdot 40 \quad (1p)$$

näytteen haihdutusaika (min)	Absorbanssi aallonpituudella 272 nm	dikloorimetaaniliuoksen kofeiinipitoisuus (mg/l)	kofeiinia 50 ml dikloorimetaaniliuosta (mg) = kofeiinia 5 ml teenäytteessä	teenäytteen kofeiinipitoisuus (mg / 200 ml)
0.5	0.875	11.1	0.55	22
1.0	1.198	14.8	0.74	30
2.0	1.421	17.4	0.87	35
				(1p)

6.4 Oliko haudutusajalla vaikutusta teenäytteen kofeiinipitoisuuteen?

Opiskelijoiden tulosten perusteella teen haudutusajan pidentäminen kasvattaa teenäytteen kofeiinipitoisuutta. (1 p)

6.5 Voidaanko tutkimustulosten perusteella sanoa kuinka paljon kofeiinia uuttuu teeheen, kun haudutusaika on 4,0 minuuttia?

Tulosten perusteella ei voida sanoa, kuinka paljon kofeiinia uuttuu 4 minuutissa, koska opiskelijat eivät tutkineet missä ajassa teelehtien sisältämä kofeiini on kokonaan uuttunut valmiiseen teeheen/teeveeteen. (1 p)

6.6 Miten opiskelijat voisivat arvioida tutkimusmenetelmänsä luotettavuutta? Toisin sanoen miten opiskelijat voisivat arvioida antaako heidän tutkimusmenetelmänsä oikeansuuntaisia tuloksia?

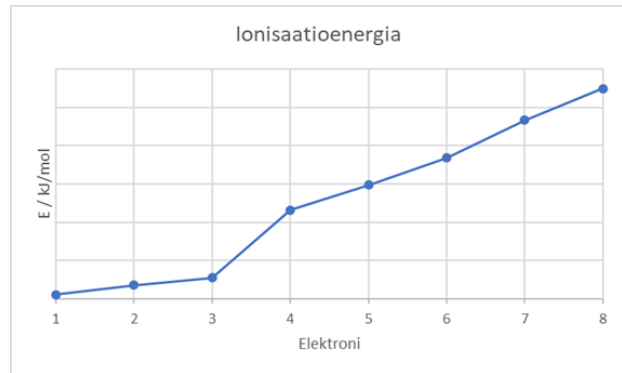
Opiskelijat voivat arvioida tutkimusmenetelmänsä luotettavuutta vertaamalla saamiensa tuloksia kirjallisuusarvoihin; käyttämänsä teen ilmoitettuun kofeiinipitoisuuteen (1 p).
[/ tai vertaamalla standardisuoransa molaarista absorptiokerrointa sen kirjallisuusarvoon/muissa tutkimuksissa todettuun arvoon. (1 p)]

6.7 Miten tutkimustuloksen luotettavuutta voitaisiin parantaa?

Tutkimustulosten luotettavuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi tekemällä toistomäärityksiä tai muuttamalla näytteiden haudutusaikoja vastaamaan tyypillisimpiä teen valmistuksen haudutusaikoja. (1p)

7. Alkuainekimara

7.1 Erään 3. jakson alkuaineen ionisaatioenergiat on esitetty oheisessa kuvassa. Mikä alkuaine on kyseessä?



Alumiini

7.2 Elektroniaffiniteetti kuvaa energiaa, joka vapautuu, kun kaasumaiseen atomiin tai ioniin liitetään yksi elektroni. Mitä suurempi elektroniaffiniteetti, sitä suotuisampaa elektronin liittäminen atomiin tai ioniin on. Tällä 4. jakson alkuaineella on jakson suurin elektroniaffiniteetti. Mikä alkuaine on kyseessä?

7.2 Bromi

7.3 Erään siirtymämetallin tunnetuimmat oksidimineraalit ovat nimeltään hematitiitti ja magnetiitti. Mikä alkuaine on kyseessä?

7.3 Rauta

7.4 Tämä alkuaine on kevyin alkuaine, jolla ei ole yhtään pysyvää isotooppia (eli sillä esiintyy vain radioaktiivisia isotooppeja). Mikä alkuaine on kyseessä?

7.4 Teknetium

7.5 Mitä ioneita löytyy alumiinikloridin vesiliuoksesta? Anna vastauksesi kemiallisia symboleita käyttäen.

7.5 Al^{3+} ja Cl^- (tai $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$)

7.6 Mikä on sen niukkaliukoisen keltaisen suolan kaava, joka saostuu, kun yhdistetään lyijy(II)nitraatin ja kaliumjodidin vesiliuokset?



PbI_2