

HOE NATRIUM ONTPLOFT

Klas	4,5 h/v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie , onderzoek
Specificaties	Groepen en reactiviteit, relatie met onderzoek
Trefwoorden	Explosie, coulomb-explosie, natrium, kalium
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag, conclusies evalueren

www.c2w.nl, 27 januari 2015

Hoe natrium ontploft

Reactie met water verloopt anders dan iedereen dacht

Als je natrium of kalium in water gooit, ontploft in eerste instantie het metaal zélf. De gevormde waterstof knalt pas later, melden Tsjechische onderzoekers in *Nature Chemistry*.

Het verklaart waarom de reactie tussen metaal en water überhaupt zo op hol kan slaan. Zoals bekend ontstaat hierbij natriumhydroxide en waterstof, plus een hoop warmte, en iedereen nam automatisch aan dat die waterstof ontbrandt en zorgt voor het fameuze knaleffect. Alleen klopt die redenering niet helemaal. Als op het metaaloppervlak een gas ontstaat, en bovendien water verdampt door de hitte, dan staat dat de aanvoer van vers water naar het oppervlak in de weg en verwacht je dat de reactie zichzelf min of meer smooit.

Pavel Jungwirth en collega's van de academie van wetenschappen in Praag hebben nu het gebeuren voor het eerst gefilmd met hogesnelheidscamera's die meer dan 6.000 beelden per seconde konden schieten. Als metaal gebruikten ze een legering van 90 procent kalium en 10 procent natrium, die bij kamertemperatuur vloeibaar is zodat ze hem met een pipet in het water konden druppelen. Onder een argonatmosfeer om het oppervlak 'schoon' en oxidevrij te houden.

Wat ze toen zagen, was dat na 0,35 milliseconden een soort pieken uit het metaal lijken te worden gelanceerd met een geschatte versnelling van 10.000 m/s^2 . Ze zijn de gasproductie daarmee ruim vóór. En als je goed kijkt zie je dat die pieken soms ook weer opsplitsen in nieuwe pieken zodat je een soort dendrietstructuur krijgt.

Een tweede aanwijzing was dat je rond die pieken een blauwpaarse weerschijn leek te zien.

Computersimulaties met een cluster van 19 natriumatomen wezen uit wat er precies gebeurt. De atomen op het oppervlak verliezen binnen een paar picoseconden allemaal een elektron aan het inkomende water. Dat is te snel om het tekort van binnenuit aan te vullen. Door de elektrostatische afstoting tussen de ontstane ionen onderling vliegt vervolgens het hele oppervlak uit elkaar; de auteurs noemen het een 'Coulomb-explosie'. Het proces maakt een nieuw stuk oppervlak vrij, waarop de geschiedenis zich kan herhalen.

Op dat moment worden de elektronen alleen nog maar omringd door watermoleculen, en hebben ze er nog niet mee gereageerd. Dan krijg je inderdaad een blauwe gloed. Pas daarna krijg je de waterstofvorming, en wordt het explosieve effect nog erger.

Het verklaart tevens waarom er niet zo veel hoeft te gebeuren om het proefje te laten mislukken: een klein beetje oppervlakte-actieve stof in het water, en het metaaloppervlak wordt al voldoende afgeschermd om de Coulomb-explosie te voorkomen.

bron: *Nature*

Het is een proefje dat vrijwel iedere scheikundeleraar laat zien in de derde klas: een blokje natrium in water brengen. Tot nu toe is het verloop van de reactie niet echt begrepen.

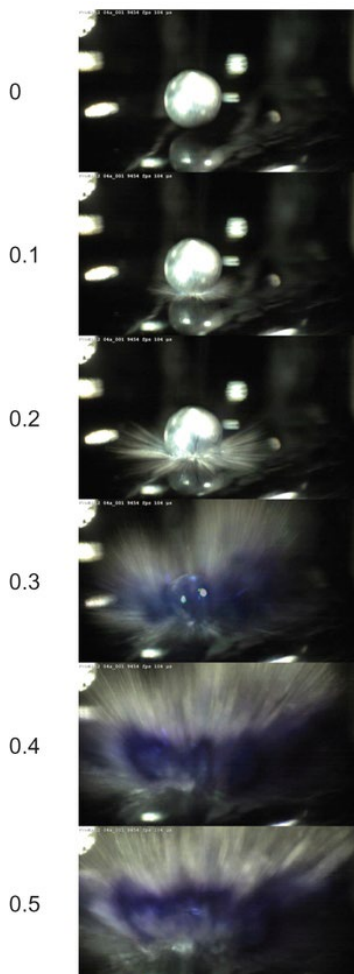
- 1 Geef de vergelijking voor de reactie tussen natrium en water.
- 2 Laat met een energieberekening zien dat deze reactie exotherm is. Het oplossen van NaOH(s) in water levert per mol $10,40 \cdot 10^5 \text{ J}$ op.
- 3 Geef de definitie van een explosie.
- 4 Noteer de voorwaarden voor het kunnen optreden van een explosie.
- 5 Leg uit waarom het eigenlijk altijd vreemd werd gevonden dat de reactie “zo op hol kan slaan”.

In Praag hebben onderzoekers het verloop van de reactie gefilmd met hogesnelheidscamera's. Om goede en vergelijkbare experimenten te kunnen uitvoeren hebben ze bepaalde maatregelen genomen. In het artikel worden er twee genoemd.

- 6 Noem deze twee maatregelen. Leg uit waarom deze maatregelen goede en vergelijkbare experimenten opleveren.
- 7 Noem nog twee maatregelen die de onderzoekers moeten nemen om de experimenten vergelijkbaar te maken.

Hieronder staat een rijtje foto's die in de eerste microseconden zijn genomen.

t in ms



Bron: Mason, P, (2015), Coulomb explosion during the early stages of the reaction of alkali metals with water, *Nature Chemistry*, 7, 250–254.

Uit deze foto's kun je een conclusie trekken die in het artikel wordt genoemd.

8 Geef aan welke conclusie dat is.

Er wordt een geschatte versnelling genoemd van 10.000 m/s^2 .

9 Leg uit hoe ze die waarde voor de versnelling uit de foto's kunnen hebben afgeleid.

In de foto's is een paarsblauwe weerschijn waar genomen, die duidt op een elektronenwolk. Deze is waarschijnlijk in de zwart-wit foto's niet goed te zien. Uit deze waarneming is de theorie ontstaan dat de natriumatomen elektronen afstaan aan watermoleculen voordat er waterstofmoleculen ontstaan. In het artikel wordt gesproken over een Coulombexplosie.

10 Leg uit waardoor de Coulomb-explosie kan optreden.

11 Leg uit waarom een Coulomb-explosie ervoor kan zorgen dat de reactie op hol kan slaan met alle bijbehorende verschijnselen.

12 Leg nu in stappen uit hoe reactie tot de waterstofexplosie kan leiden.

Om hun verklaring te bevestigen hebben de onderzoekers de experimenten met allerlei gesmolten metalen herhaald.

13 Leg uit of je verwacht dat gesmolten aluminium dezelfde resultaten geeft.

Ook hebben ze de experimenten herhaald in vloeibaar ammoniak. Hierbij ontstond wel de Coulomb-explosie, maar niet de explosie van het waterstofgas. Er ontstond heel langzaam waterstofgas, $\text{H}_2(\text{g})$.

14 Leg uit wat je hieruit kunt afleiden voor de oxidatorsterkte van ammoniak.

Hoe natrium ontploft

- 1 $2 \text{Na(s)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- 2 $\Delta E = (2 \times -4,26 + 2 \times -10,40 - (2 \times -2,86)) \cdot 10^5 = -23,60 \cdot 10^5 \text{ J}$. Dit is een exotherme reactie.
- 3 Een explosie is een hele snelle verbrandingsreactie.
- 4 De reagerende stoffen moeten goed gemengd zijn en in de juiste verhouding aanwezig zijn, zodat alles bijna tegelijkertijd kan reageren.
- 5 Natrium is een vaste stof. Het is een heterogene reactie. Je verwacht dat de reactie alleen optreedt aan het raakoppervlak tussen water en natrium. Bovendien ontstaat er waterstofgas, dat het water en het natrium nog gescheiden kan houden.
- 6
 - Een vloeibaar mengsel van natrium en kalium. Zo kunnen ze ervoor zorgen dat ze iedere keer evenveel toevoegen.
 - Ze werken onder een argonatmosfeer. Zo zorgen ze ervoor dat er geen reactie van natrium met zuurstof kan optreden.
- 7 De temperatuur van het water; evenveel water; hetzelfde vat;
- 8 Je ziet aan de foto's na 0,3 ms al wat sprietten van het metaal ontstaan. Na 0,4 ms zijn ze uitgebreid! Dus de conclusie dat na 0,35 ms sprietten metaal zijn ontstaan.
- 9 Ze hebben waarschijnlijk de grootte van de sprietten tussen 0,3 en 0,4 ms gemeten. Uit het verschil en het tijdsverschil kun je snelheid berekenen. Met nog een meting erbij kun je de versnelling berekenen.
- 10 De Coulomb-explosie kan optreden omdat er binnen milliseconden veel elektronen in aanraking komen met watermoleculen. Het metaaloppervlak wordt positief en de metaalionen stoten elkaar af met als gevolg dat de metaaldruppel explodeert.
- 11 Iedere keer dat het oppervlak van het metaal groter wordt door afstoting, komen er nieuwe natriumatomen aan het oppervlak. Het proces herhaalt zich. Dit is een zeer snel proces! Je krijgt dus een heel groot oppervlak metaal binnen milliseconden.
- 12
 - Elektronen komen bij de watermoleculen. Het natrium spat door een Coulomb-explosie uiteen.
 - Het contactoppervlak is nu vele malen groter dan het oorspronkelijke oppervlak tussen de druppel en het water.
 - Het waterstof ontstaat niet alleen op het oorspronkelijke oppervlak maar overal waar nu elektronen zitten. De snelle reactie kan zoveel energie/warmte geven dat de ontbrandingstemperatuur van waterstofgas overschreden wordt en de reactie mogelijk is.
- 13 In theorie moet er hetzelfde plaats kunnen vinden. Al(l) kan volgens Binas 48 als reductor reageren met $\text{H}_2\text{O(l)}$. Al is wel een zwakkere reductor dan Na en K.
- 14 Blijkbaar reageren NH_3 moleculen veel langzamer met de elektronenwolk. Dit betekent dat het NH_3 (in vloeibare vorm) een veel zwakkere oxidator is dan H_2O (in vloeibare vorm).

NATRIUM-EXPLOSIE

Klas	3 hv
Subdomein	Deeltjesmodellen; Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel, relatie met onderzoek
Trefwoorden	Explosie, natrium, coulomb-explosie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC Handelsblad, 29 januari 2015

Natriumexplosie: naaldachtige priemen in paar microseconden

Scheikunde

Natrium in water reageert met vuur en een knal. Die knal kon eigenlijk niet. Er is nu eindelijk een verklaring voor.

Door **Bruno van Wayenburg**

Een brokje natrium in het water gooien is een experiment waarbij een middelbare school klas onmiddellijk weer bij de les is. Lawaai, vuur en een knal.

Waarom het einde explosief is, dat kon geen leraar verklaren. Chemici van het Praagse Instituut voor Organische Chemie en Biochemie gaven de verklaring afgelopen maandag eindelijk in het vakblad *Nature Chemistry*.

Met hulp van hogesnelheidscamerabeelden laten ze zien hoe er in de eerste microseconden naaldachtige priemen uit het metaal schieten.

Natrium is een veelvoorkomend onedel metaal. We krijgen het veel binnen als keukenzout (natriumchloride). Daarin zit natrium in geïoniseerde vorm. Het is zijn buitenste elektron kwijt geraakt. Zolang dat elektron nog in het atoom zit, is natrium een extreem instabiel metaal.

De chemische verklaring voor de heftige reactie is al lang bekend: de elektronen uit het natrium schieten het water in, waardoor hydroxide-ionen en brandbaar waterstof ontstaan. Dat ontbrandt en alle vrijkomende warmte versnelt de reactie.

Het vreemde is: voor een knallende explosie moeten de twee reagerende stoffen goed gemengd zijn. Dat is niet zo bij een brokje metaal in water.

De onderzoekers druppelden een vloeibaar mengsel van natrium en kalium in water, en filmde de explosies met 11.400 beeldjes per seconde. Daarop is te zien dat al na 0,1 milliseconde naaldjes uit de druppel metaal schieten, die snel langer worden. Dit nog niet eerder vertoonde verschijnsel is volgens de chemici een 'coulomb-explosie': de negatief geladen elektronen schieten zó snel uit het natrium, dat de forse positieve ladingen aan de buitenkant van het metaalatoom elkaar afstoten. Daardoor schieten de metaalatomen naar buiten. Zo'n exploderende zee-egelvorm geeft genoeg contactoppervlak tussen water en metaal voor een knal. Zie het filmpje op <http://nrch.nl/42d5>.

Als je de proef nog nooit gezien hebt, vraag dan aan je docent om een klein blokje natrium in een bak met water te doen. Je hoort gesis, het blokje natrium smelt tot een bolletje en suist over het water. Met een beetje geluk zie je vlammen en hoor je zelfs een explosie(tje).

- 1 Geef de definitie van een explosie.
- 2 Geef de voorwaarden voor het kunnen optreden van een explosie.

Het is eigenlijk heel vreemd dat bij de reactie tussen natrium en water een explosie kan optreden.

- 3 Leg uit waarom het vreemd is dat er bij deze reactie een explosie optreedt.

In het artikel worden zowel natrium als natriumchloride genoemd. Natrium is een zeer reactief metaal, natriumchloride eet je zonder gevaar iedere dag (als je de hoeveelheid keukenzout tenminste binnen grenzen houdt). Volgens het artikel is het natriumion zijn buitenste elektron kwijt geraakt. Het atoomnummer van natrium is 11.

- 4 Hoeveel protonen heeft een natriumatoom en hoeveel een natriumion?
- 5 Hoeveel elektronen heeft een natriumatoom en hoeveel een natriumion?
- 6 Leg in je eigen woorden uit waarom natriumchloride ongevaarlijk is in ons voedsel, maar natriummetaal erg gevaarlijk.

Bij de reactie tussen natrium en water ontstaat uiteindelijk waterstofgas en een oplossing van natriumhydroxide, NaOH(aq) .

- 7 Noteer de vergelijking voor de reactie van natrium met water.

In Praag hebben chemici nu een verklaring gevonden voor het optreden van een explosie bij deze reactie. Ze gebruikten een mengsel van natrium en kalium, dat bij kamertemperatuur vloeibaar is.

- 8 Leg uit waarom het een voordeel is dat het mengsel van natrium en kalium vloeibaar is.

Om de experimenten vergelijkbaar en daardoor het onderzoek betrouwbaar te maken werd iedere keer een even grote druppel vloeibaar mengsel metaal toegevoegd.

- 9 Leg uit waarom het belangrijk is dat de druppels iedere keer even groot zijn.
- 10 Noem nog twee maatregelen die men moet nemen om de experimenten vergelijkbaar te maken.

De onderzoekers hebben de experimenten gedaan in een omgeving met argongas.

- 11 Leg uit waarom argongas een betere omgeving is dan lucht voor de uitgevoerde experimenten.

In de eerste microseconden schieten er naaldjes uit de druppel metaalmengsel. De naaldjes verdelen zich ook weer in naaldjes. Dit is het gevolg van een 'coulomb-explosie'.

- 12 Leg op atoomniveau uit waardoor de metaaldruppel explodeert.

Je kunt nu uitleggen waarom vervolgens het waterstofgas kan exploderen, wanneer je de proef in lucht doet.

- 13 Leg in drie opeenvolgende stappen uit hoe de reactie soms tot een explosie leidt.

Het verschijnsel van de natriumexplosie was al heel lang bekend.

14 Leg uit waardoor nu pas de onderzoekers in Praag tot hun verklaring konden komen.

Natriumexplosie

- 1 Een explosie is een hele snelle verbrandingsreactie.
- 2 De reagerende stoffen moeten goed gemengd zijn en in de juiste verhouding aanwezig zijn, zodat alles bijna tegelijkertijd kan reageren.
- 3 Natrium is een vaste stof. Je verwacht dat de reactie alleen optreedt aan het contactoppervlak tussen water en natrium. Bovendien ontstaat er waterstofgas, $H_2(g)$, dat het water en het natrium nog gescheiden kan houden.
- 4/5 Na: 11p en 11 e⁻
Na⁺: 11p en 10 e⁻
- 6 In natriumchloride heeft het natrium het 11^e elektron al afgestaan. Dan is het niet meer reactief. Natrium is erg reactief, heeft dat 11^e elektron nog wel. Natrium zou dus met het speeksel in onze mond al reageren (als het tenminste al niet eerder heeft gereageerd met water in het voedsel).
- 7 $2 Na(s) + 2 H_2O(l) \rightarrow 2 NaOH(aq) + H_2(g)$
- 8 Je kunt veel nauwkeuriger de hoeveelheid van het metaal bepalen die je toevoegt.
- 9 Om de experimenten vergelijkbaar te maken, moeten alle omstandigheden bij de experimenten hetzelfde zijn.
- 10 De temperatuur van het water gelijk; evenveel water; hetzelfde vat; etcetera.
- 11 In lucht kan het natrium ook reageren. Dan heb je twee reacties tegelijk. Dat maakt het onderzoek moeilijker.
- 12 De natriumatomen aan het oppervlak staan onmiddellijk hun elektronen af aan het water. Hierdoor ontstaan positief geladen natriumionen die elkaar afstoten. Het natriumbolletje spat uiteen.
- 13 - Elektronen komen bij de watermoleculen. Natrium spat door een Coulomb-explosie uiteen.
- Het contactoppervlak is nu vele malen groter dan het oorspronkelijke oppervlak tussen de druppel en het water.
- Het waterstof ontstaat niet alleen op het oorspronkelijke oppervlak maar overal waar nu het metaal natrium zit. De snelle reactie kan zoveel energie/warmte geven dat de ontbrandingstemperatuur van waterstofgas overschreden wordt en de reactie mogelijk is. Dat kan een explosie geven.
- 14 Ze konden zeer nauwkeurige waarnemingen doen door het gebruik van een hogesnelheidscamera.

ZOETE ROZENGEUR IS PURE CHEMIE

VERSIE I

Klas	5,6 V
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules, structuurisomerie
Trefwoorden	Molecuulmodellen, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch koolstofatoom, cis-trans
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Versie II

Klas	5,6 V
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules, structuurisomerie
Trefwoorden	Stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch koolstofatoom, cis-trans
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Versie III

Klas	5,6 V
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Natuurwetenschappelijk instrumentarium
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules, structuurisomerie,
Trefwoorden	Presentatie, Stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch koolstofatoom, cis-trans
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

<http://wibnet.nl>, 13 februari 2015

Zoete rozengeur is pure chemie

PLANTEN: De zoete rozengeur die rond Valentijnsdag hangt, is het resultaat van een complexe dans van de moleculen van de roos. Er zijn honderden rozensoorten, die allemaal anders ruiken. Toch associëren we Valentijnsdag vaak met één specifieke rozengeur.



Door Carsten Nymann

De rozengeur die we kennen van parfums, schoonheidsproducten en rozenwater is volgens scheikundigen afkomstig van één specifieke rozensoort: de damastroos. De geur van deze roos is samengesteld uit een aantal chemicaliën, zoals roosoxide, dat een zoete, fruitige geur heeft met een vleugje munt en citrusvruchten.

Valentijnsdag wordt omringd door chemicaliën

En het geurspoor van Valentijnsdag wordt nog kronkeliger, verklaart scheikundige Raychelle Burks van de American Chemical Society.

Roosoxide bestaat namelijk ook weer uit vier chemicaliën – of moleculen – die elk zijn samengesteld uit

10 koolstofatomen, 18 waterstofatomen en 1 zuurstofatoom.

Dat de moleculen ondanks hun overeenkomsten verschillend zijn, komt door het verschijnsel chiraliteit. Dit woord is afgeleid van het Griekse 'cheir', wat 'hand' betekent: onze twee handen bestaan uit precies dezelfde bestanddelen en zijn toch niet identiek – ze zijn immers elkaars spiegelbeeld.

Evenzo hebben de atomen in de vier ogenschijnlijk identieke rosoxiden verschillende posities, waardoor ze niet dezelfde geur uitzenden.

Eén molecuul verantwoordelijk voor geur van Valentijnsdag

Het rosoxide '2-S, 4-R' ruikt volgens de onderzoekers het sterkst en heeft de meeste invloed op de klassieke rozengeur die Valentijnsdag kenmerkt.

Onze neus neemt de geur al waar als er maar 0,5 miljardste deel van in de lucht zit.

De kleinste verandering verpest de geur

Dat wij de geuren van de vier moleculen kunnen onderscheiden, komt doordat hun vorm verschillend is. Zoals sleutels die wel of niet goed op een slot passen, communiceren de geurmoleculen op verschillende manieren met een receptor in onze neus.

Als de positie van de atomen maar een klein beetje wordt veranderd, krijgt de roos een totaal andere geur en vervliegt het romantische aroma van Valentijnsdag.

Versie I

In het artikel “Zoete rozengeur is pure chemie” staat het verhaal dat de Amerikaanse scheikundige Raychelle Burks in een video vertelt over de stof rosoxide die mede de geur van rozen bepaalt: (<https://www.youtube.com/watch?v=dQyQns4i5hl>).

Bekijk de video en lees het artikel.

- 1 Bouw met een molecuuldoos de ruimtelijke structuurformule van de vier mogelijke isomeren van rosoxide en maak een foto van elk gebouwde isomeer. Zet de foto's in de tabel bij vraag 2.
- 2 Vul de onderstaande tabel verder in.

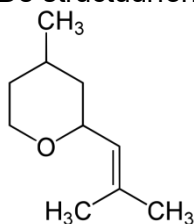
	Foto isomeer	Spiegelbeeld van isomeer nummer
1		
2		
3		
4		

- 3 Teken de structuurformule van rosoxide en leg uit waardoor er vier isomeren mogelijk zijn.

Versie II

Rozengeur wordt onder andere veroorzaakt door de stof rosoxide.

De structuurformule van rosoxide is:



- 1 Leg uit waardoor van rosoxide vier isomeren mogelijk zijn.
- 2 Teken de structuurformule van rosoxide met alle atomen.

In het artikel lees je “rosoxide '2-S, 4-R'”, De nummers zijn plaatsnummers. De aanduidingen R- en S- zijn gebaseerd op een ruimtelijke rangschikking van groepen rond een atoom. De letters zijn afkortingen van de Latijnse woorden Rectus (rechts) en Sinister (links).

In Wikipedia kun je lezen “de verbinding rosoxide heeft een cis- en een trans-isomeer, elk met een links- en rechtsdraaiend isomeer”.

- 3 Licht de toevoeging cis- en trans- in de naam van rosoxide toe.
- 4 Teken de structuurformules van de vier isomeren van rosoxide. Gebruik in je antwoord een ruimtelijke tekening van de structuurformules van de vier isomeren als verduidelijking voor de opmerking in Wikipedia: “de verbinding rosoxide heeft een cis- en een trans-isomeer, elk met een links- en rechtsdraaiend isomeer”. Tip, teken de ring in het molecuul steeds vlak.

Versie III

In het artikel “Zoete rozengeur is pure chemie” staat het verhaal dat scheikundige Raychelle Burks in een video vertelt over de stof rosoxide die mede de geur van rozen bepaalt (<https://www.youtube.com/watch?v=dQyQns4i5hl>).

De geur van rozen blijkt af te hangen van meer verbindingen dan alleen rosoxide.

Opdracht

In het kader van een les organische naamgeving ga je voor je klasgenoten een presentatie voorbereiden over verbindingen die de geur van rozen bepalen. Je gaat hierbij in op de structuurformules en de systematische naam. Verder leg je in je presentatie bij elke verbinding uit of er isomeren mogelijk zijn en zo ja, wat de reden ervan is.

Vorbereitung op presentatie

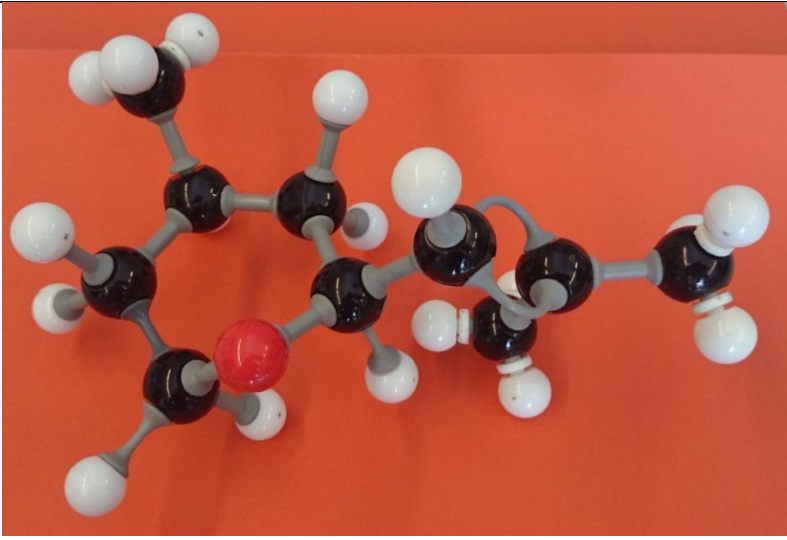
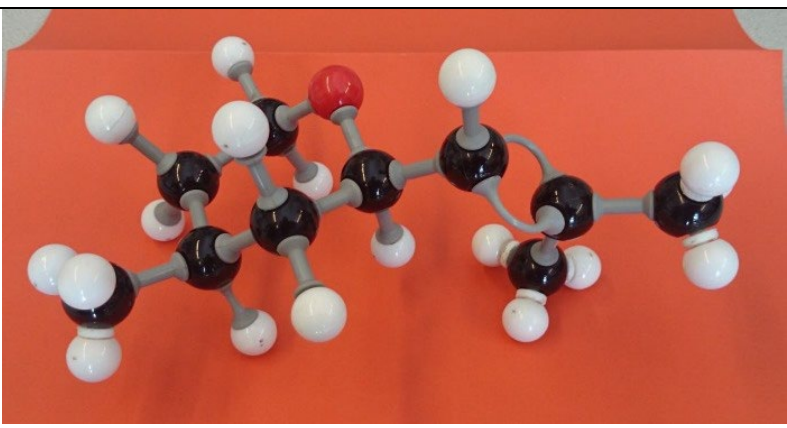
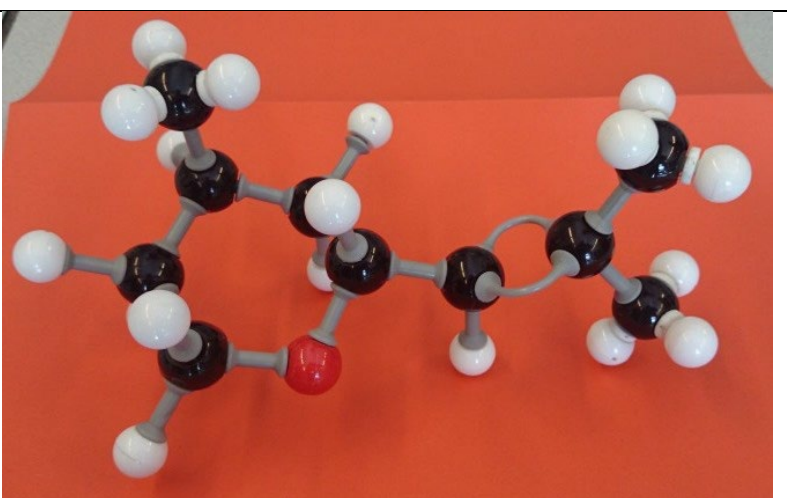
Zoek als voorbereiding op je presentatie de volgende zaken uit:

- Zoek de structuurformule van rosoxide op en leg uit waardoor er vier isomeren mogelijk zijn.
- Ga met behulp van internet op zoek naar de namen en structuurformules van verbindingen die mede de geur van rozen bepalen.
- Noteer deze namen en structuurformules
- Leg voor elk van die verbindingen aan de hand van de structuurformule uit of er net zoals bij rosoxide meerdere isomeren mogelijk zijn.

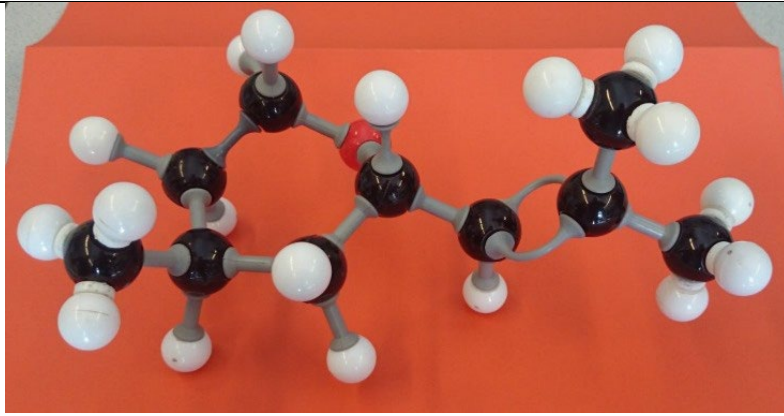
Zoete rozengeur is pure chemie

Versie I

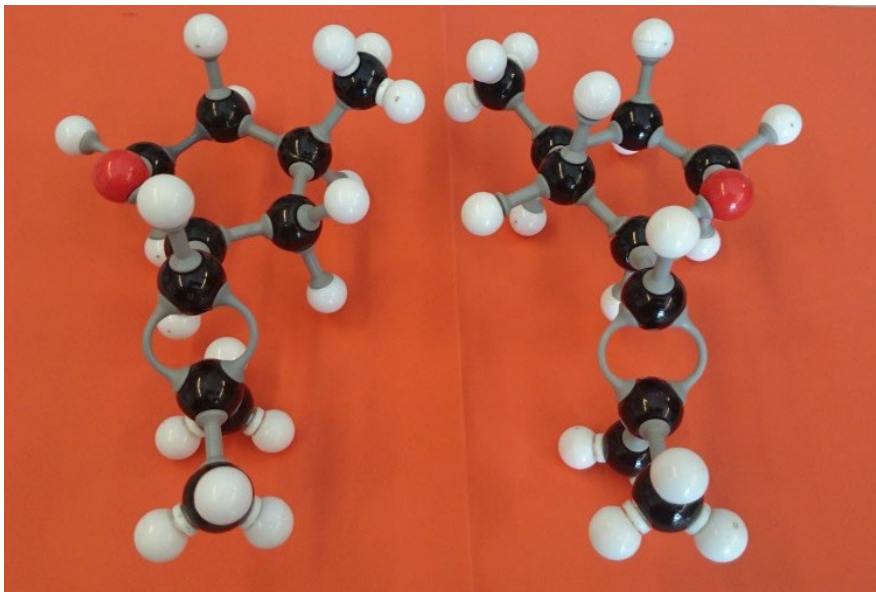
2

nr	Foto isomeer	Spiegelbeeld van isomeer nummer
1	 A ball-and-stick model of cis-2-pentene. The molecule consists of a five-carbon chain (black spheres) with a double bond between the second and third carbons. The two methyl groups attached to the double bond are on the same side of the double bond. The terminal carbons are each bonded to three hydrogen atoms (white spheres). A red sphere is visible on the fourth carbon, representing an oxygen atom, likely part of a functional group like an alcohol or ether.	2 (cis)
2	 A ball-and-stick model of trans-2-pentene. The molecule consists of a five-carbon chain (black spheres) with a double bond between the second and third carbons. The two methyl groups attached to the double bond are on opposite sides of the double bond. The terminal carbons are each bonded to three hydrogen atoms (white spheres). A red sphere is visible on the fourth carbon, representing an oxygen atom.	1 (cis)
3	 A ball-and-stick model of cis-2-pentene, identical to the one in row 1. It shows a five-carbon chain with a double bond between the second and third carbons, with methyl groups on the same side. A red sphere is on the fourth carbon.	4 (trans

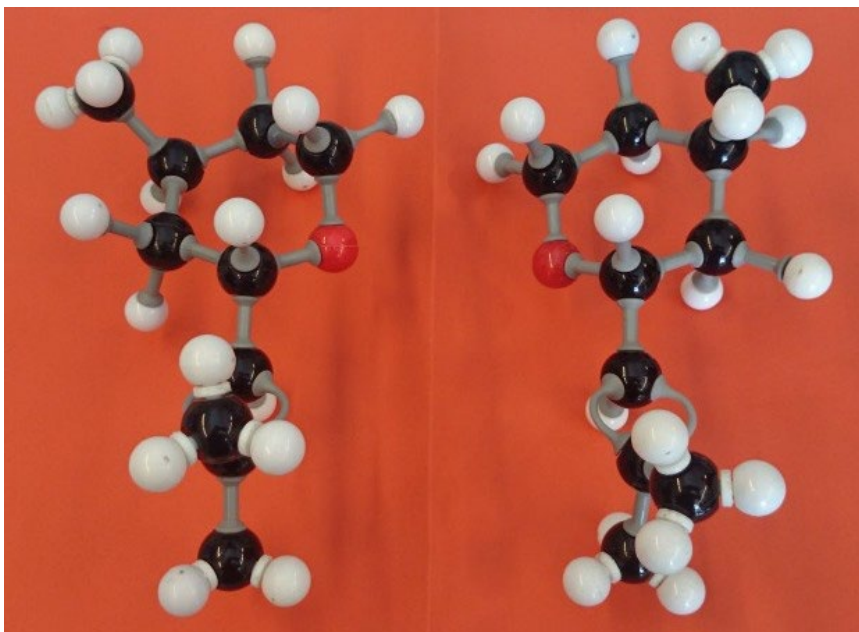
4



1
Trans

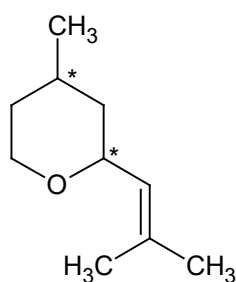


Cis isomeren: twee spiegelbeelden



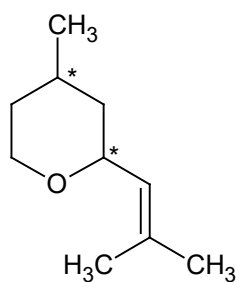
Trans isomeren: twee spiegelbeelden

- 3 Roosoxide bevat twee asymmetrische koolstofatomen (C*):

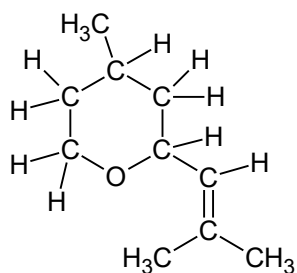


Versie II

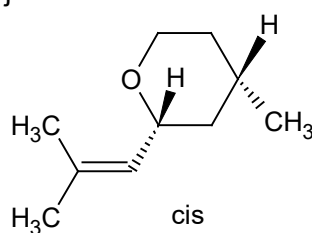
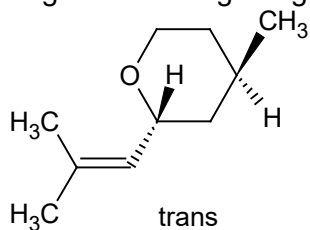
- 1 Roosoxide bevat twee asymmetrische koolstofatomen (C*):



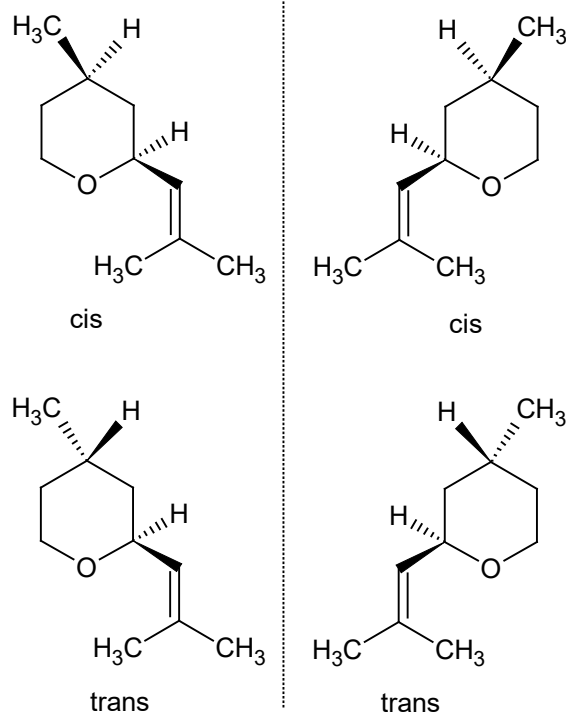
2



- 3 Ten opzichte van de ring kunnen de twee zijgroepen, $-\text{CH}_3$ en $-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ aan de ring cis of trans gerangschikt zijn

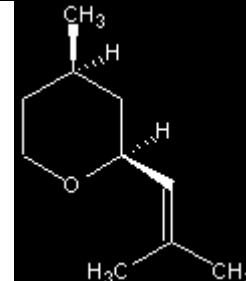
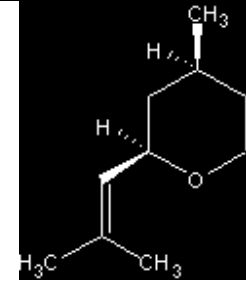


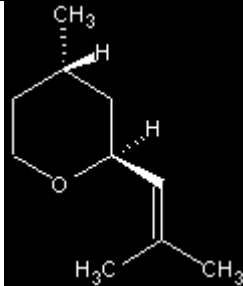
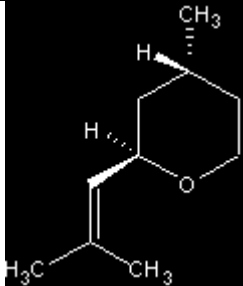
De cis-trans isomerie treedt op door de twee groepen ten opzichte van de ringstructuur.
(Bij de dubbele binding treedt hier geen cis-transisomerie op)



Artikel: <http://wibnet.nl/natuur/planten/valentijnsdag-waardoor-geuren-rozen>

Extra informatie

 (4R,2S)-(-)-cis-rose oxide - floral green with clean sharp, light, rose green note, diffusive, strong (Matsuda); also has been described as powerful fruity Odor Threshold = 0.5 ppb	 (4S,2R)-(+)-cis-rose oxide - herbal, green floral, hay green, earthy, heavy (Matsuda); also has been described as sweet, floral Odor Threshold = 50 ppb
Ref: Takeshi Yamamoto, Hiroyuki Matsuda, Yasuhide Utsumi, Toshimitsu Hagiwara and Tsuneyoshi Kanisawa, Synthesis and odor of optically active rose oxide, Tetrahedron Letters 43 (Oct. 2002) 9077–9080; H. Matsuda & T. Yamamoto, U.S. Patent No. 5,858,348, Jan. 12, 1999; G. Ohloff, in Olfaction and Taste IV, D. Schneider, ed., Stuttgart:Wissenschaft Verlagsgesellschaft, (1972) pp. 156-160; Mans H. Boelens, Harrie Boelens & Leo J. van Gemert, Perfumer & Flavorist, Vol. 18, No. 6, 1-15, 1993	

 (4S,2S)-(+)-trans-rose oxide - herbal green, floral fruity, herbal rose, citrus (bitter peel) Odor Threshold = 80 ppb	 (4R,2R)-(-)-trans-rose oxide - floral green, green herbal (minty) fruity Odor Threshold = 160 ppb
Ref: Takeshi Yamamoto, Hiroyuki Matsuda, Yasuhide Utsumi, Toshimitsu Hagiwara and Tsuneyoshi Kanisawa, Synthesis and odor of optically active rose oxide, Tetrahedron Letters 43 (Oct. 2002) 9077–9080; H. Matsuda & T. Yamamoto, U.S. Patent No. 5,858,348, Jan. 12, 1999	

- Mannschreck (2011) The Scent of Roses and Beyond: Molecular Structures, Analysis, and Practical Applications of Odorants, *Journ. Chem. Educ.*, 88, 1501–1506
- Bron: <https://hsimonblog.wordpress.com/2013/08/18/wake-up-and-smell-the-roses/>

Wake up and smell the roses

August 18, 2013 · by [hsimon2510](#)

“A rose by any other name would smell as sweet” – William Shakespeare

A rose is the quintessential symbol of beauty and love.

It has been immortalized in both ancient and modern cultures, so that we now associate the rose with an almost unattainable level of attractiveness. They appear throughout art and history, time and again with an effortless, ethereal beauty.

As the national flower of England, roses are used to represent sports teams and have been permanently entwined with English history. Following the epic 15th Century *Wars of the Roses*, the red rose of Lancashire fused with the white rose of York, giving the Tudor rose; a striking emblem that has been carved deep into the heart of English culture.

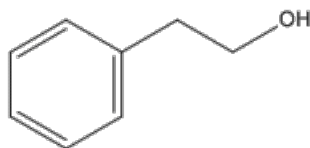
However, it is not only for aesthetic reasons that the rose is held in such high regard. Today, we have a variety of applications for this most famous of flowers. From flavoring food dishes, to the development of perfumes, the many uses of roses all stem from the fact that they have one of the most desirable scents known to man.

It is this addictive smell that has accelerated the popularity of the rose and allowed it to become the pinnacle of romantic icons.

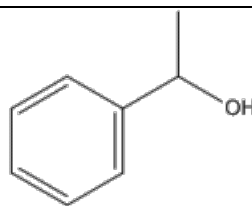
But what is the source of this heavenly aroma?

There are several chemical molecules responsible for the distinctive rose smell.

The first molecule is called **2-phenylethanol**. Two different types of phenylethanol exist: 1-phenylethanol and 2-phenylethanol. These two molecules are isomers of each other. This means that they have exactly the same atoms in their structure (in this case 8 carbons, 10 hydrogens and 1 oxygen – C₈H₁₀O) but the atoms are arranged slightly differently. However, while 2-phenylethanol causes a rose odor, 1-phenylethanol is not present in roses at all, but is found in tea leaves instead. This is the beauty of chemistry, very subtle differences, like where an -OH is placed, can have a huge effect on the properties of the molecule.

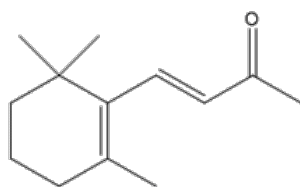


2-phenylethanol

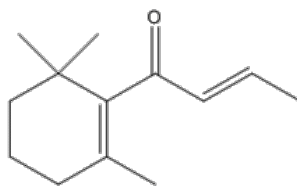


1-phenylethanol

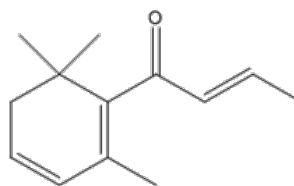
The next three molecules that contribute to the smell of roses are **β -ionone**, **β -damascone** and **β -damascenone**. These three molecules all have a very similar structure – β -ionone and β -damascone are isomers of each other like the phenylethanol molecules above – and are found in many plants, not just roses.



β -ionone

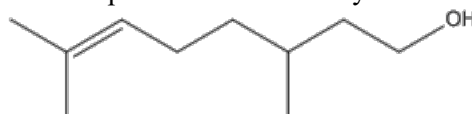


β -damascone



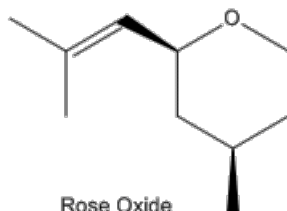
β -damascenone

Citronellol can have two different stereoisomers, because one of its carbons is *asymmetric*, which means that it has four different groups bonded to it. The two enantiomers are labelled -R and -S. In this case, both the -R and -S enantiomers have been found to influence the smell of the rose. In the drawing below the molecule has been represented without any stereochemistry.



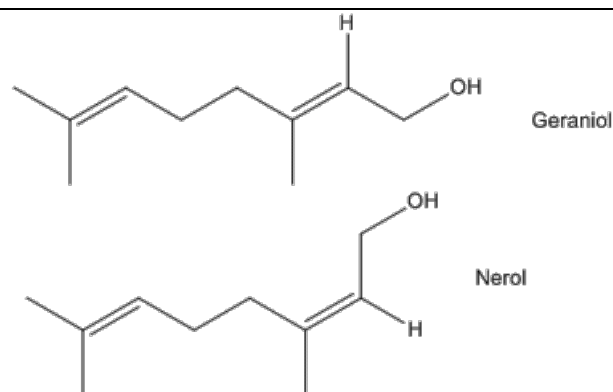
Citronellol

Another major constituent of the rose scent is **Rose Oxide**. Due to the fact that Rose Oxide has two stereocentres (see citronellol) and a double bond, there are several possible enantiomers of the molecule. The rose oxide enantiomer shown here is the one that adds to the aroma of the plant.



Rose Oxide

Geraniol and **Nerol** are another two molecules that are found in rose petals. They are a further example of a pair of isomers in the flower. In this case the isomerism shown is called cis-trans isomerism. This type of isomerism is caused by the restricted rotation around the double bond between two carbon atoms. When the big groups are on the same side of the double bond, the molecule is labelled *cis* (Nerol in this example) and if the two big groups are on the opposite side, the molecule is labelled *trans* (Geraniol)



There are other molecules in the plant, present in lower concentrations, that also contribute to its aroma. Different types of roses will have a different concentration of these molecules, which is why they smell slightly different to each other.

For a long time, it was been believed that the way the human nose interprets the smell of a molecule was based on its shape. However, a recent study has provided new evidence for the theory that our sense of smell may instead be linked to molecular vibrations on the smallest scale.

Regardless of the method used to filter scents, one thing we do know is that though they may seem innocuous by themselves, the molecules in rose flowers have the potential to become something extraordinary. When combined, they join forces to make a smell so enticing that it has enchanted human beings from generation to generation.

- Bron: <http://www.gielenaroma.nl/index.php?page=rosa-damascena>

Werkzame bestanddelen:

Hydrocarburen: paraffine (stearopteen 16-22%). Monoterpenen: limoneen, myrceen, a- en b-pineen. Monoterpenolen: geraniol 20%, octanol, terpinen-4-ol, citronellol 34-55%, nerol 30-40%, linalol, eugenol. Aromatische alcoholen: phenylethylalcohol 1%. Sesquiterpenische alcoholen: farnesol, hexanol, Terpenische esters 2.5-6%, citronellylacetaat, geranylacetaat, nerylacetaat. Fenolen en methyl-fenol ethers: eugenol methyl ether 1%, methyleugenol, ethanol, methylheptenon, carvon. Zuren: roos-oxyde 10%. Aldehyden: cinnamaldehyde, benzaldehyde, decanal, geranial, heptanal, octanal, neral, Zwavelhoudende stoffen: a- en b-damascenon, ionon en vele sporen bestanddelen. De meeste sporenbestanddelen zijn in een laboratorium niet na te maken. Roos wordt regelmatig vervalst met palmarosa en geranium.

De Bulgaarse roos heeft meer dan 275 bestanddelen.

Beta-damascenoon en beta-ionoon hebben een belangrijke bijdrage bij de geur. Een belangrijke ontdekking voor de parfumindustrie was het onderzoek van Firmenich wat leidde tot de ontdekking van de zogenaamde roos ketonen, beta-damascenoon, beta-damascon en beta-ionoon, alle drie sporen waardoor nieuwe ontwikkelingen in de parfums mogelijk werden. Hij ontdekte ook de roos oxide, die bijdraagt aan de geur van de roos.

Werkzame bestanddelen in de hele plant:

Bloemen, blad, plant, etherische olie, vruchten:

3-hexenal – a-pineen – benzaldehyde – b-phenethylamine – b-pineen – b-sitosterol – campeen – caroteen – carvon – chlorogenic acid – cinnamaldehyde – cis-rose-oxide – citronellol – citronellylacetaat – cyanin – damascenon – decanal – eo – ethanol – eugenol – geranial – geraniol – geranylacetaat – geranylpropionaat – germacrene D- heptanal – heptanol – hexanol – hexylacetaat – kaempferol – kaempferol-3-O-beta-galactopyranoside – kaempferol-3-O-beta-glucopyranoside – limoneen – linalol – lycopene – methyleugenol – methyl-heptenon – myrceen – neral – nerol – nerol-oxide – nerylacetaat – nonanol – octanol – ocranal – oelfin-C-17 – 18 – 19 – 20 – 21 – paraffin – C-15 –

16 – 17 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – pectolinarigenin – pentanal – phenylethylalcohol – proline – quercetine – quercitrin – rubixanthin – taraxanthin – terpinen-4-ol – trans-beta-damascenon – trans-rose-oxide – trans-trans-farnesol – xanthophyll – zeaxanthin.

HOE HET LEVEN ZICH EEN DRAAI GAF

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties / Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties, stereo-isomerie
Trefwoorden	Links- en rechtsdraaiend, racemisch mengsel, enantiomeer
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

C2W Life Sciences, 12 december 2014

HOE HET LEVEN ZICH EEN DRAAI GAF

Uit een oplossing zonder enige chiraliteit kan een product uitkristalliseren dat puur links- of rechtsdraaiend is. Wellicht verklaart het onze L-aminozuren, suggereren Radboud-onderzoekers René Steendam en Elias Vlieg in *Nature Communications*. Ze borduren voort op eerdere proeven (zie C2W20-2009) die racemische mengsels omtoverden in kristallen van maar één van beide enantiomeren. Mits die in oplossing in elkaar kunnen overgaan doet zogeheten *Ostwald ripening*, die grote kristallen laat groeien ten koste van kleinere, de rest. Hard roeren bleek het proces aanzienlijk te versnellen. Dit blijkt nu ook te werken wanneer de enantiomeren ter plekke ontstaan uit een evenwichtsreactie, met aan de andere kant van de pijltjes twee moleculen die zelf geen spiegelbeeldsymmetrie vertonen. In dit geval een aza-Michaelreactie tussen *p*-anisidine en een onverzadigd keton, die samen een slecht oplosbaar molecuul opleveren dat op een aminozuur lijkt. Ook hier houd je uiteindelijk maar één enantiomeer in kristalvorm over. In de oersoep kan ook zoiets zijn gebeurd, denken de auteurs, die interessante toepassingen zien aankomen in de geneesmiddelen synthese. |

Twee onderzoekers van de Radboud Universiteit deden experimenten die aan toveren doen denken: ze konden uit een oplossing van stoffen zonder chiraliteit een product laten uitkristalliseren dat puur links- of rechtsdraaiend is.

- 1 Wat wordt bedoeld met de term chiraliteit?
- 2 Wat wordt bedoeld met links- of rechtsdraaiend?

Wellicht verklaart deze vinding de voorkeur voor 'onze L-aminozuren', suggereren de Radboud-onderzoekers in het artikel in *Nature Communications*.

De 20 aminozuren in Binas tabel 67H1 vertonen op 1 na allemaal chiraliteit. Dat kun je afleiden uit de algemene formule van de aminozuren.

- 3 Geef de algemene structuurformule van een aminozuur met R als restgroep.
- 4 Verklaar wanneer het aminozuur wel en wanneer niet chiraliteit vertoont.

Eerdere proeven

In eerdere proeven lieten de Radboud-onderzoekers racemisch mengsels in zijn geheel al overgaan in kristallen van één van de twee enantiomeren.

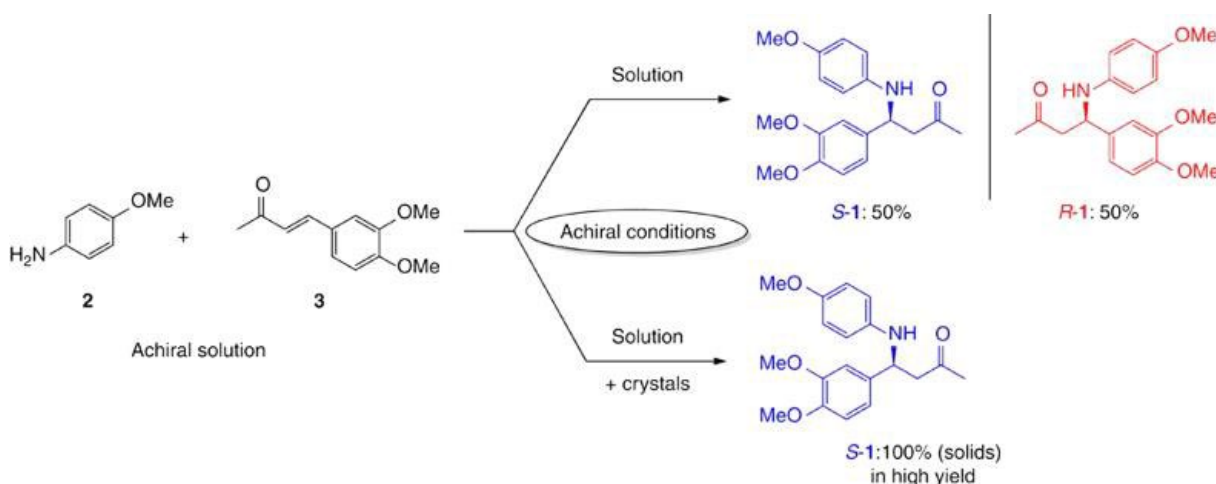
- 5 Wat wordt bedoeld als we spreken van een racemisch mengsel?
- 6 Hoe werd het racemisch mengsel omgezet in een van de enantiomeren?
- 7 Wat is dus een enantiomeer?

Nieuwe proeven

Het laten ontstaan van één van de enantiomeren bleek de onderzoekers ook te lukken toen ze twee stoffen met elkaar lieten reageren die beide geen spiegelbeeld symmetrie vertoonden. De reactie die daarbij gebruikt werd was een zogenoemde aza-Michaelreactie tussen de stof *p*-anisidine en een onverzadigd keton.

- 8 Wat bedoelt men met de term “spiegelbeeld symmetrie”?
- 9 Welke karakteristieke groepen zijn aanwezig in een onverzadigd keton?

In het artikel in *Nature Communications* staat het volgende schema:



Bron: <http://europepmc.org/articles/pmc4263183>

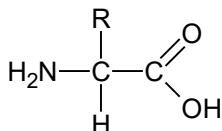
In de structuurformules staat een aantal keer OMe, dat is de $-\text{O}-\text{CH}_3$ groep.

- 10 Is de gegeven reactie tussen verbinding 2 en 3 een additiereactie? Licht je antwoord toe.
- 11 Waar zit in de structuurformule van het reactieproduct het chirale centrum? Neem de structuurformule over en zet een * bij het chirale centrum.
- 12 Welke toekomst zien de Radboud-onderzoekers voor dit proces? Leg duidelijk uit waarom zij juist voor deze toepassing kiezen.

Hoe het leven zich een draai gaf

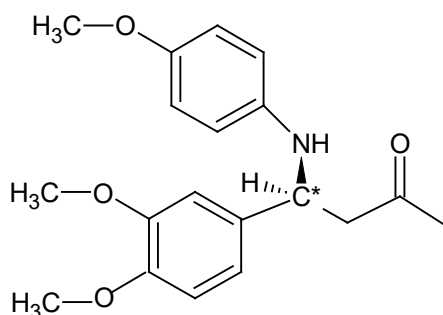
- 1 Chiraliteit betekent dat er moleculen bestaan die elkaars spiegelbeeld zijn. Chirale moleculen hebben dezelfde molecuulformule maar zijn ruimtelijk gezien niet aan elkaar gelijk. Chirale moleculen bezitten een asymmetrisch centrum, waardoor er in het molecuul geen inwendig spiegelvlak aanwezig is.
- 2 Links- of rechtsdraaiend geeft aan hoe gepolariseerd licht verdraaid wordt.

3



- 4 Als de R in het aminozuurmolecuul een H-atoom is dan is er geen chiraliteit, in alle andere gevallen wel.
- 5 Dat er 50% van de linksdraaiende en 50% van de rechtsdraaiende vorm aanwezig is.
- 6 Als de enantiomeren in oplossing in elkaar konden overgaan, konden kleine kristallen van de ene en de andere enantiomeer steeds verder groeien door *Ostwald ripening*.
- 7 Een enantiomeer is één van de twee spiegelbeeldisomeren.
- 8 Spiegelbeeldsymmetrie: er is een inwendig spiegelvlak aanwezig en dus geen chiraliteit, er zijn geen spiegelbeeldisomeren.
- 9 Onverzadigd betekent in dit geval een C=C binding, een keton betekent een C=O groep tussen twee C-atomen in.
- 10 Ja, want je voegt twee stoffen samen en er ontstaat één nieuwe stof. Alle atomen uit de twee oorspronkelijke moleculen zijn aanwezig in het molecuul van de gevormde stof.

11



- 12 In de synthese van geneesmiddelen. Als een medicijn werkzaam is dan is dat bijna altijd slechts één van de twee enantiomeren, dus is het belangrijk om slechts één van beide te maken.

Literatuur: <http://europepmc.org/articles/pmc4263183>

FORTUNE TELLING FISH

Versie I

Klas	3,4 hv
Subdomein	Vaardigheden
Vaardigheid	Bindingen, structuren en eigenschappen
Specificaties	Onderzoeken
Trefwoorden	Natuurwetenschappelijke methode, hypothese, werkplan, conclusie
Vaardigheidsvraag	Werkplanvraag

Versie II

Klas	5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Communiceren
Specificaties	Stofeigenschappen, hydrofiel
Trefwoorden	Waterstofbruggen, cellofaan, cellulose, wateropname
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

<http://www.prikmeteenrietje.nl/a-23075203/0-00-1-00-euro/fortune-telling-fish/>

FORTUNE TELLING FISH



Houd de vis in je hand en hij vertelt je precies hoe je je voelt.

Versie I

Inleiding

In deze opdracht wordt aan jou en je practicumpartner(s) gevraagd een probleem op te lossen waarbij je gebruik maakt van de stappen in een natuurwetenschappelijk onderzoek.

Voorbereidende opdracht

- In een enveloppe zitten "Fortune-Teller-Fish" voor elk lid van het onderzoeksteam.
- Volg de instructies op de achterkant van de verpakking.
- Observeer gedurende minimaal een halve minuut de vis in jouw hand.
- Noteer welke eigenschap volgens de omschrijving op de achterkant van de verpakking van de vis bij jou hoort (😊).

Opdracht

I Probleem: Waardoor gedraagt de vis zich zo?

II Hypotheses

- 1 Noteer als team twee verschillende hypothesen waarmee je het gedrag van de vis kunt verklaren:

Hypothese 1

Hypothese 2

III Plan van aanpak voor experiment

- 2 Noteer in onderstaande vakken je gedetailleerd plan van aanpak voor experimenten om beide hypothesen te testen waarmee het gedrag van de vis verklaard kan worden.

Experiment(en) voor hypothese 1

Experiment(en) voor hypothese 2

IV Experimenten

Voer de experimenten uit om te bepalen welke hypothese het best bij het waargenomen gedrag van de vis aansluit.

- 3 Noteer de resultaten (foto's) en waarnemingen van de experimenten bij elke hypothese.

Waarnemingen en resultaten van de experimenten voor hypothese 1:

Waarnemingen en resultaten van de experimenten voor hypothese 2:

V Verklaring van de waarnemingen/resultaten

- 4 Noteer verklaringen voor de waarnemingen/resultaten van de experimenten die bij elke hypothese zijn gedaan.

Verklaring voor de waarnemingen/resultaten voor de experimenten van hypothese 1:

Verklaring voor de waarnemingen/resultaten voor de experimenten van hypothese 2:

VI Conclusie

- 5 Is er een hypothese die je waarnemingen/resultaten ondersteunt? Zo ja welke? Licht je antwoord toe. Noteer je antwoord in het onderstaande vak

Versie II

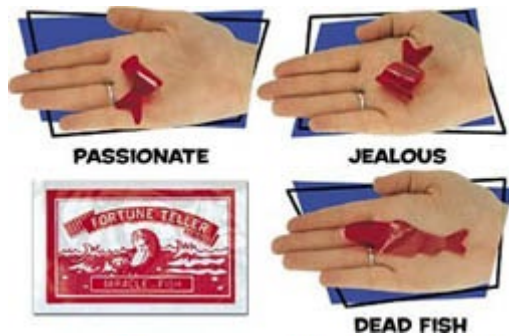
Lees goed de aanwijzingen op de achterkant van de verpakking en voer de opdracht uit.
Noteer je waarnemingen.

De vis is gemaakt van cellofaan (cellulose).

Ga met behulp van internet en/of experimenten na waardoor de vis krult.

Maak een aantrekkelijke presentatie voor leerlingen van klas 4 waarmee je aan de hand van de structuurformule van cellulose het gedrag van de vis op je hand uitlegt.

Fortune telling Fish



Fortune Teller Fish

Place Fish in palm of the hand and its movements
will indicate

Moving Head	Jealousy
Moving Tail	Indifference
Moving Head and Tail	In Love
Curling Sides	Fickle
Turns Over	False
Motionless	Dead One
Curls up Entirely	Passionate

Materiaal

Fortune Telling Fish (kosten 30-50 eurocent, te bestellen via:

<http://www.prikmeteenrietje.nl/a-23075203/0-00-1-00-euro/fortune-telling-fish/>

http://www.ultragadgets.nl/contents/nl/p706_fortune_telling_fish.html

http://www.surprise-surprise.be/contents/nl/d17_Originele-kadootjes_01.html

In deze opdracht worden de stappen van de natuurwetenschappelijke methode doorlopen.

Hypotheses door leerlingen:

- vocht van de hand zorgt voor het krullen,
- warmte van de hand zorgt voor het krullen
- statische elektriciteit van de hand zorgt voor het krullen

Experimentjes die leerlingen gebruiken:

- vochtig papier of een plasje water waar ze de vis boven houden (met een pincet)
- warmte bijvoorbeeld met een lamp, of ook met een heatpack (hand- of voetenwarmer)
- ze isoleren bijvoorbeeld met het verpakkingsmateriaal van de vis de hand
- statische elektriciteit met behulp van een geladen plastic pen of kam of door hun handen op te laden door te wrijven over vloerbedekking.

Verklaring

De vissen krullen door vocht en niet door warmte en/of statische elektriciteit. De vissen zijn gemaakt van cellofaan (cellulose). Water van de hand of van een ander oppervlak wordt door het cellofaan aan de kant van het vochtige oppervlak geabsorbeerd. Hierdoor zet die kant van het cellofaan uit, waardoor het krult.

(Er zouden ook Fortune Teller Fish worden gemaakt van natriumpolyacrylaat.)

BOOR BINDT BERYLLIUM

Klas	4v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Rooster en bindingen
Trefwoorden	Boor, beryllium, metaal of niet-metaal, complex
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 23 januari 2015



Lichtgewicht huwelijk.

BOOR BINDT BERYLLIUM

Met behulp van lithiumdiazaborolide hebben onderzoekers uit het Duitse Würzburg de eerste klassieke covalente binding tussen boor en beryllium gecreëerd, melden ze in *Chemical Communications*. Dat boor zit qua eigenschappen ergens tussen een metaal en een niet-metaal in, maar reageert het gemakkelijkst als metaal. Lithium-diazaborolide, in 2006 gepresenteerd in *Science*, was de eerste verbinding die boor consequent in een nucleofiele rol dwong om als anion te reageren met andere metaalionen. In dit geval tot beryllium bis(diazaborolyl), met Be gesandwicht tussen twee boorkernen. De onderlinge bindingen blijken behoorlijk polair: de stikstofkernen in de vijftringen zuigen de elektronen op, waardoor het beryllium positief wordt geladen. Het boor ertussenin is ongeveer neutraal. De Duitsers vermoeden dat niemand dit eerder heeft ontdekt, omdat proefjes doen met beryllium gewoon niet leuk is vanwege de toxiciteit.

Duitse onderzoekers hebben een binding tussen de elementen beryllium en boor gemaakt. Ondanks het feit dat in het Periodiek Systeem beryllium en boor ver uit elkaar staan, zijn het toch elkaars burens.

1 Licht deze uitspraak toe.

Boor zit qua eigenschappen tussen een metaal en niet-metaal in.

2 Hoe noem je boor dan ook wel? Zie Binas tabel 99.

Toch is het wetenschappers gelukt om een covalente binding (atoombinding) te maken tussen boor en beryllium.

3 Wat houdt een covalente binding in?

4 Bij welke groep van atomen komen covalente bindingen voor?

5 Leg uit dat je in principe geen covalente binding verwacht tussen boor en beryllium.

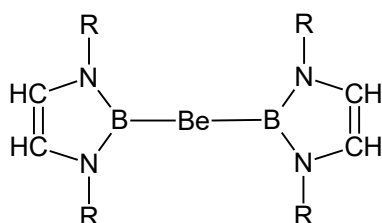
Lithiumdiazaborolide was de eerste verbinding die boor in de nucleofiele rol dwong om als anion te reageren.

6 Leg uit wat een nucleofiel deeltje is.

7 Leg uit dat een anion negatief geladen moet zijn om als nucleofiel deeltje te fungeren.

De binding tussen beryllium en boor

In figuur 1 staat de structuurformule van berylliumdiazaborolide weer gegeven. De vijftringen in de structuur bevatten stikstofatomen die elektronen wegzuigen.



Figuur 1

8 Leg uit waarom elektronen liever bij stikstofatomen zitten dan bij boor- of koolstofatomen.

9 Leg uit dat door de zuigende werking van de stikstofatomen de berylliumatomen positief geladen worden.

10 Leg uit waardoor de booratomen vrijwel neutraal zijn.

11 Welke bindingen in het molecuul zijn polair?

Niemand had tot nu toe deze bindingsmogelijkheid ontdekt. Een denkbare verklaring is de toxiciteit van beryllium.

Toxicologie en veiligheid

Beryllium is gevaarlijk. In opgeloste vorm is het element als het tweewaardige ion Be^{2+} aanwezig. Dit ion heeft de configuratie van helium en is zelfs nog kleiner dan een heliumatoom. Het is daardoor in staat vrijwel alle biologische barrières te doorbreken.

Bron: Wikipedia

12 Wat wordt er bedoeld met het begrip toxiciteit?

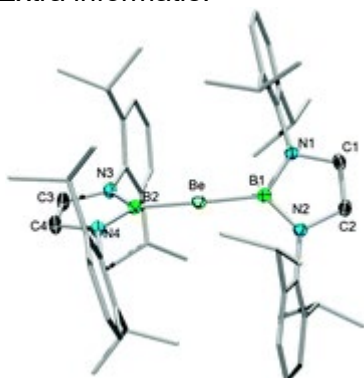
13 Waarom is beryllium zo gevaarlijk en in welke vorm? Licht je antwoord toe.

14 Leg uit waarom het ion van beryllium een lading van $2+$ heeft.

Boor bindt beryllium

- 1 Beryllium staat in groep 2 en boor in groep 13, maar het atoomnummer van beryllium is 4 en van boor is 5. Dus eigenlijk zijn het toch burens.
- 2 Een metalloïde.
- 3 Een binding tussen twee niet-metaalatomen doordat een gemeenschappelijk elektronenpaar de twee atoomresten bijeenhoudt.
- 4 Bij de niet-metaalatomen.
- 5 Beryllium is een metaal dus verwacht je daarbij geen atoombinding.
- 6 Een nucleofiel deeltje is een deeltje met een of meer vrije elektronenparen dat een positief deeltje zoekt om mee te kunnen reageren.
- 7 Een nucleofiel deeltje moet elektronen ter beschikking hebben voor een binding dus het moet meestal negatief geladen zijn.
- 8 Stikstof is sterker elektronegatief dan boor en beryllium.
- 9 Er worden negatieve elektronen richting stikstofatomen verplaatst dus blijft er een positieve lading over.
- 10 Booratomen moeten elektronen afstaan aan stikstofatomen maar onttrekken zelf elektronen aan berylliumatomen. Dat heft elkaar op.
- 11 De bindingen tussen stikstofatomen en koolstofatomen, tussen stikstof- en booratomen, en tussen boor- en berylliumatomen.
- 12 Toxiciteit geeft de giftigheid van de stof aan.
- 13 Als berylliumion is het zo klein dat het elke cel kan binnendringen en daar voor problemen zorgt.
- 14 Beryllium staat in groep 2 waarin alle metalen, met twee valentie-elektronen in de buitenste schil, als ion de lading 2+ hebben.

Extra informatie:



<http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2015/CC/c4cc08519a#!divAbstract>

MANIER OM EI TE 'ONTKOKEN' HELPT OOK TEGEN KANKER

<i>Klas</i>	6v
<i>Subdomein</i>	Bindingen, structuren en eigenschappen
<i>Vaardigheid</i>	Informatie; onderzoek
<i>Specificaties</i>	Structuren van eiwitten
<i>Trefwoorden</i>	Eiwitten, ontkoken, duurzaamheid
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag, probleemstellingsvraag

<http://www.trouw.nl>, 27 januari 2015

Manier om ei te 'ontkoken' helpt ook tegen kanker

Het wordt binnenkort mogelijk om een gekookt ei weer vloeibaar te maken. Australische wetenschappers vonden in samenwerking met de Universiteit van Californië een manier om gekookte eieren te 'ontkoken'. Het is een ontdekking die ook de bestrijding van kanker kan versnellen.

Als je een ei kookt, zorgt de warmte van het water ervoor dat de proteïnen in het ei samenklonteren en stollen. Tot op heden werd gedacht dat dit proces onomkeerbaar was. Volgens de onderzoekers is er echter een methode om in twee stappen toch de proteïnen weer 'uit te vouwen'.

Onderzoeksleider Gregory Weiss nam bij het experiment geen halve maatregelen om te zorgen dat het ei echt gekookt was. In plaats van het ei tien minuten te koken, wat normaal gesproken genoeg is, lieten de onderzoekers het ei twee keer zo lang in het kokende water liggen.

Om het ei daarna weer vloeibaar te maken, voegden de onderzoekers ureum toe aan het hardgekookte ei, normaal gesproken een afvalstof die ontstaat bij de afbraak van eiwitten. Ook lieten ze de proteïnen ronddraaien in een speciale machine, die de proteïnen weer in oorspronkelijke, vloeibare staat teruggebracht.

Kankerbestrijding

Het ontkoken van een ei was niet het hoofddoel van de onderzoekers, aldus Weiss. "Dat was alleen om aan te tonen hoe krachtig deze methode is." Belangrijker is volgens de onderzoeker dat de methode kan worden gebruikt om de behandeling van kanker door het gebruik van antilichamen te versnellen.

Het is namelijk bewezen dat deze antilichamen zich vastmaken aan een kankercel, waarna het immuunsysteem die cel eenvoudiger kan vernietigen. Om deze antilichamen te maken zijn echter vloeibare proteïnen nodig. Het duurt momenteel vier dagen om de proteïnen te ontvouwen, maar met de nieuwe methode wordt die tijd aanzienlijk verkort. Het ontvouwen kan binnen een paar minuten geschieden, aldus Weiss. "Het proces kan nu met een factor duizend worden versneld."

De structuur van eiwitten kun je op verschillende niveaus beschrijven. Eiwitten hebben een primaire, secundaire en tertiaire structuur. Soms is er ook een quaternaire structuur aanwezig. Bij het koken van een ei wordt de tertiaire structuur van het eiwit verbroken.

1 Leg uit wat we onder de primaire en de secundaire structuur van eiwitten verstaan.

Tertiaire structuur

In de tertiaire structuur heeft het eiwit van een ei een karakteristieke ruimtelijke structuur. Deze structuur ontstaat door 'vouwen' waarbij zwavelbruggen en ionbindingen in het eiwitmolecuul gevormd worden. Het eiwit van een ei is oplosbaar in water.

- 2 Leg uit wat voor soort groepen er dan aan de buitenkant van het gevouwen eiwitmolecuul moeten zitten.
- 3 Noem een aminozuur dat in het eiwit moet zitten om zwavelbruggen te kunnen vormen.
- 4 Noem vier aminozuren die ervoor kunnen zorgen dat een eiwit oplosbaar is in water.

In het artikel staat dat door te verhitten de proteïnen in het ei klonteren. De tertiaire structuur wordt daarbij vernietigd. Het eiwit is dan niet meer oplosbaar in water.

- 5 Leg met behulp van begrippen op mesoniveau uit wat er gebeurt met het eiwitmolecuul van een ei bij verhitten en vervolgens weer afkoelen.

Toepassen antilichamen

Eiwitten worden op grote schaal toegepast voor voedsel, diervoer, in de farmaceutische industrie en ook voor landbouwtoepassingen. Eiwitten worden soms gewonnen uit gist of bacteriën, omdat deze snel groeien en hoge opbrengsten geven. Ze zijn bovendien goedkoop. Alleen komen de eiwitten er vaak in een amorf, geklonterde vorm uit. Het ontwarren van de eiwitten tot de juiste vorm kost veel geld en duurt lang. Dus gebruikt de farmaceutische industrie nu bij voorbeeld antilichamen uit hamsters, die echter moeilijk te winnen zijn, maar wel zijn de eiwitten dan in de juiste gevouwen vorm.

- 6 Leg uit hoe Weiss nu in korte tijd het amorf eiwit tot een oplosbaar eiwit terugbrengt.

Productie van geschikte eiwitten

Het 'ontkoken' van een ei is genomen als voorbeeld, maar het was niet het hoofddoel van het onderzoek volgens onderzoeker Gregory Weiss.

- 7 Stel een voorbeeld van een onderzoeksvraag op die bij het hoofddoel van het onderzoek van Weiss past.

De onderzoekers gebruiken eerst een geconcentreerde oplossing van ureum, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, om de ergste eiwitklonters te ontwarren. Er ontstaat dan weer een vloeibaar mengsel. Vervolgens plaatsen ze deze vloeistof in een machine die de eiwitmoleculen uit elkaar trekt, waarna ze zich weer opvouwen in hun oorspronkelijke vorm.

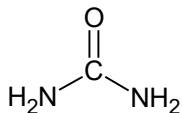
- 8 Teken de structuurformule van ureum.
- 9 Leg uit of je denkt dat deze methode direct op allerlei andere amorf eiwitten toepasbaar is.
- 10 Leg de titel van het artikel uit.

Eiwitten zijn stoffen die je overal in biomassa vindt. Bij het winnen van eiwitten uit biomassa wordt de tertiaire structuur van eiwitten vaak vernietigd.

- 11 Geef minstens één argument dat pleit voor het gebruik van deze methode om de structuur terug te krijgen met het oog op duurzaamheid.

Manier om ei te 'ontkoken' helpt ook tegen kanker

- 1 Primaire structuur: volgorde van de aminozuren in de keten van een eiwitmolecuul
Secundaire structuur: de spiraalstructuur van een eiwitmolecuul, die door H-bruggen
bijeen wordt gehouden
- 2 Om oplosbaar te zijn in water moet het eiwitmolecuul zo gevouwen zijn dat er hydrofiele
groepen aan de buitenkant zitten.
- 3 Cysteïne
- 4 Ze moeten in de zijketen een hydrofiele groep hebben: bijvoorbeeld serine, threonine,
tyrosine, lysine, arginine, asparaginezuur, glutaminezuur, asparagine, glutamine
- 5 Bij verhitten worden de zwavelbruggen en ionbindingen in de tertiaire structuur
verbroken. De eiwitmoleculen worden door de hogere temperatuur beweeglijker. Er
ontstaat een andere vouwing, waarbij apolaire groepen blijkbaar aan de buitenkant
komen te zitten. Hierdoor kan het eiwit niet meer oplossen.
- 6 Hij voegt een geconcentreerde oplossing toe van ureum. De ergste klonters verdwijnen.
Vervolgens plaatst hij de vloeistof in een ronddraaiende machine waardoor het eiwit
verder ontwart. Over de machine wordt verder niets vermeld.
- 7 Bijvoorbeeld: Hoe breng je een amorf eiwit terug in zijn oorspronkelijke vorm?
- 8



- 9 Ieder eiwit heeft zijn eigen primaire, secundaire en tertiaire structuur. Maar ureum heeft
een molecuul met twee 'peptide' bindingen erin, die met alle eiwitten kan reageren. Dus
waarschijnlijk werkt het voor meerdere eiwitten.
- 10 In een veel kortere tijd dan tot nu toe kunnen de eiwitten geproduceerd worden, die
nodig zijn om de kankercellen te bestrijden. Omdat gisten en bacteriën gebruikt kunnen
worden voor de eiwitproductie, gaan de kosten erg omlaag. Er is ook een veel grotere
opbrengst.
- 11 De amorfe eiwitten worden nu vaak weggegooid. Als je deze nieuwe werkwijze toepast
krijg je veel meer eiwitten die je kunt toepassen in de geneeskunde, voor diervoeder
enz. Het zijn hernieuwbare grondstoffen.

Artikel: <http://www.trouw.nl/tr/nl/6700/Wetenschap/article/detail/3838548/2015/01/27/Manier-om-ei-te-ontkoken-helpt-ook-tegen-kanker.dhtml>

RECEPT VOOR GROENERE NYLON

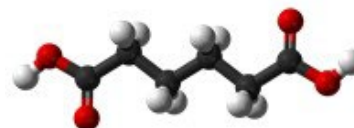
Klas	5,6 v
Subdomein	Industriële processen en groene chemie
Vaardigheid	Informatie, Onderzoek
Specificaties	Procesverbetering, duurzaamheid, rendement
Trefwoorden	Adipinezuur, groener, experimenten, uv-licht
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag, conclusievraag

www.c2w.nl, 19 december 2015

Recept voor groenere nylon

In het lab lukt het nu zonder lachgas

Met een combinatie van ozon en uv-licht kun je cyclohexaan omzetten in adipinezuur. En zo de nylonproductie milieuvriendelijker maken dan ze nu is, stellen Taiwanese chemici in *Science*.



Adipinezuur

Dat adipinezuur (officieel hexaan-1,6-dizuur) vormt samen met hexamethyleendiamine de veelgebruikte kunststof nylon 6-6. De wereldwijde adipinezuurproductie is inmiddels opgelopen tot 3,5 miljoen ton per jaar.

En vrijwel al dat adipinezuur wordt gemaakt door cyclohexaan eerst bij hoge druk en temperatuur met zuurstof te oxideren tot een mengsel van cyclohexanol en cyclohexanon, waarna je die zogeheten KA-olie verder oxideert met een overmaat salpeterzuur.

Probleem is daarbij dat de stikstof uit dat salpeterzuur uiteindelijk terecht komt in lachgas oftewel N₂O, een broeikasgas dat tevens de ozonlaag in de atmosfeer afbreekt. Er zijn schattingen dat de adipinezuurproductie op haar eentje goed is voor 5 tot 8 procent van de totale wereldwijde N₂O-uitstoot.

Kuo Chu Hwang en Arunachalam Sagadevan, van de National Tsing Hua University in Hsinchu, hebben nu bedacht hoe het zonder salpeterzuur kan. Ze lieten zich inspireren door het feit dat de natuurlijke afbraak van koolwaterstoffen in de atmosfeer meestal óf door ozon óf door uv-straling wordt veroorzaakt.

Cyclohexaan heeft daar van nature niet zo'n last van. Maar als je bij kamertemperatuur ozon door een glazen kolf met cyclohexaan laat borrelen en er tegelijk een sterke uv-lamp op richt, zie je na een uur of wat een neerslag ontstaan op de bodem die warempel adipinezuur blijkt te zijn. Met cycloheptaan of cyclo-octaan lukt het ook, al krijg je dan natuurlijk geen adipinezuur maar respectievelijk heptaan-1,7-dizuur en octaan-1,8-dizuur.

Naast het uitblijven van N₂O-productie zijn de lagere drukken en temperaturen uiteraard aantrekkelijk. De Taiwanese hebben echter (nog) niet gerekend aan de vraag of het, alles bij elkaar, echt een levensvatbaar alternatief zou kunnen worden voor industriële adipinezuurproductie.

bron: *Science*

De veel gebruikte kunststof nylon-6,6 wordt gemaakt uit adipinezuur (hexaan-1,6-dizuur) en hexamethyleendiamine. De laatste heeft als systematische naam hexaan-1,6-diamine.

- 1 Leg uit dat voor adipinezuur de systematische naam hexaandizuur is en niet hexaan-1,6-dizuur.
- 2 Teken de structuurformules van hexaandizuur en hexaan-1,6-diamine.
- 3 Teken de structuurformule van een stukje van de keten van nylon-6,6 dat is opgebouwd uit beide monomeren.

De huidige productiewijze van adipinezuur is niet erg 'groen'.

- 4 Noem minstens drie nadelen van deze productiewijze die uit het artikel blijken.

Het nieuwe, groenere, proces maakt gebruik van ozongas, $O_3(g)$, en uv-licht. De onderzoekers waren geïnspireerd door het feit dat in de atmosfeer koolwaterstoffen worden geoxideerd door zowel uv-licht als ozon.

- 5 Noteer de vergelijkingen van de twee halfreacties die mogelijk zijn voor $O_3(g)$ waarbij ozon als oxidator optreedt.

De onderzoekers hebben ervoor gekozen om ozongas te borrelen door cyclohexaan of door een mengsel van cyclohexaan met zoutzuur. In beide gevallen ontstaat eerst cyclohexanon, vervolgens hexaandizuur.

- 6 Leg uit of je bij aanwezigheid van zoutzuur een snellere reactie verwacht of niet. En zo ja waarom.
- 7 Leid de reactievergelijking, in molecuulformules, af voor de reactie tussen cyclohexaan en ozon tot cyclohexanon in aanwezigheid van zoutzuur. Tip: in de vergelijkingen van de halfreacties komen H^+ ionen voor.

Een bezwaar bij het experiment was dat er cyclohexaan met het borrelende ozon ontsnapte.

- 8 Leg uit welke maatregel je kunt nemen om het verlies van cyclohexaan tegen te gaan.

Het rendement bij een bepaalde experimenten was gemiddeld 75 % adipinezuur bij een gegeven tijdsduur. De onderzoekers hebben ook experimenten gedaan met intenser uv-licht en ook met een langere bestralingstijd.

- 9 Leg uit of je verwacht dat intenser uv-licht een hoger rendement zal geven.
- 10 Leg uit of je verwacht dat een langere bestralingstijd een hoger rendement zal geven.

Ook bij het terugwinnen van alle verdampte cyclohexaan was het rendement nog geen 100 %.

- 11 Geef een reden waarom het rendement dan nog geen 100 % is.

In het donker is het rendement 45 %. Om het proces op te schalen naar industriële grootte moet je kiezen om het proces met of zonder uv-licht te laten verlopen.

- 12 Geef een argument met betrekking tot duurzaamheid om het proces in het donker plaats te laten vinden.
- 13 Geef een argument met betrekking tot duurzaamheid om het proces in het uv-licht plaats te laten vinden.

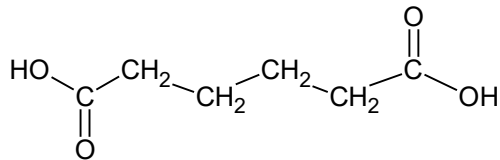
De subtitel van het artikel luidt: “In het lab lukt het nu zonder lachgas”.

14 Welke conclusie kun je hieruit trekken voor de huidige nylonproductie in het groot?

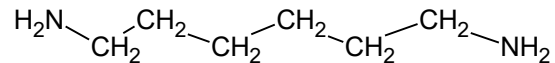
Recept voor groenere nylon

- 1 In de organische naamgeving wordt het achtervoegsel “zuur” gebruikt voor een COOH groep die aan het begin of het einde van een keten zit. Het koolstofatoom van de COOH groep telt daarbij mee voor de stamnaam van de keten

2

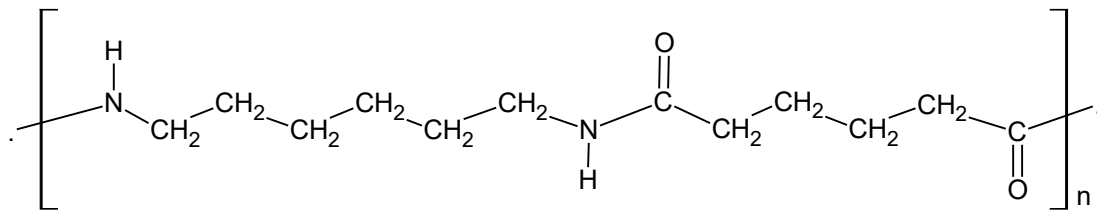


hexaandizuur



hexaan-1,6-diamine

3

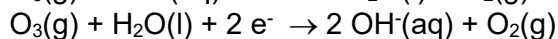


nylon-6,6

- 4 Voorbeelden:

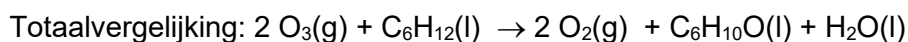
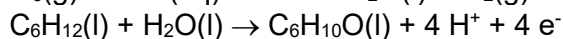
- veel energie nodig door hoge druk en hoge temperatuur bij het bereiden van adipinezuur
- gebruik van salpeterzuur: gevaarlijke stof, corrosief
- ontstaan van lachgas, $\text{N}_2\text{O}(\text{g})$: broeikasgas

- 5 $\text{O}_3(\text{g}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$



- 6 Omdat er H^+ aanwezig is, kan $\text{O}_3(\text{g})$ reageren volgens de bovenste halfreactie. Op die manier is $\text{O}_3(\text{g})$ een sterkere oxidator. De reactie verloopt dan sneller.

- 7 $\text{O}_3(\text{g}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$



- 8 Je kunt er een koeler (condenser) op de reactor aansluiten, die ervoor zorgt dat het cyclohexaan weer condenseert. Het ozon kan worden terug geleid in het proces..

- 9 Ja, intenser uv-licht betekent dat er meer energie is om de reactie op gang te brengen. De activeringsenergie wordt gemakkelijker bereikt, dus een hoger rendement.

- 10 Als je het rendement bekijkt per tijdseenheid heeft langer bestralen geen invloed op het rendement, wel op de totale opbrengst.

- 11 Er ontstaan ook bijproducten.

- 12 Je gebruikt geen energie voor het uv-licht. Dat is altijd gunstig. Tenzij je natuurlijk duurzame energie gebruikt.

- 13 Je krijgt per tijdseenheid meer adipinezuur. Dit betekent dat het gunstiger is voor het financiële aspect.

- 14 Dat het nog wel even zal duren voordat deze ook “groen” is.

HOE AZOBENZEEN WERKT

Klas	5v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stereoisomerie
Trefwoorden	Azobenzene, cis-trans, stereoisomerie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 23 januari 2015

HOE AZOBENZEEN WERKT

Amsterdammers filmen trans-cis-overgang tot in detail.

Voor al torsietrillingen van de centrale dubbele stikstof-stikstof-binding zijn verantwoordelijk voor de werking van azobenzene als lichtgevoelige schakelaar. Dat concluderen UvA-onderzoekers die met meerkleurige hogeresolutie-laserspectroscopie het mechanisme voor het eerst eenduidig in beeld wisten te krijgen. Het wijst de weg naar efficiëntere manieren om met die functionaliteit te spelen, en bewijst tevens de geschiktheid van die vorm van laserspectroscopie voor het volgen van snelle fotodynamische processen tot in detail.

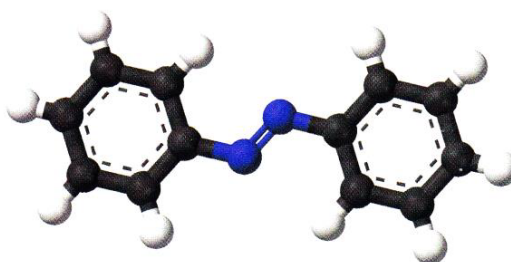
Onder invloed van uv-licht gaat het trans-isomeer van azobenzene over in het minder stabiele cis-isomeer, wat je met blauw licht of warmte weer kunt terugdraaien. Menig molecuulair motortje is hierop gebaseerd. Alleen was nog niet

duidelijk hoe het precies kon, want trans-azobenzene vertoont een perfecte punt-symmetrie en volgens de wetten van de kwantummechanica kan lichtabsorptie dan nooit zonder hulp de overgang bewerkstelligen. Beide helften van het molecuul moeten ook nog bewegen ten opzichte van elkaar, zodat die symmetrie er even uit is. En dan zijn er twee moge-

lijkheden: of het azobenzene blijft plat maar de beide benzeenringen zwiepen heen en weer rond de dubbele binding, of het blijft niet plat en de ringen zoeken elk een ander vlak op.

Beide mechanismes blijken mogelijk, maar in de praktijk overheerst het laatste, melden Wybren Jan Buma en collega's nu in *Nature Communications*. Eind novem-

ber promoveerde eerste auteur Eric Tan op een onderzoek dat het eerste onweerlegbare experimentele bewijs voor deze stelling opleverde. Volgens Buma maakt het een einde aan een discussie die eindeloos leek. "Voor elk nieuw experimenteel resultaat was wel een theoretische studie te vinden die die interpretatie leek te ondersteunen. De nu verkregen experimentele data leggen wat ons betreft het speelveld eenduidig vast." (ADJ)



Azobenzene (hier het trans-isomeer) vormt de kern van veel lichtgevoelige verbindingen.

Het molecuul azobenzene heeft een bijzondere eigenschap. Het kan namelijk werken als lichtgevoelige schakelaar.

1 Met welke lichtsoorten kun je een azobenzene molecuul schakelen?

Een azobenzene molecuul heeft daarbij de mogelijkheid om verschillende ruimtelijke structuren aan te nemen. Azobenzene heeft een cis- en een trans-vorm. We spreken dan van stereoisomerie.

- 2 Teken de Lewisstructuur van azobenzene. Azobenzene heeft twee benzeenringen die via een N=N binding aan elkaar gekoppeld zijn.
- 3 Leg uit dat azobenzene in de transvorm een vlak molecuul is.
- 4 Leg uit waarom in de cis-vorm azobenzene nooit een vlak molecuul kan zijn.

De ene vorm van azobenzene is stabielere dan de andere vorm.

- 5 Leg uit hoe uitgaande van de transvorm de cis-vorm gemaakt wordt.
- 6 Licht toe waarom de cis-vorm minder stabiel is.
- 7 Hoe kan uit de cis-vorm weer de transvorm gemaakt worden?

8 Welke praktische toepassing van deze eigenschap van azobenzene wordt genoemd?

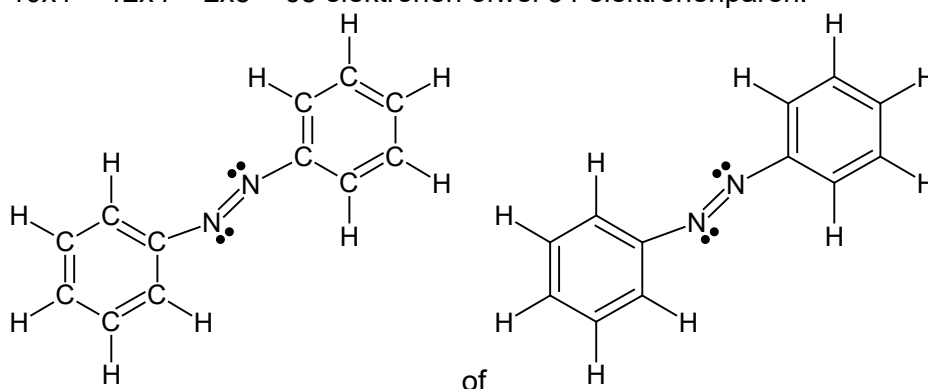
De cis-vorm kent theoretisch twee mogelijke ruimtelijke structuren. Eén van de twee mogelijke ruimtelijke structuren blijkt na nader onderzoek de juiste te zijn.

9 Welke twee ruimtelijke structuren worden genoemd?

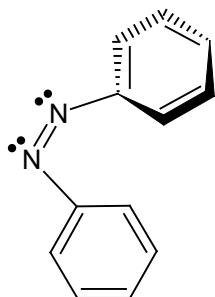
10 Maak een ruimtelijke tekening van de juiste structuur.

Hoe azobenzeen werkt

- 1 UV-licht: aan; blauw licht: uit.
- 2 Elk H atoom heeft 1 valentie-elektron. Elk C atoom heeft 4 valentie-elektronen. Elk N atoom heeft 5 valentie-elektronen. Het aantal valentie-elektronen in het molecuul is dus $10 \times 1 + 12 \times 4 + 2 \times 5 = 68$ elektronen ofwel 34 elektronenparen.



- 3 Het omringingsgetal bij elk van de beide stikstofatomen is 3, dus een vlak molecuul met bindingshoeken van 120° .
- 4 De twee benzeenringen hinderen elkaar dan zo sterk dat ze nooit in hetzelfde vlak kunnen liggen.
- 5 Onder invloed van uv-licht gaat de trans-vorm over in de cis-vorm.
- 6 De twee benzeenringen hinderen elkaar waardoor het minder stabiel is.
- 7 Met behulp van blauw licht of warmte.
- 8 Toepassing als moleculair motortje.
- 9 Of het azobenzeen blijft plat maar de beide benzeenringen zwiepen heen en weer rond de dubbele binding, of het blijft niet plat en de benzeenringen zoeken elk een ander vlak op.
- 10



Id	Titel opgave	nr opg	Klas
1	Printen met water	1406-1	5v
2	Argon in de ruimte	1406-2	4hv
3	Schone kleding zonder palmolie	1406-3	5hv
4	Mosterdgas zoekt opruimdienst	1406-4	5v
5	Minisyngasgenerator	1406-5	3v, 4hv
6	Imazalil	1406-6	4hv
7	Zuurstof in ruimtestation ISS	1406-7	3hv
8	Radicale chemie	1406-8	5,6v
9	Arseen maakt waterstof	1406-9	5v
10	Propyleenglycoldamp met nicotine	1406-10	4hv
11	Stabiele prestaties van suikerbieten	1406-11	3hv
12	Vier ozonvreters in atmosfeer	1406-12	5,6v
13	Zoek het polonium	1406-13	4,5v
14	Elektriciteit uit afvalgas	1406-14	5v
15	Ik voorzie een CO ₂ tekort	1406-15	4hv
16	Kevertruc verdedigt pinautomaten	1408-1	5hv
17	Superkatalysator zet CO ₂ om in CO	1408-2	5hv
18	Lignineprobleem opgelost	1408-3	5v
19	Serieus afbreekbaar bioplastic	1408-4	5v
20	Goedkoop struviet	1408-5	4hv
21	Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg	1408-6	4hv
22	Groen, goud, blond	1408-7	4hv
23	Bodem boert CO ₂ weer omhoog	1408-8	5,6v
24	Meer ozon door alcoholauto	1408-9	5,6v
25	Contactlens Google meet bloedsuiker	1408-10	5v
26	Robotpil kan injecties overbodig maken	1409-1	4,5hv
27	Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie	1409-2	5v
28	De kat op de tumor binden	1409-3	5v
29a	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie I	1409-4a	5v
29b	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie II	1409-4b	5v
30	Onze slinkende energievoorraad	1409-5	4hv
31a	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie I	1409-6a	5hv
31b	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie II	1409-6b	3-6hv

31c	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III	1409-6c	5,6v
32	Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie	1409-7	4,5hv
33	Solarjet maakt kerosine uit zonlicht	1409-8	3hv
34	Power-to-gas-installatie	1409-9	5hv
35a	3D geprinte fopframboos versie I	1410-1a	3,4hv
35b	3D geprinte fopframboos versie II	1410-1b	5h; 5,6v
36	Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?	1410-2	4,5hv
37	Planten maken groene stroom	1410-3	5v
38	Waar komt de batterij vandaan?	1410-4	5v
39	Nano-ui	1410-5	5,6v
40	Centraal verwarmd nanodeeltje	1410-6	5,6v
41	Gas uit licht en water	1410-7	5v
42	Doodsonde om op te stoken	1410-8	5,6v
43	Bioaromaten in opmars	1410-9	5,6v
45	Kat maakt etheen van methaan	1411-1	5,6v
46a	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie I	1411-2a	5v
46b	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie II	1411-2b	5h
46c	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie III	1411-2c	5hv
47	Botten gemaakt van bier	1411-3	4hv
48	Zonnepanelen produceren mierenzuur	1411-4	3hv
49	Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet	1411-5	5,6v
50	Naar 50km op zoetjes, kaarsvet en lachgas	1411-6	3hv
51	Krypton dateert eeuwig ijs	1411-7	4hv
52	Enzym duikt in furanen	1411-8	5,6v
53	Te simpel	1411-9	5,6v
54	Tot het laatste kooltje	1411-10	4hv
55	Ethanol kraakt lignine	1501-01	5hv
56	Cholesterol voedt sensor	1501-02	5,6v
57	600 km op 1 tankbeurt	1501-03	4,5hv
58	Een boodschappentas van vissenslijm	1501-04	5,6v
59	Mesvrij vest versie I	1501-05a	3hv
60	Mesvrij vest versie II	1501-05b	4,5hv

61	Complex molecuulontdekt in de ruimte	1501-06a	5hv
62	Vertakte moleculen op sterrenstof	1501-06b	4hv
63	Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte	1501-06c	6v
64	Nieuw kristal neemt zuurstof efficiënt op	1501-07	4,5v
65	Het is nu echt tijd voor SMA	1501-08	5hv
66	Magisch zand	1501-09	3,4hv
67	Koning opent DSM-fabriek in VS	1501-10	5hv
68	Bandje om membraaneiwit	1502-01	5v
69	Afgevangen CO ₂ input voor nieuwe producten	1502-02	3hv
70	Natuurgetrouw magnetiet	1502-03	4hv
71	Het terroir zit vol gele en blauwe poeders	1502-04	4hv
72	AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO ₂ chemicaliën maken (versie 3hv)	1502-05a	3hv
73	AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO ₂ chemicaliën maken (versie 4hv)	1502-05b	4hv
74	Schaliegaswinning stinkt	1502-06	5v
75	Iets lager suikergehalte in vijfde campagneweek	1502-07	3hv
76	Wat is CCS?	1502-08	4hv
77	Nieuwe wet haalt streep door vele koudemiddelen	1502-09	4hv
78	Visie duurzame brandstoffenmix	1502-10	5v
79	Hoe kan de zon branden als er geen zuurstof is in de ruimte?	1503-01	4v
80	Chemisch spaakwiel	1503-02	5,6v
81	Recycling tandpastatubes met magnetron	1503-03	4,5v
82	Vitamine C	1503-04	5v
83	De suikerbiet als het nieuwe goud	1503-05a	3hv
84	De suikerbiet als het nieuwe goud	1503-05b	4,5hv
85	Teflon helpt palladium	1503-06	5v
86	Slimme polymeren repareren je knie	1503-07	5hv
87	Suikerunie lonkt naar de chemie	1503-08	5v
88	Water ouder dan zon	1503-09	4hv

[illegible]

Subdomein	Vaardigheid	Specificaties
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Bindingen en uv-licht, micro-macro
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Chemisch rekenen	Informatie	Percentages
Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Gaschromatografie, massaspectrometrie
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Energiebalans, stofkringloop
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, elementkringloop
Energie	Informatie	Exotherm, reactiewarmte, energiediagram, katalysator
Energie	Informatie	Energiediagram, endotherm, duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base, organische reacties
Processen en reacties	Informatie, Onderzoeken	Polycondensatie, Practicum
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen, toepassing zout
Energie	Rekenen	Energiebehoud, Brandstoffen en duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Behoudswetten en kringlopen	Redeneren mbt tot duurzaamheid	Stofkringloop, elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Analoge reacties ahv gegeven reactie beschrijven, organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, werking enzym
Ontwerpen	-	Programma van eisen
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, beginstoffen/reactieproducten
Vaardigheden	Chemische processen	Natuurwetenschappelijk instrumentarium
Chemische processen	Informatie	Elektrolyse
Chemisch rekenen	Informatie	Bekende chemische berekeningen
Vaardigheden	Chemie van het leven	Informatie en communiceren
Processen en reacties	Onderzoeken	Hydrolyse

Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Stofeigenschappen, oplosbaarheid, allerlei mengsels
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen, elementbehoud
Processen en reacties	Informatie	Redoxreactie, brandstofcel, verbrandingen
Processen en reacties	Onderzoeken	Chemische kennis in voedselproductie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Communiceren	micro-macro structuur
Behoudswetten en kringlopen	Informatie	Stofkringloop, elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Batterijen, elektrochemische cel, redoxreacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro, oplosbaarheid, hydrofiel, hydrofoob
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Macro-micro, biodegradeerbaarheid, polymeren, innovatieve processen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, stofkringloop, elementkringloop, energiebalans
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polymeren
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polycondensatie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties
Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch. instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces
Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch. instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base; redox
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplossen, hydrofiel, toepassing zout
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Processen en reacties	Informatie	Verbranding; beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules
Processen en reacties	Informatie	batterijen, redoxreactie, halfreactie
Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel, redoxreacties
Chemie van het leven	Informatie	Structuur van eiwitten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; zuur-base reacties

Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Modelvorming	Organische naamgeving en structuurformules
Deeltjesmodellen, Chemisch rekenen; Energie	Informatie	Atoommodel; Bekende chemische berekeningen; Exotherm/endotharm
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Onderzoeken	Hydrofiel, hydrofoob
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; polyadditie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; reactievergelijkingen, massabehoud
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Toepassing zout; oplosbaarheid zout
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Vakmethodes en veiligheid; Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Gaschromatografie, kennis van risico's, waarborging kwaliteit water en lucht
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen; mengsels; oplosbaarheid
Processen en reacties	Informatie	Zuurbase; verbrandingen; beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen; bouw stof
Processen en reacties	Informatie	Batterijen/brandstofcel; milieu; verbrandingen
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Oplosbaarheid, geleidingsvermogen, analoge reactie ahv gegeven reactie; ruimtelijke structuur
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en commentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Redox
Vaardigheden	Natuurwetensch. instrumentarium	Informatie selecteren, analyseren en structureren
Vaardigheden	Natuurwetensch. instrumentarium	Informatie selecteren, analyseren en structureren
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Processen en reacties	Informatie	Polycondensatie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel

[illegible]

Trefwoorden
Water-jet printer, hydrochrome stof, isomerie
Imazalil, fungicide, grapefruit, milieu
Wasmiddel, oppervlakte-actieve stof, cradle-to-cradle
Sarin, chemisch wapen, Syrië, mosterdgas, detoxificatie, hydrolyse, MEA
Minireactor, synthesesgas, aardgas, methanol, reactievergelijkingen
Imazalil, fungicide, grapefruit, milieu
ISS, massaverhouding, scheidingsmethoden
Radicaal, perfluortributylamine, methaan, broeikasgas, smog, ozon, milieu
Arseniet, arsenaat, elektrolyse, chloor, radicaal, chloriet
e-sigaret, nicotine, glycol, glycerol, water, dampmiddel
Suikerbiet, suikergehalte, winbaarheid, bietencampagne
Cfk's, ozonlaag, radicaal, milieu, ppt, gaschromatografie, massapectrum
Polonium, radioactiviteit, verval, atoombouw, uranium
Afvalgas, koolstofdioxide, elektriciteit, milieu
CO ₂ , milieu, kringloop, synthesesgas, DME, brandstof
Waterstofperoxide, bomardeerkever, hydrochinon
CO ₂ , CO, superkatalysator, nano, energiediagram, endotherm
Biomassa, lignine, cellulose, fermentatie, PIL, DES, bio-ethanol
Glycerol, citroenzuur, bioafbreekbaar, hydrolyse
Struviet, osmose, membraan, drinkwater, meststof, milieu
Energie, hernieuwbare bron, milieu, PJ, W
Waterstofperoxide, groene methode, katalysator, nano, palladium, goud
Snelheidsvergelijking, CO ₂ -opname en CO ₂ -afgifte door de grond, priming, fotosynthese
Alcohol, radicaalreacties, ozon, duurzaamheid, waarborgen kwaliteit lucht
Contactlens, sensor, enzym, glucose, waterstofperoxide, diabetici
Robotpil, citroenzuur, natriumwaterstofcarbonaat, ontwerp opdracht
Elektrolyse, waterstof, energie, groene chemie, milieu
Katalysator, nano, tumor, palladium, alkylering
Elektrolyse, fermentatie, informatie selecteren, analyseren, weergeven
Fermentatie, CO, ethanol, acetaat, CuO elektrode, reactiewarmte, katalysator
Energie, autojaar, fossiele brandstof, milieu
AGE's, Maillard, aminozuur, glucose, suiker, informatie verzamelen, presenteren
Maillard, aromastoffen

AGE's, Maillard, additie, hydrolyse, redox, aminozuur, glucose
Papier, cellulose, lignine, scheiden, H-brug
Endotherm, benzine, katalysator, Fischer-Tropsch
Groene chemie, duurzaam, brandstofcel, elektrolyse
Calciumalginaat, vruchtenkaviaar
Presentatie, calciumalginaat, vruchtenkaviaar, cross-link
Fotosynthese, groei, stofwisseling, rekenen
Planten, Plant-E, groene stroom, fotosynthese, elektronenstroom
Batterij, accu, elektrochemische cel, halfreacties
Janus, dendrimeer, dubbellaag
Thermoplast, polycondensatie, lichtgevoeligheid, onderzoeken, gecontroleerde medicijnafgifte, laser, microniveau
CO ₂ , methaan, brandstof, milieu, kringloop, rendement
Lignine, bio-BTX, aroma, fenol, bio-based, vanilline, sinapylalcohol, kraken, atomeconomie, E-factor
Bio-aroma, lignine, PET, GDCA, PEF
Methaan, etheen, katalysator, brandstof, milieu
Spincoaten, duurzaam, accu, zonnecel
Duurzaam, accu, zonnecel
lood, Pb, PbO ₂ , lood(II)jodide, salpeterzuuroplossing, ethaanzuuroplossing
Botaangroei, bierborstel, verhoudingsformule, dubbelzout, zoutformule
Koolstofdioxide, mierenzuur, reactievergelijking
Pyruvaat, lactaat, chemisch rekenen
Lachgas, raket
Krypton, isotoop, halfwaardetijd
Redox, HMF, FDCA
Redox, HMF, FDCA, paraxyleen, koelen
Steenkoolvergassing, milieu, CO ₂
Lignine, aroma, aldehyde, brandstof, milieu
cholesterol, enzym, biobatterij, sensor, hart, Lewisformule
waterstof, brandstofcel, milieu
α-helix, aminozuren, c DNA, waterstofbrugvorming, slijm, microstructuur macroscopische eigenschappen
Kogelvrij vest, ALD, mesvrij
Kogelvrij vest, ALD, mesvrij, zuurbasis

Heelal, isopropylcyanide, isobutyronitril, aminozuur
Interstellair stof, isomeren
Anti, gauche, eclipsed, aminozuur
Hemoglobinen, zuurstof, ijzer, atoommodel
SMA, ABS, styreen, maleïnezuur, maleïnezuur, maleïnezuuranhydride
Magic sand; maken magisch zand
Biomassa, tweede generatie, bio-ethanol, DSM
Copolymer, maleïnezuur, styreen, SMA, membraan
Kloppend maken, massaverhouding
Magnetiet, ferrihydriet, nano, kristallen, pH, oplosbaarheidsproduct
Druiven, schimmels, grondverontreiniging
Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm
Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm
Schaliegaswinning, fracking, gezondheid
Suikerbiet, fotosynthese, tarra, winbaarheid
Koolstofdioxide, CCS, broeikaseffect, milieu
Koudemiddel, broeikaseffect, koolstofdioxide, freonen, milieu
Biobrandstof, duurzaam, brandstofcel, grafische weergave
zon; kernfusie; waterstof; helium; massadefect
STM; molberekening; spaakwiel; geleiding; tetraëder
Pyrolyse; gelamineerd aluminium; recycling
Vitamine C; ADH; gehalte; experiment
suikerbiet; polymelkzuur, PLA; blokschema
Suikerbiet, polymelkzuur, toepassingen PLA, blokschema, reactievergelijkingen, groen, duurzaam
palladium; teflon; waterstof; katalysator
PCL, PLA, PGA, PTMC, polymeren, biodegradeerbaar
Suikerbiet, biobrandstof, biobased, eerste generatie biobrandstof
Zon, deuterium, waterstof, hypothese, model, micro, macro

Spiegelbeeldisomerie, polymerisatie, duurzaamheid
Iridium, negenwaardig
Planeet Mars, microben, selfsupporting, waterstof, zuurstof
Fotosynthese, anthocyanen, druiven
Enzymen, halfreacties, naamgeving, symbooltaal
Planeet Mars, olivijn, magnetiet, methaan, waterstof, zuurstof
Duurzaamheid, koffiedrab, koffiepulp, pectine, biobrandstoffen
Oersoep, halwaardetijd, zuurstof, leven
Zonnecel, perovskiet, elektrolyse, waterstof, rendement
MOF, membraan, zout, scheidingsmethode, gassen
SS2, stuwstof, hybride, Stratos, booster
Explosie, coulombexplosie, natrium, kalium
Explosie, coulombexplosie, natrium
Molecuulmodellen, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans
Stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans
Presentatie, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans
Links- en rechtsdraaiend, racemische mengsel, enantiomeer
Natuurwetenschappelijke methode, hypothese, werkplan, conclusies
Waterstofbruggen, cellofaan, cellulose, wateropname
Boor, beryllium, metaal of niet-metaal, complex
Eiwitten, ontkoken, duurzaamheid
Adipinezuur, groener, experimenten, uv-licht
Azobenzeen, cistrans, stereo-isomerie

Vraagtype
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Standpuntvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
-
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
-

Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
-
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag

Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieverwerkingsvraag
Conclusievraag; Informatieverwerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatieverwerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegrips- en informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Argumentenvraag
Informatiebegripsvraag
Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag

Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatieverwerkingsvraag
Informatiebegripsvraag, conclusies evalueren
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieverwerkingsvraag
Werkplan maken
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag; Probleemstellingsvraag
Informatieselectievraag; Conclusievraag
Informatiebegripsvraag