

TYÖ 5. CIS-TRANS-ISOMERIAN VAIKUTUS AINEEN OMINAISUUKSIIN

[HUOM. Opettajan ohjeessa taustatietoja ja kysymyksiin vastaukset]

KOHDERYHMÄ: Työ soveltuu lukioon KE2- ja KE3-kursseille.

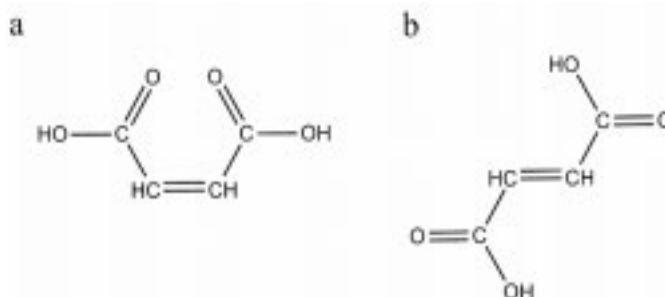
KESTO: 1,5 - 2 h.

TAVOITE: Ymmärtää avaruusisomerian käsite sekä miten cis-trans-isomeria vaikuttaa aineen ominaisuuksiin.

AVAINSANAT: Orgaaniset yhdisteet, Isomeria, Saanto

1. TYÖN IDEA

Cis-trans-isomeriaa esiintyy orgaanisilla yhdisteillä, joissa on kaksoissidoksia sekä syklistyyttä. Tässä työssä valmistetaan 2-buteenidihapon kaksi avaruusisomeeria: cis-buteenidihappo (maleiinihappo) ja trans-buteenidihappo (fumariinihappo) (kuva 1). Isomeerit voidaan valmistaa maleiinihapon anhydridistä. (1).



Kuva 1. 2-buteenidihapon avaruusisomeerit: a) Cis-buteenidihappo eli maleiinihappo ja b) trans-buteenidihappo eli fumariinihappo.

2. TAUSTATEORIAA

Hiili-hiili-kaksoissidos ei salli vapaata kiertoa sidoksen ympäri, joten atomiryhmät sidoksen ympärillä voivat sijoittua joko cis- tai trans-asentoon (2). Cis-asennossa samanlaiset atomiryhmät tai vedyt sijoittuvat

kaksoissidoksen samalle puolelle ja trans-asennossa eri puolille kuvan 1 mukaisesti. Trans-isomeeri on ns. termodynaamisesti stabiilimpi eli jos molekyyli voisi kiertyä vapaasti kaksoissidoksen ympäri, niin se asettuisi trans-muotoon. Termodynaaminen stabiilius vaikuttaa merkittävästi aineen ominaisuuksiin, joten tässä työssä isomeerit erotellaan sulamispisteen avulla. 2-buteenidihapon *cis*-isomeerin (maleiinihapon) sulamispiste on 130 °C ja *trans*-isomeerin (fumariinihapon) 287 °C (1).

3. ENNAKKOKYSEMYKSET ENNEN TYÖTÄ

Minkälaisia erilaisia isomeroita on olemassa?

- *Rakenneisomeria*
 - *Paikkaisomeria: funktionaaliset ryhmät eri paikoissa hiiliketjulla*
 - *Funktioisomeria: sama molekyylikaava, mutta erilaiset funktionaaliset ryhmät*
 - *Runkoisomeria: pitkät hiiliketjut haarautuvat ja rakentuvat eri tavoilla*
- *Stereoisomeria*
 - *Enantoimeerit: optinen/peilikuvaisomeria*
 - *Diastereomeerit*
 - *Geometriset isomeerit: cis-trans ja E/Z*

Mihin maleiinihappoa käytetään?

- *Cis-muotoa eli maleiinihappoa ei käytetä yleisesti, mutta siitä kuitenkin tehdään amiinisuoloja lääketieteellisuuteen.*
- *Trans-muotoa eli fumaarihappoa käytetään happamuuden säätöaineena (E297) ja antioksidanttina. Lisäksi fumaarihaposta muodostetaan estereitä ja muita yhdisteitä, joita käytetään lääkkeinä.*

4. TYÖTURVALLISUUS JA KEMIKAALIT

TYÖTURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Käytä laboratoriotakkia, suojalaseja ja -hanskoja työskennellessäsi kemikaalien kanssa.

Lue työohjeen työturvallisuus ja kemikaalit -osio huolellisesti!

I. Suolahappo (neste) väkevä (37 %)



- Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa
- Saattaa aiheuttaa hengitysteiden ärsytystä, välttää hengittämistä
- **Ensiaputoimenpiteet:**
 - **Hengitettynä:** Siirrä raittiiseen ilmaan.
 - **Iholle saatuna:** Riisu saastunut vaatetus välittömästi. Suihkuta ihoa vedellä ja jos ihoärsytystä ilmenee, on otettava yhteyttä lääkäriin.
 - **Silmäkosketus:** Silmää on huuhdeltava 10-15 min juoksevalla vedellä silmäluomea levittäen, minkä jälkeen on hakeuduttava lääkäriin
 - **Nieltynä:** EI SAA OKSENNUTTAA. Suuta huuhdeltava välittömästi ja juotava runsaasti vettä. Lääkäri kutsuttava välittömästi. Ei saa juoda neutralisoivaa ainetta

II. Maleiinihapon anhydridi (jauhe)



- Voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa
- Voi aiheuttaa allergia- tai astmaoireita hengitettynä
- Voi aiheuttaa allergisen ihoreaktion
- **Ensiaputoimenpiteet:**
 - **Hengitettynä:** Siirry raittiiseen ilmaan. Hengitysvaikeuksissa on annettava happea ja hakeuduttava lääkäriin.
 - **Iholle saatuna:** Riisu saastunut vaatetus välittömästi. Huuhdo iho vedellä.
 - **Silmäkosketus:** Huuhtelee silmiä 10-15 minuutin ajan silmäluomet levittäen. Hakeuduttava lääkäriin.
 - **Nieltynä:** Huuhtelee suu välittömästi ja juo runsaasti vettä. Ei saa oksennuttaa. Hakeuduttava lääkäriin.

5. TYÖN SUORITUS

a. Tarvittavat välineet

- Keitinlasi 100 ml
- Lasisauva
- Vesihaude
- Imupullo ja tiiviste
- Büchner-suppilo
- Suodatinpaperi
- Jäähaude
- Mittalasi 10 ml
- Pyörökolvi 50 ml
- Pystyjäähdytin
- Magneettisekoittaja ja magneetti
- Vaaka
- Lämmityslevy
- Metallilevy

b. Reagenssit

- Suolahappo
- Maleiinihapon anhydridi

c. Työvaiheet

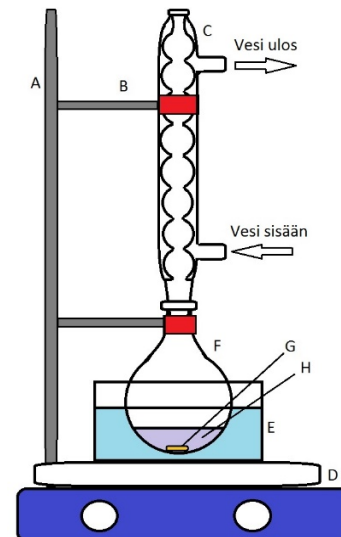
ISOMEERI 1:

Liuota lämpimässä vesihauteessa 5,0 g maleiinihapon anhydridia 6,0

ml:aan tislattua vettä pienessä keitinlasissa vetokaapissa. Kiteytä ensimmäinen isomeeri liuoksesta siirtämällä keitinlasi jäähauteeseen.

Kiteiden muodostamista voi nopeuttaa hankaamalla astian seiniä lasisauvalla.

Suodata kiteet punnitulle suodatinpaperille Büchner-suppilon ja imupullon avulla mahdollisimman nopeasti jäähauteesta kuvassa 2 esitetyn systeemin avulla. Jos liuos ehtii lämmetä liikaa, isomeeri liukenee takaisin veteen.



Kuva 2. Isomeeri 1 synteesilaitteisto, eli pystyjäähdyttimellä varustettu pyörökolvi vesihauteessa. Osat: A) statiiivi, B) koura, C) pystyjäähdytin, D) lämmittävä magneettisekoittaja, E) vesihaude, F) pyörökolvi, G) magneetti ja H) reagenssit.

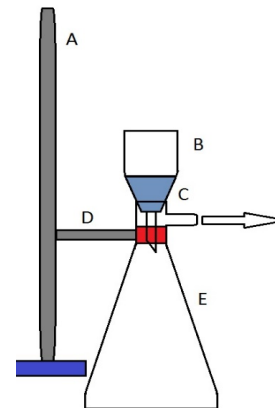
ISOMEERI 2:

Rakenna kuvan 3 mukainen laitteisto.

Kaada imupullossa oleva neste pyörökolviin. Lisää kolviin varovasti 10 ml väkevää suolahappoa ja lisää magneettisekoittaja. Lämmitä seosta kiehuvaan vesihautteeseen pystyjäähdyttimen alla noin 10-20 min, kunnes muodostuu kiteitä.

Suodata muodostuneet kiteet punnitulle suodatinpaperille. Huuhdo kolviin jääneet kiteet lämpimällä vedellä. Anna molempien isomeerien kuivua ja punnitse ne.

Sulamispisteiden vertailua varten laita muutama kide kumpaakin isomeeria metallilevylle ja kuumenna.



Kuva 3. Imusuodatuslaitteisto. A) statiiivi, B) Büchnersuppilo, jossa suodatinpaperi, C) kumitiiviste, D) koura ja E) imupullo.

d. Siivoaminen ja jätteiden käsittely

- Imupulloon jäänyt imuneste osan 2 jälkeen kerätään jätekeitinlasiin neutraloidaan assistenttien toimesta
- Molemmat isomeerit kerätään niille tarkoitettuun jäteastiaan

6. TULOKSET JA KOONTI

Miten isomeria vaikuttaa aineen ominaisuuksiin?

- *Isomeria vaikuttaa melkoisesti aineen kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin*
- *Molekyylien väliset sidokset ovat todella erilaisia ja usein toinen muoto aiheuttaa steerisen esteen ja tämä vaikuttaa mm. sulamis- ja kiehumispisteisiin*

Mikä isomeeri muodostui ensimmäisessä osassa? Entä toisessa osassa? Miksi?

- *Maleiinihappoanhydridin hydrolyysissä muodostuu cis-muotoa.*
- *Toisessa osassa muodostuu trans-muotoa, koska se on termodynaamisesti stabiilimpi ja asettuu siihen muotoon, kun kaksoissidos aukaistaan suolahapon avulla.*

Laske kuinka monta grammaa isomeerien seosta pitäisi muodostua lähtöaineista.

Mikä on reaktion saantoprosentti?

Laske cis- ja trans-muotojen osuus todellisesta saannosta.

Aine	Molekyylikaava	Moolimassa M (g/mol)	Massa m (g)	Ainemäärä n (mol)
maleiinihapon anhydridi	C ₄ H ₂ O ₃	98,06	5,0	0,050989
<i>trans</i> -isomeeri, teorettinen	C ₄ H ₄ O ₄	116,1	5,9198	0,050989
<i>trans</i> -isomeeri, kokeellinen	C ₄ H ₄ O ₄	116,1		
<i>cis</i> -isomeeri, teorettinen	C ₄ H ₄ O ₄	116,1	5,9198	0,050989
<i>cis</i> -isomeeri, kokeellinen	C ₄ H ₄ O ₄	116,1		

7. VIITTEET

1. Lehniemi, K., Turpeenoja, L., Vaskuri, J. Mooli2 (KE2) - Kemian mikromaailma, s. 132-133, Otava, 2013.

2. <https://goldbook.iupac.org/terms/view/C01092>, 14.7.2022