

# eXamengevat

Scheikunde VWO



# Toegang tot de online oefenomgeving – Scheikunde VWO

**Gefeliciteerd**, je hebt een gigantisch grote stap gezet richting het halen van je eindexamen! Je hebt de eXamengevat bundel met alle examenstof in je handen. Je kan aan de gang!

Naast leren is **oefenen** natuurlijk minstens zo belangrijk! Ook in dat opzicht heeft eXamengevat meer dan genoeg te bieden. Per vak hebben we een paar honderd oude examenvragen op **onze oefenomgeving** staan. Een paar voordelen van deze oefenomgeving:

- ✓ De vragen staan **gecategoriseerd per domein**! Je kunt dus heel specifiek oefenen op de domeinen waar jij nog wat zwakker in bent.
- ✓ De oefenomgeving bevat een **instaptoets**, zodat je een overzicht krijgt in welke domeinen je sterk bent en in welke niet. Handig om te doen voordat je begint met leren, zodat je weet waar je staat!
- ✓ De **uitwerkingen zijn véél uitgebreider** dan op Examenblad. Alle stappen worden beschreven, zodat je altijd kunt zien waar het fout gaat, als je de vraag niet begrijpt.

## Hoe krijg ik toegang tot de online leeromgeving?

We hebben een stappenplan voor je opgesteld, afhankelijk van waar je eXamengevat hebt gekocht.

### **Optie 1: ik heb mijn samenvattingen op [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl) besteld.**

Indien je jouw bestelling **via onze website [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl)** hebt gedaan, volg dan de volgende stappen:

**Stap 1:** als het goed is heb je bij je aankoop automatisch een account gemaakt. Zo niet, maak deze dan eerst aan MET HET MAILADRES WAARMEE JE DE BESTELLING HEBT GEDAAN!

**Stap 2:** Log in met je account.

**Stap 3:** Ga naar Mijn Leeromgeving op onze website ([www.examengevat.nl/mijn-leeromgeving](http://www.examengevat.nl/mijn-leeromgeving)) en naar je studie.

**Stap 4:** Als het goed is staat er bij de vakken die je hebt aangeschaft "Ingeschreven" en heb je toegang!

Mocht dit nu niet lukken, volg dan onderstaande stappen bij optie 2.

### **Optie 2: ik heb mijn samenvattingen ergens anders besteld (bijvoorbeeld Bol.com, Amazon of in de winkel).**

Indien je jouw bestelling ergens anders hebt gedaan, volg dan onderstaande stappen:

**Stap 1:** Maak eerst een account aan op [www.examengevat.nl/account](http://www.examengevat.nl/account).

**Stap 2:** Log in met je gloednieuwe account.

**Stap 3:** Ga naar Mijn Leeromgeving op onze website ([www.examengevat.nl/mijn-leeromgeving](http://www.examengevat.nl/mijn-leeromgeving)). Ga naar je studie.

**Stap 4:** Als het goed is staat er bovenaan een knop **Licentiecode verzilveren**. LET OP, DEZE STAAT ER ALLEEN ALS JE BENT INGELOGD! Vul daar onderstaande, unieke licentiecode in:

# NFGMKF

**Stap 5:** Je hebt toegang!

Mocht je er na deze stappenplannen nou nog niet uitkomen, neem dan even contact met ons op. Je kunt ons bellen/ appen op 010 311 0038 of mailen op [klantenservice@examengevat.nl](mailto:klantenservice@examengevat.nl).



**Copyright © 2022 eXamengevat BV.** Alle rechten voorbehouden

We snappen dat het soms verleidelijk is, maar... **niets uit deze uitgave mag worden gekopieerd, doorgestuurd en/of openbaar worden gemaakt, op alle mogelijke manieren...** Fotootje naar vrienden, het boekje inscannen en doorsturen, doe het alsjeblieft niet. Als de inhoud op internet rondzwerft houdt het voor ons snel op. Houd het boekje dus lekker voor jezelf, en schrijf, markeer, kras en teken het lekker vol!

**Scheikunde heldin die tijdens het schrijven zo'n chemie had met het vak dat ze er docent in is geworden:** Margrietha van der Linde

**Die samenwerkte met de schaduwdocent die sneller reageerde dan menig chemische reactie:** Wouter Renkema

**Spelfoutdetective, taalmonster en schaduwlezer Tekst:** Lieke Hetteema

**Die achter hun broek werden gezeten door projectmanager:** Larissa Risseeuw

**Rots in de branding voor menig scholier & Youtube held:** Sieger Kooij

**Creatieve tekentafelgeniën achter de vormgeving:** 88Design, Mediacooks

**Onder toezien oog van beginbaas:** Jeroen Willemsen

**Ons adres voor kaarten, taarten en huwelijksaanzoeken na het slagen voor je eindexamens:**

Tolhuisstraat 12A  
3072LT Rotterdam

**En onze website voor meer moois:** [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl)

Onze klantenservice is één appje verwijderd, scan onderstaande QR-code!



Welkom in de eXamengevat van:

# Scheikunde – VWO





## Voorwoord van de eigenaar

Waarschijnlijk staat hij ergens in de hoek van de schuur. Of misschien wel op zolder, of ergens anders weggestopt in huis. Maar één ding is zeker! Na je eindexamens moet hij wapperen naast je voordeur met je schooltas eraan: **de vlag!** En wij van eXamengevat gaan je helpen om dit voor elkaar te krijgen!

eXamengevat? Wat is dat nou? **eXamengevat is een samenvatting van alle stof die je moet kennen voor je eindexamen.** Niets meer, en niets minder. Als je dit boekje goed kent, dan ga je gewoon slagen.

*“Mijn zusje miste een écht goede samenvatting voor haar eindexamens. Die ben ik gaan maken”*

Het idee voor eXamengevat kwam toen mijn zusje eindexamen deed. Ik zag hoe ze in de laatste paar maanden van het examenjaar alle stof van haar hele middelbare schooltijd moest doornemen. Dat vond ze lastig, met name om een goed overzicht te krijgen van alle stof. En omdat het zo enorm veel is, wist ze ook niet precies wat nou belangrijk was en wat niet. Twee weken lang hebben we elke dag in de bieb gezeten en hard gewerkt met zijn tweeën. En jawel, uiteindelijk is ze geslaagd en kon de vlag uit!

Toen ik mijn zusje hielp, viel het me op dat er niet één goede samenvatting is waar alle stof overzichtelijk in werd uitgelegd. Dat miste ik toen enorm, het zou het leven van mijn zusje en al haar leeftijdsgenoten een stuk makkelijker hebben gemaakt. Een nieuw idee was geboren: **ik wilde dé allerbeste samenvatting maken voor de eindexamens in Nederland.**

*“Alles wat je nodig hebt om te slagen voor je examen staat in één boekje”*

Dus ging ik op onderzoek uit! Want, hoe moet dé perfecte samenvatting er nou uit zien? Die vraag stelde ik aan tientallen leerlingen, docenten en schooldirecteuren en zelfs het College van Toetsen en Examens, waar de examens worden gemaakt. Het resultaat van ruim 2 jaar werk ligt voor je neus.

Het doel van eXamengevat is simpel: **meer dan eXamengevat heb je niet nodig om te slagen voor je eindexamen!** Alle theorie, examenopgaven met uitgebreide antwoorden, oefenexamens... Alles wat je nodig hebt, staat in één boekje.

Voor nu wens ik je heel veel succes bij de voorbereidingen voor je eindexamens. Wij hebben heel erg ons best gedaan om slagen voor jou zo makkelijk mogelijk te maken. Nu is het jouw beurt. Als jij netjes door dit verslag heen gaat, alle theorie leest en alle opgaven maakt en snapt, dan ga jij gewoon je examen halen. Wij weten dat je het kunt!

*“Als je het eXamengevat boekje goed kent, dan ga je gewoon slagen”*

Heel veel succes en groetjes!

Jeroen Willemsen  
Eigenaar en beginbaas eXamengevat





## Inhoudsopgave

<b>Voorwoord van de eigenaar .....</b>	<b>5</b>
<b>Inhoudsopgave.....</b>	<b>6</b>
<b>eXamengevat: hoe werkt dat? .....</b>	<b>8</b>
<b>Examentips.....</b>	<b>10</b>
<b>Over Scheikunde.....</b>	<b>12</b>
<b>Domein A: Vaardigheden .....</b>	<b>16</b>
<b>Domein B: Stoffen en materialen in de chemie .....</b>	<b>23</b>
<b>Domein C: Chemische processen en behoudswetten .....</b>	<b>75</b>
<b>Domein D: Ontwikkelen van chemische kennis.....</b>	<b>137</b>
<b>Domein E: Innovatie en chemisch onderzoek .....</b>	<b>157</b>
<b>Domein F: Industriële (chemische) processen.....</b>	<b>169</b>
<b>Domein G: Maatschappij, chemie en technologie.....</b>	<b>188</b>
<b>Oefenexamens.....</b>	<b>202</b>
<b>Antwoorden oefenvragen .....</b>	<b>231</b>
<b>Antwoorden oefenexamens .....</b>	<b>282</b>



## eXamengevat gaat faalangst tegen!

**"Hoe komt het dat de één fluitend de examenzaal in loopt, terwijl de ander nachten niet kan slapen van de spanning?"**

Dat komt onder andere door **faalangst**... Wist je dat 20% tot 25% van de eindexamen kandidaten last heeft van faalangst? Er zijn elk jaar zo'n 200.000 scholieren die eindexamen doen (100.000 VMBO, 60.000 HAVO en 40.000 VWO), waarvan dus 40.000 scholieren met faalangst de gymzaal in gaan. Het wordt ook wel **examenstress** genoemd. Mocht jij dus ook last hebben van examenstress, dan ben je zeker niet de enige!

Dat willen we met eXamengevat tegengaan. Het is toch zonde dat je door faalangst minder presteert dan je daadwerkelijk in je hebt? Daarom zijn we, toen we het plan van eXamengevat aan het uitwerken waren, op bezoek geweest bij **professor Jan Derksen, klinisch psycholoog aan de Radboud Universiteit**. Professor Derksen is een autoriteit op het gebied van faalangst, en aan hem hebben gevraagd hoe we nou een samenvatting moesten schrijven die faalangst tegen gaat.

eXamengevat gaat faalangst tegen! Hoe we dat doen? Door ervoor te zorgen dat je steeds het gevoel hebt dat je de stof goed onder controle hebt! Daar zijn een aantal trucjes voor:



- 1. We zorgen dat de stof goed afgekadert is.** We zorgen ervoor dat écht alles wat je moet kennen, in de samenvatting staat. Niets meer, en niets minder. Kortom, als je de tijd neemt voor eXamengevat en dit boekje goed kent, dan moet je gewoon kunnen slagen! ☺
- 2. We slaan geen enkele stap over bij een uitleg of een uitwerking van een vraag.** Hoe raak je de aandacht kwijt in de klas? Als je docent te snel gaat! We schrijven daarom alle stappen op bij een uitleg, of bij een uitwerking van een vraag. Hoe klein of hoe logisch deze ook zijn.
- 3. We werken met een opbouwende structuur.** We beginnen makkelijk en bouwen rustig op. Zowel in de theorie, als in de oefenopgaven.

## Duurzaamheid en CO2 uitstoot

We hebben ons best gedaan om de samenvattingen zo **klimaatneutraal** mogelijk te laten drukken. Maar eerlijk is eerlijk, 100% klimaatneutraal produceren is niet mogelijk... Samenvattingen worden gedrukt op papier, en er komt nou eenmaal CO2 vrij bij de productie van papier. We hebben daarom bewust gekozen om onze samenvattingen op 100% gerecycled papier te laten drukken (ja, ook dit velletje!). Dit papier is **FSC-gecertificeerd**. Dat keurmerk krijg je niet zomaar, alleen papier (en hout) dat afkomstig is uit verantwoordelijk beheerde bossen krijgen een FSC label.



Het keurmerk voor  
verantwoord bosbeheer



## eXamengevat: hoe werkt dat?

**Wacht even...sla dit niet over!** We snappen dat je meteen aan de slag wilt gaan, maar lees eerst deze pagina even, zodat je weet hoe eXamengevat werkt.

### Domeinen

Misschien wist je het al, maar alle vakken op de middelbare school zijn opgedeeld in **domeinen**. De domeinen worden vastgesteld door de overheid en geven precies aan welke stof er op het **schoolexamen** (SE) en op het **centraal examen** (CE) mag worden getoetst.

**eXamengevat behandelt alle domeinen die verplicht zijn voor het Centraal Examen (CE).** We gaan domein per domein af en leggen stapje voor stapje alle stof uit die je moet kennen!

In feite is het heel simpel:

***Als jij de stof van alle domeinen in eXamengevat goed kent, dan ken je ook alle stof waarover vragen kunnen komen op het eindexamen.***

### Structuur per domein

Per domein gebruiken we de volgende structuur:

- **Theorie**
- **Voorbeeldopgaven**
- **Oefenopgaven**

We leggen dus eerst de **theorie** aan je uit. Dat doen we in onze **vertellende schrijfstijl**, we schrijven alsof we een verhaal vertellen en gebruiken voorbeelden om de stof tot leven te laten komen.

Daarna laten we door middel van een **voorbeeldopgave** meteen zien hoe je deze stof moet toepassen. Daarna mag je zelf aan de bak en ga je de **oefenopgaven** maken over dit specifieke domein!

Aan het eind van het eXamengevat verslag staan **één of meerdere volledige examens**. Hiermee kun je alle stof van alle domeinen in één keer oefenen.

### Video's

Soms zegt een **video** meer dan 1000 woorden. Daarom gebruiken we video's om bepaalde lastige onderwerpen uit te leggen. Dat is handig, omdat je sommige stof gewoon sneller snapt als je het "ziet".

Als je de volgende QR code ziet, dan hoort er bij de theorie die je net gelezen hebt een filmpje:



Om deze QR code te scannen, heb je een app nodig op je telefoon die dat voor je doet:

- De **App Store** (Apple) en **Google Play** (Android) staan vol van dit soort QR-scanners. Als je op "QR" zoekt, dan kom je tientallen gratis apps tegen die QR codes kunnen scannen.
- Bij sommige telefoons leest de **camera** automatisch QR-codes.





Als je de QR code scant, linkt deze je automatisch door naar het goede filmpje! Handig hè?

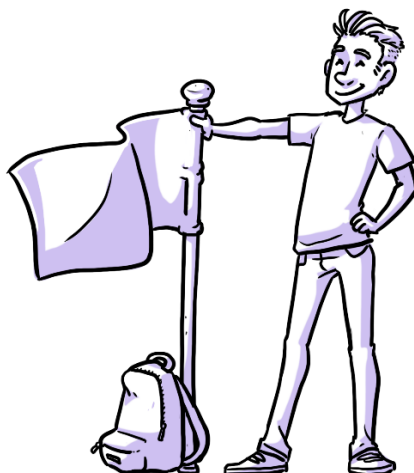
### **Nog moeite met een bepaald onderwerp?**

Kom je er gaandeweg achter dat je nog moeite hebt met een bepaald onderwerp van het vak, pak dan je boek er even bij en zoek het desbetreffende hoofdstuk op. Dan kun je het nog eens rustig en uitgebreid nalezen!

### **Kortom... Alles wat je nodig hebt om te slagen staat in dit boekje!**

En dat is precies ons doel! Vergeet niet, meer dan de stof uit deze domeinen kunnen ze niet vragen. Ken je dus al deze stof, dan gaat het gewoon goed komen en ga je slagen!

**Dus... daar gaan we!** Pak je pen en markeerstift, vul je flesje met water en ga er maar goed voor zitten.





## Examentips

De onderstaande **examentips** helpen je bij het maken van het examen. Lees ze rustig door. Sommige tips zijn heel logisch, maar het is goed om ze even gezien te hebben.

Een examen halen gaat niet alleen over het kennen van de examenstof zelf, maar ook hoe je een examen op een slimme manier kunt halen. Een examen is vaak niet meer dan zoveel mogelijk punten halen in drie uur!

### 1. Denk aan de tijd!

Een examen is **tijdmanagement**. In drie uur tijd moet je zoveel mogelijk punten zien te behalen. Aan de ene kant moet je natuurlijk zorgen dat je de stof door en door kent. Aan de andere kant is het handig om te weten hoeveel vragen je bijvoorbeeld per uur moet maken. Op deze manier heb je tijd voor alle opgaven en kom je niet in **tijdnood**.

Het examen duurt dus drie uur. Stel dat het examen uit 30 vragen bestaat. Dat betekent dat je per uur 10 vragen moet maken. Heb je na één uur 8 vragen gemaakt? Dan moet je het tempo opschroeven! Heb je na één uur 12 vragen gemaakt? Het tempo zit er lekker in! Je kunt de komende twee uur iets rustiger aan doen.

De onderstaande afbeelding is afkomstig van het voorblad van het examen:

Dit examen bestaat uit 30 vragen.  
 Voor dit examen zijn maximaal 57 punten te behalen.  
 Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

### 2. Begin met de opgave die jij het makkelijkst vindt

Een examen bestaat meestal uit opgaven met daarin een aantal (deel)vragen. Elke opgave is toegespitst op één of meerdere domeinen. Heb je altijd al moeite gehad met een bepaald domein? Sla dit domein voorlopig even over! Pak een opgave die je makkelijker vindt.

Bedenk je dat je zo snel mogelijk genoeg punten moet halen voor, in ieder geval, een voldoende (5,5). Als je begint met een moeilijke opgave waar je niet uitkomt, kan dat ervoor zorgen dat je in **tijdnood** komt. Begin daarom met een makkelijke opgave. Je zult bovendien zien dat je **vertrouwen** in de rest van het examen toeneemt als je begint met een relatief makkelijke opgave.

### 3. Blader even rustig het examen door, voordat je begint

Blader, voordat je daadwerkelijk begint, even vluchtig het examen door. Zo weet je wat er allemaal te doen is. Op deze manier kun je de voor jou makkelijke opgaven eerst kiezen, voordat je met de moeilijke opgaven begint.

### 4. Herhaal de vraag in het antwoord

Dit is een makkelijke manier om je antwoord mee te beginnen. Je zult zien dat je een antwoord eenvoudiger kunt formuleren als je je antwoord begint met (een deel van) de vraag.

### 5. Bekijk je antwoord nog een keer nadat je antwoord hebt gegeven op een vraag

Soms komt het voor dat je antwoord moet geven **met behulp van een berekening**. Vergeet dan niet af te sluiten met een conclusie! Je geeft dan eerst de berekening en sluit bijvoorbeeld af met: "Dus, ..."

Soms wordt gevraagd of iets toe- of afneemt. Je kunt dan bijvoorbeeld niet alleen een berekening geven, je moet met een volzin afsluiten waarin je zegt of het toeneemt, en juist afneemt.

### 6. Geef antwoord op de vraag

Deze tip klinkt heel logisch, maar hier worden nog wel eens punten op verloren. Geef antwoord op de vraag! Als er gevraagd wordt om een berekening, geef die dan ook! Als er gevraagd wordt om twee redenen, geef



dan twee redenen en niet drie! Als je drie redenen geeft, worden alleen de eerste twee redenen nagekeken. Denk hier dus aan!

De onderstaande afbeelding is afkomstig van het voorblad van het examen:

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

### 7. Afronden

Een geldbedrag ronden we meestal af op twee decimalen. Procenten ronden we meestal af op één decimaal. **Ga niet afronden in tussenstappen!** Afronden doe je pas bij je eindantwoord.

### 8. Verbeterde concentratie

Bananen en chocolade zorgen voor een betere concentratie tijdens het examen. Thee helpt om je te ontspannen. Drink geen energiedrankjes! Deze zorgen voor een kortetermijnboost, maar op de lange termijn daalt je concentratie.



### 9. Nachtrust

Zorg voor een goede nachtrust! Stop aan het einde van de avond dus met leren.

Zorg ook dat je op de dag van het examen niet te laat opstaat. Als het examen om 13:30 uur begint, is het niet handig om rond 12:00 uur op te staan. Je hersenen hebben namelijk tijd nodig om wakker te worden.

Geef jezelf ook de paar uur voor het examen wat rust. Je hersenen zijn kort voor het examen niet meer goed in staat informatie op te nemen. Ga dus niet een uur voor je examen nog allemaal nieuwe informatie in je hersenen stampen, dat zal alleen maar averechts werken!

### 10. Zorg voor voldoende ontspanning

Je kunt niet continu de hele dag door leren. Het is belangrijk om pauzes te houden en iets anders te doen. Ga buiten een rondje lopen voor wat frisse lucht. Na ontspanning zul je ook makkelijker nieuwe stof kunnen opnemen. Leer telkens maximaal een uur en neem daarna een korte pauze van bijvoorbeeld een kwartier.

### 11. Leer in een omgeving die het beste bij jou past

Nieuwe examenstof is het beste te leren in een rustige omgeving. Zorg voor weinig afleiding. Leg bijvoorbeeld je mobiele telefoon even weg. Zorg ervoor dat niemand je kan storen. Een vuistregel is:

***"Je leert in 1 uur zonder afleiding net zoveel als in 4 uur wanneer je steeds afgeleid wordt!"***

Zorg er ook voor dat het bureau waar je studeert schoon en opgeruimd is. Als dit niet het geval is, kun je worden afgeleid. Zorg dus voor een omgeving waar je echt kunt focussen op de examenstof.

**Zet hem op! Je kunt het!**



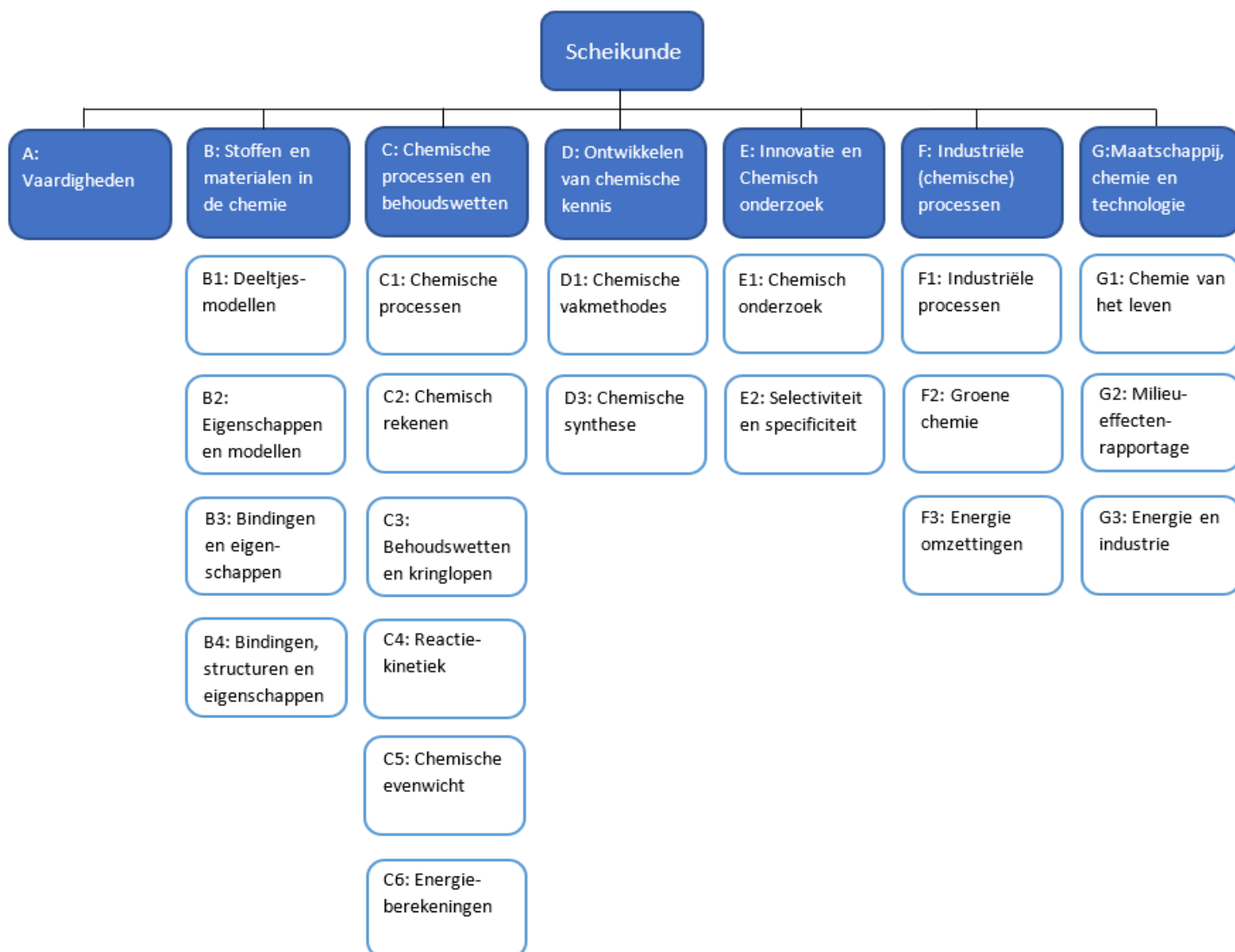
## Over Scheikunde

Goed, laten we beginnen met het vak Scheikunde! Zoals gezegd neemt eXamengevat de domeinen als rode draad. Dit zijn de domeinen die je moet kennen voor het zowel het School Examen (SE) als het Centraal Examen (CE):

Domein	Subdomein	In CE	Moet in SE	Mag in SE
<b>A: Vaardigheden</b>		X	X	
<b>B: Stoffen en materialen in de chemie</b>	B1: Deeltjesmodellen	X		X
	B2: Eigenschappen en modellen	X		X
	B3: Bindingen en eigenschappen	X		X
	B4: Bindingen, structuren en eigenschappen	X		X
<b>C: Chemische processen en behoudswetten</b>	C1: Chemische processen	X		X
	C2: Chemisch rekenen	X		X
	C3: Behoudswetten en kringlopen	X		X
	C4: Reactiekinetiek	X		X
	C5: Chemisch evenwicht	X		X
	C6: Energieberekeningen	X		X
	C7: Classificatie van reacties		X	
	C8: Technologische aspecten		X	
	C9: Kwaliteit van energie		X	
	C10: Activeringsenergie		X	
<b>D: Ontwikkelen van chemische kennis</b>	D1: Chemische vakmethodes	X		X
	D2: Veiligheid		X	
	D3: Chemische synthese	X		X
	D4: Molecular modelling		X	
<b>E: Innovatie en chemisch onderzoek</b>	E1: Chemisch onderzoek	X		X
	E2: Selectiviteit en specificiteit	X		X
	E3: Duurzaamheid		X	
	E4: Nieuwe materialen		X	
	E5: Onderzoek en ontwerp		X	
<b>F: Industriële (chemische) processen</b>	F1: Industriële processen	X		X
	F2: Groene chemie	X		X
	F3: Energieomzettingen	X		X
	F4: Risico en veiligheid		X	
	F5: Duurzame productie processen		X	
<b>G: Maatschappij, chemie en technologie</b>	G1: Chemie van het leven	X		X
	G2: Milieueffectenrapportage	X		X
	G3: Energie en industrie	X		X
	G4: Milieueisen		X	
	G5: Bedrijfsprocessen		X	



In het onderstaande schema zie je precies welke domeinen je moet kennen voor je Centraal Examen:



Met andere woorden, als je al deze domeinen kent dan kun je niet verrast worden op je eindexamen. Dit is wat het is!



## Over het Centraal Examen van Scheikunde

### Wat mag je meenemen?

Ook niet onbelangrijk... Wat mag je precies meenemen naar het examen? In de onderstaande tabel hebben we op een rijtje gezet wat je allemaal mee mag nemen naar het examen van Scheikunde:

Voor welk vak?	Hulpmiddel
<b>Alle vakken</b>	Schrijfmateriaal (inclusief millimeterpapier)
	Teknopotlood
	Blauw en rood kleurpotlood
	Liniaal met millimeterverdeling
	Passer
	Geodriehoek
	Vlaktgum
	<b>Een niet-grafische rekenmachine</b>
<b>Alle schriftelijke examens</b>	Woordenboek Nederlands
<b>Handig om mee te nemen</b>	Iets te eten
	Genoeg water
	Reservepen en -potloden
<b>Scheikunde</b>	Binas, een niet-grafische rekenmachine



## HO, STOP! Begin eerst met de instaptoets!

We snappen dat je meteen aan de gang wilt, maar we raden je aan om in te loggen op je persoonlijke leeromgeving en te beginnen met de **instaptoets**!

De instaptoets bestaat uit 3-4 vragen per domein en is een soort **mini-eindexamen**. De instaptoets laat je zien welke domeinen je al goed beheerst, en de domeinen waarin je jezelf nog kan verbeteren. Superhandig, want dan weet je precies op welke domeinen je de focus moet leggen!

Ga naar onze website [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl) > Mijn Account > Mijn Leeromgeving > het vak waarmee je wilt oefenen > Instaptoets.

Wat nog makkelijker is... **Scan deze QR-code, die brengt je meteen naar de Instaptoets van Scheikunde VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**



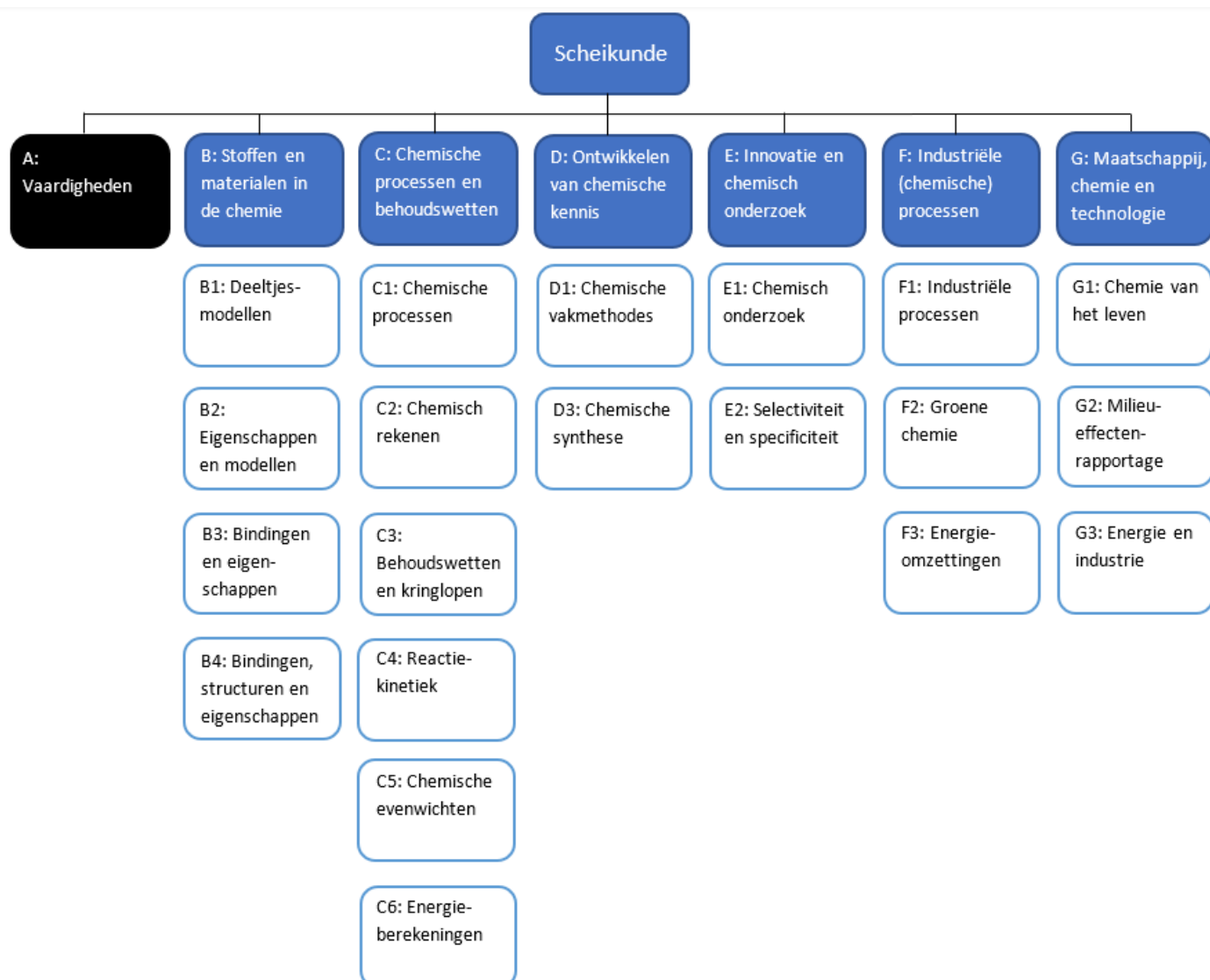
Veel succes met instaptoets en de rest van de eXamengevat bundel, we hopen dat het je helpt om te slagen en je de vlag binnenkort snel kan uithangen!

Het gehele eXamengevat team



## Domein A: Vaardigheden

### Vakoverzicht



We gaan nu toch echt beginnen aan de stof voor jouw scheikunde-examen! We beginnen met het eerste domein, namelijk het domein over de vaardigheden. We gaan in dit hoofdstuk deze basisvaardigheden nog eens kort met je herhalen.





## Domein A: Basisvaardigheden

Voordat we écht gaan beginnen met de stof voor het scheikunde-examen, gaan we eerst even testen of we alle basisvaardigheden in huis hebben. Het maakt ons leven een heel stuk gemakkelijker als we de basisvaardigheden onder de knie hebben, voordat we straks echt aan de slag gaan!

Ben je er klaar voor?

We gaan de volgende vaardigheden met je behandelen:

1. **Opzet van een natuurwetenschappelijk onderzoek**
2. **Uitkomsten weergeven in het juiste aantal significante cijfers**
3. **De onderdelen van een reactievergelijking herkennen**
4. **Macroscopische eigenschappen in relatie brengen met structuren op meso- en microniveau**
5. **Schrijfwijze structuurformules**

We gaan deze vaardigheden één voor één met je behandelen!

### 1. Opzet van een natuurwetenschappelijk onderzoek

Natuurwetenschappelijke kennis wordt vergaard door het doen van natuurwetenschappelijk onderzoek. Het is allereerst belangrijk dat je **een probleem** kunt **herkennen** en vervolgens dat je dit probleem kunt samenvatten in een specifieke **onderzoeksvraag**.

Onderzoekers stellen naar aanleiding van de onderzoeksvraag vaak een **hypothese** op. In de hypothese formuleren ze hun **verwachting** van de uitkomst van het onderzoek.

Vervolgens wordt er een **werkplan** opgesteld voor de uitvoering van het onderzoek. Het doel is dat er uiteindelijk een antwoord wordt gevonden op de onderzoeksvraag. In het werkplan benoem je eerst je onderzoeksvraag en je hypothese. Vervolgens benoem je welke **materialen** je gaat gebruiken in het onderzoek. Ten slotte beschrijf je de **methode**. Vaak wordt hier stap voor stap verteld welke handelingen je moet uitvoeren om antwoord op de onderzoeksvraag te verkrijgen.

Uiteindelijk, na de uitvoering van het onderzoek, moet je je **conclusie** kunnen trekken. Let hierbij op of het antwoord echt aansluit op de onderzoeksvraag. De betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van het onderzoek bespreek je in de **discussie**, het laatste onderdeel van het natuurwetenschappelijke onderzoek. Hierin kijk je terug op het onderzoek en bespreek je of de conclusies met recht getrokken kunnen worden of niet.

Op je examen wordt er soms van je gevraagd een werkplan op te stellen, of een gegeven werkplan te beoordelen. Het is dus handig om de verschillende onderdelen van het natuurwetenschappelijke onderzoek te kennen!

### 2. Uitkomsten weergeven in het juiste aantal significante cijfers

Op je scheikunde-examen moet je veel rekenen. Het is belangrijk dat je je antwoord weergeeft in het juiste aantal **significante cijfers**. Met de **significantie van meetwaarden** bedoelen we de nauwkeurigheid van een meting. Het aantal significante cijfers van een meetwaarde is over het algemeen het aantal cijfers zonder op de komma te letten, maar een nul die voor de komma staat, telt niet mee. In berekeningen heb je vaak te maken met meetwaarden van verschillende nauwkeurigheid, in dat geval bepaalt de minst nauwkeurige waarde de nauwkeurigheid.

Om het wat gemakkelijker te maken, zijn er significantieregels opgesteld. Als je deze regels goed kent, maak je geen significantiefouten op je examen! Als je wel fouten maakt in de significantie op je examen, kost dat je soms wel een hele punt. Zonde dus! Daarom gaan we nu die regels even met je behandelen.



Regels voor significantie:

- Bij het optellen en afrekken van meetwaarden moet de uitkomst in evenveel **decimalen** als de **meetwaarde met het kleinste aantal decimalen** gegeven worden.
- Bij delen en vermenigvuldigen moet de uitkomst in evenveel **significante cijfers** als de gegeven meetwaarde met het **kleinste aantal significante cijfers** gegeven worden.
- Bij het nemen van een logaritme van een meetwaarde moet de uitkomst in evenveel **decimalen** worden gegeven als de meetwaarde **significante cijfers heeft**.
- Mathematische constanten, geldbedragen en hele getallen die zijn verkregen door objecten te tellen vallen niet onder de significantieregels.

Deze regels kunnen natuurlijk een beetje abstract overkomen, daarom gaan we ze meteen even toepassen!

### Rekenvoorbeelden

$$65,2 \text{ kg} + 2,176 \text{ kg} = 67,376 \text{ kg} = 67,4 \text{ kg}$$

Bij bovenstaand voorbeeld hebben we in de uitkomst **één decimaal** omdat we aan het optellen zijn. De meetwaarde met het kleinste aantal decimalen is 65,2 en deze waarde heeft één decimaal. De echte uitkomst van bovenstaande som is 67,376 kg, we ronden dus af op 67,4 kg. Het is geen 67,3 kg, omdat de waarde achter de 3 hoger is dan een 5. Je rondt dus af naar boven.

$$6,221 \text{ cm} \cdot 5,34 \text{ cm} = 33,22014 \text{ cm}^2 = 33,2 \text{ cm}^2$$

In bovenstaand voorbeeld is de uitkomst weergegeven in **drie significante cijfers**. Omdat we vermenigvuldigen, bepaalt het gegeven met het minste aantal significante cijfers de nauwkeurigheid. In dit geval is dat 5,34 met drie significante cijfers.

$$\frac{100,000 \text{ m}}{11,71 \text{ s}} = 8,53970965 \text{ m/s} = 8,540 \text{ m/s}$$

In bovenstaand voorbeeld is de uitkomst weergegeven in **vier significante cijfers**. Omdat we delen, bepaalt het gegeven met het minste aantal significante cijfers de nauwkeurigheid. In dit geval is dat 11,71 met vier significante cijfers. Daarom is het antwoord ook gegeven in vier significante cijfers!

$$-\log(0,00056) = 3,2518 = 3,25$$

In bovenstaand voorbeeld is de uitkomst weergegeven met **twee decimalen**. Omdat we een logaritme trekken, bepaalt het aantal significante cijfers het aantal decimalen in het antwoord. In dit geval is het aantal decimalen van 0,00056 twee, want de nullen voor het getal tel je niet mee. Daarom heeft het antwoord twee decimalen!

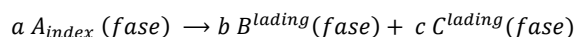
### 3. De onderdelen van een reactievergelijking herkennen

Binnen de scheikunde gaat het met name om verschillende stoffen, die je verderop in deze bundel zeker gaat tegenkomen, en de reacties van deze stoffen. Een reactie geven we weer in een reactievergelijking. Elke reactievergelijking is op dezelfde manier opgebouwd.

Hieronder staat een algemene reactievergelijking weergegeven van het oplossen van een zout in water. Geen zorgen als je dit niet begrijpt, we komen hier later uitgebreid op terug. We bekijken deze reactie nu puur voor het leren kennen van de verschillende onderdelen! De hoofdletters A, B en C stellen de verschillende stoffen in de reactie voor: beginstof A valt uiteen in stof B en C.



Aan de hand van deze vergelijking zullen we de **standaardonderdelen** behandelen, deze zijn:



- **Coëfficiënten**
- **Index**
- **Fase/toestandsaanduiding**
- **Lading**

### Coëfficiënten

De coëfficiënten zijn in deze reactievergelijking weergegeven met de kleine letters a, b en c. De coëfficiënten staan altijd voor de molecuulformule van de stoffen. In deze vergelijking staan de letters a, b en c ook voor de hoofdletters A, B en C. Een coëfficiënt geeft aan hoeveel moleculen er van de betreffende stof worden gebruikt in de reactievergelijking. Als er geen getal staat is het één molecuul, het getal 1 wordt namelijk weggelaten.

### Index

De index geeft het aantal atomen van één soort in een molecuul weer. De index staat in subscript direct achter het betreffende atoom. Laten we dit even goed bekijken aan de hand van een voorbeeld. Methaan geven we weer als  $CH_4$ , dit kun je zelf terugvinden in BINAS 66B. Eigenlijk betekent dit dat methaan bestaat uit één C-atoom en uit vier H-atomen. De 4 staat in subscript direct achter de H!

### Fase/toestandsaanduiding

De fase geeft aan in welke toestand de stof zich bevindt. Is de stof bijvoorbeeld vast of vloeibaar? We schrijven de fase van de stof tussen haakjes achter de stof. We kennen vier verschillende fasen:

- **Gas:** In de reactievergelijking geef je dit weer als (g).
- **Vloeibaar:** In de reactievergelijking geef je dit weer als (l), van het Engelse *liquid*, dat vloeibaar betekent.
- **Vast:** In de reactievergelijking geef je dit weer als (s), van het Engelse *solid*, dat vast betekent.
- **Opgelost in water:** In de reactievergelijking geef je dit weer als (aq), van het Latijnse *aqua*, dat vrij vertaald 'in water' betekent.

### Lading

Soms hebben stoffen in de vergelijking een lading. Deze staat in superscript achter het atoom of molecuul. Achter de lading staat altijd met een plus, +, of min, -, of het een positieve of negatieve lading is. Het cijfer voor de + of - geeft de grootte van de lading aan.

## 4. Macroscopische eigenschappen in relatie brengen met structuren op meso- en microniveau

We maken binnen de scheikunde onderscheid tussen de volgende niveaus:

- **Macroniveau**
- **Mesoniveau**
- **Microniveau**

Wat je op je examen moet kunnen, is het voorspellen van macroscopische eigenschappen op basis van de bekende meso- en microscopische eigenschappen. Voorbeelden van **macrostructuren** zijn bijvoorbeeld stof- en/of materiaaleigenschappen. Bij de **mesostructuur** moet je denken aan een gevormde structuur door een aantal groepen uit de microstructuur. **Microstructuren** zijn bijvoorbeeld atomen, moleculen of ionen.



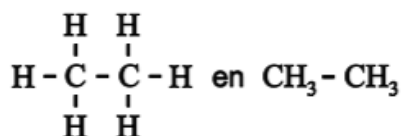
Zo zou je de oplosbaarheid van een bepaalde stof (macrostructuur) kunnen verklaren door de aanwezigheid van bepaalde groepen in een molecuul (mesostructuur) of door een groep atomen (-OH of -NH) in een molecuul, die ervoor zorgt dat de stof goed oplost in water (microstructuur).

## 5. Schrijfwijze structuurformules

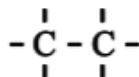
Wanneer structuurformules van organische stoffen worden gevraagd, gelden op je examen de volgende regels:

- **Bindingen tussen C- en H-atomen** mogen zowel met als zonder bindingsstreepjes worden weergegeven.

Je mag ethaan dus op de volgende manieren weergeven:

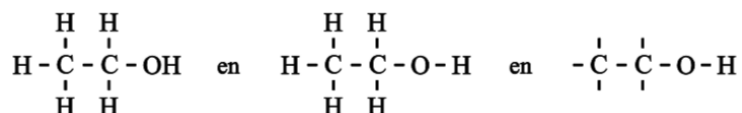


Ook mag je de H-atomen eventueel weglaten:



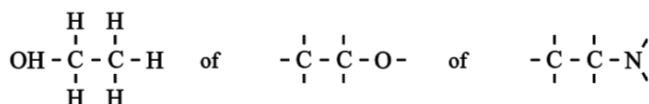
- De **binding tussen het O- en het H-atoom in de hydroxylgroep** hoeft niet met een bindingsstreepje te worden weergegeven.

Je mag bijvoorbeeld ethanol op de volgende manieren weergeven:

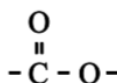


Bij een dergelijke structuur moet de binding tussen het O- en C-atoom juist zijn weergegeven. Uit deze voorbeelden blijkt ook dat een H-atoom dat rechtstreeks aan een C-atoom gebonden is, niet met het symbool 'H' weergegeven hoeft te worden. Een bindingsstreepje volstaat dan. Bij alle overige atoomsoorten moet een daarmee verbonden H-atoom wel worden vermeld.

De volgende structuurformules zijn dus niet juist:

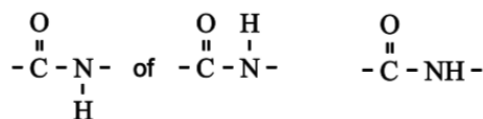


- De **esterbinding** moet in structuur worden weergegeven met:





- De **peptidebinding** moet in structuur worden weergegeven, bijvoorbeeld met:



## Oefenopgave

### Vraag 1: uit eindexamen 2005-II

Bij deze vraag gebruik je onderstaande tekst:

tekst

#### Chemische verwerking houdt CO<sub>2</sub> binnen de perken

De mensheid onttrekt enorme massa's materiaal aan de aarde (ertsen en mineralen, fossiele brandstoffen, grondwater) of voegt ze eraan toe (kunstmest, bevloeiing, opslag van afval, CO<sub>2</sub>), vrijwel zonder zich zorgen te maken om de consequenties. Tegelijkertijd bestaat er grote huiver tegen grootschalig gebruik van bestaande natuurlijke processen om de schadelijke gevolgen van menselijke ingrepen om te buigen. Te denken valt aan voorstellen om voedselarme delen van de oceaan bij te mesten met mestoverschotten. De verhoogde algengroei zou CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer onttrekken. Het voorstel om de natuurlijke verwerking van het mineraal olivijn (zie kader onderaan de pagina) een handje te helpen, om de door de mens veroorzaakte toename van het CO<sub>2</sub>-gehalte van de atmosfeer terug te dringen, roept onmiddellijk dezelfde weerstand op. Vreemd, omdat bekalking van landbouwgronden een algemeen aanvaarde maatregel is, hoewel kalk (in tegenstelling tot olivijn) geen gunstig effect heeft op de CO<sub>2</sub>-vastlegging.

Onlangs is het voorstel gelanceerd om CO<sub>2</sub> bij puntbronnen zoals olieraffinaderijen en kolencentrales af te vangen en daarmee bij verhoogde temperatuur silicaten om te zetten in carbonaten. Met het silicaat olivijn blijkt de reactie snel te verlopen – binnen hooguit enkele uren – en de producten zijn gehydrateerde amorfe silica (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) en magnesiumcarbonaat. Een nadeel is dat deze twee vaste stoffen gemengd vrijkomen; het proces zou met een simpele scheidingsstap moeten worden uitgebreid om deze twee vaste fasen in min of meer zuivere vorm te verkrijgen. Naar verwachting kan het gevormde silica in bouwmaterialen worden toegepast. Kostenbesparend bij deze technologie kan wellicht zijn dat aparte ontzwavelingsinstallaties niet meer nodig zijn. In de rookgassen aanwezig zwaveldioxide en zwavelzuur worden namelijk ook door olivijn geneutraliseerd en vastgelegd als MgSO<sub>4</sub>.

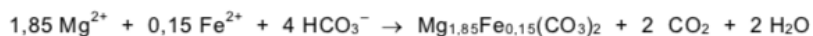
Behalve als technologie om puntbronnen van CO<sub>2</sub> te behandelen, kan dezelfde reactie ook op een extensieve, goedkopere en meer natuurlijke manier worden ingezet. Ter bestrijding van de effecten van zure regen wordt veel akkerland regelmatig bekalkt. Om de paar jaar moet deze behandeling worden herhaald. In Nederland willen we de komende jaren een vrij groot landbouwareaal aan de landbouw onttrekken en transformeren tot bossen. Een olivijnbehandeling van het land, voordat zo'n bos wordt geplant, is dan aan te bevelen. Daarmee wordt ook het effect van zure regen tegengegaan.



Chemische vertering van olivijn verloopt als volgt:



Deze reactie wordt gevolgd door:



Laten we als gedachte-experiment eens uitrekenen hoeveel olivijn we theoretisch nodig zouden hebben om 20% van alle  $\text{CO}_2$  uit de atmosfeer om te zetten (naar het niveau van het jaar 1800). De massa van alle  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer is ongeveer  $2,5 \cdot 10^{18}$  gram. Als we voor de dichtheid van olivijn  $2,5 \text{ g cm}^{-3}$  nemen, dan is er om 20% van het  $\text{CO}_2$  uit de atmosfeer te halen ongeveer  $320 \text{ km}^3$  olivijn nodig. Zo zou een stoflaagje olivijn op het land een serieuze bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van het broeikasgevaar.

naar: *Natuur en Techniek, mei 2002*

In regel 18 wordt voorgesteld om een 'simpele scheidingsstap' toe te passen waarbij twee stoffen 'in min of meer zuivere vorm' worden verkregen. Welke scheidingsmethode de schrijver van het artikel wil gebruiken, wordt niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat hij extractie met water bedoelt.

Een leerling krijgt als practicumopdracht een mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica te scheiden. Hij mag ervan uitgaan dat de gehydrateerde amorfe silica onoplosbaar is.

Beschrijf een werkplan om het mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica zo te scheiden dat beide stoffen zo zuiver mogelijk en in vaste toestand worden verkregen.

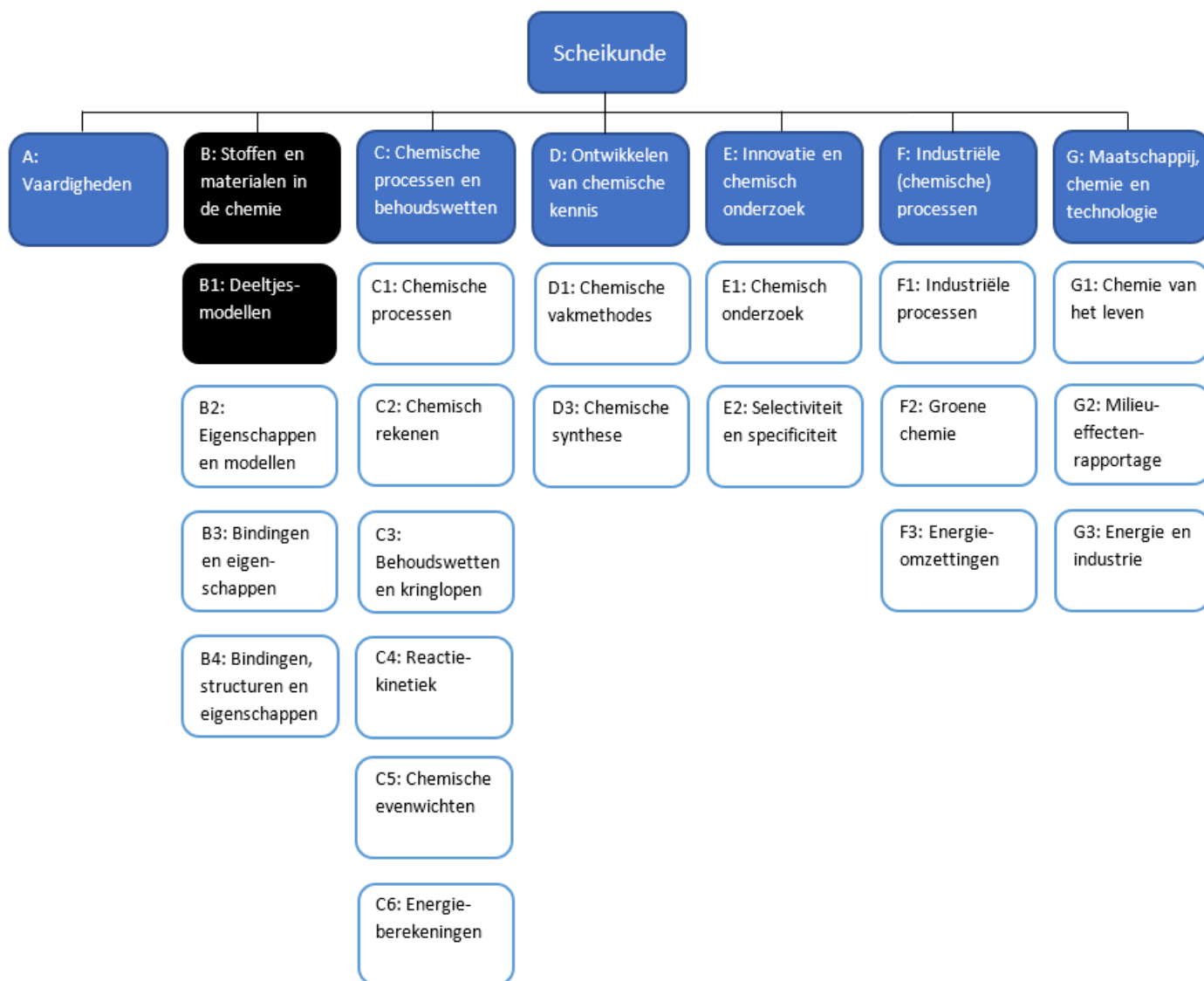
### Afsluiting domein A

Hoppa, de kop is eraf! Als je deze basisvaardigheden goed onder de knie hebt, ben je klaar voor het echte werk. Wees niet bang, we doen het stapje voor stapje!



# Domein B: Stoffen en materialen in de chemie

## Vakoverzicht



Domein B is een pittig domein. Er komt veel theorie op je af, en ook de oefenopgaven worden op het eind even aanpoten. Maar maak je niet ongerust, we gaan alle stof rustig met je doornemen en slaan geen stap over. We beginnen met subdomein B1: Deeltjesmodellen.



## Subdomein B1: Deeltjesmodellen

Zo, scheikundeheid in wording... Welkom bij het eerste domein van deze samenvatting, domein B!

Domein B is een groot domein, maar wel een heel belangrijke! Het begint namelijk bij het begin. Zeker omdat we verderop in de samenvatting een stuk dieper op de stof in zullen gaan, vinden we het belangrijk om die basis nog even goed met je te herhalen. Want je zult de eerste niet zijn, die na al die jaren op de middelbare school toch nog niet helemaal begrijpt hoe de basis nou werkt. We willen er met deze samenvatting voor iedereen zijn, daarom nemen we ook de basis nog even goed met je door. En mocht je de basis al goed kennen... Een kleine herhaling kan nooit kwaad, toch?

We beginnen daarom in dit subdomein B1 eerst met het uitleggen van het atoommodel, daarna gaan we verder met de deeltjesmodellen. Ook het periodiek systeem komt hier aan de orde. Ten slotte gaan we naar verschillende soorten stoffen kijken.

Aan het eind van dit domein kun je:

- **Deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken**
- **Het periodiek systeem gebruiken**
- **Verschillende kenmerken benoemen van:**
  - o **Zouten**
  - o **Zuren en basen**
  - o **Koolwaterstoffen**

Ben je er klaar voor? Laten we eens bij de atoommodellen beginnen en van daaruit naar de deeltjesmodellen toewerken.

### Atoommodellen

Atoommodellen dus! Nog even voor de duidelijkheid, in de scheikunde spreken we van drie verschillende opvattingen over het **atoommodel**, namelijk het atoommodel van **Dalton**, **Rutherford** en **Bohr**. Hieronder zie je de beschrijvingen van de drie modellen. Zie de figuur eronder voor een visuele weergave van de drie modellen.

#### Dalton

Het atoommodel volgens Dalton ziet eruit als één massief bolletje. Dalton beweerde dat de afmetingen van dit bolletje per atoomsoort verschillen.

#### Rutherford

Op basis van zijn experimenten met geladen deeltjes, kwam Rutherford met het idee dat een atoom uit veel kleinere deeltjes moest bestaan dan alleen een massieve kern. Volgens hem is het atoom opgebouwd uit een **kern** en een **elektronenwolk**. De kern is opgebouwd uit positief geladen deeltjes (**protonen, p**) en ongeladen deeltjes (**neutronen, n**). Rondom de kern zit de elektronenwolk, die bestaat uit negatief geladen deeltjes (**elektronen, e<sup>-</sup>**). Bij atomen is het aantal elektronen gelijk aan het aantal protonen.

#### Bohr

Het atoommodel van Bohr gaat uit van het model van Rutherford, maar in plaats van een elektronenwolk, bevinden de elektronen zich in banen rond de kern, die we **elektronenschillen** noemen. Elke schil kan maar een bepaald aantal elektronen bevatten. De verdeling van de elektronen over de schillen heet **elektronenconfiguratie**. De elektronen die in dezelfde schil zitten hebben dezelfde afstand tot de kern.





B1.1: Van links naar rechts: atoommodel volgens Dalton, Rutherford en Bohr

### Handig om te weten

De som van het aantal protonen en neutronen in de atoomkern noem je het **massagetal**. De elektrische lading van een proton drukken we uit in **coulomb (C)**. Deze eenheid wordt vaak omgerekend. We spreken dan van een **elementaire ladingseenheid** of **elementair ladingskwantum e**. In BINAS 7 kunnen we terugvinden dat één elementair ladingskwantum gelijk staat aan  $1,6 \cdot 10^{-19} C$ .

Een proton =  $+1,6 \cdot 10^{-19} = +1e$ .

Een elektron =  $-1,6 \cdot 10^{-19} = -1e$ .

De kern van een atoom bestaat dus uit **protonen** en **neutronen**. Hoeveel protonen een atoom heeft, kan je afleiden uit het **atoomnummer**. Alle atomen van dezelfde soort hebben hetzelfde atoomnummer. Als je BINAS 25 bekijkt, kun je zien dat de atomen van een atoomsoort hetzelfde aantal protonen hebben, maar dat het **massagetal** kan verschillen. Dit komt doordat het aantal neutronen verschilt per atoom. Zo kan het zijn dat je drie verschillende soorten magnesiumatomen aantreft in de natuur. We noemen dit **isotopen**: atomen van dezelfde atoomsoort die hetzelfde aantal protonen hebben, maar waarin het aantal neutronen (en dus het massagetal) verschilt.

### Voorbeeldopgave

Hoeveel protonen en elektronen heeft het deeltje  $Cu^{2+}$ ?

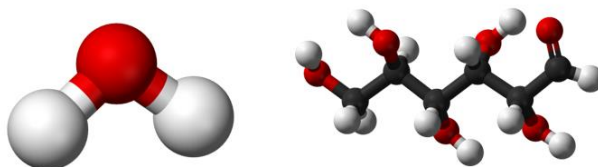
#### Antwoord

Het atoom Cu heeft atoomnummer 29. Dit betekent dat het 29 protonen en 29 elektronen heeft.  $Cu^{2+}$  heeft een positieve lading van +2, dus heeft dit deeltje twee elektronen minder dan Cu. Het deeltje  $Cu^{2+}$  heeft dus 29 protonen en 27 elektronen.

### Deeltjesmodellen

Tot zover eventjes de atoommodellen. We weten nu ongeveer hoe een atoom is opgebouwd, namelijk uit protonen, neutronen en elektronen.

Nu kunnen we het **deeltjesmodel** gaan bespreken. Iedere stof is opgebouwd uit **moleculen**, en alle moleculen zijn weer opgebouwd uit **atomen**. De manier waarop deze atomen aan elkaar vast zitten en welke atomen aanwezig zijn in een stof, bepalen de **stofeigenschappen** van die stof. Je ziet bijvoorbeeld in figuur B1.2 dat het watermolecuul er heel anders uitziet dan het suikermolecuul. Dit komt omdat ze uit verschillende atomen bestaan, en deze atomen ook anders aan elkaar gebonden zijn:



B1.2: Een watermolecuul en een suikermolecuul zijn andere deeltjes, ze hebben een andere ruimtelijke structuur en andere



## Moleculen bewegen!

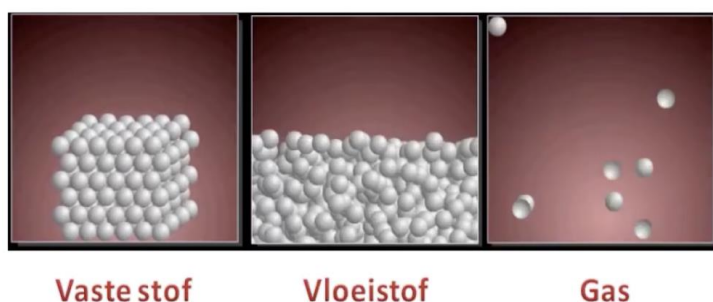
De moluculen waaruit een stof is opgebouwd, bewegen voortdurend. Hoe snel de moleculen bewegen hangt af de **temperatuur** waarin de stof zich bevindt. In een vaste stof trillen de moleculen bijvoorbeeld wel, maar ze blijven min of meer op dezelfde plek. Dit komt doordat de aantrekkingskracht tussen de moleculen heel groot is. In een vloeistof is de aantrekkingskracht tussen de moleculen minder groot, waardoor de moleculen meer kunnen bewegen: de moleculen hebben geen vaste plaats meer. In een gasvormige toestand hebben de moleculen zoveel energie gekregen dat de aantrekkingskracht te klein geworden is. De moleculen worden niet meer bij elkaar gehouden.

Afhankelijk van de temperatuur, gaan moleculen dus meer of minder bewegen en wordt de aantrekkingskracht tussen de moleculen kleiner of groter. Als dit gebeurt, spreken we ook wel van **faseovergangen**.

We onderscheiden in de chemie drie verschillende soorten fasen, deze zijn:

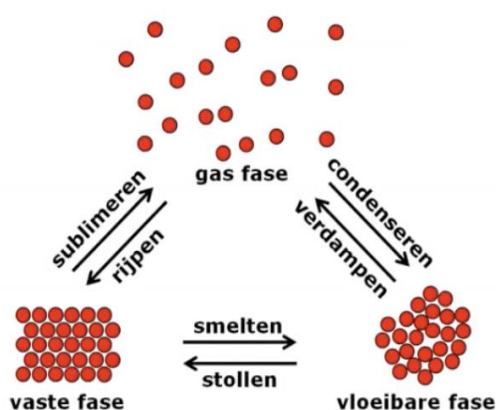
- **Vaste fase**
- **Vloeibare fase**
- **Gasfase**

Deze zijn schematisch weergegeven in figuur B1.3:



B1.3: De verschillende fasen. Bij hetzelfde aantal deeltjes is het volume van van een gasvormige stof groter dan bij een vloeistof of een vaste stof.

Figuur B1.4 geeft de verschillende faseovergangen aan.



B1.4: Faseovergangen

Let op: Fase-overgangen zijn geen chemische reacties, want er veranderen geen moleculen!



## Het periodiek systeem

We hebben nu de deeltjesmodellen besproken en gaan door naar een volgend onderdeel: het periodiek systeem. Pak je BINAS er maar bij! We gaan het hebben over het **periodiek systeem**, BINAS 99. Hier staan alle zuivere stoffen in. **Zuivere stoffen** zijn stoffen die uit één atoomsoort bestaan. We noemen deze stoffen **elementen**.

Om deze elementen te rangschikken is er een periodiek systeem bedacht, dat de atoomsoorten op atoomnummer rangschikt. Het periodiek systeem bestaat uit metalen, niet-metalen en metalloïden. Metalloïden zijn semi-metalen. Qua eigenschappen zitten deze tussen metalen en niet-metalen in.

### Handig om te weten

Het periodiek systeem bestaat uit horizontale en verticale groepen. De horizontale rij wordt **een periode** genoemd. De verticale kolom heet een **groep**.

De elementen die soortgelijke stoffeigenschappen hebben, staan in dezelfde groep. Sommige groepen hebben hun eigen verzamelnaam:

#### Groep 1: Alkalimetalen (uitgezonderd de 'H')

Dit zijn 'zachte' metalen. Hoe hoger het atoomnummer, hoe heftiger deze stoffen reageren.

#### Groep 2: Aardalkalimetalen

Deze metalen zijn harder en reageren minder heftig.

#### Groep 17: Halogenen

Al deze elementen zijn twee-atomige moleculen. Ze reageren makkelijk met andere elementen, vooral metalen.

#### Groep 18: Edelgassen

Deze elementen worden gekenmerkt door hun kleine reactievermogen. Vaak worden edelgassen gebruikt als de kans op een reactie zo klein mogelijk moet zijn.

De elementen zijn zo gerangschikt dat je makkelijk de **elektronenconfiguratie** kunt afleiden. De elektronenconfiguratie geeft aan hoe de elektronen zijn verdeeld over de verschillende schillen. De binnenste schil heet K, dit is gewoon zo afgesproken. Het alfabet gaat steeds verder in de volgende schillen: de tweede schil heet L, enzovoort.

Het nummer van de periode geeft het aantal schillen aan en het nummer van de groep laat zien hoeveel elektronen er in de buitenste schil zitten (zie tabel B1.1). We gaan hier zometeen in de voorbeeldopgave even mee aan de gang.

Schil	Nummer (n)	Maximale verdeling (2n <sup>2</sup> )
K	1	2
L	2	8
M	3	18
N	4	32
O	5	32
P	6	32
Q	7	32

Let op! De regel voor de maximale verdeling geldt tot de derde schil. Daarna is het maximale aantal elektronen

Tabel B1.1: Verband elektronenconfiguratie en periodiek systeem



De elektronen die in de buitenste schil van een atoom zitten noemen we **valentie-elektronen**. Er is een verband tussen de plaats in het periodiek systeem en de **elektrovalentie** van een atoomsoort voor alleen de groepen 1, 2 en 13 t/m 18. Zo hebben alle elementen in groep 1 een lading van +1 en alle elementen in groep 17 hebben een lading van -1 (zie tabel B1.2).

Voor de andere atomen kun je de verdeling van de elektronen vinden in BINASBINAS 99. Wanneer de elektronen over drie schillen zijn verdeeld, geef je dit weer met drie cijfers. We gaan dit straks in de voorbeeldopgave zien.

Groep	Elektrovalentie	Lading ion
1	1+	1+
2	2+	2+
13	3+	3+
15	3-	3-
16	2-	2-
17	1-	1-

Tabel B1.2: Verband elektrovalentie en periodiek systeem

De elektronen die in de buitenste schil van een atoom zitten noemen we **valentie-elektronen**. Er is een verband tussen het periodiek systeem en de **elektrovalentie** van een atoomsoort. Zo hebben alle elementen in groep 1 een lading van +1 en alle elementen in groep 17 hebben een lading van -1 (zie tabel B1.2).

Voor de edelgassen in groep 18 geldt dat er acht elektronen in de buitenschil zitten. De edelgassen reageren niet snel met andere elementen, omdat ze heel stabiel zijn. Andere elementen streven dit na: zij zullen elektronen opnemen, afstaan of delen om te streven naar een **achtomringing**, ook wel een **octet**. Dit heet **edelgasconfiguratie**.

**Tip:** Stoffen zijn dus het stabielst wanneer ze acht elektronen in hun buitenste schil hebben. Ze delen hiervoor elektronen, nemen hiervoor elektronen op, of staan hiervoor elektronen af!

We hebben nu al heel wat geleerd, we weten waar atomen uit bestaan en hoe we lading van ionen kunnen bepalen. Als je de QR-code hieronder scant, dan kom je terecht bij een video waarin alles nog een keer wordt behandeld. Als je deze video hebt bekeken en de opgaven goed hebt gemaakt, dan zit dit onderdeel er in ieder geval goed in!





## Voorbeeldopgaven

Geef de elektronenconfiguratie van de onderstaande atomen:

- a) Magnesium
- b) Argon

### **Antwoord:**

- a) *Stap 1.* Het element magnesium staat in periode 3, groep 2: Mg.  
*Stap 2.* Het atoomnummer van magnesium is 12:  $^{12}\text{Mg}$ .  
*Stap 3.* Het element  $^{12}\text{Mg}$  staat in periode 3, dus bestaat uit 3 elektronenschillen.  
*Stap 4.* K-schil = 2, L-schil = 8, M-schil = 2 (zie tabel 1).

De elektronenconfiguratie is 2, 8, 2.

- b) *Stap 1.* Het element argon staat in periode 3, groep 18: Ar.  
*Stap 2.* Het atoomnummer van argon is 18:  $^{18}\text{Ar}$ .  
*Stap 3.* Het element  $^{18}\text{Ar}$  staat in periode 3, dus bestaat uit 3 elektronenschillen.  
*Stap 4.* K-schil = 2, L-schil = 8, M-schil = 8 (zie tabel 1).

De elektronenconfiguratie is 2, 8, 8.

**Tip:** in het periodiek systeem in je BINAS staat de elektronenconfiguratie ook linksonderin, per element, weergegeven!

## Voorbeeldopgaven

Geef de lading van de onderstaande ionen door gebruik te maken van het periodiek systeem:

- a) Een kaliumion
- b) Een bromide-ion

### **Antwoord:**

- a) Kalium staat in de eerste groep. In tabel B1.2 zie je dat de lading van het ion dan altijd standaard +1 is.
- b) Bromide staat in groep 17. In tabel B1.2 zie je dat de lading van het ion dan altijd standaard -1 is.



## Oefenopgaven

### Vraag 1

Wat is het verband tussen het atoomnummer van een atoom en de plaats van het atoom in het periodiek systeem?

### Vraag 2

Geef de namen van de elementgroepen die horen bij groep 1, groep 2, groep 17 en groep 18.

### Vraag 3

Een chemicus wil het atoom  $^{80}\text{Br}$  onderzoeken.

- Hoeveel elektronen, protonen en neutronen heeft  $^{80}\text{Br}$ ?
- Wat betekent dit voor de elektronenconfiguratie binnen het atoom?

Geef de elektronenconfiguratie van  $^{80}\text{Br}$  en laat het aantal elektronen per schil zien.

- Wat is het maximale aantal elektronen die in de K-, L- en M-schil kunnen zitten?

### Vraag 4

- Geef de symbolen van de volgende elementen:  
Argon, fluor, chroom, helium, barium, neon, stikstof, aluminium, zilver, koper, mangaan.
- Welke elementen vallen onder de metalen? Welke niet?
- Geef de symbolen van de volgende elementen:  
Zwavel, nikkel, fosfor, goud, calcium, boor, broom, koolstof, jood, kwik, natrium, magnesium.
- Welke elementen vallen onder de metalen? Welke niet?



## Soorten stoffen

We gaan door naar het laatste onderdeel van domein B1: soorten stoffen. In de komende paragrafen behandelen we zouten, zuren, basen en koolwaterstoffen. Je vindt tussendoor veel voorbeeldopgaven en oefenopgaven. Domein B1 is immers zo groot, dat wat oefening tussen de verschillende onderwerpen door geen kwaad kan!

### Zouten

Zouten zijn samengesteld uit metaalionen en niet metaalionen. In BINASBINAS 99 (periodiek systeem) kun je vinden of een element een metaal of een niet-metaal is. De metaalionen zijn positief geladen ionen. In de chemie spreken we van **enkelvoudige ionen** en **samengestelde ionen**. Een samengesteld ion is een geladen deeltje dat uit meerdere atoomsoorten bestaat. Een enkelvoudig ion bestaat uit één soort geladen deeltjes.

In de tabellen hieronder zie je de namen en formules van zoutionen staan. In tabel B1.3 zie je de enkelvoudige ionen, zowel positieve als negatieve ionen. In tabel B1.4 zie je de samengestelde ionen die je moet leren.

**Tip:** De meeste samengestelde ionen (behalve het hydroxide-ion) vind je in BINAS 66B. De lading van enkelvoudige ionen vind je in BINAS 40A.

Naam & formule	Naam & formule
<i>Enkelvoudige positieve ionen</i>	
Aluminiumion, $\text{Al}^{3+}$	Lood(II)ion, $\text{Pb}^{2+}$
Bariumion, $\text{Ba}^{2+}$	Lood(IV)ion, $\text{Pb}^{4+}$
Calciumion, $\text{Ca}^{2+}$	Magnesiumion, $\text{Mg}^{2+}$
Goud(I)ion, $\text{Au}^+$	Mangaan(II)ion, $\text{Mn}^{2+}$
Goud(III)ion, $\text{Au}^{3+}$	Mangaan(IV)ion, $\text{Mn}^{4+}$
Ijzer(II)ion, $\text{Fe}^{2+}$	Natriumion, $\text{Na}^+$
Ijzer(III)ion, $\text{Fe}^{3+}$	Tin(II)ion, $\text{Sn}^{2+}$
Kaliumion, $\text{K}^+$	Tin(IV)ion, $\text{Sn}^{4+}$
Koper(II)ion, $\text{Cu}^{2+}$	Uraan(III)ion, $\text{U}^{3+}$
Kwik(I)ion, $\text{Hg}^+$	Uraan(IV)ion, $\text{U}^{4+}$
Kwik(II)ion, $\text{Hg}^{2+}$	Zilverion, $\text{Ag}^+$
Lithiumion, $\text{Li}^+$	Zinkion, $\text{Zn}^{2+}$
<i>Enkelvoudige negatieve ionen</i>	
Bromide-ion, $\text{Br}^-$	Jodide-ion, $\text{I}^-$
Chloride-ion, $\text{Cl}^-$	Oxide-ion, $\text{O}^{2-}$
Fluoride-ion, $\text{F}^-$	Sulfide-ion, $\text{S}^{2-}$

Tabel B1.3: Formules & namen enkelvoudige

Als we een negatief en een positief ion samenvoegen krijg je een zout. De systematische naamgeving van een zout is eigenlijk niets meer of minder dan de naam van het positieve ion en de naam van het negatieve ion. Hieronder in tabel B1.5 zie je enkele voorbeelden.

Naam & formule	Naam & formule
<i>Samengesteld positieve ion</i>	
Amoniumion, $\text{NH}_4^+$	
<i>Samengestelde negatieve ionen</i>	
Acetaation, $\text{CH}_3\text{COO}^-$	Permangaation, $\text{MnO}_4^-$
Carbonaation, $\text{CO}_3^{2-}$	Sulfaation, $\text{SO}_4^{2-}$
Fosfaation, $\text{PO}_4^{3-}$	Sulfietion, $\text{SO}_3^{2-}$
Hydroxide-ion, $\text{OH}^-$	Thiosulfaation, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
Nitraation, $\text{NO}_3^-$	Waterstofcarbonaation, $\text{HCO}_3^-$
Nitrietion, $\text{NO}_2^-$	

Tabel B1.4: Formules & namen



Naam zout	Het zout bestaat uit:
Aluminiumoxide	$\text{Al}^{3+}$ en $\text{O}^{2-}$ ionen
Uraan(VI)chloride	$\text{U}^{6+}$ en $\text{Cl}^-$ ionen
Kaliumfosfaat	$\text{K}^+$ en $\text{F}^-$ ionen
Ammoniumsulfiet	$\text{NH}_4^+$ en $\text{SO}_3^{2-}$ ionen

Tabel B1.5: Voorbeeld van namen van zouten

Naast een systematische naamgeving geef je een zout weer met behulp van een **verhoudingsformule**. De verhouding is altijd zo, dat de som van de elektrische lading nul is (ofwel neutraal). We hebben hiervoor een stappenplan, kijk maar mee!

### Hoe stel ik de verhoudingsformule van een zout op?

- Stap 1.* Schrijf de losse ionen, met lading (!) waaruit het zout bestaat op. De lading vind je in BINAS 99.
- Stap 2.* Bekijk hoeveel je nodig hebt van beide ionen om de stof elektrisch neutraal te maken.
- Stap 3.* Schrijf de juiste verhoudingsformule op. De indexcijfers zijn de getallen die je bij stap 2 hebt gevonden!

We gaan meteen even oefenen!

### Voorbeeld

Stel, je wilt de verhoudingsformule van aluminiumsulfide noteren. Je volgt dan de onderstaande stappen.

*Stap 1* Het zout bestaat uit aluminium- en sulfideionen. De ionen van zwavel worden sulfideionen genoemd. De lading staat in BINAS 99. De ionen kun je weergeven als  $\text{Al}^{3+}$  en  $\text{S}^{2-}$ .

*Stap 2* Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je twee  $\text{Al}^{3+}$  nodig en drie  $\text{S}^{2-}$ .

*Stap 3* De verhoudingsformule is dan  $(\text{Al}^{3+})_2(\text{S}^{2-})_3$  of  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .

Ionen zijn gerangschikt in een ionrooster. Water kan binden aan zoutionen in een ionrooster, we noemen we dit **kristalwater**. Zouten die kristalwater in hun ionrooster hebben, noemen we **zouthydraten**. Het ontstaan van een zouthydraat is een **exotherm** proces (er komt warmte vrij), het afstaan van kristalwater is een **endotherm** proces (er is energie voor nodig). Als het zouthydraat is ontstaan, verandert soms de kleur van de stof. We zullen straks verder ingaan op roosters, dus geen paniek, je hoeft dit nog niet helemaal te begrijpen!

#### Handig om te weten

De formules en kleuren van een aantal hydraten kun je vinden in Binas tabel 65B en 45B. De verhoudingsformule van een hydraat is:

$$\text{De naam van het zout} \cdot n\text{H}_2\text{O}$$

$n$  = aantal opgenomen  $\text{H}_2\text{O}$  moleculen

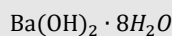
Een hydraat is altijd vast. Als je een hydraat verhit komt het kristalwater los van de ionen van het zout.





### Voorbeeldopgaven

Hieronder zie je de molecuulformule van een zouthydraat. Wat is de systematische naamgeving van dit hydraat?



**Antwoord:**

Kijk eens in tabel B1.3. Hier zie je dat Ba staat voor barium. In tabel B1.4 vind je dat OH staat voor hydroxide. Het zout waarmee we te maken hebben is dus bariumhydroxide. Er is water opgenomen in het rooster, we zien hier door de 8, dat dit 8 watermoleculen zijn. We geven de 8 weer door octa.

De systematische naamgeving is: bariumhydroxideoctahydraat.

**Tip:** als je niet meer weet dat 'octa' voor 8 staat dan kun je dat terugvinden in BINAS 66!

### Voorbeeldopgaven

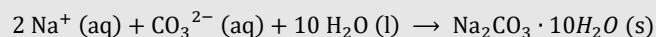
Geef de reactievergelijking van de vorming van kristalsoda (natriumcarbonaatdecahydraat) als je heel voorzichtig een oplossing van natriumcarbonaat indamp. Geef ook de vergelijking van het oplossen van kristalsoda in water.

**Antwoord:** We stellen eerst de verhoudingsformule van het zout natriumcarbonaat op.

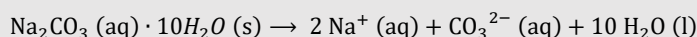
- Stap 1.* Het zout bestaat uit natrium- en carbonaationen. In tabel B1.3 kun je vinden dat je een natriumion weergeeft als  $\text{Na}^+$  en in tabel B1.4 vind je dat  $\text{CO}_3^{2-}$  staat voor een carbonaation!
- Stap 2.* Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 2  $\text{Na}^+$  nodig en 1  $\text{CO}_3^{2-}$ .
- Stap 3.* De verhoudingsformule is dan  $(\text{Na}^+)_2(\text{CO}_3^{2-})$  of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Natriumcarbonaat is dus  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . In BINAS 66 zien we dat deca staat voor 10. Natriumcarbonaatdecahydraat neemt dus 10 deeltjes water op! We geven natriumcarbonaatdecahydraat dus weer als  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

Een oplossing van natriumcarbonaat geef je weer als de losse ionen, kijk maar mee:



**Tip:** Achter oplossingen zet je altijd (aq), dit betekent in het Latijn 'aqua' en gewoon in het Nederlands, bedoelen we er opgelost in water mee! We komen hier in domein C op terug! Oplossen van kristalsoda:



Zie je dat het precies de omgekeerde reactie is? Het indampen van een zout waarbij een zouthydraat ontstaat is dus de tegenovergestelde reactie van het oplossen van een zouthydraat!



Mocht je nu denken, ik snap het nog niet helemaal, kijk dan eens naar deze video's. In twee delen wordt uiteengezet hoe je de formule van zo'n zout kunt vinden. Eigenlijk wordt alles wat we hiervoor uiteengezet hebben, net weer even op een andere manier verteld. Soms maakt dat een enorm verschil! Vervolgens kun je aan de slag gaan met de oefenopgaven. Succes!



## Oefenopgaven

### Vraag 5

Magnesiet (magnesiumcarbonaat) is een mineraal, dat gewonnen wordt in de bergen.

- Geef de verhoudingsformule van magnesiet.
- Uit welke ionen bestaat dit mineraal? Wat voor soort ionen zijn dit?

### Vraag 6

Kwik(II)sulfaat kan bereid worden door reactie van kwik met geconcentreerd zwavelzuur.

- Geef de verhoudingsformule van kwik(II)sulfaat.
- Geef de reactievergelijking van kwik met zwavelzuur. Hierbij ontstaat naast kwik(II)sulfaat ook water en zwaveldioxide.

### Vraag 7

Linda heeft haar arm gebroken en haar arm moet in het gips. Gips wordt gemaakt door gipspoeder, calciumsulfaatdihydraat, op te lossen in water.

- Geef de vergelijking van het oplossen van calciumsulfaatdihydraat in water.
- Geef de systematische naamgeving van het zouthydraat.
- Geef de reactievergelijking als we het zouthydraat zouden verhitten.



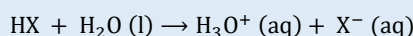
## Zuren en basen

We gaan dit domein al kort kennismaken met zuren en basen. Gaat het iets te snel, of weet je het allemaal niet meer zo goed? Maak je geen zorgen! Later, in domein C, hebben we het ook nog uitgebreid over zuren en basen én over de bijbehorende reacties.

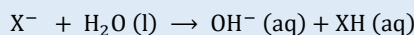
We spreken van een **zuur** als de pH-waarde lager is dan 7, we spreken van een **base** als de pH-waarde hoger is dan 7. In BINAS 52A is een aantal indicatoren te vinden waarmee je kunt onderzoeken of een stof zuur of basisch is.

Of een oplossing zuur of basisch is, kun je soms ook afleiden uit de reactievergelijking: het **H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>**-ion komt voor in **zure oplossingen**, het **OH<sup>-</sup>**-ion komt voor in **basische oplossingen**.

Een **zuur** is een deeltje wat een H<sup>+</sup> kan afstaan en een **base** een deeltje wat een H<sup>+</sup> kan opnemen.



Hier is HX het zuur, want dit deeltje staat een H<sup>+</sup> af. Dit H<sup>+</sup>-deeltje wordt opgenomen door H<sub>2</sub>O, wat dan H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> wordt. Het deeltje krijgt een lading, omdat O normaal gesproken maar twee bindingen aangaat. Het X deeltje krijgt een negatieve lading, omdat deze geen binding meer aangaat.



In deze reactie reageert het X<sup>-</sup> deeltje als een base, want het neemt een H<sup>+</sup> op, die wordt afgestaan door H<sub>2</sub>O. OH<sup>-</sup> krijgt hierdoor een negatieve lading, omdat het O-atoom graag twee bindingen aangaat!

Goed, laten we eerst beginnen aan de zuren, en daarna leggen we de basen uit.

## Zuren

We kunnen zuren indelen volgens twee tegenstellingen:

- **Sterke vs. zwakke zuren**
- **Organische vs. anorganische zuren**

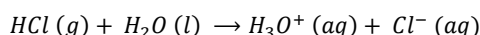
We gaan die hieronder even met je doornemen.

### Sterke vs. zwakke zuren

Kijk heel even naar BINAS 49. Aan de linkerkant zie je de zuren staan. Zie je op plaatsje acht H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> staan? Dat is een soort grenswaarde. Alle zuren boven H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> zijn sterke zuren, alle zuren onder H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> zijn zwakke zuren.

Een **sterk zuur** is een zuur dat zich volledig splitst in ionen wanneer het oplost in water. Een **zwak zuur** splitst maar gedeeltelijk in ionen, dit noemen we een **evenwichtsreactie**.

Een voorbeeld van een sterk zuur is HCl, ook wel bekend als zoutzuur. Dit is een gasvormige stof. Als HCl reageert met water krijg je de volgende reactie, waarbij H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-ionen ontstaan:



Je kunt aan het gebruik van de enkele pijl zien dat dit een sterk zuur is. Ook staat HCl in BINAS 49 boven H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>.



Sommige positieve of negatieve ionen kunnen ook als zuur reageren. Dit kan gebeuren als een zout opgelost wordt in water. In het voorbeeld hieronder en we ammoniumchloride oplossen in water, vervolgens reageren de ammoniumionen met het water. We behandelen dit stap voor stap.

### **Oplossen van ammoniumchloride in water:**

We stellen eerst de verhoudingsformule van ammoniumchloride op:

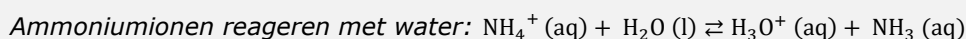
*Stap 1* In tabel B1.4 óf in BINAS 66B kunnen we vinden dat een ammoniumion wordt weergegeven met  $\text{NH}_4^+$ . In tabel B1.3 óf in BINAS 40A vinden we dat we chloride weergegeven als  $\text{Cl}^-$ .

*Stap 2* Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 1  $\text{NH}_4^+$  nodig en 1  $\text{Cl}^-$ .

*Stap 3* De verhoudingsformule is dan  $(\text{NH}_4^+)(\text{Cl}^-)$  of  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Als je een zout oplost in water, dan valt het uiteen in ionen. De ammoniumionen horen bij de zwakke zuren, daarom staan er evenwichtspijlen!

**Let op:** water komt dan niet in de reactievergelijking, want water reageert dan niet! In de tweede vergelijking staat water wel genoteerd, omdat water dan reageert!

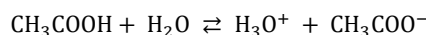


*Je ziet dat het watermolecuul een  $\text{H}^+$  opneemt van het ammonium ion. Het gevormde ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  heet een **oxoniumion**. Je mag het oxoniumion ook schrijven als  $\text{H}^+$  ion. Dit is een kenmerk van een zure oplossing, want in een zure oplossing zijn  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ionen aanwezig!*

### **Zwak zuur**

Een zwak zuur is niet volledig gesplitst in ionen, dus is het lastiger om de concentratie  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  te berekenen uit de concentratie van de oplossing. Omdat er een evenwicht is, kunnen we een evenwichtsvoorwaarde opstellen, met  $K_z$  als **zuurconstante**. De zuurconstante is een maat voor de sterkte van een zuur in de oplossing. Hoe groter  $K_z$  hoe sterker het zuur. In BINAS 49 kun je de zuurconstanten van ieder zuur opzoeken. Meer over evenwichten lees je in domein C5.

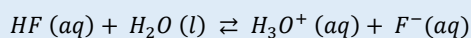
Een bekend voorbeeld van een zwak zuur is azijnzuur. De reactie van azijnzuur en water geven we als volgt weer:



In bovenstaande vergelijking kun je aan de evenwichtspijlen herkennen dat het hier gaat om een zwak zuur. Heb je azijnzuur ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ook gevonden in BINAS 49? Azijnzuur kun je vinden bij een  $K_z$  van  $1,8 \cdot 10^{-5}$ . Hiermee is de  $K_z$  kleiner dan 1. Ook kun je zien dat azijnzuur in BINAS 49 onder  $\text{H}_3\text{O}^+$  staat. Het is dus inderdaad een zwak zuur.



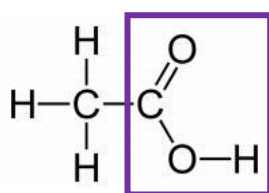
In onderstaand voorbeeld is HF een zwak zuur, in BINAS 49 staat HF namelijk onder  $H_3O^+$ ! Het zuur, in dit geval HF, staat een  $H^+$ -deeltje af, waardoor  $F^-$  ontstaat.  $H_2O$  neemt een  $H^+$ -deeltje op, waardoor  $H_3O^+$  ontstaat.



$$K_z = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]}$$

## Organische vs. anorganische zuren

Ook maken we in de scheikunde onderscheid tussen **organische** en **anorganische zuren**. Organische zuren hebben een koolstofskelet en een COOH-groep, ofwel zuurgroep. Een voorbeeld hiervan is ethaanzuur. De molecuulformule van ethaanzuur is  $CH_3COOH$ . De structuurformule van ethaanzuur is als volgt:



Het koolstofskelet bestaat hier uit twee koolstofatomen. De dubbelgebonden O en de OH-groep stellen de zuurgroep voor. Deze groep is omkaderd in bovenstaand voorbeeld.

Anorganische zuren zijn stoffen zonder koolstofskelet, zoals HCl en HBr. Sommige van deze zuren zijn **instabiele zuren**, zoals koolzuur ( $H_2CO_3$ ) en zwavelig zuur ( $H_2SO_4$ ). Dit betekent dat ze alleen bestaan als het  $CO_3$  of  $SO_4$  opgelost is in water.

Als je de volgende QR-codes scant, dan kom je bij twee filmpjes waarin bovenstaande stof allemaal nog kort herhaald wordt. Zo kun je bij jezelf nagaan of je het écht begrijpt. Vervolgens kun je met de oefenopgaven aan de gang. Voor je het weer ben jij een echte expert op het gebied van zuren en zure oplossingen!



## Basen

Bij basen kunnen we hetzelfde onderscheid maken als bij zuren:

- **Sterke vs. zwakke basen**
- **Organische vs. anorganische basen**

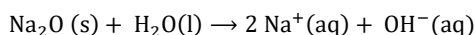
Ook deze gaan we hieronder met je doornemen!



### Sterke vs. zwakke basen

Pak BINAS 49 er maar weer bij. Bij basen werkt het precies andersom als bij zuren. Basen staan aan de rechterkant van de pagina. Hier is  $\text{OH}^-$  de grenswaarde, alles onder de  $\text{OH}^-$  is een **sterke base** en alles daarboven is een **zwakke base**.

Natriumoxide,  $\text{Na}_2\text{O}$ , is een zout dat goed oplosbaar is in water en bevat een **sterke base**, namelijk  $\text{O}^{2-}$ .  $\text{O}^{2-}$  is het negatief geladen ion uit natriumoxide, de lading kun je terugvinden in BINAS 40A of 99. Dit deeltje staat in BINAS 49 helemaal onderaan, vandaar dat het een sterke base is! De base  $\text{O}^{2-}$  neemt een  $\text{H}^+$ -deeltje op, hierdoor ontstaat  $\text{OH}^-$ . Het ontstaan van  $\text{OH}^-$  is kenmerkend voor een reactie met een base. De reactie van een sterke base is **aflopend**. Dit betekent dat alle iondeeltjes worden gesplitst in de oplossing.



Een **zwakke base** is bijvoorbeeld acetaat ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ). Dit kun je controleren door BINAS 49 erbij te pakken en het ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  op te zoeken. Dit ion staat tussen  $\text{OH}^-$  en  $\text{H}_2\text{O}$  en is daarom zwak. Net als bij de zuren treedt er ook bij de zwakke basen een **evenwichtsreactie** op. De reactie van het ion  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  staat beschreven onder het kopje geconjugeerd zuur-basepaar.

### Organische vs. anorganische basen

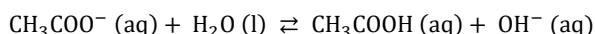
Bij **basen** hebben we ook te maken met organische en anorganische groepen. De organische basen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van een **aminegroep** ( $-\text{NH}_2$ ). De organische basen zijn altijd zwakke basen. Hoeveel amine groepen zich kunnen binden, hangt af van het koolstofskelet.

Meer uitleg over de basen kun je vinden als je de QR-code scant. Ook dan vind je een filmpje met duidelijke uitleg! Dit wordt aan de hand van BINAS 49 gedaan. Super handig dus als je nog een beetje moeite hebt met het vinden van basen in je BINAS!



### Geconjungeerd zuur-basepaar

Bij een basische evenwichtsreactie kan er ook een **geconjungeerd zuur-basepaar** ontstaan. De zwakke base neemt dan een  $\text{H}^+$  op, waardoor er een zwak zuur ontstaat. Het zwakke zuur staat weer een  $\text{H}^+$  af. Hoe dit werkt laten we zien in de volgende reactievergelijking:



Hier is acetaat,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , de zwakke base. De zwakke base wil graag een  $\text{H}^+$  opnemen.  $\text{H}_2\text{O}$  reageert hier als zwak zuur en staat een  $\text{H}^+$  af. Je plaatst evenwichtspijlen, omdat het gaat om een zwakke base en een zwak zuur.

Dit noemen we ook we een **zuur-basereactie**. Je hoeft het nu nog niet helemaal te begrijpen, want we gaan hier in domein C verder op in!

Voordat we verder gaan met het hoofdstuk 'soorten stoffen', volgen hier een aantal oefenopgaven over zuren en basen. Daarna gaan we weer verder met stoffen, namelijk koolwaterstoffen!

## Oefenopgaven

### Vraag 8

Klaas onderzoekt een conserveringsmiddel dat wordt gebruikt voor het conserveren van fruit en vlees. Het zorgt er onder andere voor dat het vlees mooi rood van kleur blijft. Klaas heeft twee reageerbuisen met het conserveermiddel: aan de ene buis voegt hij kresolrood toe, en aan de andere buis voegt hij thymolftaleïen toe.



Hij bekijkt de kleuren van de oplossingen en vervolgens bekijkt hij BINAS 52A. Klaas concludeert vervolgens dat de pH van het conserveermiddel ongeveer 9 is.

- a) Leg uit wat de kleur is in de buis met kresolrood.
- b) Welke kleur heeft de oplossing in de buis met thymolftaleïen?

### Vraag 9

Zoek met behulp van je BINAS op of de volgende zuren sterk of zwak zijn:

- a) Waterstofjodide
- b) Fosforzuur (triwaterstoffosfaat)
- c) Zwavelzuur
- d) Waterstofsulfaat
- e) Ammoniumion

### Vraag 10

Zoek de volgende basen op in je BINAS en geef aan of het sterke of zwakke basen zijn.

- a)  $\text{CN}^-$
- b)  $\text{CH}_3\text{NH}_2$
- c)  $\text{NH}_2^-$
- d)  $\text{NH}_3$
- e)  $\text{PO}_4^{3-}$
- f)  $\text{SO}_4^{2-}$

### Koolwaterstoffen

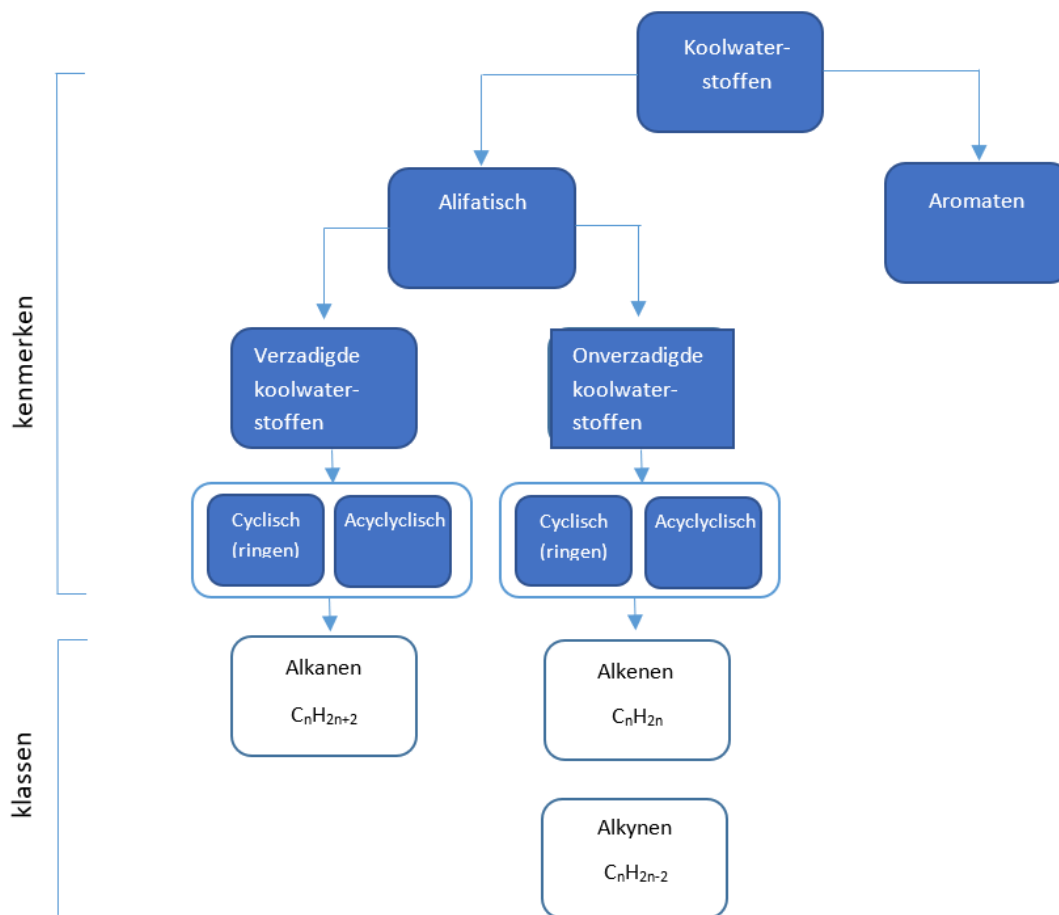
Koolwaterstoffen behoren tot de organische chemie. We hebben net gezien bij de organische zuren en basen dat organisch staat voor koolstofskelet. Dat is precies waar we het binnen de organische chemie over gaan hebben!

In de groep van koolwaterstoffen bestaan alle verbindingen uit uitsluitend koolstofatomen (C) en waterstofatomen (H). We maken onderscheid tussen **onvertakte** en **vertakte** koolwaterstofmoleculen. Daarnaast kunnen we de koolwaterstoffen onderverdelen in een aantal groepen (homologe reeksen). We gaan deze groepen stuk voor stuk bij langs!



B1.5: Vertakte en onvertakte koolwaterstoffen

Hieronder hebben we een overzicht voor je gemaakt. Geen paniek! We gaan dit overzicht stap voor stap uitleggen. We beginnen eerst met de kenmerken van koolwaterstoffen, daarna bespreken we de verschillende klassen. Tot slot leggen we je de juiste naamgeving van koolwaterstoffen uit, ook wel de **systematische naamgeving** genoemd.

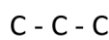


### Kenmerken

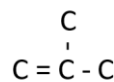
Koolwaterstoffen zijn onder te verdelen in twee grote groepen: de aromaten en de alifaten. Aromaten hebben een bijzondere ringstructuur, ook wel **benzeenring** genoemd. Alifaten hebben deze ringstructuur niet.



Aromaat



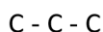
Alifaat



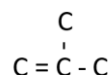
Alifaat

B1.6: Aromaten en alifaten

De meeste koolwaterstoffen zijn alifaten. Deze kun je weer verdelen in twee subgroepen: verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen. **Verzadigde koolwaterstoffen** hebben alleen maar enkele bindingen tussen de atomen. **Onverzadigde koolwaterstoffen** hebben atomen die dubbele bindingen aangaan met andere atomen.



Verzadigde stof



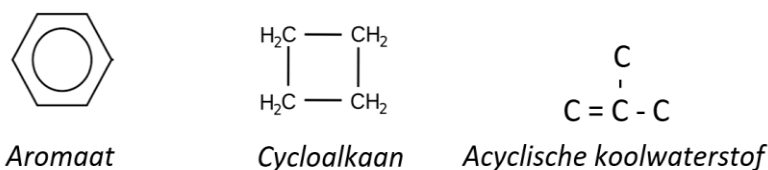
Onverzadigde stof

B1.7: Verzadigde en onverzadigde stoffen





Als laatste kunnen de verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen weer onderverdelen in **cyclische** en **acyclische** koolwaterstoffen. Cyclisch betekent dat het molecuul een ringstructuur heeft, maar anders dan de ringstructuur van de aromaten.



B1.8: Aromaten, cycloalkanen en acyclische koolwaterstoffen

De middelste koolwaterstof in figuur B1.8 noemen we een **cycloalkaan (algemene formule:  $C_nH_{2n}$ )**. Ook zijn cycloalkanen **isomeren** van de alkenen: ook zij hebben de algemene formule  $C_nH_{2n}$ . Isomerie wil zeggen dat je verschillende moleculen kunt bouwen van stoffen die allebei dezelfde molecuulformule (in dit geval  $C_nH_{2n}$ ) hebben. In figuur B1.8 heeft het cycloalkaan de formule  $C_4H_8$ , net als de acyclische, onverzadigde koolwaterstof. We noemen deze acyclische onverzadigde koolwaterstof een **alken**.

In domein E gaan we verder in op isomerie!

### Stofklasse en naamgeving: deel 1

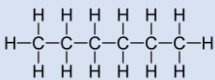
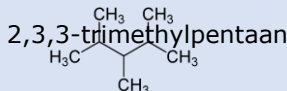

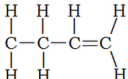
Oke, nu weten we de belangrijkste kenmerken van verschillende koolwaterstoffen! Nu zullen we wat meer vertellen over de verschillende soorten stoffen en hun naamgeving. We maken onderscheid in de volgende stoffen:

- **Alkanen:** verzadigde koolwaterstoffen, alifaten
- **Alkenen:** onverzadigde koolwaterstoffen, alifaten
- **Alkynen:** onverzadigde koolwaterstoffen, alifaten

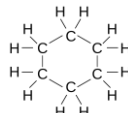
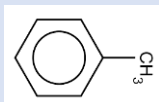
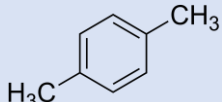
Speciale groepen zijn:

- **Cycloalkanen:** verzadigde koolwaterstoffen, ringstructuur, alifaten
- **Aromaten:** bijzondere ringstructuur, zijn altijd onverzadigd

Hieronder in de tabel zie je de verschillende klassen en twee voorbeelden van een structuurformule met bijbehorende **systematische naamgeving**.

Stofklasse en formule	Structuurformule en naam	Structuurformule en naam
<p><b>Alkanen: <math>C_nH_{2n+2}</math></b> Verzadigde koolwaterstof Enkele bindingen</p>	 Hexaan	 2,3,3-trimethylpentaan
<p><b>Alkenen: <math>C_nH_{2n}</math></b> Onverzadigde koolwaterstof Enkele en één dubbele binding</p>	 Etheen	 But-1-een



<p><b>Alkynen: <math>C_nH_{2n-2}</math></b> Onverzadigde koolwaterstof één driedubbele binding</p>	<p><math>HC\equiv CH</math></p> <p>Ethyn</p>	<p><math>HC\equiv C-CH_2CH_3</math></p> <p>But-1-yn</p>
<p><b>Cycloalkanen: <math>C_nH_{2n}</math></b> Koolwaterstof, verzadigd met ringstructuur</p>	<p> <math display="block">\begin{array}{c} H_2C - CH_2 \\   \quad   \\ H_2C - CH_2 \end{array}</math> </p> <p>Cyclobutaan</p>	<p>  </p> <p>Cyclohexaan</p>
<p><b>Aromaten:</b> Koolwaterstof, bijzondere ringstructuur</p>	<p>  </p> <p>Methylbenzeen</p>	<p>  </p> <p>1,4-dimethylbenzeen</p>

Tabel B1.6: Overzicht van de verschillende koolwaterstof klassen

### Naamgeving koolwaterstoffen

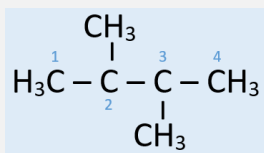
Om de **systematische** naam van een koolwaterstof te kunnen geven, moet je de namen kennen van de eerste tien alkanen en de **alkylgroepen**. Alkylgroepen zijn de zijgroepen. Die komen dus alleen voor bij vertakte koolwaterstofmoleculen.

Dit lijkt heel veel om te onthouden, maar als je dit stappenplan volgt en de vijf stofklassen van de koolwaterstoffen kent, ben je er al! Ook kan je goed gebruik maken van BINAS 66C/D.

Vooruit, laten we beginnen met het stappenplan:

### stappenplan naamgeving koolwaterstoffen

*Stap 1* Kijk naar de structuurformule van het koolwaterstofmolecuul. Wat is de langste onvertakte keten? Dit is de hoofdketen



De langste keten telt vier C-atomen. Daarnaast zie je aan de structuurformule dat het een verzadigde koolwaterstof is met alleen enkele bindingen: het is een **alkaan**.

*Stap 2* De stamnaam van het alkaan is af te leiden uit tabel B1.6 of uit BINAS 66D.

In dit geval telt de langste keten vier C-atomen, dus de stamnaam is but-. Het is een alkaan, dus de volledige stamnaam is butaan.

*Stap 3* Nummer de C-atomen in de langste keten, zoals de blauwe nummertjes in de structuurformule hierboven. Bepaal op welk C-atoom de zijgroepen zitten.



Dit is op de tweede C en de derde C. De zijgroep is CH<sub>3</sub> en telt maar één C-atoom, dus de stamnaam van de zijgroep begint met meth- (kijk in BINAS 66D). Het is een zijgroep, een alkyl: een zijgroep van alkanen, dus de totale stamnaam van de zijgroep wordt methyl. Er zijn in totaal twee methylgroepen aanwezig. We zetten er dan een numeriek voorvoegsel bij, in dit geval 'di' van twee. Zie BINAS 66C.

*Stap 4 Schrijf de volledige naam van het molecuul op in deze volgorde:*

Nummers zijgroepen + aantal zijgroepen (BINAS 66C) + stamnaam keten

2,3- dimethylbutaan

Nu weten we hoe we de systematische naamgeving van alkanen afleiden! Hoe zit dat dan met de alkenen, cycloalkanen, alkynen en aromaten? Nou, je kunt gewoon hetzelfde stappenplan gebruiken. Er zijn zes belangrijke dingen die je dan wel moet onthouden:

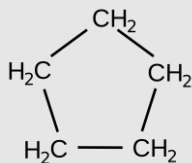
1. Het uiteinde van de stamnaam van de hoofdketen wordt anders. Voor een alkeen geldt: aantal C's + -een (bijv. buteen), voor een alkyn geldt het aantal C's + -yn (bijv. butyn).
2. Als er een dubbele binding aanwezig is, geef je de plek van de binding als volgt aan in de naamgeving: but-1-een, pent-1,3-dien.
3. Als er in een alkeen twee dubbele bindingen aanwezig zijn in plaats van één, spreken we van een alka-di-een. Voor een alkyn met twee driedubbele bindingen geldt hetzelfde: alka-di-yn.
4. Als een dubbele binding op meerdere C-atomen kan zitten, vermeld je ook het nummer van het C-atoom waarop de dubbele of driedubbele binding zit.
5. Bij cycloalkanen komt het voorvoegsel cyclo- vóór de stamnaam te staan.
6. Aromaten die één benzeenring bevatten, hebben de stamnaam benzeen. Benzeen kan ook voorkomen als zijgroep, deze zijgroep heet fenyl.

Handig hè? We gaan er vooral veel mee oefenen!



### Voorbeeldopgave

Hoe heet het volgende cycloalkaan?



*Stap 1* De langste keten telt vijf C-atomen. Daarnaast zie je aan de structuurformule dat het een verzadigde, cyclische koolwaterstof is met alleen enkele bindingen: het is een **cycloalkaan**.

*Stap 2* De hoofdketen telt vijf C-atomen, dus de stamnaam is pent-. Het is een cycloalkaan dus de volledige stamnaam is cyclo-pent-aan (BINAS 66D).

*Stap 3* Er zijn geen zijgroepen aanwezig.

*Stap 4* De naam blijft cyclopentaan.

Als je de volgende QR-code scant, dan kun je de hele uitleg nog eens bekijken in een video. Dan gaat het zeker lukken om de onderstaande opgaven over de naamgeving van koolwaterstoffen te maken. Succes!

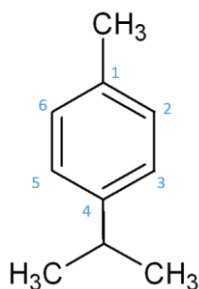




## Oefenopgaven

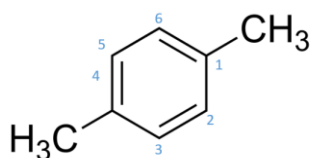
### Vraag 11

Geef de systematische naamgeving van dit aromaat.

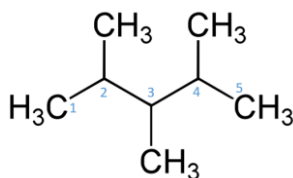


### Vraag 12

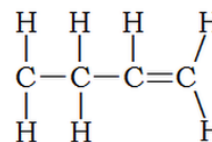
Geef de systematische naamgeving van bijbehorende structuurformule.



a)



b)



c)

### Vraag 13

Teken de structuurformules van de volgende stoffen:

- 1,3-dimethylbenzeen
- Fenyletheen
- 1-ethyl-2-methylcyclobutaan
- But-1,3-dieen
- 2,3,4-trimethylpentaan

### Vraag 14

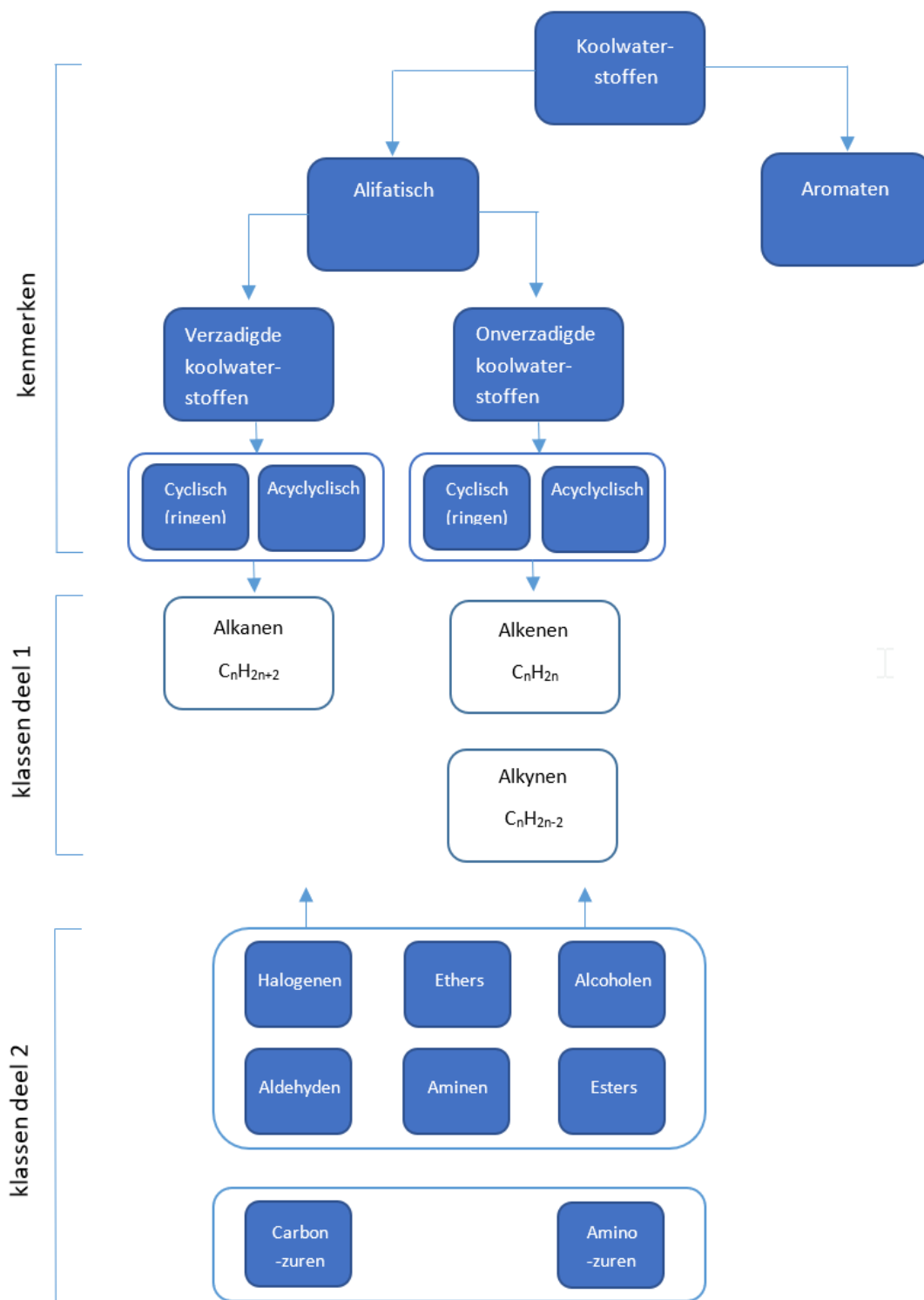
- Teken de structuurformule van  $C_5H_{12}$ .
- Is dit de enige manier waarop je de structuurformule kunt tekenen? Zo niet, teken dan ook de andere structuurformules.
- Hoe heet het wanneer twee verschillende stoffen dezelfde molecuulformules hebben?
- Geef de systematische naam bij alle getekende structuurformules.



## Stofklasse en naamgeving: deel 2

Zo, het tempo zit er flink in, of niet? Goed gedaan als je al tot hier bent, we gaan beginnen aan het laatste stuk van domein B1!

We kennen nu alle basisonderdelen van de koolwaterstoffen. Ook kunnen we die verschillende kenmerken herkennen in de structuurformules. Verder weten we hoe we koolwaterstoffen een systematische naam kunnen geven, en dat koolwaterstoffen uit verschillende klassen bestaan. Hier gaan we in dit deel verder op in.





Allereerst moet je de basisklassen van de koolwaterstoffen goed onthouden, dit zijn de:

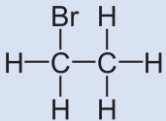
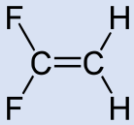
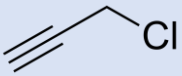
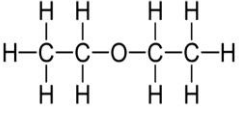
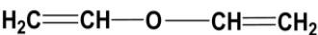
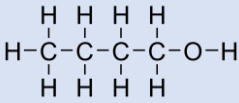
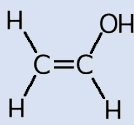
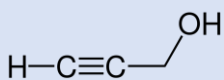
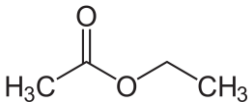
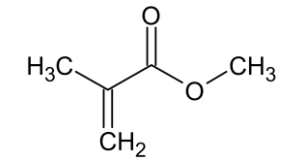
- Alkanen
- Alkenen
- Alkynen

Daarnaast komen deze drie klassen in verschillende groepen voor. Die groepen zijn:

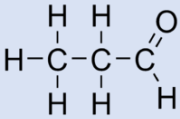
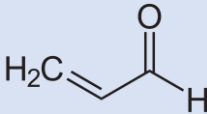
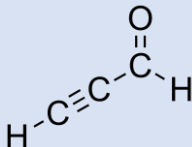
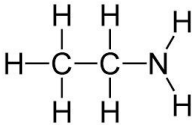
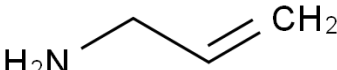
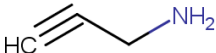
- **Halogenen**
- **Esters**
- **Ethers**
- **Alcoholen**
- **Aldehyden**
- **Aminen**

Je kunt deze groepen herkennen door een **speciale vertakking**. Uit de structuurformule en de systematische naamgeving kun je opmaken welke groepen er aanwezig zijn. In de naamgeving gebruiken we een zekere prioriteit, deze kun je terugvinden in BINAS 66D.

**Tip:** Onthoud dat elke groep resulteert in verschillende stoffeigenschappen!

	Alkanen ( $C_nH_{2n+2}$ )	Alkenen ( $C_nH_{2n}$ )	Alkynen ( $C_nH_{2n-2}$ )
<b>Halogenen: -Cl, F, I, Br</b> Koolwaterstof die d.m.v. een substitutie of additie reactie een Cl, F, I of Br-atoom opneemt.	 <p><b>Kan geen hoofdgroep zijn</b> Broommethaan</p>	 <p><b>Kan geen hoofdgroep zijn</b> 1,1-difluoretheen</p>	 <p><b>Kan geen hoofdgroep zijn</b> 3-chloorpropyn</p>
<b>Ethers: -COC</b> Onverzadigde koolwaterstof Enkele en één dubbele binding	 <p><b>Diethyl ether</b></p>	 <p><b>Etheenoxyethene</b></p>	-
<b>Alcoholen: -OH*</b> Koolwaterstof met een hydroxylgroep. Een H-binding wordt vervangen door een OH binding.	 <p><b>buta-1-ol</b></p>	 <p><b>Ethenol</b></p>	 <p><b>2-propyn-1-ol</b></p>
<b>Esters: -COOC</b> Deze koolwaterstoffen zijn voornamelijk, oliën, vetten (esters van de stof glycerol). Uitgang -oaat.	 <p><b>methylproanoaat</b></p>	 <p><b>methyl-2-methylprop-2-enoaat</b></p>	-

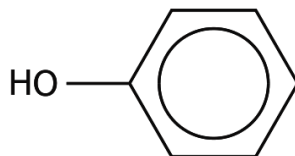


<p><b>Aldehyden: -HC=O</b> Koolwaterstoffen met deze groep eindigen op -al. Als meerdere zijgroepen aanwezig zijn gebruik je het voorvoegsel -oxo.</p>	 <p>Propanal</p>	 <p>Propenal</p>	 <p>Propynal</p>
<p><b>Aminen: -NRx</b> Koolwaterstof met een N-atoom, die een binding aangaat met een H-atoom of een CH<sub>3</sub>-groep.</p>	 <p>Ethaanamine</p>	 <p>3-aminoprop-1-een</p>	 <p>3-aminoprop-1-yn</p>

Figuur B1.9: Overzicht van de verschillende koolwaterstof klassen

### Fenolen

Dit zijn aromaten met een -OH-groep die direct aan de ring is gebonden. Een voorbeeld is benzenol:

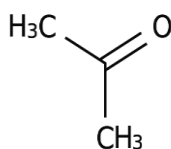


B1.10: Structuur van benzenol

### Ketonen/Aldehyden -C=O

Een **keton** lijkt erg veel op een **aldehyde**, maar dan bevindt de C met dubbelgebonden O zich binnenin het molecuul inplaats van aan de zijkant. Bij een aldehyde bevindt deze groep zich altijd aan het eind van de keten!

We noemen de ketonen ook wel alkanonen (bij een alkaan) alkenonen (bij alkenen) etc. Het achtervoegsel bij een keton is -on. Een voorbeeld is propanon, ofwel aceton:

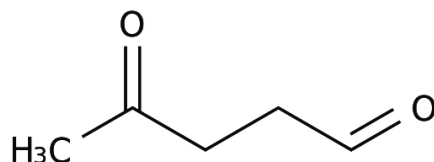


B1.11: Propanon (aceton)

Als er in één molecuul meerdere zijgroepen aanwezig zijn en de ketongroep of aldehydegroep heeft geen prioriteit, gebruik je het voorvoegsel oxo- in plaats van het achtervoegsel -on/-al. Je moet dus goed naar de prioriteiten in BINAS 66D kijken om de structuur de juiste benaming te geven!

In onderstaand voorbeeld staat de aldehydegroep vóór de ketongroep, vandaar dat deze structuur 4-ocopental heet!





B1.12: 4-oxopentanal

Yes! Nu hebben we bijna alle groepen gehad. Er zijn nog maar twee groepen die speciaal zijn vergeleken met de basis koolwaterstofklassen (alkanen, alkenen, alkynen). Dit zijn de **carbonylen**. Dit zijn zuren met een koolwaterstofskelet en een zijgroep -COOH. Dit is één dubbelgebonden O-atoom en een OH-groep. De zuurgroep zit altijd aan het eind van de keten!

	Alkanen ( $C_nH_{2n+2}$ )	Alkenen ( $C_nH_{2n}$ )	Alkynen ( $C_nH_{2n-2}$ )
<p><b>Carbonylen: -COOH</b> Koolwaterstof met alleen een -COOH groep.</p>	<p><b>Methanoic acid</b></p>	<p><b>Propenoic acid</b></p>	<p><b>Propynoic acid</b></p>

Tabel B1.8: Overzicht van de verschillende koolwaterstofzuren

Gelukkig staan deze groepen (tabel B1.6 t/m B1.10) ook in BINAS 66D. Bestudeer die tabel dus ook goed voor je examen! Achter elke klasse staan de karakteristieke groepen en de voorvoegsels en achtervoegsels beschreven. Dit is handig, want de voor- en achtervoegsels gebruik je bij het samenstellen van de **systematische naamgeving**.

Je hoeft ze dus niet allemaal uit je hoofd te kennen, maar het is wel belangrijk dat je de karakteristieke groepen kunt herkennen en de stof een systematische naamgeving kunt geven. Hier gaan we dan ook veel mee oefenen, zodat je het hierna goed onder de knie hebt!

Als je de volgende QR-code scant, dan kun je de hele uitleg nog eens bekijken in een video. Dan gaat het zeker lukken om de onderstaande opgaven over de naamgeving van koolwaterstoffen te maken. Succes!



## Oefenopgaven

### Vraag 15

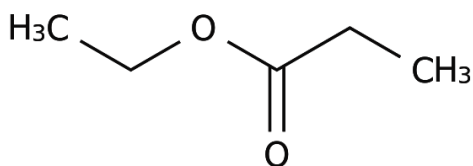
Geef de structuurformules van de volgende stoffen:

- 2,3-dichloorpentaanzuur
- Propaan-1,2,3-triol
- 2-hydroxyethanal

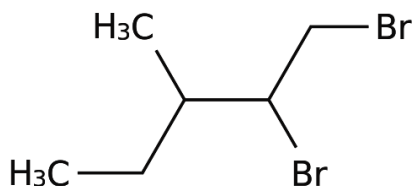
**Vraag 16**

Geef de systematische naamgeving van de volgende stoffen:

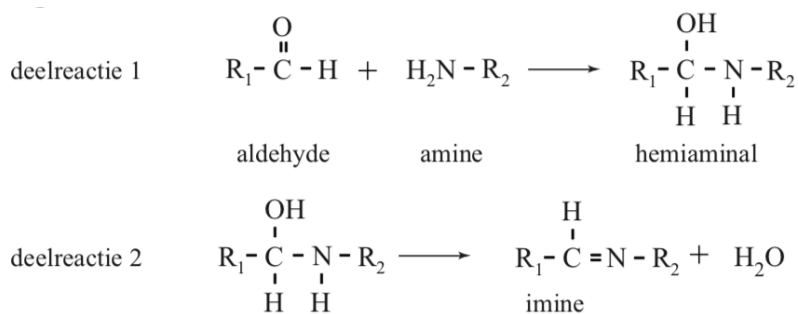
a)



b)

**Vraag 17: uit eindexamen 2015-I (pilot)**

In deze reactie wordt uit een aldehyde en een amine een zogeheten imine gevormd. Van deze reactie was al bekend dat deze in twee deelreacties verloopt. Het tussenproduct was echter nog nooit waargenomen.



R1 en R2 staan in figuur 1 voor koolstofketens. De stof met de algemene benaming hemiaminal is het tussenproduct. Geef de structuurformule van het gevormde imine dat via deelreacties 1 en 2 ontstaat uit de stoffen propanal en propaan-2-amine.



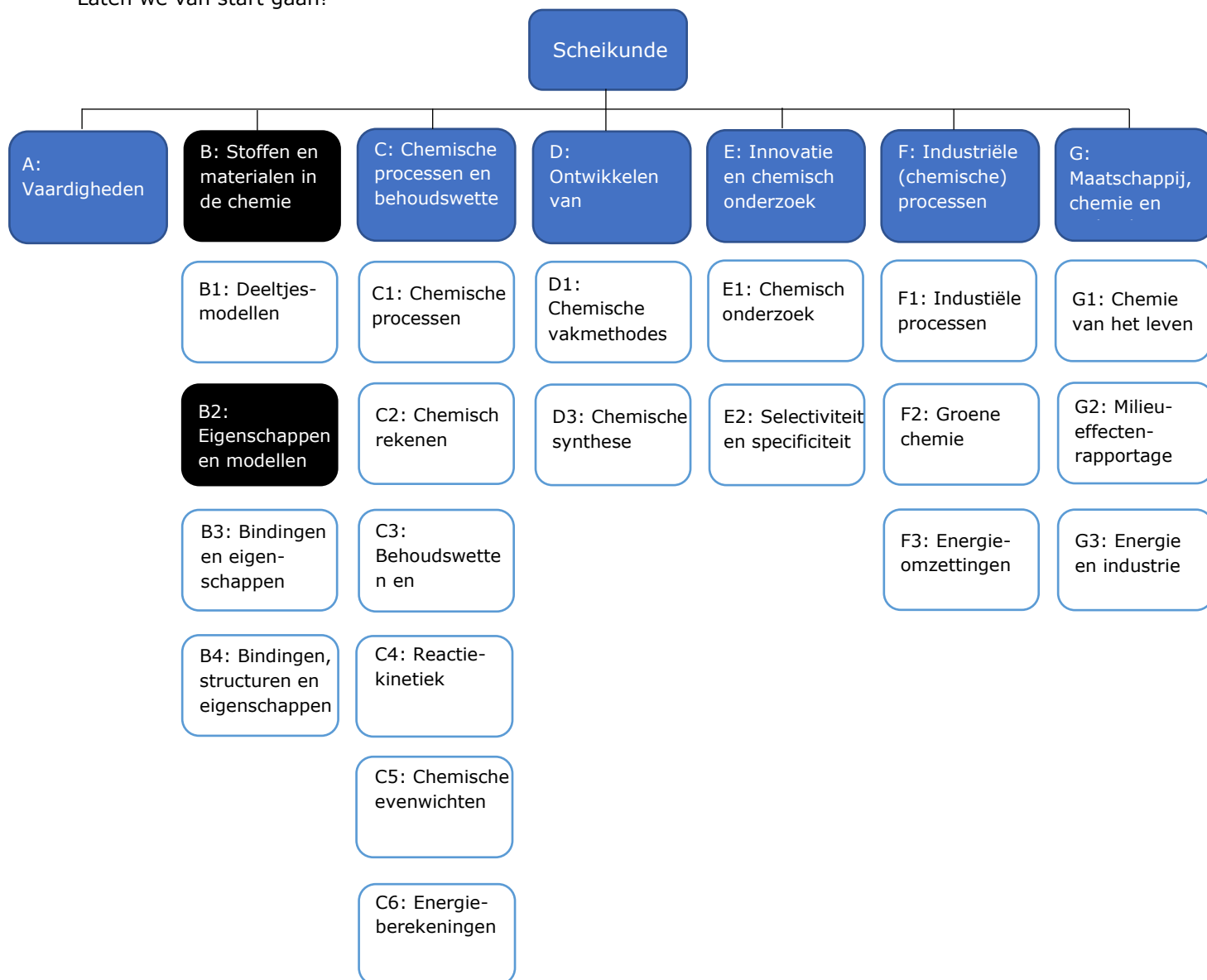
## Subdomein B2: Eigenschappen en modellen

Welkom in subdomein B2. In tegenstelling tot B1, is dit domein niet zo lang, gelukkig! In dit domein bespreken we wat stoffeigenschappen zijn. Waarom is water vloeibaar en koolstofdioxide gasvormig bij kamertemperatuur? We zullen ook leren hoe je deze eigenschappen van stoffen en materialen kunt verklaren aan de hand van de **deeltjesmodellen**, die we in domein B1 geleerd hebben. Dit doen we op **macroniveau** en op **microniveau**.

Aan het eind van dit domein kun je:

- Verklaar wat stoffeigenschappen zijn.
- Stoffeigenschappen op macroniveau verklaren aan de hand van deeltjesmodellen op microniveau.

Laten we van start gaan!



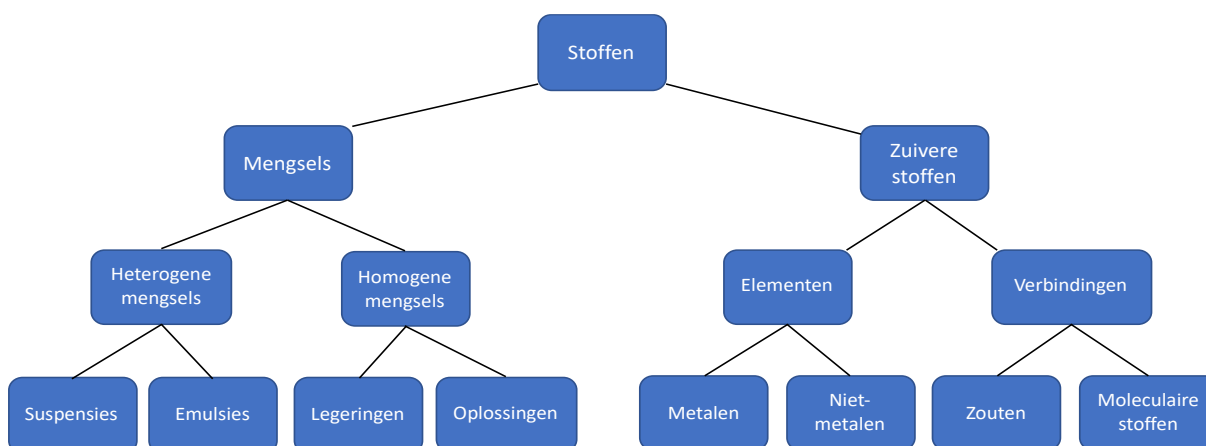


## Stofeigenschappen

Om ons heen zien we letterlijk o-ve-ral stoffen, waar je ook maar kijkt! De kleding die je draagt, het eten dat je eet en ga zo maar door. Alle stoffen zijn opgebouwd uit losse **elementen**. Ja precies, die uit het periodiek systeem! De ordening van de elementen bepaalt welke stof het is en welke eigenschappen de stof heeft. **Stofeigenschappen** zijn de eigenschappen van stoffen, waaraan we ze kunnen herkennen. Je kunt hierbij denken aan de kleur of geur, maar ook de oplosbaarheid in water, de dichtheid en het kookpunt zijn voorbeelden van stofeigenschappen.

We hebben in het vorige subdomein geleerd dat moleculen opgebouwd zijn uit elementen en dat verschillende atomen bij elkaar een molecuul kunnen vormen. Dit betekent dat er heel veel verschillende moleculen bestaan en dus ook heel veel verschillende stoffen. Stoffen die opgebouwd zijn uit moleculen kunnen we onderscheiden in twee groepen:

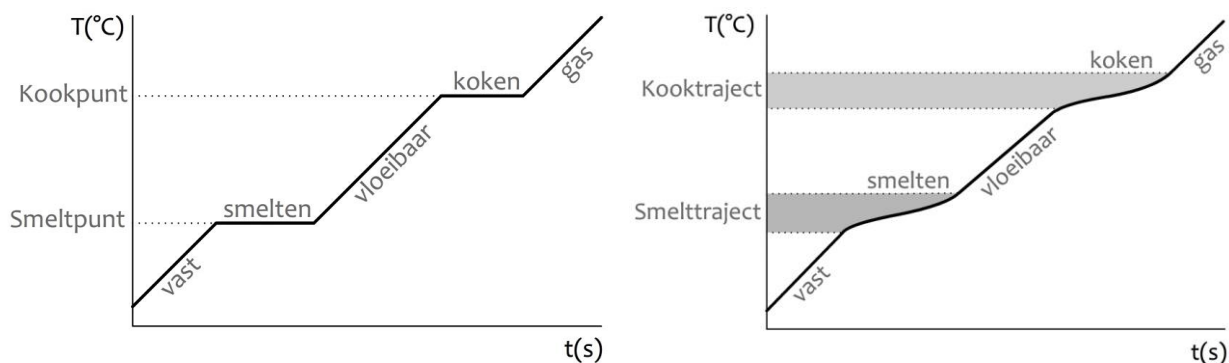
- **Zuivere stof:** bestaat uit alleen maar één soort molecuul (microniveau).
- **Mengsels:** bestaat uit twee of meer verschillende stoffen, en bevat dus ook verschillende soorten moleculen (microniveau). Een mengsel kan **homogeen** of **heterogeen** zijn.
  - o **Homogeen:** in dit mengsel zijn de verschillende bestanddelen perfect door elkaar gemengd, er is geen onderscheid te maken!
  - o **Heterogeen:** in dit mengsel is er wel onderscheid te maken tussen de verschillende bestanddelen van het mengsel, soms heb je wel een microscoop nodig!



B2.1: De algemene indeling van stoffen

### Het verschil tussen mengsels en een zuivere stof: macroniveau

Aan het uiterlijk van een stof kun je meestal niet zien of je met een zuivere of een niet-zuivere stof te maken hebt. Je kunt dit wel testen door een proef te doen door de vaste stof te verwarmen. Als de vaste stof een zuivere stof is, heeft het namelijk een **kookpunt** en een **smeltpunt**. Dit betekent dat de temperatuur hetzelfde blijft tijdens het smelten of koken. Bij een mengsel treedt een **smeltraject** of een **kooktraject** op: de temperatuur loopt langzaam op tijdens het smelten.



B2.2: Het temperatuurverloop tijdens het verwarmen van een zuivere stof (links) en van een

## Verschillende soorten mengsels

We onderscheiden drie verschillende soorten vloeibare mengsels:

- **Oplossingen**
- **Suspensies**
- **Emulsies**

Hieronder zie je een kort overzicht hoe je deze verschillende mengsels uit elkaar kunt houden en hoe je ze gemakkelijk kunt herkennen.

### 1. Oplossingen (homogene mengsels)

Een **oplossing** is een mengsel van vloeistoffen of van een vaste stof in een vloeistof. Een oplossing is altijd helder en kan kleurloos zijn of gekleurd. Alle moleculen zijn gemengd, dat is immers de eigenschap van een homogeen mengsel. We kunnen oplossingen ook weer onderverdelen in twee soorten oplossingen:

- **Verzadigde oplossing:** bij een verzadigde oplossing is de maximale hoeveelheid van een stof opgelost. Hierbij is het niet mogelijk om meer van diezelfde stof onder dezelfde omstandigheden op te lossen. Als je dit wel doet, veroorzaakt de overige stof een emulsie, suspensie of neerslag. Misschien heb je wel eens geprobeerd om héél erg veel suiker in je thee op te lossen: op een gegeven moment lukt het niet meer en blijft er een laagje suiker op de bodem achter.
- **Onverzadigde oplossing:** bij een onverzadigde oplossing is er minder dan de maximale hoeveelheid van een stof opgelost. Het is hierbij wel mogelijk om meer van diezelfde stof onder dezelfde omstandigheden op te lossen!

### 2. Suspensies (heterogene mengsels)

Een **suspensie** is een mengsel van een vaste stof in een vloeistof, waarbij de vaste stof niet is opgelost. De vaste stof zie je in kleine korreltjes door de vloeistof heen zweven. Daarom is een suspensie altijd troebel en ondoorzichtig.

### 3. Emulsies (heterogene mengsels)

Een emulsie is een oplossing van twee vloeistoffen die eigenlijk niet goed mengbaar zijn. Een emulsie is altijd troebel, omdat er druppeltjes van de ene vloeistof in de andere vloeistof zweven en andersom. Omdat de twee vloeistoffen niet goed mengbaar zijn, zal het mengsel snel weer ontmengen. Dan zie je de twee vloeistoffen bovenop elkaar liggen en zie je het verschil in dichtheid van de twee stoffen. Dit heet een **tweelagensysteem**.

Stoffen die goed mengen in water noemen we **hydrofiel**. Stoffen die slecht met water mengen noemen we **hydrofoob**.



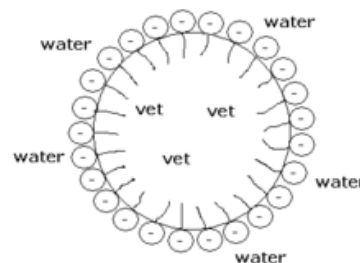
Als je toch de vloeistoffen in de emulsie wilt laten mengen, kan je dat doen met behulp van een **emulgator**. Een emulgatormolecuul is een molecuul met aan de ene kant een '**hydrofiële kop**', waarin O-atomen voorkomen, die zich aangetrokken voelen tot de wateratomen (vandaar hydrofiel!). Aan de andere kant van het molecuul bevindt zich 'de **hydrofobe staart**', bestaande uit CH-atomen. Hierdoor kan de emulgator de vloeistoffen bij elkaar houden en zal de emulsie niet ontmengen. Je ziet deze beschreven werking schematisch weergegeven in figuur B2.5. De hydrofiële kop bevindt zich in het water, terwijl de hydrofobe staart 'prikt' in de andere vloeistof.

- (A)  Beide stoffen zijn niet goed mengbaar en zullen zich ontmengen.
- (B)  Als je de stoffen zelf weer mengt, zul je zien dat er druppels van de ene stof in de andere terecht komen en dat het mengsel troebel wordt.
- (C)  Langzaam gaan de stoffen zich weer splitsen volgens het tweelagensysteem.
- (D)  De stoffen kunnen alleen gemengd worden door middel van een 'extra laagje' tussen de twee stoffen: hiervoor gebruik je een emulgator.

B2.3: Verloop van een emulsiemengsel



B2.4: Een schematische weergave van een emulgator



B2.5: Een schematische weergave van de werking van een emulgator

Naast die vloeibare mengsels zijn er ook nog **legeringen** (zie figuur B2.1). Een legering is een mengsel van één of meerdere metalen. Legeringen zijn vaak sterker dan zuiver metaal, omdat het sterk geordende metaalrooster onderbroken wordt door andere atomen. Een voorbeeld hiervan is het gebruiken van zuiver ijzer en koolstof, waardoor staal ontstaat. En staal is een stuk sterker dan zuiver ijzer!

Wil je nog wat extra uitleg? Pak dan nu je telefoon en scan de volgende QR-code! In ongeveer 10 minuten worden daar alle mensels nog een keer behandeld. Ook komen er voorbeelden voorbij die het echt begrijpelijker kunnen maken!





## Oefenopgaven

### Vraag 18

Wat voor soort mengsel ontstaat er?

- a) Mengten van water en zand
- b) Mengten van water en zout
- c) Slaolie en water

### Vraag 19

Leg in je eigen woorden uit wat de functie van een emulgator is. Maak eventueel gebruik van een tekening.

### Vraag 20

De eerste bewerking die ruwe aardolie ondergaat, is destillatie. Daarbij ontstaan verschillende fracties. Eén van deze fracties is autobenzine.

Geef aan wat voor een soort stof dit is en of er sprake is van een kookpunt of een kooktraject.

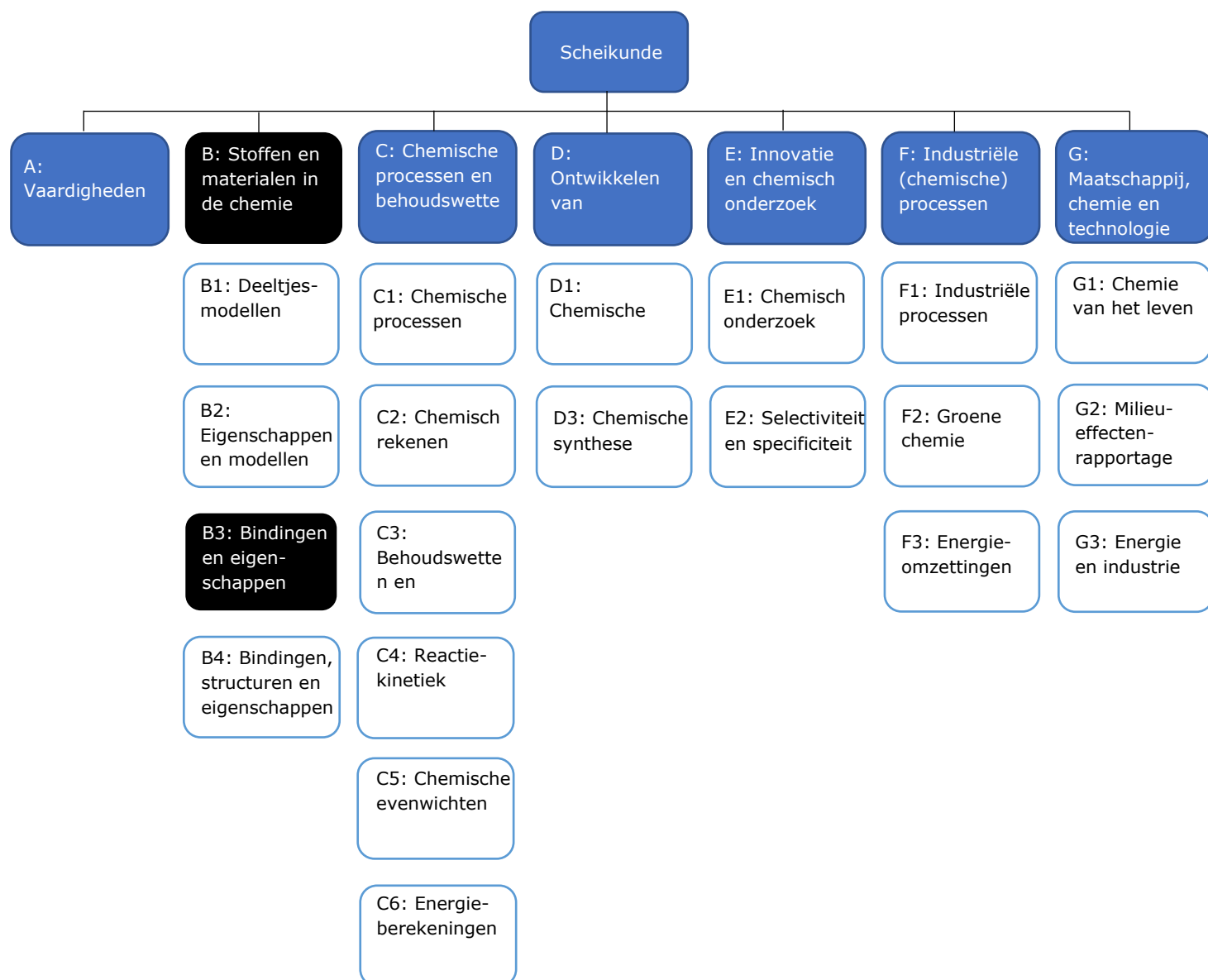


## Subdomein B3: Bindingen en eigenschappen

Nu weten we hoe we eigenschappen van een stof (B2) kunnen verklaren met het deeltjesmodel en atoommodel (B1). Domein B3 gaat een stapje verder: hoe kunnen we de eigenschappen van een stof verklaren door te kijken naar de bindingen tussen de deeltjes?

Na dit subdomein kun je:

- De roosteropbouw van een stof beschrijven en stofeigenschappen verklaren.
- Verschillende soorten bindingen herkennen.
- Sterkte van de bindingen relateren aan stofeigenschappen.
- De ruimtelijke bouw van een molecuul begrijpen en tekenen.







## Roosteropbouw en bindingen

Oke, we gaan er lekker tegenaan! Nog even doorzetten en dan hebben we al meer dan de helft van domein B onder de knie. We hebben hieronder een kort overzicht gemaakt, zodat je het makkelijk kunt onthouden!

In totaal zijn er vier verschillende roosters: metaalrooster, ionrooster, molecuulrooster en atoomrooster.

Rooster	Binding	Sterkte rooster	Wanneer?
<b>Metaalrooster</b>	Metaalbinding	Zwak	Bij metalen. De binding tussen positieve metaalionen en de <b>vrije negatieve elektronen</b> noemen we de metaalbinding.
<b>Ionrooster</b>	Ionbinding	Sterk	Bij zouten. Zouten zijn opgebouwd uit positieve ionen en negatieve ionen die elkaar aantrekken. Dit heet de ionbinding.
<b>Molecuulrooster</b>	Vanderwaalsbinding Dipool-dipool binding Waterstofbruggen	Erg zwak (kan wel sterker gemaakt worden met waterstofbruggen!)	Door middel van de vanderwaalskracht trekken <b>moleculen elkaar aan</b> in het molecuul rooster. Dit heet de vanderwaalsbinding.  Dipool-dipool binding komt voor als <b>twee moluculen allebei een polaire atoombinding hebben</b> , waardoor er bij beide moleculen een pool ontstaat, die samen een binding aangaan. Een waterstofbrug valt onder een dipool-dipool binding, wanneer er een binding ontstaat <b>tussen het H- en O-atoom of H- of N-atoom</b> .
<b>Atoomrooster</b>	Atoombinding	Erg sterk	Atoombinding wordt gevormd door een gemeenschappelijk elektronenpaar. De bindingen zitten tussen de atomen, in het molecuul. Hoe vaak een atoom een deeltje kan binden ligt aan de hoeveelheid <b>valentie-elektronen</b> in de elektronenschil ( <i>covalentie</i> ).

Tabel B3.1: Overzicht van verschillende roosters en bindingen

## Roosters

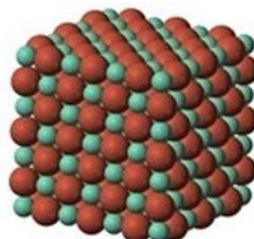
In tabel B3.1 kun je zien dat we dat er verschillende roosters bestaan. Metaalatomen zitten keurig gerangschikt in een **metaalrooster**. Dit betekent dat de metaalatomen een vaste plek hebben in de stof! De metalen zijn verbonden via een metaalbinding, de positieve metaalionen zitten op een regelmatige afstand van elkaar. De elektronen kunnen daartussen vrij bewegen, daardoor kunnen metalen stroom geleiden!

Zouten zijn gerangschikt in een **ionrooster**. De verschillende ionen in een zout zijn netjes gerangschikt in het rooster. Er is aantrekking tussen de positieve en negatieve ionen. Als je kijkt in figuur B3.1 dan zie je dat de groene en rode bolletjes afgewisseld worden. Als de rode bolletjes hier bijvoorbeeld positieve ionen zijn, dan zijn de groene bolletjes negatieve ionen! De ionen kunnen zich in het rooster niet vrij bewegen. Als een zout wordt opgelost, dan valt het rooster uiteen. De ionen kunnen zich dan ineens vrij bewegen, en dus kan het zout dan stroom geleiden!

Het metaalrooster en het ionrooster zijn schematisch weergegeven in figuur B3.1. Zie je dat ze perfect gerangschikt zijn?



Metaalrooster



Ionrooster

B3.1: Schematische weergave van metaalrooster en ionrooster

## Bindingen

Je hebt in tabel B3.1 al over verschillende bindingen gelezen. We onderscheiden de volgende bindingen:

- **Atoombinding (covalente binding)**
- **Polaire atoombinding/dipool-dipoolbinding**
- **Vanderwaalsbinding**
- **Waterstofbruggen**
- **Ionbinding**

We gaan ze hieronder allemaal even met je behandelen!

### Atoombinding/covalente binding

De **atoombinding** bevindt zich tussen de atomen in een molecuul. Deze atoombinding heet ook wel de **covalente binding**. Deze naam is afgeleid van de valentie-elektronen, de elektronen in de buitenste schil van een atoom. Hoe vaak een atoom zich kan binden aan een ander atoom kun je achterhalen door:

#### 1. Het atoommodel volgens Bohr:

Volgens de **octetregel** streeft een atoom altijd naar de ideale toestand. De ideale toestand is dat er acht elektronen in de buitenste schil zitten. In het periodiek systeem kunnen we vinden dat het koolstofatoom vier valentie-elektronen heeft. Dit betekent dat het koolstofatoom nog vier andere elektronen moet delen met een ander atoom. Dat maakt de **covalentie** (hoe vaak het atoom zich kan binden) vier!

#### 2. De plaats van het atoom in het periodiek systeem

We hebben dit behandeld in domein B1. De elektronen die in de buitenste schil van een atoom zitten, noemen we **valentie-elektronen**. Er is een verband tussen de plaats in het periodiek systeem en de **elektrovalentie** van een atoomsoort voor alleen de groepen 1, 2 en 13 t/m 18. Hiervoor kun je kijken in tabel B3.2.

Groep	Elektrovalentie	Lading ion
1	1+	1+
2	2+	2+
13	3+	3+
15	3-	3-
16	2-	2-
17	1-	1-

Tabel B3.1: Overzicht van verschillende roosters en bindingen

### Polaire atoombinding

Een atoombinding kan polair zijn of apolair. Dit heeft te maken met de **elektronegativiteit**. Hiermee bedoelen we de kracht waarmee een elektron trekt aan het andere elektron waarmee hij zich bindt. In BINAS 40A zie je de gegevens van veel elementen staan, waaronder de elektronegativiteit. Het atoom waarin het



elektron het hardste trekt, wordt een beetje **negatief geladen** ( $\delta^-$ ), het atoom waar het elektron het minst hard trekt, wordt een beetje **positief geladen** ( $\delta^+$ ).

**Tip:** Voorbeelden van elektronegatieve atomen zijn F-, O- en N-atomen.

#### Hoe weet je of de binding apolair of polair is?

1. Zoek de atomen die een binding met elkaar aangaan, op in BINAS 40A.
2. Bereken het verschil in elektronegativiteit.

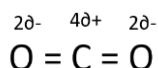
**Apolaire atoombinding:** het verschil in elektronegativiteit  $\leq 0,4$

**Polaire atoombinding:** het verschil in elektronegativiteit  $> 0,4$  en  $< 1,7$

**Ionbinding:** het verschil in elektronegativiteit  $> 1,7$

In het schema hiervoor lazen we al dat een **polaire molecuulbinding** een dipool-dipool binding is. Het kan zijn dat de bindingen tussen atomen polair zijn, maar het molecuul zelf niet polair is. Dit heeft te maken met de ruimtelijke bouw van een molecuul!

Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld koolstofdioxide. Hieronder is de partiële lading in het CO<sub>2</sub>-molecuul weergegeven. Door de symmetrie in het molecuul is het netto dipoolmoment nul!



Wil je nog meer weten over de (polaire) atoombinding? Pak je telefoon dan maar weer! Hieronder hebben wij twee filmpjes voor je opgezocht. Filmpje 8 gaat over de atoombinding en in filmpje 9 vind je meer uitleg en een visualisatie van de polaire atoombinding. Dit is echt heel handig voor extra begrip van de stof! Mocht je het al helemaal snappen, kan het ook zeker geen kwaad om ze te kijken. Succes!



#### Vanderwaalsbinding

De **vanderwaalsbinding** is een binding tussen moleculen. Over het algemeen is deze vanderwaalsbinding relatief zwak. De sterkte van deze binding hangt af van de grootte van de moleculen. Hoe groter het molecuul, hoe sterker de vanderwaalsbinding! Je kunt de vanderwaalsbinding verbreken door het verhogen van de temperatuur. Herinner je je nog uit domein B1 dat moleculen harder gaan trillen bij een hogere temperatuur? Daardoor wordt de vanderwaalsbinding dus verbroken!

Als je dit nog graag op een andere manier wilt horen, scan dan de QR code van filmpje 10. Hierin wordt de vanderwaalsbinding nog eens helemaal uitgelegd, ook wordt er uitgelegd hoe je het kookpunt van moleculaire stoffen aan de hand van de vanderwaalsbinding kunt voorspellen!

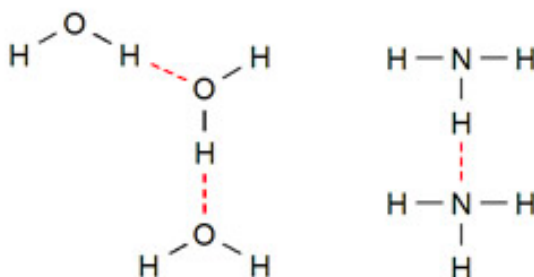




## Waterstofbruggen

Net als een vanderwaalsbinding is een **waterstofbrug** ook een binding tussen moleculen, alleen is de waterstofbrug vele malen sterker! De moleculen waartussen een waterstofbrug kan vormen, moeten een waterstofatoom bevatten dat verbonden is aan een zuurstof- of stikstofatoom. Het H-atoom vormt als het ware een brug tussen de twee verschillende moleculen. In figuur B3.2 zijn waterstofbruggen tussen watermoleculen tussen ammoniakmoleculen weergegeven.

**Tip:** Hoe sterker de vanderwaalsbinding of waterstofbrug tussen moleculen, hoe hoger het kookpunt van een stof!



B3.2: In rood diverse waterstofbruggen tussen moleculen weergegeven.  
Links: watermoleculen. Rechts: ammoniakmoleculen.

Ook voor het beter begrijpen van waterstofbruggen hebben wij een bijpassend filmpje voor je opgezocht. Als je de QR code van filmpje 11 scant, dan word je meteen naar het juiste filmpje geleid!



## Ionbinding

Een **ionbinding** is een binding die ontstaat door de elektrische aantrekkingskracht tussen positieve en negatieve ionen. We vinden deze binding in een **ionrooster**. De sterkte van een ionbinding hangt af van de grootte van de ionladingen. Een ion van met een lading van +3 is sterker aangetrokken tot een lading van -1, dan een ion met een lading van +1. Ook hangt de sterkte van de ionbinding af van de afstand tussen de ionen. Je kunt je dit misschien voorstellen aan de hand van magneten: magneten zijn sterker tot elkaar aangetrokken, wanneer ze dichtbij elkaar zijn. Dit geldt dus ook voor ionen!

## Roosteropbouw en stoffeigenschappen

De soort bindingen die tussen de deeltjes zitten, die kenmerkend zijn voor elk type rooster, bepalen de **sterkte van de binding**. Hieronder staan de verschillende bindingen en hun eigenschappen beschreven.



Binding	Sterk?	Stroomgeleiding?
<b>Metaalbinding</b>	Sterke binding <b>Let op:</b> Het rooster is wel zwak!	<b>Geleidt stroom</b> , volgens Bohr zitten er weinig elektronen in de buitenste schil van het metaalrooster. Door de grote afstand tussen de valentie-elektronen en de (positieve) kern kunnen de elektronen vrij bewegen!  In vaste toestand geleiden de elektronen de stroom, in vloeibare toestand kunnen ook de positieve ionen stroom geleiden.
<b>Ionbinding</b>	Sterke binding	Een zout geleidt <b>alleen stroom in de vloeibare fase (opgelost of gesmolten)</b> , omdat dan de positieve en negatieve ionen zich vrij kunnen bewegen. Anders dan bij metalen, hebben ze dus als vaste stof een vaste plek in het ionrooster!
<b>Vanderwaalsbinding</b>  <b>Dipool-dipool binding</b>  <b>Waterstofbruggen</b>	Hangt af van molecuulmassa  Treedt op naast vanderwaalsbinding, maar is vaak sterker.  Treedt op naast de vanderwaalsbinding, maar is vaak sterker.	Zowel in vaste als in vloeibare fase geleidt een moleculaire stof <b>geen</b> stroom. Dit komt omdat moleculaire stoffen opgebouwd zijn uit ongeladen moleculen.
<b>Atoombinding (=covalente binding)</b>	Zeer sterk	Geleidt <b>slecht tot niet</b> .

Tabel B3.2: Overzicht van verschillende roosters en stroomgeleiding

Ook in deze tabel hebben we dus gekeken naar de sterkte van een binding. Maar hoe, kunnen we nou afleiden hoe sterk een binding is? Dat kan op twee manieren:

1. De **faseovergang van een stof**.
2. De **mate waarin de stof zich hecht aan het oppervlak**.

Laten we ze even bekijken.

### 1. De faseovergang van een stof

Om dit uit te leggen gebruiken we twee gegevens:

- de **aantrekkingskracht** tussen de moleculen wordt veroorzaakt door de binding,
- de **temperatuurstijging** of -daling zorgt voor een faseovergang, waarin de deeltjes sneller of langzamer gaan bewegen.

**Tip:** om een vaste stof vloeibaar te maken, of een vloeistof gasvormig te maken, moeten de onderlinge vanderwaalskracht en/of waterstofbruggen worden verbroken. Hoe meer en hoe sterker die krachten aanwezig zijn, hoe hoger het uiteindelijke smelt- of kookpunt!

### 2. Contactoppervlak van de stof

Bij de **vanderwaalsbinding** geldt: hoe groter het contactoppervlak tussen de moleculen, hoe sterker de binding.



**Conclusie: er zijn verschillende bindingen die zorgen voor andere stoffeigenschappen.**

Het soort rooster waaruit de moleculen zijn opgebouwd bepaalt of de stof stroom kan geleiden of niet. Uit welk rooster een stof is opgebouwd, hangt af van de **soort bindingen** die tussen atomen en moleculen mogelijk zijn.

Hoe hoger het smelt- / kookpunt van een stof, hoe sterker de binding. Dit betekent dat je meer energie nodig hebt (hogere temperatuur) om de aantrekkingskracht tussen de moleculen te kunnen verzwakken.

Daarnaast geldt voor vanderwaalsbindingen het volgende: hoe groter het contactoppervlak, hoe sterker de binding. Tussen moleculen met een ronde vorm zullen de vanderwaalsbindingen zwakker zijn dan tussen moleculen met een rechte vorm.

**Hydrofiel of hydrofoob?**

Als we een stof oplossen, worden de bindingen tussen de moleculen verbroken. De moleculen vormen nieuwe bindingen met het oplossingsmiddel. Zo lossen stoffen met een waterstofbrug of een dipool-dipoolbinding goed op in water (polaire stoffen lossen goed op in polaire oplosmiddelen). Apolaire stoffen lossen goed op in apolaire oplosmiddelen.

Als een stof oplosbaar is in meerdere oplosmiddelen, kan er een evenwicht ontstaan. Dit heet dan een **verdelingsevenwicht**. Het verdelingevenwicht bereken je door:

$$\text{Constant} = \frac{\text{concentratie } A \text{ (aq)}}{\text{concentratie } B}$$

$A \text{ (aq)} =$  concentratie moleculen opgelost in water

$B =$  concentratie moleculen in oplosmiddel

**Voorbeeldopgave**

In een reageerbuis wordt  $5,0 \cdot 10^{-5}$  mol  $I_2$  (jood) met 2,0 mL hexaan en 2,0 mL water gemengd totdat alle jood is opgelost en zich heeft verdeeld over de twee vloeistoflagen. We willen berekenen hoeveel jood er in hexaan en hoeveel jood er in water zit.

Bij een bepaalde temperatuur geldt de constante 9,0 voor het evenwicht. Bereken de hoeveelheid mol jood in water en hoeveelheid mol jood in hexaan voor het verdelingsevenwicht dat zich hier instelt.

**Antwoord**

We hebben de formule voor het verdelingsevenwicht, deze stellen we gelijk aan 9,0 (want dat is gegeven!):

$$\text{Constant} = \frac{A: \text{concentratie jood (aq)}}{B: \text{concentratie jood (hexaan)}} = 9,0$$

De totale concentratie jood is  $5,0 \cdot 10^{-5}$  mol. Dat is dus A (concentratie jood in water) en B (concentratie jood in hexaan) samen, want het is immers de totale hoeveelheid jood die zich zal verdelen over twee lagen. Dus:

$$5,0 \cdot 10^{-5} = A + B$$

We gaan deze formule omschrijven, A staat voor de concentratie jood dat is opgelost in water:

$$A = 5,0 \cdot 10^{-5} - B$$



We kunnen deze formule voor A invullen in de formule van het verdelingsevenwicht:

$$\frac{5,0 \cdot 10^{-5} - B}{B} = 9,0$$

Waarin B staat voor de concentratie jood in hexaan. Nu is het een kwestie van de vergelijking oplossen.

$$5,0 \cdot 10^{-5} - B = 9,0 B \text{ (delen door B)}$$

$$5,0 \cdot 10^{-5} = 10 B \text{ (optellen van 1B)}$$

$$\text{Concentratie jood in hexaan} = B = \frac{5,0 \cdot 10^{-5}}{10} = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Nu we de concentratie jood in hexaan weten, kunnen we ook de concentratie jood in water berekenen.

$$\frac{A: \text{concentratie jood (aq)}}{5,0 \cdot 10^{-6}} = 9,0 > A =$$

$$\text{Concentratie jood in water} = 9,0 \cdot 5,0 \cdot 10^{-6} = 4,5 \cdot 10^{-5}$$

We weten nu het aantal mol in 2,0 mL water en 2,0 mL hexaan. De concentratie wordt weergegeven in **mol per Liter**. We moeten dit dus nog omrekenen.

A:  $4,5 \cdot 10^{-5}$  mol jood in 2,0 mL water

Milliliter	2,0 mL	1000 mL
mol	$4,5 \cdot 10^{-5}$ mol	$2,3 \cdot 10^{-2}$ mol

De concentratie van jood in water is  $2,3 \cdot 10^{-2}$  mol/L.

B:  $5,0 \cdot 10^{-6}$  mol jood in 2,0 mL hexaan

Milliliter	2,0 mL	1000 mL
mol	$5,0 \cdot 10^{-6}$ mol	$2,5 \cdot 10^{-3}$ mol

De concentratie van jood in hexaan is  $2,5 \cdot 10^{-3}$  mol/L.



## Oefenopgaven

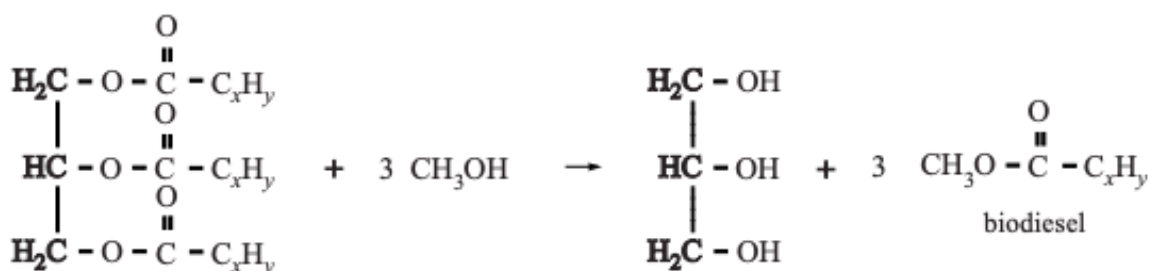
### Vraag 21

Als je kijkt naar de verdeling van elektronen over de verschillende banen bij koolstofatomen, hoe verklaar je dan:

- Dat koolstof vier bindingen kan aangaan?
- Dat neon een edelgas is?

### Vraag 22: uit eindexamen 2012-II

Frituurolie wordt voor het grootste deel niet geconsumeerd. Het moet wel regelmatig vervangen worden, waardoor een grote afvalstroom ontstaat. Deze afvalstroom kan onder andere gebruikt worden voor de productie van biodiesel. De productie van biodiesel gaat volgens een zogenoemde om-estering, waarbij methylesters van vetzuren ontstaan. De gevormde methylesters, de biodiesel, kunnen gemengd worden met gewone diesel. De schematische reactievergelijking voor de om-estering kan als volgt worden weergegeven:



De producten biodiesel en glycerol mengen niet en vormen een tweelagensysteem. Dit komt door een verschil in de bindingen tussen de moleculen.

Leg aan de hand van de structuurformules uit welke binding(en) tussen de moleculen aanwezig is/zijn in biodiesel en welke binding(en) tussen de moleculen aanwezig is/zijn in glycerol.

### Vraag 23

Men kan  $\text{V}_2\text{O}_2\text{P}_2\text{O}_7$  en  $\text{V}_2\text{OP}_2\text{O}_7$  beschouwen als stoffen die zijn opgebouwd uit vanadium (V)-ionen, oxide-ionen en  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ -ionen. Alle vanadiumionen in  $\text{V}_2\text{O}_2\text{P}_2\text{O}_7$  hebben dezelfde lading. Ook alle vanadiumionen in  $\text{V}_2\text{OP}_2\text{O}_7$  hebben dezelfde lading; deze lading verschilt echter van de lading van de vanadiumionen in  $\text{V}_2\text{O}_2\text{P}_2\text{O}_7$ .

Leid af welke lading een vanadiumion heeft in  $\text{V}_2\text{O}_2\text{P}_2\text{O}_7$  en welke lading het vanadiumion heeft in  $\text{V}_2\text{OP}_2\text{O}_7$ .



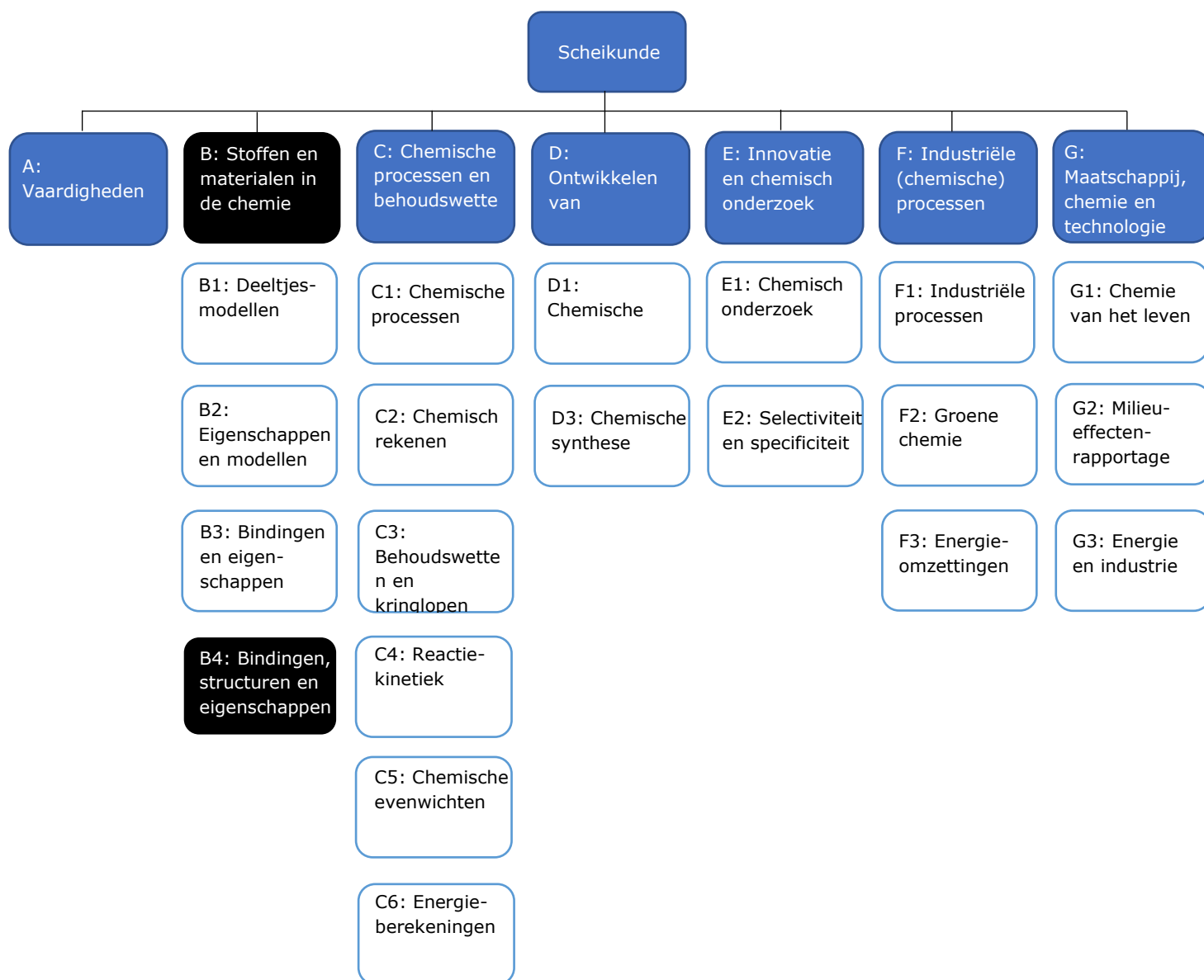


## Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen

Lekker bezig! Goed gedaan, we zijn bijna door het grootste domein heen! We hebben geleerd over verschillende stofstructuren en hoe deze zijn opgebouwd uit diverse roosters. Ook weten we dat de roosteropbouw en de soort binding de eigenschappen van een molecuul kan beïnvloeden. Hier gaan we in dit subdomein ook mee verder! We introduceren nu een nieuwe stof: **kunststoffen**.

Na dit hoofdstuk kun je:

- Op basis van kennis van structuren en de bindingen in en tussen deeltjes eigenschappen van stoffen en materialen verklaren.
- Vanuit de eigenschappen van stoffen en materialen structuren voorspellen.

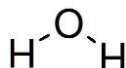




### Ruimtelijke bouw van een molecuul

Zoals eerder is beschreven, bestaat een molecuul uit positieve en negatieve ionen. De **valentie-elektronen** spelen een rol bij de ruimtelijke bouw van een molecuul. Om de ruimtelijk bouw weer te geven, maken we gebruik van een **Lewisstructuur**, ook wel elektronenformule genoemd. Deze Lewisformule maak je door alle valentie-elektronen in een formule in te tekenen in de **structuurformule**.

De structuurformule van H<sub>2</sub>O geef je als volgt weer:



De binding tussen twee atomen geef je weer door middel van een streepje. In een Lewisstructuur geef je valentie-elektronen in de structuurformule weer als groepjes van twee stippen. Dit zijn de niet-bindende elektronen.

### Een lewisstructuur opstellen

**Stap 1 Bepaal** het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

H-atoom heeft 1 valentie-elektron  
 O-atoom heeft 6 valentie-elektronen  
 Totaal:  $2 \cdot 1 + 6 = 8$  elektronen

**Stap 2 Bereken** hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

H-atoom: 2 elektronen (*uitzondering*)  
 O-atoom: 8 elektronen  
 Totaal:  $2 \cdot 2 + 8 = 12$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

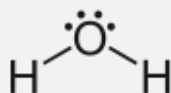
$$\text{Elektronentekort} = 12 - 8 = 4 \text{ elektronen}$$

$$\text{Aantal bindende elektronenparen: } \frac{4 \text{ elektronen tekort}}{2 \text{ elektronen per binding}} = 2 \text{ elektronenparen}$$

**Stap 4 Bereken** hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven. Lees nog even de alinea net boven dit vlak. Je leest dat in een Lewisstructuur de valentie-elektronen worden weergegeven als groepjes van twee stippen. Dit zijn de niet-bindende elektronen. Daar zijn we dus naar op zoek.

Totaal aantal elektronen is 8, dat zijn 4 paren (*stap 1*)  
 Aantal bindende elektronenparen is 2 (*stap 3*)  
 Er blijven  $4 - 2 = 2$  elektronenparen over.

**Stap 5** Teken de lewisstructuur. Het O-atoom wil graag 8 elektronen om zich heen, maar er zijn dus ook vrije elektronen en die tekenen we in de lewisstructuur.





**Tip:** Behalve van moleculen, kun je ook de Lewisstructuur opstellen van **ionen**. Hiervoor geldt hetzelfde stappenplan, alleen als het ion **negatief** geladen is moet je de lading **optellen** bij het aantal valentie-elektronen. Is de lading positief, dan trek je deze ervan af!

Bij **samengestelde ionen** kan de som van de lading op een atoom negatief of positief zijn. We spreken dan van een **formele lading**. De formele lading zit op een atoom. Je kunt bijvoorbeeld nitraat tekenen met een positieve N en twee negatieve O's.

### **Bepaal de formele lading van elk atoom in het amide-ion en geef deze aan in de structuur**

**Stap 1 Bepaal** het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99 (dat zijn het aantal elektronen in de buitenste schil).

Het amide-ion heeft formule  $\text{NH}_2^-$ :  
 H-atoom heeft 1 valentie-elektron  
 N-atoom heeft 5 valentie-elektronen  
 Totaal:  $2 \cdot 1 + 5 = 7$  elektronen

**Stap 2 Bereken** hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

H-atoom: 2 elektronen (*uitzondering*)  
 N-atoom: 8 elektronen  
 Totaal:  $2 \cdot 2 + 8 = 12$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

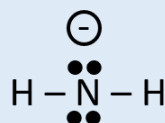
$$\text{Elektronentekort} = 12 - 7 = 5 \text{ elektronen}$$

$$\text{Aantal bindende elektronenparen: } \frac{5 \text{ elektronen tekort}}{2 \text{ elektronen per binding}} = 2 \text{ elektronenparen}$$

**Stap 4 Bereken** hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven. Lees nog even de alinea net boven dit vlak. Je leest dat in een Lewisstructuur de valentie-elektronen worden weergegeven als groepjes van twee stippen. Dit zijn de niet-bindende elektronen. Daar zijn we dus naar op zoek.

Totaal aantal elektronen is 7, dat zijn 3 paren (*stap 1*)  
 Aantal bindende elektronenparen is 2 (*stap 3*)  
 Er blijven  $5 - 2 = 3$  elektronenparen over.



**Stap 5** Teken de lewisstructuur. Het N-atoom wil graag 8 elektronen om zich heen, maar er is een elektronenpaar extra, hierdoor krijgt het N-atoom een **formele lading van -1**.





Nu we de Lewisstructuur kennen, gaan we nog een stapje verder. Bij het opstellen van een Lewisformule maak je gebruik van het aantal bindende en niet-bindende elektronenparen. Deze kunnen elkaar **afstoten** en dus zo ver mogelijk van elkaar zitten. Deze denkwijze heet **VSEPR** (Valance-Shell-Electron-Pair-Repulsion). Met de **VSEPR-theorie** voorspel je het **omringingsgetal** van het centrale atoom.

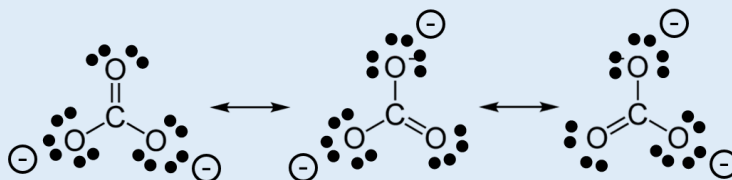
Het omringingsgetal kun je bepalen wanneer je de Lewisstructuur van het molecuul hebt opgesteld. Het omringingsgetal is de **som** van het aantal atomen dat direct aan het centrale atoom is gebonden en het aantal niet-bindende elektronenparen van het atoom. In tabel B4.1 staan de verschillende omringingen die een molecuul kan hebben en de bijbehorende ruimtelijke structuur.

SEPR methode			
Omringsgetal	2	3	4
Molecuulbouw	Lineair	Driehoek	Tetraëder
Bindingshoeken	180 graden	120 graden	109 graden
Ruimtelijke bouw	O = C = O		

Tabel B4.1: De VSEPR-methode

### Let op:

Als je van het molecuul of ion meerdere Lewisstructuren kunt maken, heet dat **mesomerie**. De verschillende Lewisstructuren heten dan **mesomere grensstructuren**. Hoe meer mesomere grensstructuren een molecuul of ion heeft, hoe stabiel het is. Mesomerie teken je door eerst de Lewisstructuur te maken inclusief de formele lading en van daaruit de elektronenparen te verschuiven. Daarnaast teken je ook de niet-bindende elektronenparen.



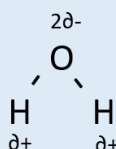
**Tip:** Eigenlijk is een dubbele binding een elektronenrijke regio. De elektronen staan niet stil, maar bewegen. Door de verplaatsing van elektronen wordt het molecuul stabiel. Door het verspringen van de elektronen paren, verspringt ook de formele lading!

In video 12 wordt het maken van een lewisstructuur nogmaals uitgelegd. Dus, heb je hier nog moeite mee? Aarzel niet, en scan die QR code! Hoe vaker je dit hoort en oefent, hoe gemakkelijker het gaat worden.

Heb je het opstellen van lewisstructuren onder de knie? Kijk dan pas naar video 13 over het bepalen van de formele lading. Voor het bepalen van de formele lading, moet je wel een lewisstructuur kunnen tekenen. Bekijk de video's dus echt in de juiste volgorde. Succes!



Uit het verschil van ruimtelijke bouw (**microniveau**) van een molecuul kun je het verschil in stofeigenschappen (**macroniveau**) bepalen. Op macroniveau kun je bijvoorbeeld zien dat de ene stof minder goed oplost dan de andere. Dit verschijnsel kun je verklaren op microniveau. Zo kun je ook op microniveau voorspellen of een molecuul een **dipool** is of niet. In het voorbeeld hieronder zie je drie dipolen:



De bovenstaande van water is een dipool molecuul. Deze moleculen hebben een duidelijke positieve en negatieve kant. Een dipool molecuul kan een **dipool-dipool-binding** aangaan met watermoleculen, die ook dipool zijn.

Om deze binding aan te gaan moet er in het molecuul een duidelijke kant zijn met een **negatieve partiële lading** ( $\delta^-$ ). Waterstofatomen in de watermoleculen hebben namelijk altijd een **positieve partiële lading** ( $\delta^+$ ).

Wanneer is dit nu belangrijk? De ruimtelijke structuur en de lading van een molecuul kan bepalen of een stof goed oplost in water of niet. Wanneer er dipool-dipool-bindingen gevormd kunnen worden, lost een molecuul dus goed op in water.

## Oefenopgaven

### Vraag 24

Stel de Lewisstructuur van het carbonaation op.

### Vraag 25

Raspoetin was een pelgrim die aan het begin van de twintigste eeuw veel macht had aan het hof van de Russische tsaar Nicolaas II. Raspoetin werd in december 1916 vermoord. In eerste instantie wilde men hem vermoorden met gebak met kaliumcyanide erin. Normaal gesproken zou dit dodelijk zijn, maar Raspoetin was zelfs na vier gebakjes nog niet dood.

Lange tijd bleef het een mysterie waarom Raspoetin niet doodging na het innemen van het giftige kaliumcyanide. Een van de theorieën is dat Raspoetin geen maagzuur had, waardoor het kaliumcyanide niet werd omgezet tot het giftige gas blauwzuur.



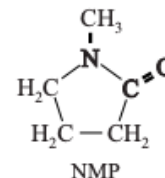
Een blauwzuurmolecuul bestaat uit een C-atoom, een N-atoom en een H-atoom.

- Bepaal de formele ladingen in een blauwzuurmolecuul aan de hand van de Lewisstructuur.
- Bepaal met VSEPR wat de ruimtelijke bouw van een blauwzuurmolecuul is.

### Vraag 26: uit eindexamen 2017-I

NMP is een oplosmiddel dat op grote schaal wordt gebruikt om koolwaterstoffen op te lossen. Het is ook goed oplosbaar in water. De oplosbaarheid van NMP in water is te verklaren met behulp van de Lewisstructuur van een mesomere grensstructuur van NMP. In deze Lewisstructuur komen formele ladingen voor.

Geef de Lewisstructuur van het weergegeven NMP en van de andere mesomere grensstructuur van NMP. Geef formele ladingen aan in de structuren. De Lewisstructuren moeten voldoen aan de octetregel.



## Eigenschappen van kunststoffen

In de chemie onderscheiden we twee soorten kunststoffen (**polymeren**): thermoharders en thermoplasten.

**Thermoplasten** bestaan uit losse polymeerketens (lange ketens die uit C- en H-atomen bestaan). Deze ketens worden bij elkaar gehouden door **vanderwaalsverbindingen**. Ze worden zacht als je ze verwarmt en zijn dus goed vervormbaar. De bindingen tussen de atomen in een thermoplast zijn dus gemakkelijk te verbreken door een temperatuurstijging. Een voorbeeld van een thermoplast is PVC (polyvinylchloride), dit is een van de meest gebruikte kunststoffen!

De flexibiliteit van een thermoplast hangt af van:

- De grootte van de zijketens van het polymeermolecuul**
- De polymerisatiegraad**
- De aanwezigheid van weekmakers**

Hoe groter de zijketens van het polymeermolecuul, hoe minder flexibel het molecuul is.

Hoe langer het polymeermolecuul, hoe minder flexibel het molecuul is.

Toevoeging van **weekmakers** maakt het polymeermolecuul **flexibeler**.

(Een weekmaker heeft een lage molecuulmassa, die gaat tussen de polymeermoleculen zitten. Hierdoor wordt het contactoppervlak kleiner en de vanderwaalsbindingen zwakker).

**Thermoharders** blijven hard bij het verwarmen. Dit komt omdat de kunststofketens onderling met elkaar verbonden zijn, door **crosslinks** (dit is een atoombinding). Door deze crosslinks ontstaat er een **polymeernetwerk**. Door dit netwerk zijn thermoharders niet flexibel. Het vormen van crosslinks kan als er nog dubbele bindingen in de losse ketens aanwezig zijn. Een voorbeeld van een thermoharder is bakeliet. Dit is een kunststof die bijvoorbeeld gebruikt wordt voor het maken van hittebestendige handvatten voor hittebestendige pannen of voor de behuizing van elektrische apparaten, zoals een föhn.



**Let op!** Kunststoffen bestaan uit verschillende polymeerketens, die niet allemaal even lang zijn. Daarom spreken we in de praktijk van **gemiddelde ketenlengte** en **gemiddelde molecuulmassa**.

Zorg ook dat je BINAS tabel 10B, 66E en 67A goed bestudeert voor je eindexamen. (Naamgeving van kunststoffen herken je door het voorvoegsel poly-).

**Tip:** Geen paniek, meer over polymeren leren we in domein D!

Als je de volgende QR-code scant, dan wordt de stof die over thermoplasten en thermoharders zoals hierboven beschreven nog eens herhaald. Dat kan heel handig zijn! Het is belangrijk dat je precies het verschil tussen thermoharders en thermoplasten kunt vertellen. Je kunt jezelf dan testen door de oefenvragen aan het eind van domein B4 te maken. Succes!



## Eigenschappen van composieten, legeringen en keramische materialen

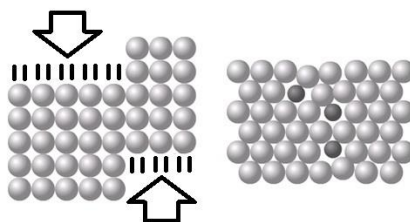
Zo, dat was weer een stevig stukje theorie, of niet? Je kunt je vast wel voorstellen dat de stof die we hiervoor hebben gehad, de reden is dat mensen scheikunde een lastig vak vinden. Geef ze maar eens ongelijk.

Misschien heb je je in al die jaren dat je scheikunde (maar misschien ook andere vakken) volgt wel eens afgevraagd: wat kan ik hier nu eigenlijk mee? Voor scheikunde is de koppeling tussen theorie en praktijk altijd snel gemaakt.

Ga maar na. Tegenwoordig zijn onderzoekers en producenten enorm gefocust op het ontwikkelen van sterkere en lichtere materialen. Bijvoorbeeld voor frames van racefietsen en Formule 1-auto's, en zelfs voor vliegtuigen. Hiervoor worden vaak **composieten** gebruikt. Composieten zijn opgebouwd uit twee of meer materialen die sterk verschillen in eigenschappen. Een voorbeeld hiervan is het versterken van kunststoffen met vezels. Een ander goed voorwerp is gewapend beton. Het beton wordt versterkt met een ijzeren vlechtwerk, waardoor het veel steviger is! Het beton zelf is prima bestand tegen drukkrachten, maar niet tegen trekkrachten. Het ijzeren vlechtwerk is juist heel goed bestand tegen trekkrachten!

We hebben het in domein B2 al even gehad over **legeringen**. Een legering is een mengsel van één of meerdere metalen. Legeringen zijn vaak sterker dan zuiver metaal, omdat het sterk geordende metaalrooster onderbroken wordt door andere atomen. Een voorbeeld hiervan is het gebruiken van zuiver ijzer en koolstof, waardoor staal ontstaat!

Kijk maar eens mee in figuur B4.1: wanneer we zuiver ijzer hebben zijn de ijzeratomen perfect geordend. Hierdoor schuiven ze gemakkelijk langs elkaar (zie de figuur) en is het metaal veel buigzamer en minder sterk. Wanneer we het metaalrooster verstoren door koolstof toe te voegen, kan dit schuiven niet meer! Met als resultaat dat het materiaal brosser, maar steviger wordt.



B4.1: Weergave van: zuiver ijzer (links), en een legering van ijzer en koolstof (rechts)



Legeringen zijn corrosiegevoelig. **Corrosie** is een proces waarbij metalen roesten, in aanwezigheid van water en zuurstof. De **corrosiegevoeligheid** van metalen verschilt. Dit wil zeggen dat het ene metaal veel sneller gaat roesten dan het andere. Met behulp van de **edelheid van metalen** kunnen we bepalen in welke mate een metaal kan worden aangetast door oxidatie (roesten). De edelmetalen worden niet aangetast door water en zuurstof, denk hierbij aan goud of zilver. Onedele metalen worden juist wel snel aangetast door oxidatie. Een voorbeeld van een onedel metaal is bijvoorbeeld aluminium of ijzer.

**Tip:** We spreken over corrosie, omdat roesten eigenlijk alleen slaat op de oxidatie van ijzer!

De corrosie van metalen kan worden tegengegaan met behulp van een **beschermende laag**. Zo wordt het metaal beschermd voor de lucht (zuurstof en water), waardoor er geen oxidatie kan plaatsvinden. Deze beschermende laag wordt soms ook **metaaloxidelaag** genoemd. Dus naast dat een laklaag een auto een mooie kleur geeft, is de laklaag ook super functioneel en beschermt het de auto tegen corrosie!

**Keramik** is een anorganisch materiaal dat uit twee of meer verschillende atoomsoorten bestaat. Hiervan is ten minste één atoomsoort een niet-metaal. Keramik ontstaat door het sterk verhitten van de kleine materiaal korrels, hierdoor vloeit het materiaal samen. Dit proces heet **sinteren**. Het keramische materiaal geleidt warmte en elektriciteit zeer beperkt.

Keramik is een heel hard en bros materiaal, omdat de ionen of niet-metalen sterk gerangschikt zijn. Keramik heeft een hoog smeltpunt en is niet vervormbaar. We hebben twee verschillende soorten keramik, namelijk:

- **Ionair keramik**
- **Covalent keramik**

We zullen deze even kort behandelen. **Ionair keramik** ontstaat uit zouten en is gerangschikt in een **ionrooster**. Zoals we al hebben besproken, hebben de ionen in dit rooster een sterke onderlinge aantrekkingskracht. Als je twee lagen ionen langs elkaar wilt schuiven dan moet de ionbinding tussen veel ionen tegelijk worden gebroken. Als de laag verschuift, bestaat de kans dat twee ionen die elkaar afstoten tegenover elkaar zitten. Hierdoor kan een breuk ontstaan. De tandarts gebruikt vaak een ionair keramik, namelijk zirkonium(IV)oxide, voor het maken van kronen en bruggen.

**Tip:** Kijk nog eens naar figuur B3.1 als je vergeten bent hoe een ionrooster er uitziet!

**Covalent keramik** bestaat uit niet-metalen. Deze niet-metalen zijn in een **atoomrooster** gerangschikt. In een atoomrooster zijn de atomen door hele sterke covalente bindingen verbonden. De bindingen kun je niet heel makkelijk verbreken, hierdoor heeft covalent keramik een zeer hoog smeltpunt: er moet heel veel energie in de vorm van warmte worden toegevoegd om de bindingen te verbreken. Ook is covalent keramik heel hard. Diamant is een heel bekend voorbeeld van covalent keramik!

Yes, we gaan lekker! Dit was alle theorie van domein B! We hebben nu een mooie basis gelegd om verder te gaan. Nog twee oefenopgaven te gaan en je bent helemaal door domein B heen. Ben je klaar voor de rest?

## Oefenopgaven

### Vraag 27

Leg in je eigen woorden uit waarom een legering sterker is dan een zuiver metaal.

### Vraag 28: uit eindexamen 2010-II

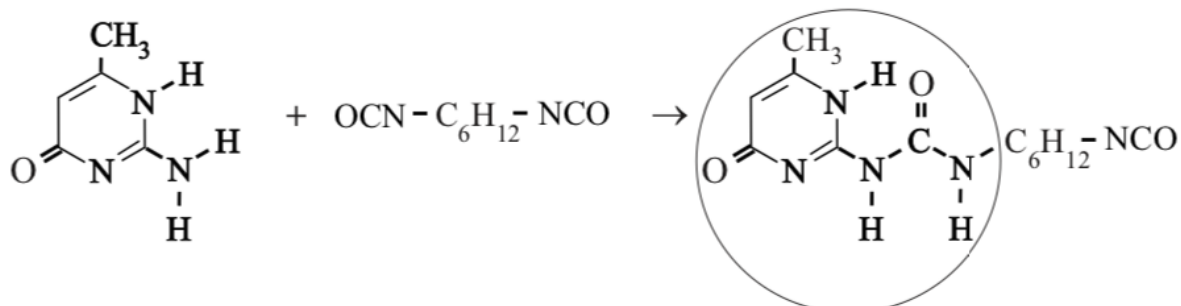
Onderzoekers aan de TU Eindhoven ontwikkelden een nieuw type polymeer met bijzondere eigenschappen: het supramoleculaire polymeer. Dit polymeer kan worden toegepast in verf. Wanneer een verflaag die deze polymeersoort bevat, beschadigd is, kan dat eenvoudig worden hersteld door de verflaag te verwarmen.





De synthese van dit supramoleculaire polymeer verloopt in twee stappen. In de eerste stap (reactie 1) reageert methylisocytosine met hexaan-di-isocynaat, waarvan de schematische structuurformule  $\text{OCN}-\text{C}_6\text{H}_{12}-\text{NCO}$  is. Deze reactie is hieronder weergegeven.

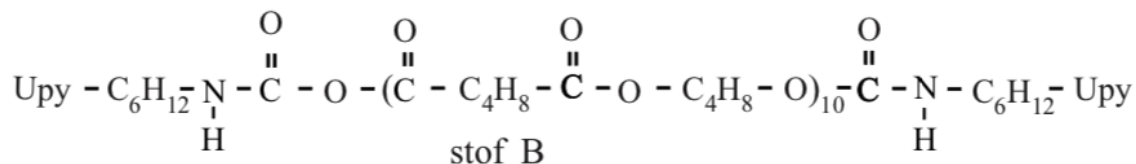
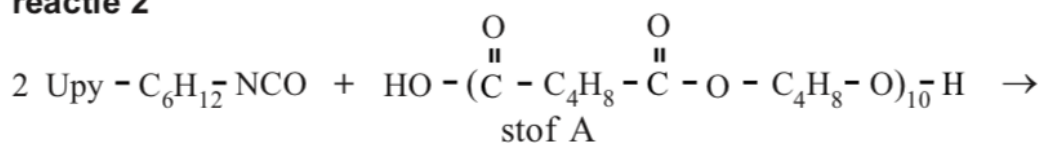
### reactie 1



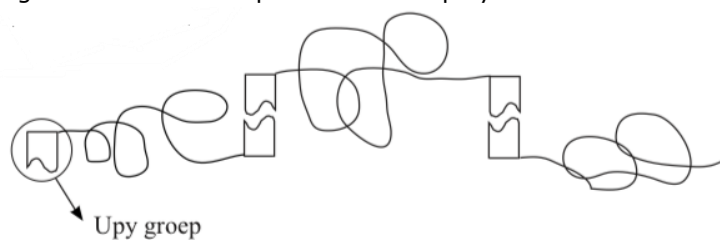
- a) Geef de volledige structuurformule van 1,6-hexaandi-isocynaat.

De omcirkelde groep in het reactieproduct van reactie 1 wordt de 2-ureido-4[1H]-pyrimidoongroep genoemd. In het vervolg van deze opgave wordt hij weergegeven met Upy. Het product van reactie 1 reageert in de tweede reactiestap (reactie 2) met stof A. Stof A wordt van tevoren gevormd in een reactie van twee stoffen.

### reactie 2



Er ontstaat een supramoleculaire polymeer, doordat moleculen van stof B zich via de Upygroepen aan elkaar binden. Hieronder is een gedeelte van het supramoleculaire polymeer schematisch weergegeven.



Aan elk uiteinde van een molecuul van stof B bevindt zich een Upygroep. De Upygroepen van twee verschillende moleculen van stof B zijn met elkaar verbonden via vier waterstofbruggen

- b) Teken twee Upygroepen en geef met vier stippellijntjes aan hoe beide Upygroepen door middel van waterstofbruggen aan elkaar zijn gebonden. Houd er rekening mee dat met de O-atomen van  $\text{C}=\text{O}$ -bindingen ook waterstofbruggen kunnen worden gevormd.

Door het aantal repeterende eenheden, het gedeelte in moleculen van stof B dat tussen haakjes staat, relatief laag te houden, krijgt het supramoleculaire polymeer bijzondere eigenschappen. Eén van die eigenschappen is dat krassen in verf waarin dit polymeer is verwerkt, gemakkelijk kunnen worden verholpen. De beschadigde verflaag wordt met een föhn verwarmd tot ongeveer  $140\text{ }^\circ\text{C}$ . Bij  $140\text{ }^\circ\text{C}$  worden de H-



bruggen tussen de Upygroepen verbroken en wordt de verf weer vloeibaar. Bij afkoelen tot kamertemperatuur wordt het oppervlak weer glad. Dit wordt het 'zelfherstellend vermogen' van de verf genoemd.

- c) Leg met behulp van begrippen op microniveau uit waarom het zelfherstellend vermogen wel optreedt als het aantal repeterende eenheden in de moleculen van stof B laag is en niet als dit aantal te hoog is.

### Afsluiting domein B

Zo, weer een onderdeel afgesloten. Goed bezig! Om nog extra te oefenen kun je inloggen op onze website: [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak en domein. Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de oefenvragen van domein B van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**

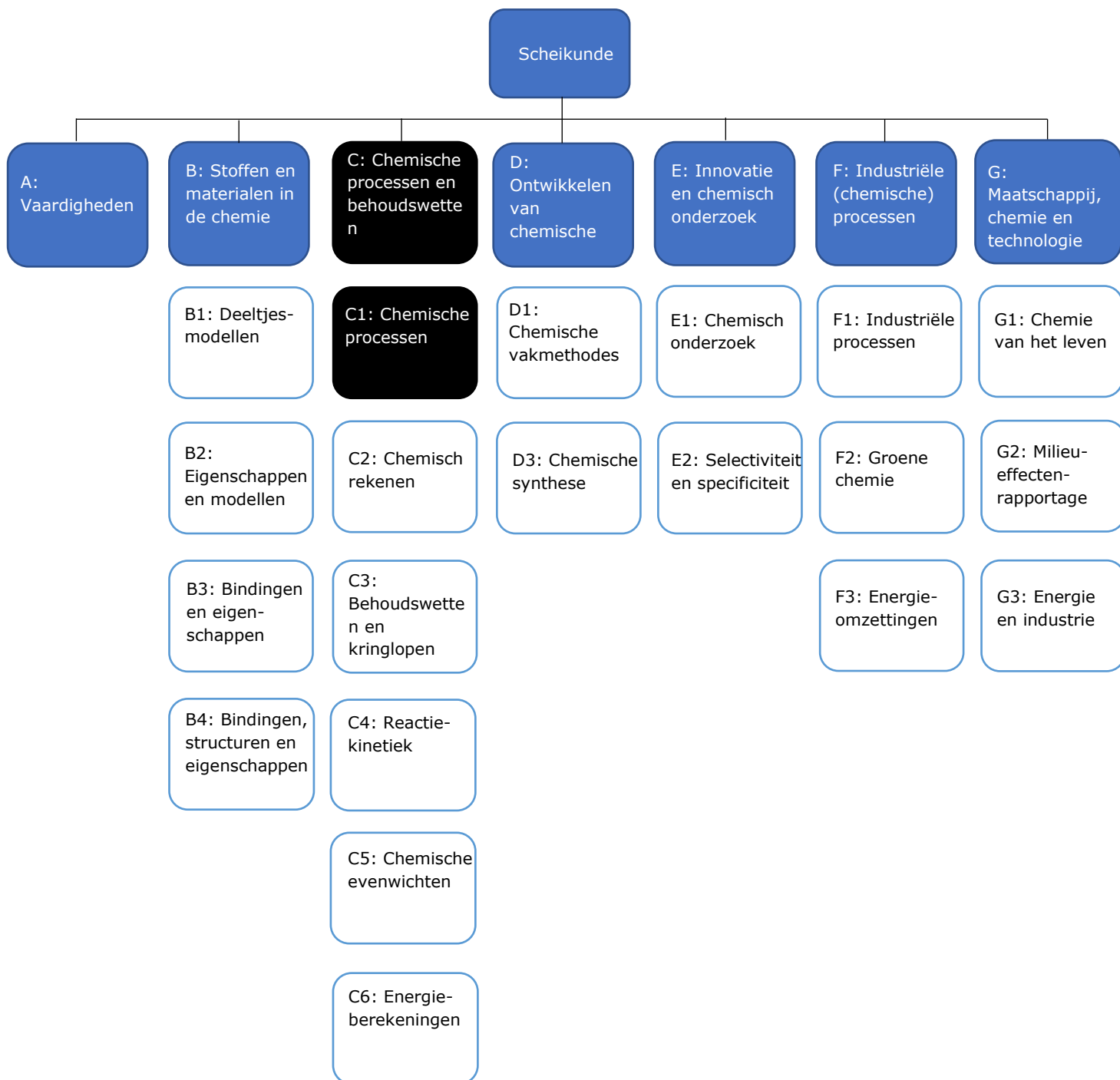




# Domein C: Chemische processen en behoudswetten

## Vakoverzicht

Lekker bezig! Goed gedaan, we zijn al door weer een domein heen! Dit domein, domein C, is een rekendomein. We hebben al tijdens het domein 'Stoffen en materialen' een beetje gerekend, zoals rekenen met de evenwichtsvoorwaarde en de zuurgraad. Die hebben we dus al mooi in the pocket!





## Subdomein C1: Chemische processen

Welkom bij domein C. We gaan het in domein C1 hebben over reacties. Bij een chemische reactie reageren beginstoffen tot reactieproducten. Heeft jouw docent ook een stukje natrium in het water gegooit, met een ontploffing en steekvlam tot gevolg? Dat is nog een onschuldig proefje, maar pas je dit op grotere schaal toe, dan vind je eenzelfde chemische reactie in een ontploffing van dynamiet. Chemische reacties zijn overal om ons heen. Hoe die reacties precies werken, gaan we behandelen in domein C!

Allereerst behandelen we verschillende reacties, je zult de kenmerken van deze reacties steeds beter gaan herkennen. Daarna kijken we naar het opstellen van een vergelijking die hoort bij zo'n reactie, want hoe pak je dat gemakkelijk aan? Dat gaan we allemaal leren in dit domein.

Laten we beginnen!

Wat je allemaal kan na dit hoofdstuk:

- Chemische reacties en fysische processen beschrijven in termen van reactiviteit.
- Chemische reacties beschrijven als het vormen en verbreken van bindingen.

### Chemische reacties

Zoals gezegd in de inleiding, reageren bij een chemische reactie beginstoffen tot andere eindproducten. Hierbij worden vaak bestaande bindingen verbroken. De atomen of ionen die overblijven wanneer de bindingen verbroken worden, zijn dus de bouwstenen voor nieuwe producten: er worden nieuwe verbindingen gevormd!

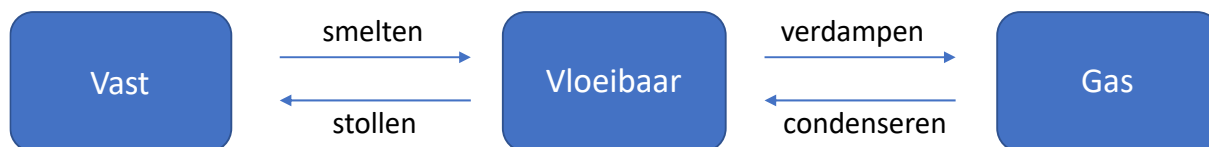
Het verbreken en het vormen van bindingen kost energie (endotherm) of levert juist energie op (exotherm). Eigenlijk treedt er bij een chemische reactie een energie-effect op. Elke stof heeft namelijk een eigen, stof-specifieke chemische energie. In het vorige domein hebben we het al kort even gehad over exotherme en endotherme processen. Bij een **exotherme reactie** hebben de beginstoffen een grotere chemische energie dan de reactieproducten. De resterende energie geven de beginstoffen af aan hun omgeving, denk aan warmte of licht. Een mooi voorbeeld is dat blokje natrium, als dat in contact komt met water.

Bij een **endotherme reactie** is dit precies andersom. De reactieproducten hebben een grotere chemische energie dan de beginproducten en daarom kost de energie om de reactie te laten verlopen: er moet extra energie worden toegevoerd. Een voorbeeld hiervan is de elektrolyse van water. Herinner je dat er in de les  $O_2$  en  $H_2$  (dat gaf zo'n leuk knalletje!) werd gevormd uit water? Nou, dat is een typisch voorbeeld van een endotherme reactie: er moet energie (in dit geval elektriciteit) worden toegevoerd om de reactie te laten verlopen!

Zo'n energie-effect zie je niet alleen bij chemische reacties, maar ook als je een stof oplost in water of tijdens **faseovergangen**. Er zijn vier faseovergangen die je moet kennen, dit zijn ze:

- **Smelten**
- **Stollen**
- **Verdampen**
- **Condenseren**

Wanneer een vaste stof vloeibaar wordt, heet dit **smelten**. Het tegenovergestelde, dat een vloeibare stof een vaste stof wordt, heet **stollen**. Als een vloeibare stof een gasvormige stof wordt heet dit **verdampen**. En ten slotte, als een gasvormige stof een vloeibare stof wordt, heet dit **condenseren**. De faseovergangen zijn hieronder weergegeven in een schematisch overzicht.



C1.1: De faseovergangen

### Reactievergelijkingen opstellen

Chemische reacties worden weergegeven in een **reactievergelijking**. Zo zie je heel snel welke stoffen er in het begin waren en welke stoffen er zijn ontstaan. We gaan een stappenplan bekijken dat je gaat helpen bij het opstellen van een reactievergelijking!

#### Het opstellen van een reactievergelijking

*Stap 1* Noteer de formules van alle bekende begin- en eindstoffen. Let hierbij op de fase!

Tip: Je kunt van een aantal stoffen de chemische formule in BINAS T66 vinden.

*Stap 2* Plaats de stoffen op de juiste plaats in een vergelijking: voor of na de pijl?

*Stap 3* Maak het aantal deeltjes van elke atoomsoort voor en na de pijl gelijk.

Tip: Begin met het plaatsen van coëfficiënten bij de moleculen, de elementen doe je als laatst!

*Stap 4* Als niet alle coëfficiënten gehele getallen zijn, vermenigvuldig je alle getallen.

*Stap 5* Controleer of je totale lading voor en na de pijl gelijk is.

Nog geen paniek, je hoeft dit stappenplan nu nog niet volledig te snappen. We gaan er straks nog genoeg mee oefenen!

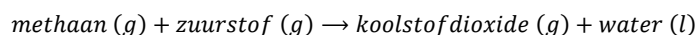
### Verbrandingsreacties

Een heel veel voorkomende chemische reactie is verbranding van een bepaalde brandstof. Dit kan een koolwaterstof zijn. Bij een verbrandingsreactie ontstaan er **oxides** van de elementen waaruit de verbranding is opgebouwd. Als er bijvoorbeeld een koolstofverbinding (verbinding die C bevat) wordt verbrand, ontstaan er koolstofdioxiden (CO, CO<sub>2</sub>). Als er een stikstofverbinding wordt verbrand, dan ontstaan er juist stikstofdioxiden.

Tip: bij verbrandingsreacties heb je altijd zuurstof (O<sub>2</sub>) voor de pijl nodig! Dit komt doordat een verbranding eigenlijk een reactie met zuurstof is.

Het is belangrijk dat er onderscheid wordt gemaakt in een **volledige verbranding** (in aanwezigheid van O<sub>2</sub>) en een **onvolledige verbranding** (bij te weinig O<sub>2</sub> of in totale afwezigheid van O<sub>2</sub>). De reactieproducten van een volledige verbranding van een koolwaterstof zijn H<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>.

Een voorbeeld van zo'n reactie is die van methaan en zuurstof. Hierbij ontstaan koolstofdioxide en water, kijk maar mee!

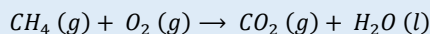


Voor het opstellen van de juiste reactievergelijking, maken we gebruik van het stappenplan dat we net besproken hebben.

**Stap 1**

De chemische formule van methaan staat gegeven in BINAS 66B. De elementen vind je BINAS 40A:

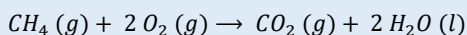
Methaan: CH<sub>4</sub>                  zuurstof: O<sub>2</sub>  
 Koolstofdioxide: CO<sub>2</sub>      water: H<sub>2</sub>O

**Stap 2****Stap 3**

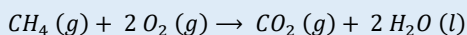
Het aantal O-atomen en H-atomen is voor en na de pijl niet gelijk, het aantal C atomen is wel gelijk. We kijken dus alleen naar de stoffen waar uitsluitend de atomen O en H in voorkomen.

We beginnen met het plaatsen van coëfficiënten bij moleculen (H<sub>2</sub>O) en daarna pas bij de elementen (O<sub>2</sub>). Voor de pijl hebben we vier H-atomen, en na de pijl hebben we twee H- atomen.

De vier H-atomen uit methaan kunnen dus 2 watermoleculen vormen: we zetten een 2 voor H<sub>2</sub>O. De verbranding van één molecuul methaan in molecuulformules is dus als volgt:



We hebben dan na de pijl vier O-atomen (twee uit koolstofdioxide en twee uit de twee watermoleculen). Voor de pijl hebben we twee O-atomen. Door een 2 voor O<sub>2</sub> te zetten, is de reactie kloppend:

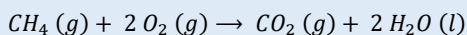
**Stap 4**

Alle coëfficiënten zijn hele getalen, dus we hoeven niet te vermenigvuldigen!

**Stap 5**

De lading is voor en na de pijl gelijk, want zowel de beginstoffen als reactieproducten zijn ongeladen.

De reactie van de verbranding van één molecuul methaan in molecuulformules is dus als volgt:



We zien dat er koolstofdioxide ontstaat. Dit klopt met de verwachting, want methaan is een koolstofverbinding. Zoals eerder gezegd, ontstaan er koolstfofoxiden bij de verbranding van een koolstofverbinding!

Wil je nog wat extra uitleg over het opstellen van een kloppende reactievergelijking? Scan dan de QR-code, en kijk de bijbehorende video. Het opstellen van een kloppende reactievergelijking is echt een essentieel onderdeel van het scheikunde examen, dus oefen net zo lang totdat je het volledig onder de knie hebt!





## Chemische reacties in water

We hebben al even gekeken naar fase-overgangen (onthoud: dit zijn geen chemische reacties!). In dit deel gaan we naar verschillende reacties in water kijken, en naar de eigenschappen van deze verschillende reacties!

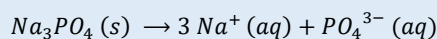
## Reacties van zouten in water

We beginnen eerst met het oplossen van **zouten**. In het vorige domein hebben we al geleerd dat een zout is opgebouwd uit een positief metaal- en een negatief niet-metaalion. Veel zouten lossen op in water. Watermoleculen zijn zoals gezegd in domein B, dipoolmoleculen. Wanneer een zout in water oplost, valt het in ionen uit elkaar. Een zout in oplossing kan hierdoor **stroom geleiden**.

In een watermolecuul is waterstof een klein beetje positief, we noemen dit ook wel  $\delta^+$ . Daarnaast is zuurstof een klein beetje negatief, dit wordt  $\delta^-$  genoemd. Door deze eigenschap gedragen watermoleculen zich anders als er geladen deeltjes aanwezig zijn.

Als een zout wordt opgelost in water, dan valt dit uiteen in een positief ion en een negatief ion. We bekijken het bijzondere gedrag van water aan de hand van het oplossen van natriumfosfaat.

Natriumfosfaat valt in water uiteen in drie positieve natriumionen en één negatief fosfaation.



Het O-atoom in water is, zoals gezegd, een klein beetje negatief. We weten dat negatieve deeltjes positieve deeltjes aantrekken. Hierdoor zal het O-atoom in water zich keren naar het positieve ion, en het zo 'omringen'.

De watermoleculen zullen zich andersom richten op het negatieve fosfaation, want de H-atomen zijn  $\delta^+$  deeltjes in het watermolecuul en trekken daardoor negatieve ionen aan.

Het omringen van ionen door watermoleculen wordt **hydratatie** genoemd, in een reactievergelijking geef je dit weer door (aq) achter het ion te zetten. Aq staat voor aqua, dit is Latijn voor water. Dit betekent dan ook opgelost in water! In video 2 kun je nog eens uitleg over hydratatie bekijken.

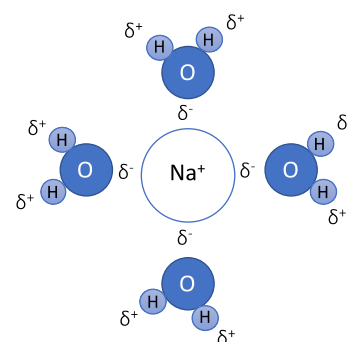
Als het ionrooster in een zout te sterk is, zal het water het zout niet kunnen hydrateren. Het desbetreffende zout zal dan matig tot slecht oplosbaar zijn. Het zout kan in dat geval een **neerslag** veroorzaken. Kun je je de proefjes waarin je zouten oploste nog herinneren? Een neerslag herken je vaak aan een witte waas in je reageerbuisje.

**Tip:** In BINAS 45A kun je vinden of een zout goed, matig of slecht oplost. Alle zouten met  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  en  $\text{NO}_3^-$  ionen lossen goed op!

## Reacties van zuren en basen in water

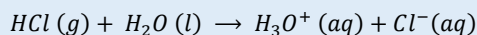
Ook zuren en basen kunnen worden opgelost in water. Als een zuur wordt opgelost in water, dan staat het zuur een proton ( $\text{H}^+$ ) af aan een watermolecuul ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Hierdoor ontstaan **oxoniumionen** ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Het zuur is de **protondonor**.

Waterstofchloride,  $\text{HCl}$ , is een sterk zuur. In domein B leerden we al dat een sterk zuur al zijn  $\text{H}^+$  afstaat. De reactie is aflopend, en we gebruiken daarom een enkele pijl in de chemische reactie.



C1.2: Het omringen van een  $\text{Na}^+$ -ion in water



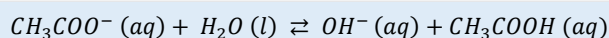


Alle oplossingen van zuren bevatten **oxoniumionen**.

Bij een base is het precies omgekeerd. Als een base wordt opgelost in water, dan neemt het een proton ( $H^+$ -deeltje) op. Een base is dus een **protonacceptor**.

In het onderstaande voorbeeld wordt dit geïllustreerd. Doordat de zwakke base  $CH_3COO^-$  een proton van het watermolecuul opneemt, ontstaat er een **hydroxide-ion** ( $OH^-$ ). De aanwezigheid van een hydroxide-ion is kenmerkend voor een basische oplossing.

In domein B hadden we al onderscheid gemaakt tussen sterke en zwakke basen: een sterke base reageert volledig weg en daardoor is de reactie is **aflopend**, een zwakke base reageert niet volledig weg en de reactie is in evenwicht (te zien aan de evenwichtspijlen).



Alle oplossingen van basen bevatten **hydroxide-ionen**.

Mocht je nog weer even willen nalezen hoe het ook alweer zit met zuren en basen, dan kun je dit in domein B4 (opnieuw) nalezen!

## Oefenopgaven

Zo, we hebben al aardig wat theorie behandeld! Voordat we verder gaan, maken we eerst een paar oefenopgaven. Als je iets niet snapt mag je het gewoon nalezen, want daar leer je ook van. Ook de uitgelezen kans om lekker te oefenen met het stappenplan!

### Vraag 1

Maak de volgende reactievergelijkingen kloppend door de juiste coëfficiënten te plaatsen.

- $..SiO_2 + ..C \rightarrow ..Si + ..CO$
- $..Na_2SiF_6 + ..Na \rightarrow ..Si + ..NaF$
- $..NaHCO_3 \rightarrow ..Na_2CO_3 + ..CO_2 + ..H_2O$
- $..Fe_2O_3 + ..CO \rightarrow ..Fe_3O_4 + ..CO_2$

### Vraag 2: uit eindexamen 2006-I

In autobenzine zijn zo'n tweehonderd verschillende stoffen aanwezig, waaronder een stof die met MTBE wordt aangeduid. De molecuulformule van MTBE is  $C_5H_{12}O$ .

Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van MTBE.

### Vraag 3: uit eindexamen 2017-II

Syngas is een mengsel van  $CO$  en  $H_2$ . Dit gas werd door onderzoekers omgezet tot kerosine. De gevormde kerosine had een gemiddelde molecuulformule van  $C_{14}H_{28}$ . Als bijproduct ontstond alleen water.

Geef de reactievergelijking voor de vorming van deze kerosine.





#### Vraag 4

Geef van de volgende beschrijvingen de kloppende reactievergelijkingen:

- Siliciumtetrachloride reageert met zuiver magnesium. Hierbij ontstaan silicium en magnesiumchloride.
- Magnesiumnitraat toevoegen aan een oplossing van natriumfosfaat.

#### Donor- en acceptor reacties

Je hebt net geoefend met chemische reacties in water. We gaan nu door naar weer een ander type reacties. Zoals we hierboven al in het kort hebben gezien, wordt er in een zuur-basereactie een proton, ofwel een  $H^+$ -deeltje, overgedragen van een zuur naar een base. Naast de zuur-basereactie is er nóg een reactie waarbij overdracht van een bepaald deeltje plaatsvindt. Dit is de **redoxreactie**. In een redoxreactie is er sprake van elektronenoverdracht.

Na het behandelen van dit deel kun je de reacties opstellen van:

- **Zuur-base reacties**
- **Redoxreacties**

#### Zuur-basereacties

Goed, we beginnen met wat herhaling. Zoals we al hebben behandeld, is een zuur een deeltje dat graag een  $H^+$ -deeltje afstaat. Er bestaan **sterke zuren** en **zwakke zuren**. Zoals we in domein B al hebben geleerd, splitst een sterk zuur zich volledig in ionen en staat al zijn  $H^+$  af: het zuur reageert volledig weg. Dit geef je in de reactievergelijking aan met en enkele pijl naar rechts. Een zwak zuur daarentegen splitst zich gedeeltelijk in ionen. Hierdoor ontstaat een **evenwichtsreactie**. Dit geven we in de reactievergelijking weer met dubbele pijlen; één naar links, en één naar rechts.

In BINAS 49 kun je vinden of een zuur of base sterk of zwak is. De sterke zuren staan links bovenaan en de sterke basen staan rechtsonderaan!

**Tip:** een oplossing van het sterke zuur HZ noteren we als ionen in een oplossing, namelijk:  $H_3O^+$  (aq) en  $Z^-$  (aq). Een oplossing van het zwakke zuur HX noteren we als het hele zuur: HX (aq).

Een base is een deeltje dat graag een  $H^+$ -deeltje opneemt. Ook bij de basen wordt er onderscheid gemaakt tussen **sterke basen** en **zwakke basen**. Een sterke base in een oplossing reageert volledig weg, terwijl er bij de zwakke base (net als bij het zwakke zuur) een evenwicht ontstaat.

Wanneer er meer zuren en/of basen aanwezig zijn, reageren eerst het sterke zuur en de sterke base (Let op: in tabel 49 van BINAS moet het zuur wel boven de base staan).

#### Geconjugeerd zuur of base

Ieder zuur heeft een gekoppelde base, we noemen dit binnen de scheikunde ook wel **geconjugeerde** base. Ook iedere base heeft een geconjugeerd zuur. Dit zuur en die specifieke base zijn aan elkaar gekoppeld.

Zodra een zuur een  $H^+$ -deeltje afstaat, is het resterende deel de geconjugeerde base. Dit deeltje kan namelijk weer opnieuw een  $H^+$ -deeltje opnemen.

- **$H_2O$  als zuur heeft  $OH^-$  als geconjugeerde base**
- **$H_2O$  als base heeft  $H_3O^+$  als geconjugeerd zuur**



Bij een zuur-basereactie 'verhuist' een proton van een zuur naar een base. We kunnen dit weergeven in een reactievergelijking. Soms zijn in een oplossing meerdere zuren en/of basen aanwezig. Wanneer dit het geval is, reageert de sterkste base met het sterkste zuur!

Om voor jezelf het overzicht te bewaren, hebben we ook een stappenplan gemaakt voor het opstellen van een zuur-basereactie. We zullen het stappenplan gaan bekijken, en meteen een voorbeeld gaan behandelen!

## Het opstellen van een zuur-base reactievergelijking

*Stap 1* Onderzoek welk deeltje het zuur en welk deeltje de base is.

*Stap 2* Bepaal of het zuur en de base sterk of zwak zijn.

**Tip:** Bij bovenstaande stappen gebruik je BINAS 49. In de linkerkolom staan alle zuren, en in de rechterkolom staan de basen. Ook zijn ze gerangschikt naar sterkte, links bovenaan vind je de sterke zuren. Deze hebben een zuurconstante die vele malen groter is dan 1 ( $\gg 1$ ). Daaronder vind je de zwakke zuren, ook deze zijn gerangschikt naar sterkte. Hoe lager het zuur staat, hoe minder sterk het is. Rechtsonder vind je de sterke basen. Hoe hoger een base staat, hoe zwakker de base is.

*Stap 3* Ga na of de reactie verloopt.

**Tip:** Als het zuur in BINAS 49 linksboven de base staat, verloopt de reactie.

*Stap 4* Noteer het geconjugeerde zuur en de geconjugeerde base.

**Tip:** een geconjugeerd zuur-basepaar staat op dezelfde regel in BINAS tabel 49!

*Stap 5* Zet het zuur en de base voor de pijl, en zet de geconjugeerden achter de pijl.

*Stap 6* Maak de reactievergelijking kloppend.

Als je dit stappenplan steeds blijft volgen, dan kun je eigenlijk alle vragen waarbij een zuur-basereactie opgesteld moet worden, maken. We gaan nu de vergelijking van de reactie van azijnzuur met natriumhydroxide opstellen, zodat we er meteen mee kunnen gaan oefenen!



### Het opstellen van de reactie van azijnzuur met natronloog.

*Stap 1* In BINAS 66A kun je een andere naam voor azijnzuur vinden, namelijk ethaanzuur. In de naam zie je al terug dat we te maken hebben met een zuur deeltje.

**Zuur: azijnzuur**                      **CH<sub>3</sub>COOH**

Natronloog is een oplossing van Na<sup>+</sup> en OH<sup>-</sup>. De aanwezigheid van hydroxide-ionen in natronloog wijst erop dat de stof basisch is.

**Base: natriumhydroxide**      **NaOH**

*Stap 2* Azijnzuur is een zwak zuur, dit kun je zien door azijnzuur op te zoeken in BINAS 49. Azijnzuur heeft een K<sub>z</sub> van 1,7 · 10<sup>-5</sup>. Hydroxide-ionen zijn sterke basen en hebben een K<sub>b</sub> >> 1, ook dit kun je terugvinden in BINAS 49. Omdat er een sterke base reageert, gebruik je één pijl.

*Stap 3* De reactie verloopt, want het zuur staat linksboven de base in BINAS 49.

*Stap 4* De geconjugeerde base van azijnzuur vind je op dezelfde regel in BINAS 49 en is CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>. Het geconjugeerde zuur van het hydroxide-ion, kun je ook vinden in BINAS 49 en is H<sub>2</sub>O.

*Stap 5 & 6*                                       $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

Als je de QR-code van video 3 scant, dan kom je bij een video waar zuur-basereacties nogmaals worden uitgelegd. Aarzel niet, als je het nog lastig vindt is het zeer aan te raden de filmpjes van scheikundelessen te kijken. Je zult merken, dat gaat je enorm helpen bij het écht begrijpen de stof!



### Buffersystemen

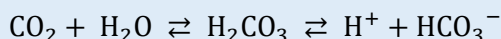
Zoals we al hebben gezien in domein B, verandert de pH van een oplossing wanneer er zuur of base wordt toegevoegd. Er is een uitzondering op de regel: het **buffersysteem**. In een bufferoplossing verandert de pH vrijwel niet bij het toevoegen van OH<sup>-</sup> of H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-ionen. Een buffer bestaat uit een zwak zuur met zijn zwakke geconjugeerde base. De zwakke base zal reageren met de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-ionen en het zwakke zuur zal reageren met de OH<sup>-</sup>-ionen.

In je lichaam worden bij verschillende processen zuren gevormd, die zouden kunnen zorgen voor een daling in de pH van je bloed. Als de pH van je bloed lager wordt dan 6,8, kan het zelfs levensbedreigend zijn. Het is dus van groot belang dat de pH in je bloed wordt gehandhaafd, hiervoor gebruikt je lichaam zo'n buffersysteem.

Het buffersysteem wordt ook wel de *koolzuurbuffer* genoemd en bestaat uit koolzuur (CO<sub>2</sub>) en waterstofcarbonaat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Als er een overschot aan H<sup>+</sup>-ionen in het bloed is, dan zou de pH gaan dalen. Echter, deze H<sup>+</sup> wordt weggevangen door het buffersysteem, waarbij de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (base) wordt omgezet tot H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Dit valt direct uiteen in H<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>. De CO<sub>2</sub> wordt vervolgens weer via de longen uitgeademd. Als er een tekort aan H<sup>+</sup>-ionen in het bloed is, dan zal H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> juist splitsen in H<sup>+</sup> en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. De HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> wordt via de nieren uitgescheiden en de nodige H<sup>+</sup> blijft in het bloed achter!

Op deze manier zorgt je lichaam, via een slim scheikundig principe, dat de pH van je bloed gezond blijft! Hieronder kun je de reacties die horen bij bovenstaand verhaal nog eens bekijken.

**Tip:** In een buffer heerst altijd evenwicht, daarom gebruik je altijd evenwichtspijlen!



## Oefenopgave

### Vraag 5

Bufferoplossingen worden vaak gebruikt bij biochemische processen om de zuurtegraad op een bepaalde constante waarde te houden.

- Waaruit bestaat een buffer?
- Leg uit wat er gebeurt met een bufferoplossing bij toevoeging van een kleine hoeveelheid zuur.
- Leg uit wat er gebeurt met een bufferoplossing bij toevoeging van een kleine hoeveelheid base.
- Leg uit wat er gebeurt bij verdunning van een bufferoplossing.

### Redoxreacties

Redoxreacties danken hun naam aan de termen **reductor** en **oxidator**. Zoals we al hebben benoemd in de inleiding, herken je een redoxreactie aan elektronenoverdracht. In een redoxreactie hebben we te maken met een donor, die elektronen ( $e^-$ ) afstaat en een acceptor, die elektronen ( $e^-$ ) opneemt. De reductor is de **elektronendonor** en de oxidator is de **elektronenacceptor**.

Reductor (donor)	Oxidator (acceptor)
<i>Staat elektronen af in een redoxreactie.</i>	<i>Neemt elektronen op in een redoxreactie.</i>
Alle <u>vaste</u> metalen (vormen positieve ionen en staan dus elektronen af)	Niet-metalen
Niet-metaal <u>ionen</u>	Metaalionen
Samengestelde ionen	

Tabel C1.1: Reductor en oxidator in redoxreacties

### Redoxkoppels

Een redoxkoppel is een bij elkaar horend oxidator-reductorpaar, ze zijn aan elkaar gekoppeld (dit noemen we ook wel geconjugeerd). In BINAS 48 vind je **halfreacties** waarbij de oxidator links en de reductor rechts staat. Je vindt de geconjugeerde paren steeds op dezelfde regel.

In BINAS 48 zijn de reacties gerangschikt naar afnemende oxidatorsterkte, dit betekent dat de sterkste oxidator helemaal bovenaan staat, en de zwakste oxidator helemaal onderaan. De sterkste reductor staat juist helemaal onderaan, en de zwakste reductor helemaal bovenaan.

Redoxreacties worden opgesteld aan de hand van halfreacties, één halfreactie van de oxidator en één van de reductor. Twee halfreacties vormen samen de **totaalreactie**. In de halfreacties zie je nog elektronen ( $e^-$ ) staan, maar deze zijn verdwenen in de totaalreactie.

**Tip:** Controleer bij een redoxreactie ook altijd of de lading voor en na de pijl gelijk is, want dan klopt de vergelijking!

Voor extra uitleg over het herkennen van redoxreacties kun je video 4 kijken. In deze video wordt ook nog eens benadrukt dat een redoxreactie uit twee halfreacties bestaat. Voor meer informatie over de halfreacties, kun je video 5 kijken!



In BINAS 48 vind je ook standaardelektrodepotentialen ( $V_0$ ) van verschillende oxidatoren en reductoren. Ook de bijbehorende halfreacties zijn hier gegeven. Hoe hoger  $V_0$ , hoe sterker de oxidator en hoe zwakker de reductor. Een reactie verloopt alleen wanneer de oxidator ver genoeg boven de reductor staat.

$$\Delta V_0 = V_{0(Ox)} - V_{0(Red)}$$

$\Delta V_0$	=	Verskil in standaardelektrodepotential
$\Delta V_{0(Ox)}$	=	Standaardelektrodepotential van oxidator
$\Delta V_{0(Red)}$	=	Standaardelektrodepotential van reductor

Een redoxreactie:

- Verloopt en is aflopend als  $\Delta V_0 \geq 0,3 V$
- Verloopt en is een evenwicht als  $-0,3 V < \Delta V_0 < 0,3 V$
- Verloopt niet als  $\Delta V_0 \leq -0,3 V$

Ook bij het opstellen van redoxreacties gebruiken we een stappenplan. Eerst bekijken we met welke stoffen we te maken hebben, om vervolgens de halfreacties op te zoeken of op te stellen. Wanneer je de juiste halfreacties hebt gevonden, hoef je alleen nog maar het aantal elektronen gelijk te maken en de totaalreactie op te stellen.

### Het opstellen van een redoxreacties

*Stap 1* Onderzoek welke deeltjes er zijn en schrijf deze allemaal op.

**Tip:** In een zuur milieu is er ook  $H^+$  aanwezig, en in een basisch milieu is er ook  $OH^-$  aanwezig!

*Stap 2* Zoek de sterkste reductor en schrijf de halfreactie op uit BINAS 48 (of leid deze af).

*Stap 3* Zoek de sterkste oxidator en schrijf de halfreactie op uit BINAS 48 (of leid deze af).

*Stap 4* Controleer met behulp van de standaardelektrodepotential of de reactie verloopt.

*Stap 5* Maak het aantal elektronen in beide halfreacties gelijk door coëfficiënten te plaatsen.

Let op: Je moet alle coëfficiënten in de halfreactie met hetzelfde getal vermenigvuldigen!

*Stap 6* Tel de halfreacties op: nu heb je de totaalreactie!

*Stap 7* Controleer (en vereenvoudig indien mogelijk).

We zullen ook meteen een voorbeeldopgave gaan behandelen met dit stappenplan. Kijk maar mee!



## Voorbeeldopgave: Stel de reactie van Ca (s) in een zoutzuuroplossing op

*Stap 1* We weten (vanuit de opgave) dat we te maken hebben met Ca (s) in een zoutzuuroplossing. In BINAS 66A kun je vinden dat zoutzuur een oplossing van waterstofchloride in water is.

We hebben dus H<sup>+</sup>- en Cl<sup>-</sup>-ionen in water (H<sub>2</sub>O).

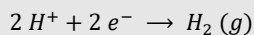
Aanwezige deeltjes: Ca (s), H<sup>+</sup> (aq), Cl<sup>-</sup> (aq), H<sub>2</sub>O (l).

*Stap 2* Calcium is een metaal (zie periodiek systeem, BINAS 99). In tabel C1.1 zie je dat alle vaste metalen reductoren zijn. Calcium is in dit geval dus de reductor.

Je vindt in BINAS 48, bij standaardelektrodepotentiaal  $V_0 = -2,87 \text{ V}$ , de volgende halfreactie:



*Stap 3* H<sup>+</sup> is de sterkste oxidator, en is ook het enige aanwezige deeltje dat in de oxidatorrij in BINAS 48 staat. Bij de standaardelektrode potentiaal  $V_0 = 0 \text{ V}$  vinden we de volgende halfreactie:



*Stap 4*

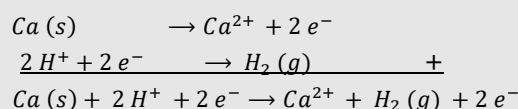
$$\begin{aligned} \Delta V_0 &= V_{0(\text{Ox})} - V_{0(\text{Red})} = \\ &V_{0(\text{H}^{+})} - V_{0(\text{Ca} (s))} = \\ &0 \text{ V} - (-2,87 \text{ V}) = 2,87 \text{ V} \end{aligned}$$

De  $\Delta V_0$  is 2,87 V en dat is groter dan 0,3 V, dus de reactie verloopt en is aflopend!

**Tip:** Een aflopende reactie betekent dat je gebruik maakt van een enkele pijl naar rechts.

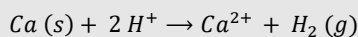
*Stap 5* Het aantal elektronen in de halfreacties is al gelijk, bij beide zijn er 2 elektronen.

*Stap 6*



Aan beide kanten van de pijl hebben we nu twee elektronen, deze worden weggestreept.

Onze totaalreactie is:



*Stap 7* In dit geval kunnen we niets meer vereenvoudigen.



### Waar moet je op letten bij redoxreacties?

- Zijn er voor **en** na de pijl evenveel atomen van elke soort?
- Is er voor **en** na de pijl dezelfde lading?
- Komen voor **of** na de pijl elektronen voor?

In video 6 en 7 wordt BINAS 48 samen met je doorgenomen. Vind je dit een lastige tabel om te gebruiken? Kijk dan ten minste video 6! In video 7 wordt een voorbeeld behandeld van een redoxreactie opstellen. Ook hier wordt gebruik gemaakt van een stappenplan. Snap je het al helemaal? Dan kun je verder lezen over toepassingen en de oefenopdrachten gaan maken!



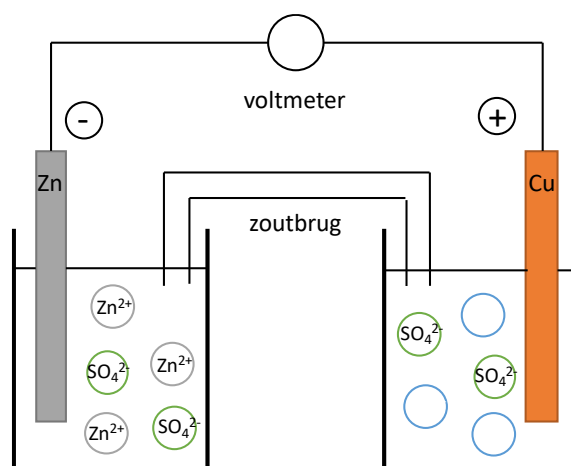
### Toepassingen redoxreacties

Nu we weer op een rijtje hebben hoe het ook alweer zat met de redoxreacties, gaan we eens kijken of we de redoxreacties ook kunnen gaan toepassen. In de praktijk kun je dit principe zien terugkomen in bijvoorbeeld het opladen van een batterij: **de elektrochemische cel**.

Een elektrochemische cel bestaat uit twee halfcellen, beide gevuld met een elektrolyt. In beide halfcellen is een elektrode aanwezig, deze elektrodes zijn verbonden met een geleidende draad. De halfcellen zijn verbonden door een zoutbrug. Deze zorgt voor het sluiten van de stroomkring, maar doet niet mee in de reactie!

In de ene halfcel verloopt de oxidatorreactie en in de andere halfcel de reductorreactie. Hierdoor ontstaat er een elektronenstroom. Deze elektronenstroom kan gebruikt worden als energiebron, bijvoorbeeld voor de accu van je mobiele telefoon!

Aan de hand van een voorbeeld gaan we eens kijken hoe je de reactie, die plaatsvindt in een elektrochemische cel, kunt bepalen. We gebruiken een voorbeeld waarbij de ene halfcel een zinkstaafje ( $Zn(s)$ ) in een zinksulfaatoplossing bevat en de andere halfcel een staafje koper in een koper(II)sulfaatoplossing. Deze metaalstaafjes zijn de eerdergenoemde elektrodes. In figuur C1.2 zie je de opstelling.



C1.2: Een elektrochemische cel



Voor het opstellen van de reacties van bovenstaande elektrochemische cel gebruiken we opnieuw ons mooie stappenplan van zojuist. We doen het stap voor stap, zodat je goed het overzicht houdt wat we precies aan het doen zijn!

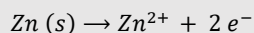
### Voorbeeldopgave

Het opstellen van de juiste redoxreactie bij de elektrochemische cel uit C1.3.

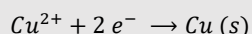
*Stap 1* In de elektrochemische cel hebben we met twee vaste metalen te maken, namelijk Zn (s) en Cu (s). Daarnaast zitten er in het linkerdeel van de cel  $Zn^{2+}$ - en  $SO_4^{2-}$ -ionen. In het rechtergedeelte van de cel zijn er  $Cu^{2+}$ - en  $SO_4^{2-}$ -ionen aanwezig.

Totaal aanwezige deeltjes: Zn (s),  $Zn^{2+}$ , Cu (s),  $Cu^{2+}$  en  $SO_4^{2-}$ .

*Stap 2* In tabel C1.1 kun je vinden dat reductoren vaak vaste metalen of niet-metaalionen zijn. Van onze aanwezige deeltjes vinden we Zn (s) en Cu (s) terug in de rechterrij van BINAS 48, waar de reductoren staan. Hiervan is Zn (s) de sterkste reductor, want deze staat lager dan Cu (s). Bij standaardelektrodepotentiaal  $V_0 = -0,76 V$  vinden we de volgende halfreactie:



*Stap 3* In tabel C1.1 kun je zien dat oxidatoren vaak niet-metalen of metaalionen zijn. Van de aanwezige deeltjes vinden we zowel  $Cu^{2+}$  als  $Zn^{2+}$  terug in de rij van oxidatoren in BINAS 48. Zoals eerder gezegd: hoe hoger de oxidator staat in de rij in BINAS 48, hoe sterker deze is als oxidator. In dit geval staat  $Cu^{2+}$  een stuk hoger dan  $Zn^{2+}$ , dus de koperionen zijn de sterkste oxidator. Bij standaardelektrodepotentiaal  $V_0 = 0,34 V$  vinden we de volgende halfreactie:



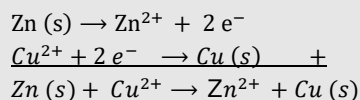
*Stap 4*

$$\begin{aligned} \Delta V_0 &= V_{0(ox)} - V_{0(red)} = \\ &= V_{0(Cu^{2+})} - V_{0(Zn(s))} = \\ &= 0,34 V - (-0,76 V) = 1,10 V \end{aligned}$$

De  $\Delta V_0$  is 1,10 V en dat is groter dan 0,3 V, dus de reactie verloopt en is aflopend!

*Stap 5* Het aantal elektronen in de halfreacties is al gelijk, dus we hoeven niet te vermenigvuldigen!

*Stap 6*



We weten nu dat zink de reductor is en dat de koperionen de oxidator zijn. Ook hebben we al de reactievergelijking opgesteld, we gaan lekker! Maar welke kant gaan de elektronen nu eigenlijk op? Het is handig om voor jezelf te onthouden dat de elektrode waar de reductorreactie plaatsvindt, de negatieve elektrode is. Je ziet ook in de halfreactie dat hier elektronen ontstaan (zie stap 2, na de pijl)!

De elektronen stromen van de negatieve pool naar de positieve pool: dus, van de reductor naar de oxidator. Na verloop van tijd zal in bovenstaand voorbeeld het zinkstaafje steeds kleiner worden, en het koperstaafje? Dat wordt steeds een beetje groter, want er wordt Cu (s) gevormd, kijk maar in de totaalreactie in stap 6. Het zinkstaafje zal steeds kleiner worden, maar het koperstaafje steeds groter (want er ontstaat steeds meer Cu (s))!





In de praktijk wordt in plaats van een zoutbrug, vaak gebruik gemaakt van een **membraan** als scheiding voor de halfcel met oxidator en de halfcel met de reductor. Een membraan is een poreuze wand die selectief ionen kan doorlaten, hierdoor blijft de stroomkring gesloten. Met een membraan zorg je er dus ook voor dat de oxidator en de reductor niet rechtstreeks met elkaar reageren!

**Tip:** De elektrode waar de reductiereactie plaatsvindt, is de negatieve elektrode!

In video 8 en 9 kun je nog eens uitleg over de elektrochemische cel én toepassing bekijken! Vind je het nog een lastig onderdeel? Het enige dat je hoeft te doen is je telefoon te pakken en de QR-codes te scannen. Succes!



### Elektrolyse

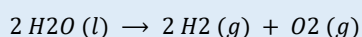
We hebben nu geleerd hoe een elektrochemische cel, bijvoorbeeld de accu in je telefoon, werkt. Maar we weten ook allemaal dat je telefoon leeg raakt als je aan het Whatsappen of aan het bellen bent. Gelukkig kunnen we onze telefoon opladen, maar hoe werkt dat eigenlijk?

Bij het opladen van een oplaadbare batterij treedt **elektrolyse** op. Eigenlijk is dit de omgekeerde reactie die plaatsvindt bij de stroomlevering van de batterij: de reactieproducten worden hier weer omgezet tot de beginstoffen! De elektrische energie die wordt geleverd vanuit een spanningsbron, in dit geval het stopcontact, wordt weer omgezet in chemische energie. Letterlijk betekent elektrolyse ook 'ontleding door elektriciteit'.

Naast het opladen van batterijen kun je elektrolyse ook gebruiken voor productie van stoffen. Misschien heb je al wel eens gehoord van de elektrolyse van water. Bij de elektrolyse van water ontstaan waterstof en zuurstof. Herinner je je het proefje waarbij het aansteken van waterstof een knalletje gaf, en waarbij een gloeiende houtspaander vlamde wanneer er ontlede zuurstof bij kwam? Nou, dat was het proefje waarbij elektrolyse werd uitgevoerd. Water wordt bij elektrolyse, onder invloed van elektriciteit, ontleed in waterstof en zuurstof!

**Let op:** doordat het proces is omgekeerd, reageert de reductor nu aan de positieve elektrode en de oxidator aan de negatieve elektrode!

#### Elektrolyse van water:



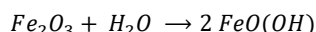
### Oefenopgaven

Op deze pagina kun je oefenen met het opstellen van zuur-base- en redoxreacties! Pak gerust de stappenplannen er weer bij, want dat zorgt er alleen maar voor dat je meer grip op de stof krijgt!



### Vraag 6: uit eindexamen havo 2014-II

Koolstofdioxide uit de lucht kan beton binnendringen en oplossen in het poriewater. Hierdoor daalt de pH en kan water met de gevormde laag ijzeroxides reageren. Hierbij treedt onder andere de volgende reactie op:



Leg uit dat deze reactie een zuur-basereactie is. Geef hierbij aan welk deeltje als zuur en welk deeltje als base reageert.

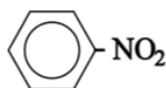
### Vraag 7

Geef de vergelijkingen van de volgende zuur-basereacties:

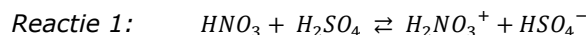
- Vast zinkoxide reageert met verdund zwavelzuur. Hierbij ontstaat een oplossing van zinksulfaat.
- Kalksteen ( $\text{CaCO}_3$ ) reageert met de in water aanwezige  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ionen. Hierbij ontstaan water, koolstofdioxide en  $\text{Ca}^{2+}$ -ionen.
- Bij een oplossing van ammoniumnitraat voegt men wat natronloog toe. Er ontstaat ammoniakgas en water.

### Vraag 8: uit eindexamen 2010-II

Nitrobenzeen is een veel gebruikte grondstof. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:

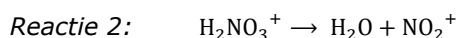


Nitrobenzeen kan worden bereid uit benzeen en nitreerzuur, een oplossing met een hoge concentratie aan zwavelzuur en salpeterzuur. De vorming van nitrobenzeen met behulp van nitreerzuur kan met drie reactievergelijkingen worden weergegeven:



Dit is een zuur-base-evenwicht.

- Leg uit of salpeterzuur in deze reactie als zuur of als base reageert. De gevormde  $\text{H}_2\text{NO}_3^+$ -ionen vallen uiteen:



Nitrobenzeen wordt gevormd doordat  $\text{NO}_2^+$  reageert met benzeen:



Twee leerlingen, Gerrit en Frank, bespreken deze bereiding van nitrobenzeen. Gerrit is van mening dat zwavelzuur als katalysator optreedt. Frank vindt dat je dat op basis van deze drie reacties alleen niet kunt zeggen.

- Leg uit waarom Gerrit gelijk zou kunnen hebben.
- Geef een argument voor de opvatting van Frank.



### Vraag 9

Geef bij de volgende reacties steeds de beide halfreacties en leid de totale reactie af:

- Thiosulfaationen ( $S_2O_3^{2-}$ ) reageren met chloorgas tot  $Cl^-$  en sulfaationen. Na afloop van de reactie is er een zure oplossing ontstaan.
- Als aluminiumpoeder in een basische oplossing van nitraat gekookt wordt, ontstaat  $Al(OH)_4^-$ . Tijdens de reactie wordt ook ammoniak gevormd.
- Een staafje koper in een zoutzuuroplossing.

### Organisch chemische reacties

Je hebt nu veel verschillende chemische reacties voorbij zien komen, waaronder chemische reacties in water, zuur-basereacties en redoxreacties. We hebben tot nu toe vooral gekeken naar reacties die worden gegeven in molecuulformules, vaak is dat ook het handigst. In de molecuulformule zie je welke atomen er in het molecuul aanwezig zijn, maar heb je nog geen idee van de ruimtelijke ordening. Dit zie je wel als je het molecuul tekent in een structuurformule.

Soms is het wel gemakkelijker (en zelfs nodig) om een reactievergelijking in structuurformules te geven. Dit is het geval bij de **organische chemie**. We kijken hierbij naar koolwaterstoffen en de reacties die ze kunnen ondergaan. We gaan vier verschillende reacties bekijken, waarbij een structuurformule veel handiger is dan een molecuulformule, namelijk:

- **Condensatiereacties**
- **Hydrolysereacties**
- **Additiereacties**
- **Substitutiereacties**

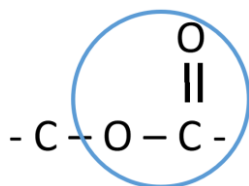
### Condensatiereacties

Een **condensatiereactie** is een reactie waarbij uit twee moleculen twee nieuwe moleculen worden gevormd: één groter molecuul en een klein molecuul, namelijk water ( $H_2O$ ). We bespreken het **reactiemechanisme**. In een reactiemechanisme geef je de verplaatsing van elektronen weer, waardoor je duidelijk kunt zien welke binding verbroken wordt en welke binding ontstaat. We moeten twee belangrijke condensatiereacties kennen, namelijk de vorming van een ester en de vorming van een amide.

**Tip:** Bij een condensatiereactie ontstaat altijd water!  $H_2O$  staat dus altijd na de reactiepijl.

### Estervorming

Een **ester** is het reactieproduct van een **condensatiereactie** van een **carbonzuur met een alcohol**. Tijdens deze reactie wordt een watermolecuul afgesplitst en wordt de ester gevormd. Een ester is een verbinding van een koolstofatoom en twee zuurstofatomen. De ruimtelijke structuur van deze karakteristieke ester kun je herkennen aan de karakteristieke groep van de ester, deze staat weergegeven in figuur C1.3. Een ester kan in veel verschillende moleculen voorkomen. De ordening van de atomen op deze manier zorgt ervoor dat dit een ester heet.



C1.3: De karakteristieke groep van een esteramide



C1.4: De karakteristieke groep van een amide



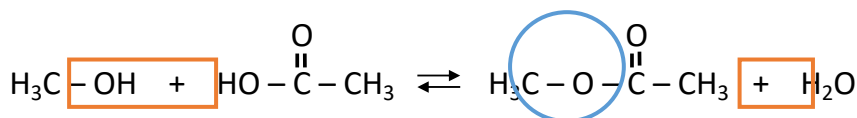
## Amidevorming

Als een **amine samen met een carbonzuur** een condensatiereactie ondergaat, ontstaat er een **amide**. Een andere naam voor een amidebinding is ook wel een **peptidebinding**, deze binding zullen we veel gaan zien bij het vormen van eiwitten in domein G. Een amidebinding bestaat uit een C-, een O-, een N- en een H-atoom. De ruimtelijke structuur van deze karakteristieke groep is weergegeven in figuur C1.4. Een amide kan net zoals een ester voorkomen in verschillende moleculen. De ordening van de atomen op deze manier, maakt dat dit een amide heet.

Bij het opstellen van de reactievergelijking van een condensatiereactie is het gebruiken van structuurformules vaak handig, want zo herken je de karakteristieke groepen eenvoudig. In figuur C1.5 is een voorbeeld gegeven van een condensatiereactie, namelijk de vorming van methylethanoaat.

De beginproducten zijn, zoals eerder gezegd, een bepaald alcohol (in dit geval methanol) en een bepaald carbonzuur (in dit geval ethaanzuur). De oranje omcirkelde atomen vóór de pijl worden tijdens de reactie afgesplitst als water (ook weer oranje omcirkeld na de pijl). Herken je nu de karakteristieke groep van de ester?

Let op: Als er wordt gevraagd om een reactiemechanisme, dan moet je de moleculen in Lewisstructuren weergeven en moet ook de verplaatsing van de elektronen zichtbaar zijn. We gaan daarmee oefenen!

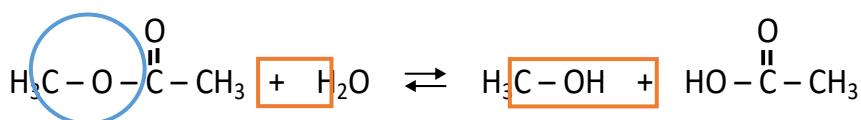


C1.5: Condensatiereactie: vorming van methylethanoaat. De karakteristieke groep van de ester is omcirkeld.

## Hydrolysereacties

Een reactie waarbij moleculen door een reactie met water splitsten zijn **hydrolysereacties**. Voor de oplettende lezer, inderdaad, het tegenovergestelde van de condensatiereactie. Middels een hydrolysereactie kan een ester dus weer worden omgezet in het oorspronkelijke carbonzuur en oorspronkelijke alcohol. Je kunt dit zien in figuur C1.6: de hydrolysereactie van methylethanoaat. We gaan verder in op de hydrolysereacties in domein G.

**Tip:** Bij een hydrolysereactie wordt dus altijd water toegevoegd. Er staat dus altijd H<sub>2</sub>O vóór de pijl!



## Additiereacties

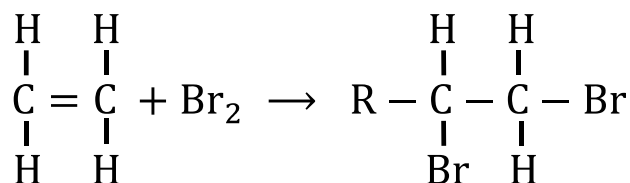
De **additiereactie** is al even genoemd in domein B, want halogeenverbindingen kunnen worden gevormd door een additie. Zoals al aangehaald in domein B is een additiereactie mogelijk bij onverzadigde koolwaterstoffen. Deze bevatten één of meerdere **dubbele bindingen**. Het principe van de additiereactie is dat de dubbele binding openklapt en er plaats is voor een ander atoom of molecuul, bijvoorbeeld een halogeen. Er wordt een molecuul toegevoegd (in het Engels: *added*), vandaar de naam additiereactie.

Een voorbeeld van een additiereactie zie je in C1.7: voor de reactie was er een dubbele binding aanwezig, maar na de reactie niet meer. De elektronen die gebruikt werden voor de dubbele binding (C=C), worden nu gebruikt in de twee bindingen van een C-atoom aan een Br-atoom (C-Br).

Naast de uitvoering met halogenen (in het voorbeeld Br<sub>2</sub>) kunnen ook waterstofhalogeniden (HF, HCl, HBr en HI), waterstof (H<sub>2</sub>) en water (H<sub>2</sub>O) gebruikt worden in de additiereactie. Je kunt additiereacties dus altijd goed herkennen aan de aanwezigheid van een dubbele binding.



**Tip:** Bij additiereacties zijn er altijd twee of meer beginproducten en maar één eindproduct.



C1. 7: Additiereactie van 1-etheen met broom

Je kunt video 10 kijken voor extra uitleg over additiereacties. Mocht je het al helemaal begrijpen, kun je verder naar het volgende onderdeel!



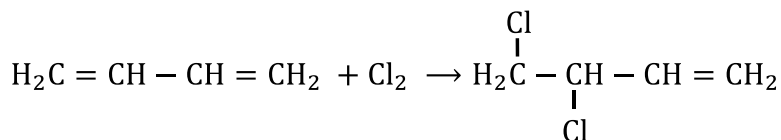
### 1,2- en 1,4-additie

Als er meerdere dubbele bindingen aanwezig zijn in het molecuul dat een additiereactie ondergaat en er maar één enkele binding tussen de dubbele bindingen zit, kunnen er twee eindproducten ontstaan.

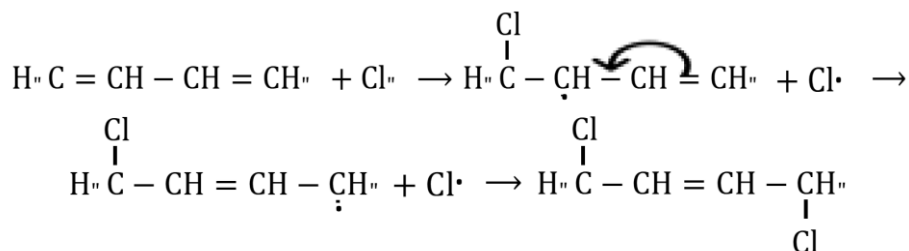
In figuur C1.8 is de additiereactie van buta-1,3-dieen en  $\text{Cl}_2$  weergegeven. Door de aanwezigheid van twee dubbele bindingen zijn er meerdere reactieproducten mogelijk. Allereerst zien we weer de kenmerken van de additiereactie, namelijk de aanwezigheid van dubbele bindingen én het ontstaan van één reactieproduct uit twee beginstoffen. In figuur C1.8 is de additie gedaan op de dubbele binding van het eerste C-atoom.

Wanneer het eerste chlooratoom een binding is aangegaan, kan de dubbele binding van het derde C-atoom een plekje opschuiven naar het tweede C-atoom. Hierdoor komt er een vrij elektron op het vierde C-atoom (zie afbeelding C1.9). Uiteindelijk ontstaat hier een ander reactieproduct. In video 11 wordt dit ook uitgelegd.

In figuur C1.8 zien we dus de **1,2-additie** en in figuur C1.9 zien we de **1,4-additie**.



C1. 8: 1,2-additieproduct van buta-1,3-dieen en chloor: 3,4-dichloorbut-1-een



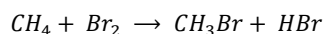
C1.9: 1,4-additie reactiemechanisme met 1,4-dichloor-but-2-





## Substitutiereacties

Ook de **substitutiereactie** is al even genoemd in domein B, want halogeenverbindingen kunnen ook worden gevormd door een substitutiereactie. **Substitutie** betekent letterlijk vervangen. Een substitutiereactie vindt plaats op alkanen, koolwaterstoffen zonder dubbele binding. In deze reactie wordt een H-atoom vervangen door een halogeen. In onderstaand voorbeeld wordt één H-atoom van methaan ( $\text{CH}_4$ ) vervangen door een Br-atoom (halogeen).



Additie- en substitutiereacties kunnen ook plaatsvinden via een radicaalmechanisme. Dit zal verder worden uitgelegd in domein D.

In video 12 worden substitutiereacties nogmaals uitgelegd. Mocht je ze al helemaal begrijpen, dan mag je verder gaan met de oefenopgaven. Succes!



## Oefenopgaven

### Vraag 10

Chloorethaan kan gevormd worden door een additiereactie, maar ook door een substitutiereactie.

- Geef de vergelijking van de additiereactie.
- Geef de vergelijking van de substitutiereactie.

### Vraag 11

- Geef de ester van ethanol en 2-methylpropeen zuur.
- Geef de ester van methanol en oxaalzuur.

### Vraag 12: uit eindexamen 2015-II

Omdat het eten van te veel vet schadelijk is voor de gezondheid, is de voedingsmiddelenindustrie al geruime tijd op zoek naar zogenoemde vetvervangers. Dit zijn stoffen die in de mond aanvoelen als plantaardige of dierlijke vetten, maar bij vertering in het lichaam minder energie leveren. Salatrim is zo'n vetvervanger en wordt verwerkt in koekjes en chocolade.

— propaan zuur  
— stearine zuur  
— stearine zuur

triglyceride A

Salatrim bestaat uit een mengsel van triglyceriden. In de moleculen van deze triglyceriden is glycerol op minstens één positie veresterd met een verzadigd vetzuur met een lange koolstofketen en op minstens één positie met een (vet)zuur met een korte koolstofketen. Hiernaast is zo'n triglyceride schematisch weergegeven.

Triglyceride A kan worden gevormd uit glyceryl tristearaat (een triglyceride dat uitsluitend vetzuren met een lange koolstofketen bevat) en glyceryl tripropanoaat (een triglyceride dat uitsluitend (vet)zuren met een korte koolstofketen bevat). Deze twee soorten triglyceriden worden toegevoegd aan een oplossing van het enzym lipase. Er treedt dan een zogenoemde om-estering op: de triglyceriden worden gehydrolyseerd tot glycerol en (vet)zuren en daaruit worden vervolgens nieuwe triglyceriden gevormd.

Na afloop is een mengsel ontstaan van triglyceriden waarbij de verschillende soorten (vet)zuren random zijn verdeeld over de verschillende triglyceriden. In dit mengsel komen onder andere glyceryl tristearaat, glyceryl tripropanoaat en triglyceride A voor.

Geef de structuurformule van dit triglyceride.

- Maak hierbij gebruik van BINAS-tabel 67B.
- De koolwaterstofrest van stearinezuur mag worden weergegeven met  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ .

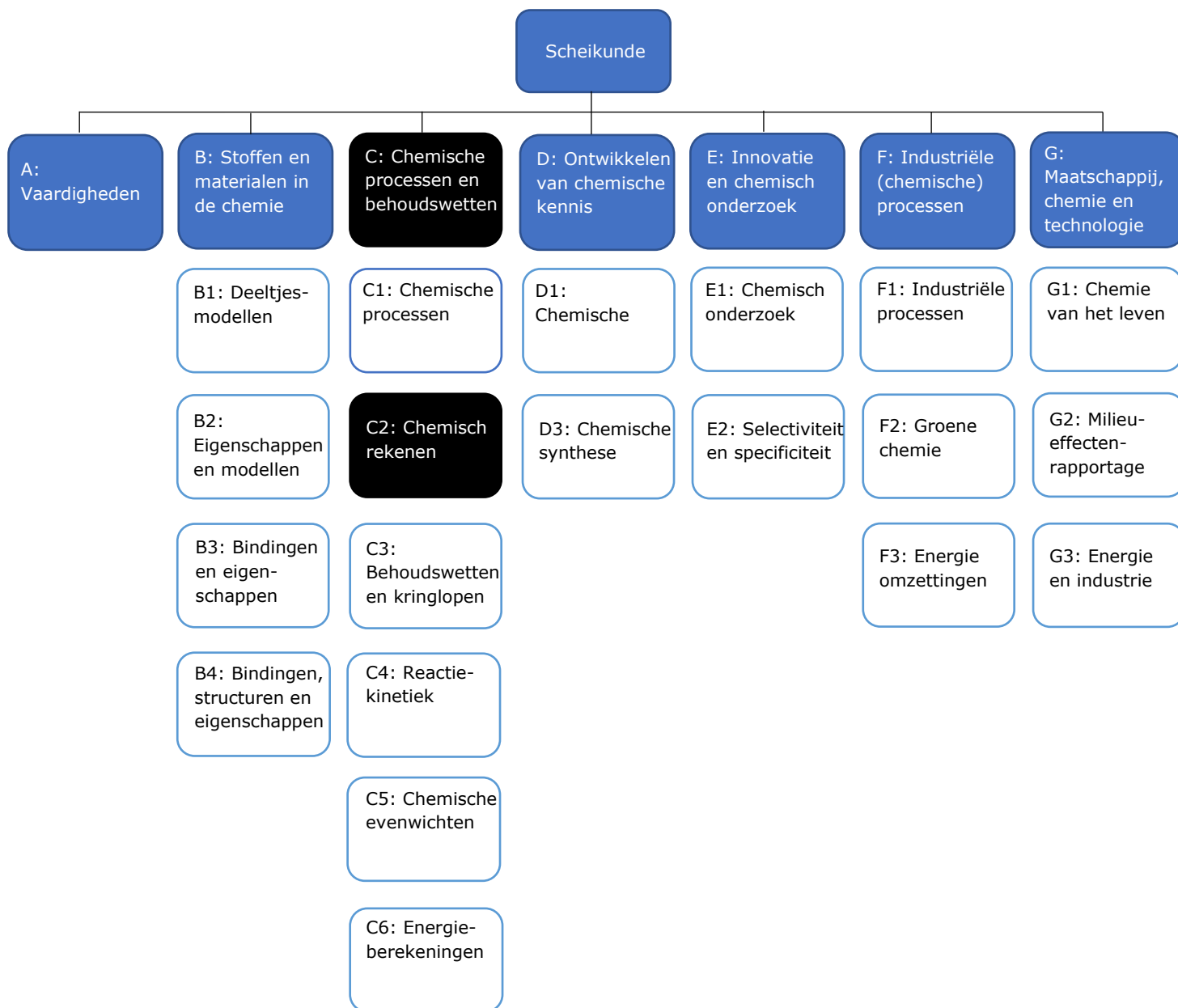


## Subdomein C2: Chemische rekenen

Zo, het grootste subdomein zit er alweer op! We gaan al hard door de stof heen en hebben al lekker geoefend. Maar pak nu je rekenmachine er echt bij, want we gaan los. En wees niet bang, we doen alles stapje voor stapje!

Na dit subdomein kun je:

- **Berekeningen maken aan chemische reacties**
- **Chemische principes toepassen**
- **pH berekenen**





## Grootheden en eenheden

Voordat we kunnen gaan beginnen met het chemisch rekenen, is het handig dat we de belangrijke **grootheden** en **eenheden** gaan definiëren. Als die allemaal bekend zijn kunnen we ze in een handig schema zetten, zodat we ermee kunnen gaan rekenen. Een grootheid staat voor iets wat gemeten kan worden. De grootheid wordt dan uitgedrukt in de bijbehorende eenheid.

Grootheid	Afkorting	Eenheid	Afkorting	Waar in BINAS?
<b>Massa</b>	m	Kilogram (en afleidingen hiervan)	kg	
<b>Relatieve molecuulmassa</b>	$M_r$	Atomaire massa-eenheid	$u$	BINAS 98 of af te leiden uit BINAS 99
<b>Volume</b>	V	Kubieke meter	$m^3$	
<b>Dichtheid</b>	$\rho$	Kilogram per kubieke meter	$kg/m^3$	BINAS 8 t/m 12 + 40A
<b>Hoeveelheid stof</b>	n	Mol	mol	
<b>Molaire massa</b>	M	Gram per mol	g/mol	BINAS 98 of af te leiden uit BINAS 99
<b>Molair volume</b>	$V_m$	Kubieke meter per mol	$m^3/mol$	BINAS 7
<b>Molairiteit</b>	-	Mol per liter Molair	mol/L M	

Tabel C2.1: Grootheden en eenheden

Allereerst krijgen we vaak te maken met massa's van bepaalde stoffen, van bepaalde moleculen of van bepaalde atomen. De grootheid **massa** wordt weergegeven met de letter  $m$ . De eenheid wordt weergegeven in **kilogram**, of afleidingen daarvan zoals gram en ton (1000 kg).

De massa van atomen wordt uitgedrukt in de **atomaire massa-eenheid**,  $u$ . In BINAS 7 kun je het volgende terugvinden:

$$1,00 u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg.$$

Naast atomen hebben we ook moleculen, samengesteld uit meerdere atomen. De **relatieve molecuulmassa** ( $M_r$ ) is gelijk aan de som van de gemiddelde atoommassa's (in  $u$ ) van alle atomen die in het molecuul voorkomen. Atoommassa's zijn meetwaarden, en hier gelden dus significantieregels.

We gaan hiervan even een voorbeeld bekijken.

### Rekenvoorbeeld relatieve molecuulmassa

Bereken de molecuulmassa van waterstofperoxide,  $H_2O_2$ .

	massa (u)
H	1,008 (kun je vinden in periodiek systeem, BINAS 99)
O	16,00 (kun je vinden in periodiek systeem, BINAS 99)
$H_2O_2$	$(2 * 1,008) + (2 * 16,00) = 34,016$

De relatieve molecuulmassa van waterstofperoxide is 34,02  $u$ , omdat we rekening houden met de minst nauwkeurige meetwaarde.





Ook **volume (V)** is een belangrijke eenheid. Volume wordt uitgedrukt in kubieke meter, **m<sup>3</sup>**. Het volume van een bepaalde stof geeft aan hoeveel ruimte de stof inneemt. Tip: 1 dm<sup>3</sup> staat gelijk aan 1 L!

Om een relatie te leggen tussen het volume en de massa van een bepaalde stof gebruiken we de **dichtheid**. De dichtheid wordt weergegeven met het symbool  $\rho$  en wordt uitgedrukt in **kg per m<sup>3</sup>**. Dus eigenlijk zegt de dichtheid hoeveel 1 m<sup>3</sup> van een bepaalde stof weegt, dat gaan we vast en zeker nodig hebben! De dichtheid is per stof verschillend en kun je terugvinden in BINAS 8 t/m 12 + 40A.

Als je maar weinig atomen of moleculen van een bepaalde stof hebt, is het erg lastig om deze te wegen of te meten. We kunnen atomen en moleculen pas meten als we een enorm grote hoeveelheid hebben. Daarom hebben we eigenlijk een andere eenheid nodig, één die passender is voor de hoeveelheden. Hiervoor wordt de grootte **hoeveelheid stof** gebruikt. De hoeveelheid stof wordt weergegeven als symbool **n** en wordt uitgedrukt in **mol**. Eén mol is een pakketje van  $6,02214 \cdot 10^{23}$  deeltjes, dit is zo afgesproken. Dit getal wordt ook wel het **getal van Avogadro** genoemd (dus niet avocado, die kun je eten), dit kun je ook vinden in BINAS 7.

In video C1-1 en en C1-2 wordt de mol als eenheid ook uitgelegd. Het is belangrijk dat je de mol goed begrijpt, want die gaan we enorm veel gebruiken!



De massa van 1 mol deeltjes hangt af van de massa van één deeltje. Want, 1 mol zegt iets over de hoeveelheid deeltjes, niet het gewicht van één deeltje. De massa van een specifiek deeltje of molecuul is de **molaire massa**, weergegeven door **M**. De eenheid van M is **gram per mol**.

In het berekenen van molecuulmassa's zagen we ook de atomaire massa-eenheid voorbijkomen. De getalswaarde van  $u$  is gelijk aan gram per mol. We kunnen dit dus berekenen zoals in het voorbeeld hierboven. Van een heel aantal bekende stoffen kun je de molaire massa vinden in BINAS 98.

$$\text{De massa van } H_2O_2 = 34,02 u = 34,02 \text{ g/mol}$$

Nu hebben we de eenheid waarmee we het aantal mol van een stof kunnen omrekenen naar de massa van een stof. Dat is handig, en gaan we zeker nog gebruiken! Er bestaat ook een eenheid waarmee we kunnen uitrekenen hoeveel volume een bepaald aantal mol van een gas inneemt. Het volume van één mol gas wordt weergegeven als het **molair volume, V<sub>m</sub>**, en wordt uitgedrukt in **m<sup>3</sup> per mol**. In gasfase nemen de moleculen van verschillende gassen evenveel ruimte in, omdat de moleculen een grote afstand tot elkaar hebben. De grootte van het molecuul heeft dan geen invloed meer.

Het molair volume is afhankelijk van temperatuur en druk: bij een **constante** temperatuur en druk bevatten gelijke volumes van verschillende gassen, evenveel mol. Stel, we hebben 1 dm<sup>3</sup> methaangas en we hebben 1 dm<sup>3</sup> chloorgas in een ruimte met kamertemperatuur en met een standaarddruk ( $p_0$ ), de omstandigheden zijn dus gelijk. In dit geval is het aantal mol methaangas dus gelijk aan het aantal mol chloorgas.

Een andere belangrijke grootte is de **molariteit**. Dit is de concentratie van een bepaalde stof in een oplossing. De molariteit is het aantal **mol per liter (L)** van een stof. Dit kan ook worden gegeven in molair,



**M.** De concentratie van een bepaalde stof kan ook worden weergegeven tussen haakjes [X]. Laten we hier eens mee oefenen.

$$\text{Molariteit} = \frac{\text{aantal mol}}{\text{aantal L}}$$

### Rekenvoorbeeld molariteit

2,0 mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  wordt opgelost in 5,0 L water.

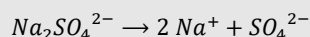
Wat is de molariteit?

$$\text{Molariteit} = \frac{\text{aantal mol}}{\text{aantal L}} = \frac{2,0 \text{ mol}}{5,0 \text{ L}} = 0,40 \text{ mol/L}$$

0,40 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -oplossing.

Wat zijn de concentraties van de verschillende ionen?

Om te kijken wat de verschillende concentraties natriumionen en sulfaationen zijn, schrijven we eerst de reactievergelijking van het oplossen van natriumsulfaat op.



Uit de coëfficiënten die we plaatsen, blijkt de molverhouding. Als je één mol natriumsulfaat oplost, krijg je twee mol natriumionen en één mol sulfaationen als reactieproduct. Nu we dit weten kunnen we de verschillende concentraties bepalen.

Dus: We hebben hierboven al berekend dat we 0,40 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -oplossing hebben.

Uit één mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ontstaat één mol  $\text{SO}_4^{2-}$ , dus:  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,40 \text{ M}$

Uit één mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ontstaat twee mol  $\text{Na}^+$ , dus:  $[\text{Na}^+] = 2 \times 0,40 \text{ M} = 0,80 \text{ M}$

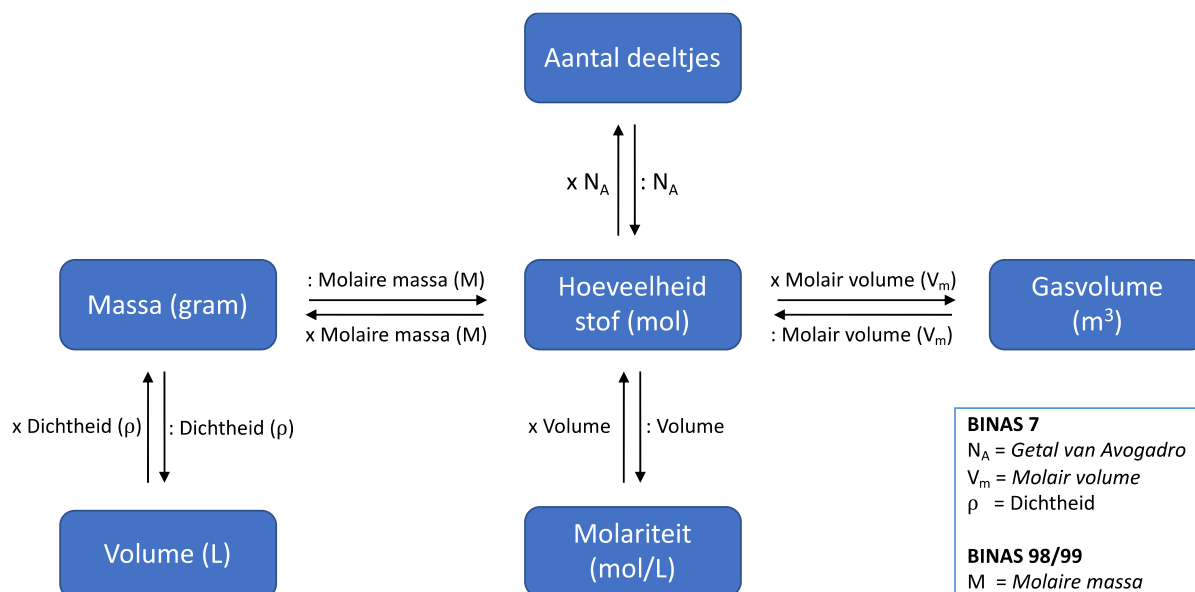
Wil je eigenlijk nog meer uitleg over de molariteit? Dat kan! In video 3 en 4 wordt alles nog even kort besproken. In een kleine 20 minuten ben jij dan een echte molariteit-expert!





## Rekenen aan reacties

We hebben nu de belangrijkste grootheden en eenheden besproken. We kunnen dit samenvatten tot het rekenschema uit figuurfiguur C2.1. Hierin kun je precies zien wat je moet doen om naar een andere grootheid te gaan.



C2.1: Rekenschema voor chemisch rekenen

Centraal in dit schema staat de **hoeveelheid stof in mol**. Vanuit het aantal mol van een stof kun je berekenen hoeveel deeltjes je hebt door te vermenigvuldigen met het **getal van Avogadro**. Ook kun je berekenen hoeveel volume de stof inneemt in gasvorm door te vermenigvuldigen met het molair volume. De concentratie (molariteit) kun je berekenen door de hoeveelheid stof in mol te delen door het volume in L. Ten slotte kun je vanuit de hoeveelheid stof in mol ook de massa berekenen. Dit doe je door te vermenigvuldigen met de molaire massa. Vanuit de massa kun je ook het aantal volume in L berekenen door te delen door de dichtheid.

**Tip:** Alle gegevens die je nodig zult hebben voor het berekenen kun je terugvinden in BINAS!

Bij het rekenen aan reacties is het belangrijk om te kijken naar de reactievergelijking. In reactievergelijkingen staan deeltjesverhoudingen (Let op: dit is geen massaverhouding, maar een molverhouding!), we hebben dit al even gezien bij de berekening van de molariteit op de vorige bladzijde. Dit wordt ook wel de **stoichiometrische verhouding** genoemd. Om het rekenen overzichtelijk te houden gaan we gebruikmaken van een stappenplan. Kijk maar mee!

### Rekenen aan reacties

**Stap 1** Lees de vraag goed en kijk goed wat er precies wordt gevraagd.

**Stap 2** Markeer of schrijf de belangrijke gegevens over (inclusief eenheden!).  
 Let hierbij ook op woorden als overmaat.

**Stap 3** Kijk naar de molverhouding in de reactie.

Is er geen reactievergelijking gegeven én geen molverhouding gegeven? Bedenk of je de reactie zelf kunt opstellen aan de hand van de gegevens.



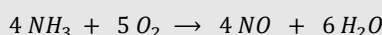
**Stap 4** Vaak moet je van de gegeven stoffen eerst het aantal mol uitrekenen, om het vervolgens via de molverhouding om te rekenen naar de gevraagde grootte. Denk maar eens terug aan het rekenschema C2.1, vanuit de hoeveelheid stof in mol kun je bijna alles uitrekenen!

**Stap 5** Controleer je antwoord!  
Let op de eenheden en significantie.

Laten we meteen gaan oefenen!

### Voorbeeldopgave

Bereken hoeveel gram water ontstaat uit de verbranding van 20,0 gram ammoniak.



**Stap 1** Het aantal gram water dat bij deze reactie ontstaat, wordt van ons gevraagd.

**Stap 2** We weten dat er 20,0 gram ammoniak verbrand wordt.

**Stap 3** We kijken naar de molverhouding in de reactie, of specifieker de molverhouding tussen de gegeven en de gevraagde stof. In dit geval kijken we dus naar de verhouding tussen ammoniak en water.



**Stap 4** We weten de massa van NH<sub>3</sub>, deze is 20,0 gram. De eerste stap is het berekenen van de hoeveelheid stof in mol.

In figuur C2.1 kunnen we zien dat we voor het berekenen van het aantal mol NH<sub>3</sub> uit de gegeven massa, moeten delen door de molaire massa van NH<sub>3</sub>. De molaire massa van NH<sub>3</sub> vinden we in BINAS 98, namelijk 17,03 g/mol.

$$\text{Aantal mol NH}_3 = \frac{\text{Aantal gram NH}_3}{\text{Molaire massa NH}_3} = \frac{20,0 \text{ g}}{17,03 \text{ g/mol}} = 1,174 \text{ mol NH}_3$$

Vervolgens kun je via de molverhouding het aantal mol H<sub>2</sub>O berekenen. Uit stap 3 blijkt dat uit 4 mol ammoniak, 6 mol water ontstaat, dus:

$$\text{Aantal mol H}_2\text{O} = 1,174 \cdot \frac{6}{4} = 1,762 \text{ mol H}_2\text{O}$$

We weten nu hoeveel mol water er ontstaat bij deze verbranding, maar er werd om het aantal gram water gevraagd. Om van de hoeveelheid stof in mol naar de massa in gram te gaan, moeten we vermenigvuldigen met de molaire massa van water. Ook deze staat in BINAS 98, deze is 18,02 g/mol.

$$\begin{aligned} \text{Aantal gram H}_2\text{O} &= \\ \text{Aantal mol H}_2\text{O} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} &= \\ 1,762 \text{ mol} \cdot 18,02 \text{ g/mol} &= 31,7 \text{ gram H}_2\text{O} \end{aligned}$$

**Stap 5** Antwoord mag in drie significante cijfers! Dus 31,7 gram H<sub>2</sub>O.



Zo, dat was alweer het grootste gedeelte van domein C2. Het is eerst weer even tijd om te oefenen met de behandelde stof. Als je eerst nog de bijbehorende video wilt kijken, is dat aan te raden! Daar wordt een voorbeeld gegeven van het rekenen aan reacties. Succes!

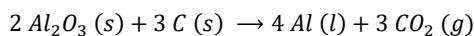




## Oefenopgaven

### Vraag 13

Bij een chemisch bedrijf bereidt men aluminium volgens de reactievergelijking:

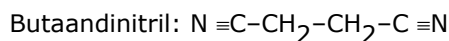


Een klant bestelt 1,00 ton aluminium (1,00 ton = 1000 kg).

- Hoeveel kg  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is hiervoor nodig?
- Hoeveel  $\text{m}^3$   $\text{CO}_2$ -gas komt hierbij vrij?  
Gegeven:  $T = 273 \text{ K}$ ,  $p = p_0$

### Vraag 14: uit eindexamen 2015-I

Stanyl is een hittebestendig polymeer dat bij ongeveer  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  vloeibaar wordt. Het is een condensatiepolymeer van de monomeren hexaandizuur en butaan-1,4-diamine. Het butaan-1,4-diamine wordt in een aantal stappen bereid. In de laatste stap wordt butaan-1,4-diamine bereid uit waterstof en 1,4-butaandinitril.

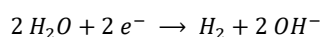


Bereken hoeveel  $\text{m}^3$  waterstof ( $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ ) minimaal nodig is om 1,0 ton 1,4-butaandiamine te produceren uit 1,4-butaandinitril. Een ton is  $10^3 \text{ kg}$ .

### Vraag 15: uit eindexamen 2014-II

Waterstof kan door middel van elektrolyse gevormd worden uit water. De materiaalkeuze voor de positieve elektrode (anode) vormt daarbij een lastig probleem. Platina is geschikt, maar veel te duur en daarom onbruikbaar op industriële schaal. Metalen zoals ijzer zijn ongeschikt, omdat een anode van ijzer tijdens de elektrolyse wordt aangetast.

In het vakblad 'Science' is een artikel verschenen over een onderzoek naar het gebruik van een alternatief elektrodemateriaal. De in het onderzoek gebruikte elektrodes bevatten aan het oppervlak een dunne laag van het materiaal indiumtinoxide ITO. ITO bestaat voor 90% uit indiumoxide en 10% tin(IV)oxide. De vergelijking van de halfreactie voor de vorming van waterstof aan de kathode is hieronder weergegeven.



Onderzoekers hebben een stroomdichtheid gemeten van  $0,10 \text{ mA cm}^{-2}$  aan de elektrodes.

Bereken hoeveel mL waterstof ( $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ ) aan de kathode in een uur wordt geproduceerd per  $\text{cm}^2$ . Gebruik onder andere de volgende gegevens:

- $1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$ ;
- De lading van 1 mol elektronen bedraagt  $9,64853 \cdot 10^4 \text{ C}$ .

Als je deze vragen kunt, dan hoeft je je niet druk te maken op je eindexamen. Vind je dit nog moeilijk? Dan kun je nog meer gaan oefenen in de online leeromgeving!



## Massapercentage

Het **massapercentage** is het percentage van de massa van één bepaalde stof in een mengsel van meerdere stoffen, of het percentage van een bepaald element (atoomsoort) in een bepaalde verbinding. Het massapercentage wordt vaak gebruikt om de concentratie van een specifiek atoom weer te geven. Je kunt het massapercentage berekenen via de volgende formule:

$$\text{Massapercentage} = \frac{\text{Deel}}{\text{Geheel}} \cdot 100\%$$

We gaan meteen even kijken hoe dit werkt, aan de hand van een voorbeeldberekening! Vervolgens kun je ook nog video 6 kijken, voor extra uitleg.



### Voorbeeldberekening

#### Bereken het massapercentage zuurstof in glucose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

Allereerst berekenen we de molaire massa van glucose. De benodigde molaire massa's van de losse atomen zoeken we op in BINAS 99.

Molaire massa glucose:

	Uit BINAS 99:		$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
Molaire massa C	12,01 g/mol	· 6 =	72,06 g/mol
Molaire massa H	1,008 g/mol	· 12 =	12,096 g/mol
<b>Molaire massa O</b>	<b>16,00 g/mol</b>	<b>· 6 =</b>	<b>96,00 g/mol</b>
		Totaal:	180,16 g/mol

$$\text{Massapercentage} = \frac{\text{Deel}}{\text{Geheel}} \cdot 100\% =$$

$$\frac{96,00}{180,16} \cdot 100\% = 53,29\%$$

Het massapercentage zuurstof in glucose is 53,29%.

### Massa-ppm en massa-ppb

Als je het massapercentage van een hele kleine hoeveelheid van een bepaalde stof in een grote hoeveelheid van een andere stof wilt berekenen, kan het massapercentage een heel klein getal worden. Hier worden we niet altijd blij van, maar gelukkig zijn er nog meer mogelijkheden!

**Parts per million** (ppm) staat voor het aantal deeltjes per miljoen. Je kunt hiermee bijvoorbeeld het aantal mg per kg van een bepaalde stof berekenen, een mg is namelijk één miljoenste deel van een kg!

**Parts per billion** (ppb) staat voor het aantal deeltjes per miljard deeltjes (*billion* is Engels voor miljard, een beetje verwarrend als je aan het Nederlandse biljard denkt!). Hiermee kun je het aantal  $\mu\text{g}$  (microgram) per kg van een bepaalde stof berekenen. De eenheid is dan ook  $\mu\text{g}$  per kg.

$$\text{Massa} - \text{ppm} = \frac{\text{Deel}}{\text{Geheel}} \cdot 10^6$$

$$\text{Massa} - \text{ppb} = \frac{\text{Deel}}{\text{Geheel}} \cdot 10^9$$

**Let op:** Bij deel en geheel moet je dezelfde eenheid gebruiken, bijvoorbeeld gram.



## Volumepercentage

Het **volumepercentage** is het percentage van een volume dat door een bepaalde stof wordt ingenomen. Je kunt het volumepercentage berekenen door de volgende formule te gebruiken:

$$\text{Volumepercentage} = \frac{\text{Volume}_{\text{deel}}}{\text{Volume}_{\text{geheel}}} \cdot 100\%$$

Laten we ook voor het volumepercentage kijken naar een voorbeeld.

### Voorbeeldberekening

**Hans doet 0,10L pentaan en 50 mL hexaan in een bekeerglas. Bereken het volumepercentage pentaan in het bekeerglas.**

Bij het berekenen van een volumepercentage moet je allereerst het totale volume berekenen. In dit geval is dat dus 0,10 L en 50 mL samen. Let op: je kunt volumes alleen bij elkaar optellen wanneer ze dezelfde eenheid hebben.

We zetten het aantal mL hexaan om in L: 50 mL = 0,050 L.

$$\text{Totaal volume} = 0,10 \text{ L} + 0,050 \text{ L} = 0,150 \text{ L}$$

Nu kunnen we de formule invullen:

$$\text{Volumepercentage} = \frac{\text{Volume}_{\text{deel}}}{\text{Volume}_{\text{geheel}}} \cdot 100\% = \frac{0,10 \text{ L}}{0,150 \text{ L}} \cdot 100\% = 67\%$$

## Volume-ppm

Net als bij massa kunnen we ook bij volume het **volume-ppm** berekenen. We berekenen dan het aantal deeltjes per miljoen in een volume, is dat bijvoorbeeld het aantal cm<sup>3</sup> in het aantal m<sup>3</sup> of het aantal µL per L.

$$\text{Volume - ppm} = \frac{\text{Deel}}{\text{Geheel}} \cdot 10^6$$

## Rendement

Het **rendement** van een proces bepaalt of iets duurzaam of efficiënt is. Wanneer het rendement hoger is, dan is een proces (of reactie) efficiënter. Dit is in de praktijk vaak economisch voordeliger en minder belastend voor het milieu: twee keer winst dus! Eigenlijk wordt er altijd geprobeerd om het rendement van een proces zo hoog mogelijk te krijgen.

Als we het rendement van een proces berekenen, kijken we naar de theoretisch mogelijke opbrengst en de werkelijke opbrengst. Dit wordt vaak als een percentage uitgedrukt. De theoretisch mogelijke opbrengst kun je berekenen met behulp van het stappenplan 'Rekenen aan reacties'.

$$\text{Rendement } (\eta) = \frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretische mogelijke opbrengst}} \cdot 100\%$$

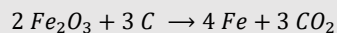




**Tip:** De werkelijke opbrengst en de theoretisch mogelijke opbrengst moeten wel in dezelfde eenheid staan om het rendement te kunnen berekenen!

### Voorbeeldberekening

Bereken het rendement als er tijdens onderstaand proces uit 100 gram  $Fe_2O_3$ , 50 gram Fe ontstaat.



Maak gebruik van de volgende gegevens:

- de molaire massa van  $Fe_2O_3$  is 159,7 g/mol
- de molaire massa van Fe is 55,85 g/mol

We maken gebruik van het stappenplan 'Rekenen aan reacties':

*Stap 1* Lees de vraag goed en kijk goed wat er precies wordt gevraagd.

We moeten het rendement van de vorming van ijzer uit ijzeroxide berekenen. Hiervoor moeten we de theoretisch mogelijke opbrengst in gram berekenen.

*Stap 2* Markeer of schrijf de belangrijke gegevens over (inclusief eenheden!).

We weten dat er 100 gram  $Fe_2O_3$  is. De 50,0 gram ijzer die is ontstaan is de werkelijke opbrengst.

*Stap 3* Kijk naar de molverhouding in de reactie.

We kijken naar de molverhouding  $Fe_2O_3$  : Fe. Uit de reactievergelijking blijkt dat dit 2 : 4 is.

*Stap 4*

Vaak moet je van de gegeven stoffen eerst het aantal mol uitrekenen, om het vervolgens via de molverhouding om te rekenen naar de gevraagde grootte.

Gegeven is 100 gram  $Fe_2O_3$ . Om hier van massa in gram naar hoeveelheid stof in mol te gaan, moeten we delen door de molaire massa van  $Fe_2O_3$ . Deze is gegeven.

$$Aantal\ mol\ Fe_2O_3 = \frac{Aantal\ gram\ Fe_2O_3}{Molaire\ massa\ Fe_2O_3} = \frac{100\ gram}{159,7\ g/mol} = 0,626\ mol\ Fe_2O_3$$

Nu we het aantal mol  $Fe_2O_3$  berekend hebben, kunnen we het aantal mol Fe berekenen. Hiervoor moeten we vermenigvuldigen met 2 (zie stap 3).

$$Aantal\ mol\ Fe = aantal\ mol\ Fe_2O_3 \cdot 2 = 0,626\ mol \cdot 2 = 1,252\ mol\ Fe$$

Om het aantal gram Fe te berekenen moeten we de hoeveelheid stof in mol vermenigvuldigen met de molaire massa van ijzer, deze is ook gegeven.

$$Aantal\ gram\ Fe = aantal\ mol\ Fe \cdot M_{Fe} = 1,252\ mol \cdot 55,85\ g/mol = \mathbf{69,92\ gram\ Fe}$$

Nu moeten we alleen nog het rendement berekenen, hiervoor vullen we de formule in:

$$\text{Rendement } (\eta) = \frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretische opbrengst}} \cdot 100\% = \frac{50 \text{ gram}}{69,92 \text{ gram}} \cdot 100\% = 72\%$$

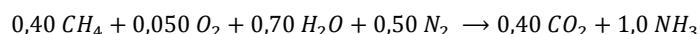
Ons uiteindelijke antwoord is 72%.

## Oefenopgaven

### Vraag 16: uit eindexamen 2016-II

Ammoniak wordt in Europa vooral geproduceerd uit stikstof en methaan. Methaan treedt in het proces op als energiebron maar ook als bron van waterstofatomen.

Het totaalproces van de productie van ammoniak uit onder andere methaan kan worden weergegeven met onderstaande reactievergelijking:



Onderzocht is of het mogelijk is om gedroogd houtafval als duurzaam alternatief voor methaan te gebruiken voor de productie van ammoniak. In het onderzoek leverde 2,7 kg houtafval voldoende waterstof voor de productie van 1,0 kg ammoniak. De omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt uiteindelijk tot een CO<sub>2</sub>-uitstoot van 3,3 kg CO<sub>2</sub> per kg ammoniak.

Laat door berekening zien dat de omzetting van alle koolstof uit het houtafval leidt tot een CO<sub>2</sub>-uitstoot van 3,3 kg CO<sub>2</sub> per kg ammoniak. Gebruik onder andere de volgende gegevens:

- Het vochtgehalte van het houtafval bedroeg 35 massa%.
- Gedroogd houtafval bevat 51 massa% koolstof.

### Vraag 17: uit eindexamen 2010 pilot-II

Bij onderzoek naar de hoeveelheid waterstof die in aanwezigheid van micro-organismen in de dikke darm uit lactose kan ontstaan, heeft men gevonden dat uit 1,0 mol lactose 5,5 mol H<sub>2</sub> kan ontstaan. Bij de waterstof-ademtest blijkt dat van de mogelijke hoeveelheid waterstof die kan ontstaan uit de 50 g lactose maar een zeer gering deel in de uitgeademde lucht terechtkomt.

Bereken hoeveel procent van de hoeveelheid waterstof, die uit 50 g lactose kan worden gevormd, deze proefpersoon gedurende de eerste drie uren van het onderzoek heeft uitgeademd. Ga daarbij uit van de volgende gegevens:

- De uitgeademde lucht van de proefpersoon bevatte in de eerste drie uren van het onderzoek gemiddeld 27 volume-ppm waterstof;
- Een nulmeting heeft aangetoond dat de proefpersoon zonder effect van de lactose gemiddeld 12 volume-ppm waterstof uit ademt;
- De proefpersoon ademt per minuut gemiddeld 5,0 dm<sup>3</sup> lucht uit;
- Het molair volume van een gas is tijdens de proefomstandigheden 24,0 dm<sup>3</sup>/mol;
- Lactose is een disaccharide waarvan de schematische structuurformule te vinden is in binas 67f.

### Vraag 18: uit eindexamen 2015 pilot-II

In het onderzoek om waterstof te bereiden uit glucose is gewerkt met oplossingen die gemiddeld 3,0 massaprocent glucose bevatten. Het is economisch niet handig om met zulke verdunde oplossingen te werken.



Bereken hoeveel liter glucose-oplossing met 3,0 massaprocent glucose minstens nodig is voor de bereiding van  $1,0 \text{ m}^3$  waterstof (298 K,  $p = p_0$ ). Bij de bereiding van waterstof met glucose ontstaat per mol glucose maximaal 12 mol waterstof; de dichtheid van de glucose-oplossing is  $1,0 \cdot 10^3 \text{ g L}^{-1}$ .

### Rekenen met zuur-base reacties: pH-waarde berekenen!

Hoe zuur een oplossing is, hangt af van de zuurgraad van de oplossing en van de **concentratie van  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ionen** in de oplossing. Om de pH uit te rekenen van een oplossing, gebruik je de formule:

$$pH = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \text{concentratie } \text{H}_3\text{O}^+\text{-ionen}$$

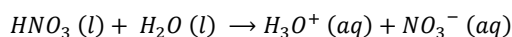
Je kunt ook vanuit de pH-waarde de zuurgraad uitrekenen. Hiervoor gebruik je de volgende formule:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-pH}$$

Om de pH van sterke of zwakke zure oplossingen te berekenen, moeten we dus eerst de  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  weten.

### Sterk zuur

We nemen het zuur  $\text{HNO}_3$  (salpeterzuur). Dit is een sterk zuur, dus de reactie is aflopend.



### Voorbeeldopgave

Bereken de pH-waarde van  $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$  salpeterzuur.

*Stap 1* Salpeterzuur is een sterk zuur, de hoeveelheid  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  is gelijk aan de molariteit van de  $\text{HNO}_3$ -oplossing, dus is  $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ .

**Tip:** M (=molair) is gelijk aan het aantal mol per Liter!

*Stap 2* Voor het berekenen van de pH-waarde, vullen we de formule in!

$$pH = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log[3,2 \cdot 10^{-2}] = 1,49$$

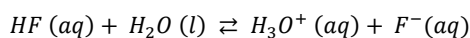
Let op: Het antwoord moet in twee decimalen, omdat de concentratie in twee significante cijfers is gegeven.

### Zwak zuur

Een zwak zuur is niet volledig gesplitst in ionen, dat maakt het heel lastig om de concentratie  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  te berekenen, omdat de  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ionen ook weer gebruikt worden voor de omgekeerde reactie. Omdat er een evenwicht is, kunnen we een **evenwichtsvoorwaarde** opstellen, met  $K_z$  als zuurconstante. Met behulp van de evenwichtsconstante kunnen we de  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  bepalen, en zo de pH uitrekenen! Kijk je mee?

**Tip:** Meer over evenwichten lees je in domein C5!

We bekijken een voorbeeld aan de hand van de volgende evenwichtsreactie. We willen hierbij de  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  én de pH bepalen.



Allereerst stellen we de evenwichtsvoorwaarde op,  $\text{H}_2\text{O}$  is een vloeistof, die komt dus niet in de evenwichtsvoorwaarde.

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$$



### Voorbeeldopgave

De oplossing HF heeft een molariteit van 4,1 M. Bereken de pH-waarde.

*Stap 1* De  $[H_3O^+]$  is niet gelijk aan de molariteit van de oplossing (het is een evenwichtsreactie!). Omdat we niet weten hoeveel mol HF reageert, stellen we het aantal mol HF dat reageert gelijk aan  $x$ .

De totale hoeveelheid HF per L is dan dus:  $4,1 - x$ . Aan de andere kant van het evenwicht ontstaat er  $x$  mol  $[H_3O^+]$  en  $x$  mol  $[F^-]$  per liter, want ze reageren 1:1:1 (zie reactievergelijking!).

*Stap 2* In BINAS 49 kan je de  $K_z$ -waarde opzoeken voor de oplossing. Deze is  $6,3 \cdot 10^{-4}$ .

*Stap 3* Vul de evenwichtsvoorwaarde in.

$$K_z = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ (BINAS 49)}$$

$$6,3 \cdot 10^{-4} = \frac{[H_3O^+][F^-]}{(4,1 - x)} = \frac{x \cdot x}{(4,1 - x)} = \frac{x^2}{(4,1 - x)}$$

We hoeven nu alleen nog maar de vergelijking op te lossen en zo de waarde van  $x$  bepalen, want dat is de  $[H_3O^+]$ !

$$6,3 \cdot 10^{-4} (4,1 - x) = x^2$$

$$x^2 - 6,3 \cdot 10^{-4} (4,1 - x) = x^2 - 25,83 \cdot 10^{-4} + 6,3 \cdot 10^{-4}x = 0$$

We kunnen de vergelijking nu oplossen met de **abc-formule**, deze kun je ook vinden in BINAS!

$$a = 1 \quad b = 6,3 \cdot 10^{-4} \quad c = -25,83 \cdot 10^{-4}$$

$$x = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-6,3 \cdot 10^{-4} + \sqrt{(6,3 \cdot 10^{-4})^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-25,83 \cdot 10^{-4})}}{2 \cdot 1}$$

$$x = [H_3O^+] = 0,051 \text{ mol/L}$$

$$pH - \text{waarde} = -\log[H_3O^+] = -\log(0,051) = 1,29$$

De pH-waarde is 1,29.

### pH van een basische oplossing berekenen

De pH van een basische oplossing berekenen we met behulp van de pOH. De pOH van een basische oplossing bereken je met de formule:

$$pOH = -\log[OH^-]$$

Als de pOH gegeven is, kun je ook de  $[OH^-]$ -concentratie bereken door:



$$[OH^-] = 10^{-pOH}$$

Dit gaat dus op dezelfde manier als bij een zure oplossing, alleen dan gaat het hier om de  $OH^-$ -ionen in plaats van de  $H_3O^+$ -ionen!

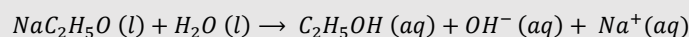
Het verband tussen pH en POH is  $pH + pOH = 14$ .

Dit betekent dat als je de pOH van de basische oplossing weet, je altijd nog een extra laatste stap moet uitvoeren om de pH van de basische oplossing te weten:

$$pH = 14 - pOH$$

### Voorbeeldopgave: pH van een sterke base berekenen

Stel je lost 5,3 g  $NaC_2H_5O$  op in water en je vult dit aan tot 1,0 L. Bereken de pH.  $C_2H_5O^-$  is een sterke base, dus we hebben te maken met een aflopende reactie.



*Stap 1* Bij een sterke base kun je de  $[OH^-]$  berekenen uit de hoeveelheid mol/L die is opgelost. Er is 5,3 gram  $NaC_2H_5O$  in 1 L opgelost. We willen graag weten hoeveel mol per L is opgelost.

Hiervoor moeten we delen door de molaire massa van  $NaC_2H_5O$ , deze is 68,05 g/mol.

$$\text{Aantal mol } NaC_2H_5O = \frac{5,3 \text{ gram}}{68,05 \text{ gram/mol}} = 0,078 \text{ mol } NaC_2H_5O$$

De molariteit van de oplossing is 0,078 mol per L (want die 5,3 gram was in 1 L opgelost!), dus  $[OH^-] = 0,078 \text{ mol/L}$ .

*Stap 2* Bereken de pOH van de oplossing.

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(0,078) = 1,11$$

*Stap 3* Bereken de pH van de oplossing.

$$pH = 14 - pOH = 14 - 1,11 = 12,89$$

### Zwakke base

Een zwakke base is niet volledig gesplitst in ionen, dus de  $OH^-$ -concentratie kunnen we niet direct berekenen vanuit de molariteit van de oplossing. We stellen hier ook de evenwichtsvoorwaarde op, en vullen deze in. Bij zwakke basen zoeken we alleen de  $K_b$  op in BINAS! De  $[OH^-]$  kan op dezelfde manier worden berekend als de  $[H_3O^+]$  bij zwakke zuren.



In video 7 en 8 worden alle stappen en manieren op de pH en de pOH te berekenen nog eens besproken!



## Oefenopgaven

### Vraag 19

Je lost steeds 0,10 mol van de volgende stoffen op in 1,0 L water:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  en  $\text{NaF}$ . Er ontstaat een basische oplossing.

- Geef van elke base de vergelijking met water.
- Rangschik de oplossingen van basen naar opklimmende pOH.
- Rangschik de oplossingen van basen naar opklimmende pH.
- Geef de pH van de oplossingen van  $\text{NH}_3$  en  $\text{NaF}$

### Vraag 20

Er is een onbekende hoeveelheid propaanzuur ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ) opgelost in 0,500 L water. De pH van deze oplossing is 2,55. Bereken hoeveel gram propaanzuur er is opgelost.

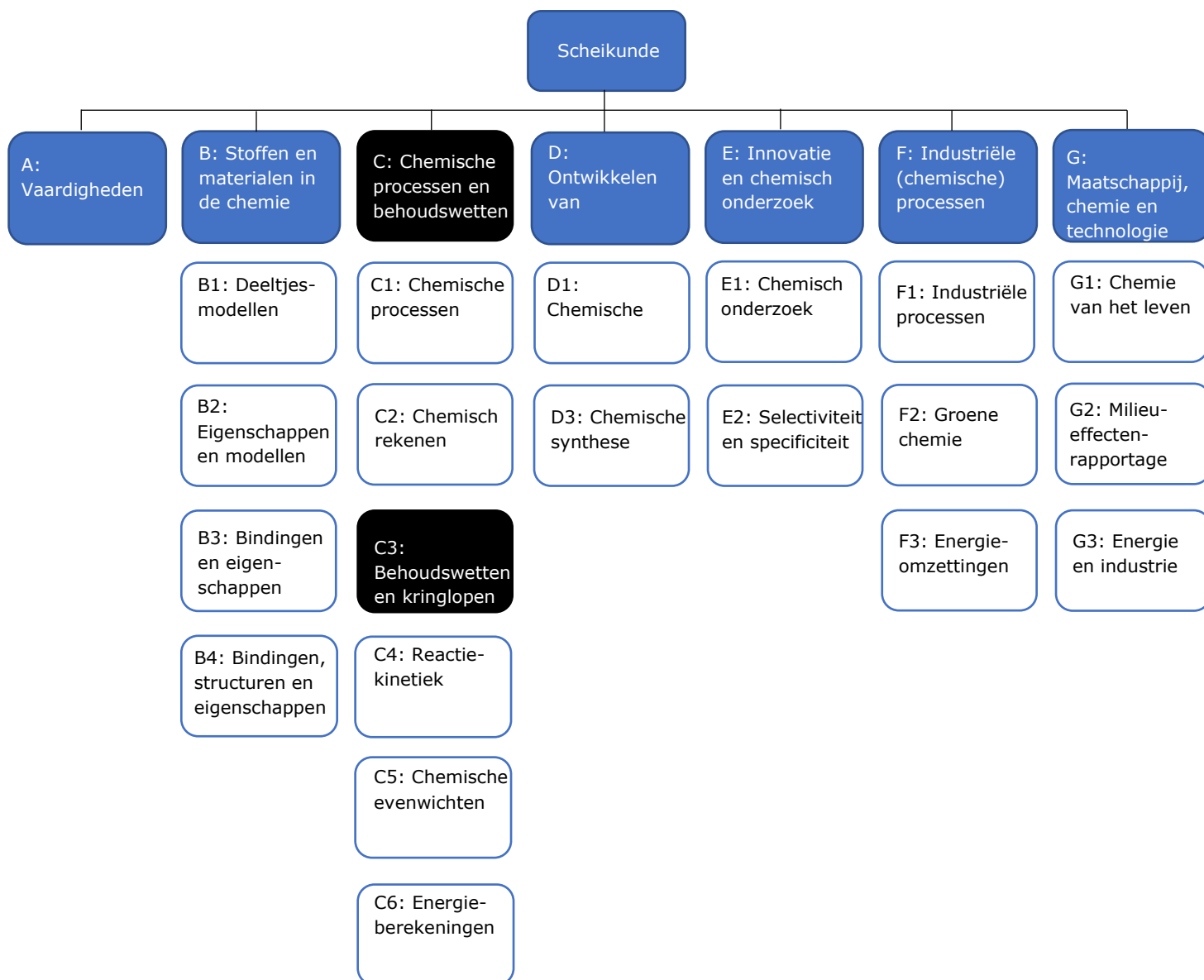


### Subdomein C3: Behoudswetten en kringlopen

Hoe ging het rekenen in het vorige domein? We blijven dat vooral lekker oefenen, maar we gaan in dit domein ook kijken naar de verschillende **behoudswetten** die een rol spelen bij reactievergelijkingen. Ook leer je verschillende aspecten rondom de duurzaamheid van bepaalde processen. Het is dus eigenlijk een uitbreiding op het vorige domein!

Na dit subdomein kun je:

- **Verbanden leggen tussen chemische processen en behoudswetten**
- **Deze verbanden relateren aan kringlopen**





### Massabalans in een reactie

Bij het rekenen aan reacties, zijn er een aantal wetten waarmee we rekening moeten houden. Eén van de belangrijkste is wel de **wet van behoud van massa**. Deze wet zegt ons eigenlijk dat in ieder chemisch proces de massa van de beginstoffen gelijk is aan de massa van de reactieproducten.

Laten we de elektrolyse van water waarbij  $\text{H}_2\text{O}$  wordt ontleed in  $\text{H}_2$  en  $\text{O}_2$ , even als voorbeeld nemen. Als we 1 kg  $\text{H}_2\text{O}$  gaan ontleden, betekent dat dat de  $\text{H}_2$  en  $\text{O}_2$  samen ook 1 kg zijn!

We kunnen massabalans als volgt weergeven:

$$\text{massa}_{\text{beginstoffen}} = \text{massa}_{\text{reactieproducten}}$$

### Het energie-effect van een reactie

We hebben al gezien dat een chemische reactie eigenlijk niets meer is dan het verbreken van bepaalde bindingen en het vormen van nieuwe bindingen. Het breken en vormen van verbindingen kost energie, of levert energie op.

Bij alle processen geldt dat de totale hoeveelheid energie, voor én na de reactie, constant blijft. Dit heet ook wel de **wet van behoud van energie**. Energie kan niet verloren gaan, maar kan wel worden omgezet in een andere vorm, bijvoorbeeld warmte of licht.

Dit kunnen we als volgt weergeven:

$$\text{Energie}_{\text{voor}} = \text{Energie}_{\text{na}}$$

### Ladingbehoud in een reactie

Naast het behoud van massa en energie, is er ook sprake van een **ladingsbalans** in een reactie. We hebben het in domein B al gehad over **lading**, mocht je iets vergeten zijn, dan kun je het daar opnieuw vinden!

Lading kan niet verloren gaan. En dus geldt voor lading hetzelfde als voor massa en energie: de lading van de beginstoffen (voor de pijl) is altijd gelijk aan de lading van de reactieproducten (na de pijl).

$$\text{lading}_{\text{beginstoffen}} = \text{lading}_{\text{reactieproducten}}$$

### Kringlopen

In de natuur zijn er vele kringlopen die een belangrijke rol spelen in de natuurlijke chemische processen op de aarde. Denk maar eens aan de  $\text{CO}_2$  die vrijkomt bij het verbranden van organische stoffen! Door fotosynthese wordt de  $\text{CO}_2$  door bomen en planten omgezet tot glucose en  $\text{O}_2$ . Als deze bomen en planten uiteindelijk worden verwerkt tot brandstof, komt er weer  $\text{CO}_2$  vrij. Zo kan deze kringloop steeds doorgaan! Dit stukje is een onderdeel van de koolstofkringloop.

We maken onderscheid tussen twee soorten kringlopen, namelijk:

- **Stoffenkringlopen**
- **Elementenkringlopen**

#### Stoffenkringloop

Onder een **stoffenkringloop** verstaan we de kringloop van één of meerdere verbindingen, bijvoorbeeld  $\text{H}_2\text{O}$ . Water wordt door organismen en chemische stoffen opgenomen, maar wordt ook weer afgegeven. Daarnaast verdampt oppervlaktewater (uit oceanen, zeeën etc.) en komt weer in oppervlaktewater of in de bodem terecht als neerslag. Zo verplaatst het water op de aarde zich voortdurend en speelt het een grote rol in processen.

#### Elementenkringloop

Een **elementenkringloop** is de kringloop van één bepaald soort element, bijvoorbeeld van koolstof,





stikstof, fosfor of zwavel. Het element komt dan voor in verschillende verbindingen. De koolstofkringloop en de stikstofkringloop zijn respectievelijk te vinden in BINAS 93F en G.

Als je kijkt naar de stikstofkringloop in BINAS 93G, dan zie je dat stikstof voorkomt als  $N_2$ ,  $NO_x$ ,  $NH_3$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$  en  $NO_2^-$ . Via verschillende processen kunnen de stoffen worden omgezet in een andere stikstofverbinding. Dit staat met pijlen aangegeven in BINAS 93G. Zie je bijvoorbeeld dat  $NH_4^+$  door nitrificatie van nitrietbacteriën kan worden omgezet tot  $NO_2^-$ . Deze processen kun je allemaal terugvinden in je BINAS, je hoeft ze dus niet uit je hoofd te leren. Dat scheelt weer!

**Tip:** De koolstofkringloop kan **CO<sub>2</sub>-neutraal** zijn als al het koolstofdioxide dat vrijkomt bij verbranding weer wordt opgenomen door planten en bomen en fotosynthese ondergaat. Als je de koolstofkringloop aan de hand van BINAS even helemaal wilt doorlopen, kijk dan video C3-1!



## Recycling

In Nederland is er jaarlijks 61 miljoen ton aan afval. Wanneer (een deel van) dit afval weer een nuttige toepassing vindt, spreken we over **recycling**. Binnen recycling zijn er twee belangrijke begrippen:

- **Downcyclen**
- **Upcyclen**

Bij **downcycling** gaat de kwaliteit van de materialen achteruit. Ook kunnen de oorspronkelijke materialen niet terugkeren in hun eigen kringlopen en gaan ze zo verloren. Een voorbeeld hiervan is het vermalen van bouwafval tot puin. Het kan dan gebruikt worden als ophoogmateriaal onder wegen. De kwaliteit van de grondstoffen gaat hiermee achteruit, omdat het te duur is om alle materialen 100% te scheiden en recyclen.

Bij **upcycling** is de gerecyclede stof van gelijke kwaliteit als de oorspronkelijke grondstof, er gaat geen kwaliteit verloren! Een goed voorbeeld hierbij is een Nederlands bedrijf dat plasticgranulaat maakt van petflesdoppen. Dit granulaat is van betere kwaliteit dan de dop zelf, en kan weer verwerkt worden tot andere producten.

## Cradle to cradle

Cradle to cradle is een filosofie met een vernieuwde visie op duurzaam ontwerpen. Wat hier centraal staat is dat alle materialen na gebruik in het ene product weer nuttig kunnen zijn in een ander product. De materialen moeten of worden verteerd (biologisch afbreekbaar), of een nuttig volgend leven krijgen. Een voorbeeld hiervan is dat Pampers tegenwoordig biologisch afbreekbaar zijn!



## Oefenopgaven

### Vraag 21

Als er bij fotosynthese in totaal 3 kg CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O volledig worden omgezet in suiker en O<sub>2</sub>, hoeveel kg aan nieuwe stoffen ontstaat er dan?

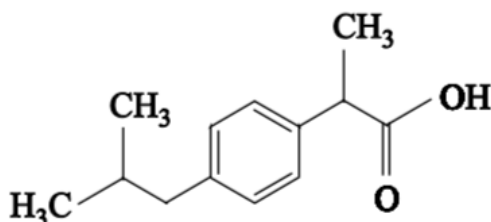
### Vraag 22

Biobrandstoffen zijn een alternatief voor fossiele brandstoffen.

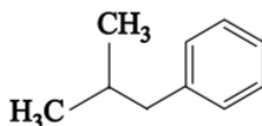
- Noem een voordeel van het gebruik van biobrandstoffen.
- Noem een nadeel van de productie van biobrandstoffen.
- Waarom kun je zeggen dat biobrandstoffen onderdeel zijn van een korte kringloop en fossiele brandstoffen van een heel lange kringloop?

### Vraag 23: uit eindexamen 2010 pilot-I

Ibuprofen is een pijnstiller, die in grote hoeveelheden wordt gemaakt. Hieronder is de schematische structuurformule van ibuprofen weergegeven.



Er bestaan verschillende methodes om ibuprofen te synthetiseren. In de zestiger jaren van de vorige eeuw is de zogenoemde 'Brown-synthese' ontwikkeld. Deze synthese bestaat uit zes reactiestappen en heeft als belangrijkste beginstof iso-butylbenzeen, waarvan de schematische structuurformule als volgt is:



Een belangrijk aspect van een synthese is het rendement van het proces. Wanneer een proces uit meerdere reactiestappen bestaat, heeft dat vaak een verlaging van het rendement tot gevolg. Zo is het totale rendement van de Brown-synthese 53%.

Bereken hoeveel gram ibuprofen kan worden bereid uit 50,0 g iso-butylbenzeen, als het rendement van het gehele proces 53% is. Neem aan dat alle andere beginstoffen in overmaat aanwezig zijn en dat de molverhouding iso-butylbenzeen : ibuprofen gelijk is aan 1 : 1.

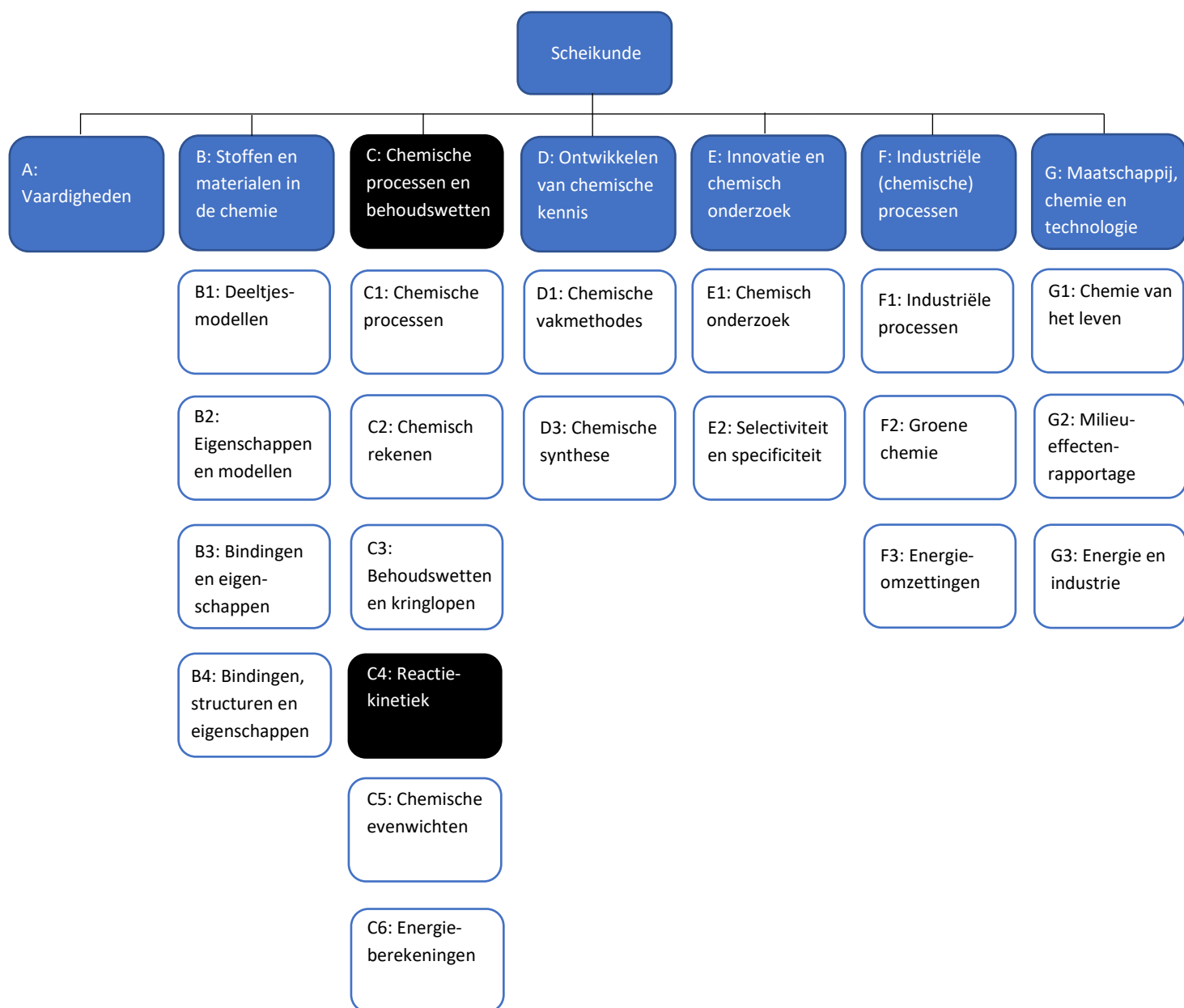


## Subdomein C4: Reactiekinetiek

Yes, we zijn over de helft van domein C! We hebben al verschillende dingen geleerd over chemische reacties, zoals het rekenen aan reacties en de verschillende **behoudswetten**. We hebben het echter nog niet gehad over de **snelheid** van reacties. Want verlopen alle reacties even snel? We gaan er in dit subdomein van alles over leren!

Na dit subdomein kun je:

- Op basis van **reactiekinetiek** chemische processen analyseren
- De concentratie van aanwezige stoffen en deeltjes berekenen
- Aangeven welke rol een **katalysator** kan spelen





## Botsende-deeltjesmodel

Om de snelheid van een chemische reactie goed te kunnen gebruiken, beginnen we met een modelvoorstelling: het **botsende-deeltjesmodel**. Deeltjes van een stof in vloeibare of gasvormige fase kunnen los van elkaar bewegen. Als er bewegende deeltjes hard genoeg tegen elkaar aanbotsen, dan vindt er een reactie plaats: dit wordt ook wel **effectieve botsing** genoemd. Hoe meer effectieve botsingen per seconde, hoe groter de reactiesnelheid.

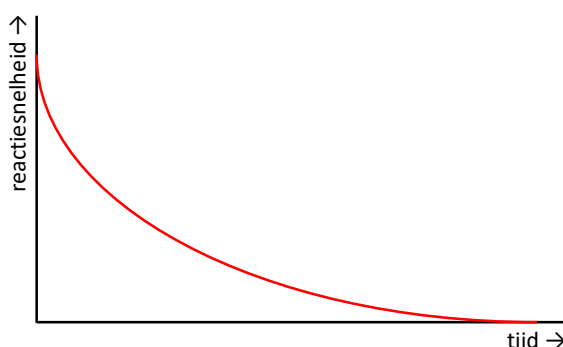
Er zijn verschillende factoren die invloed hebben op de snelheid van een chemische reactie, namelijk concentratie, temperatuur en verdelingsgraad. Hieronder zullen we deze één voor één aan de hand van het botsende-deeltjesmodel bespreken. Vervolgens kun je video 1 ter ondersteuning kijken!



## Invloed van de concentratie

Als de **concentratie** van de reagerende deeltjes wordt verhoogd, dan neemt het aantal deeltjes per volume-eenheid toe. Doordat de deeltjes continu bewegen, is de kans op een botsing groter. Stel jezelf maar voor: als je op een heel druk station loopt, is de kans dat je tegen iemand aanbotst veel groter dan wanneer er bijna niemand is. De reactiesnelheid neemt dus toe wanneer de concentratie wordt verhoogd, omdat er meer effectieve botsingen plaatsvinden.

Bij een aflopende reactie wordt de reactiesnelheid na verloop van tijd kleiner, want de beginstoffen raken op: er zijn dan steeds minder deeltjes die een effectieve botsing kunnen maken. Het verloop van de reactiesnelheid van een chemische reactie is schematisch weergegeven in figuur C4.1. Zoals je kunt zien, neemt de reactiesnelheid al af na de eerste effectieve botsing.



C4.1: Het verloop van de reactiesnelheid van een chemische reactie

## Invloed van de temperatuur

Zoals gezegd, heeft ook de **temperatuur** invloed op de reactiesnelheid. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller de deeltjes gaan bewegen. Doordat de deeltjes sneller gaan bewegen, is de reactiesnelheid groter. Waan je maar weer eens in dat hele drukke station. Als iedereen daar heel hard gaat rennen is de kans dat je tegen iemand aanbotst veel groter, dan wanneer iedereen rustig loopt! Er zijn dus meer botsingen per seconde, en daarnaast een hoger percentage effectieve botsingen per seconde.

## Invloed van de verdelingsgraad

Het vergroten van de **verdelingsgraad** is eigenlijk het vergroten van het contactoppervlak, dus het verdelen van de stof in fijnere deeltjes! Als de verdelingsgraad van de beginstoffen groter wordt, dan neemt het aantal effectieve botsingen per seconde toe en zal de reactiesnelheid dus ook toenemen.

**Let op:** het begrip verdelingsgraad gebruiken we alleen bij vaste stoffen!

## Reactiesnelheid

Een maat voor **reactiesnelheid** is de hoeveelheid stof die per seconde en per liter reactiemengsel ontstaat of verdwijnt. Zoals al eerder benoemd, hangt de reactie af van de soort stof, de verdelingsgraad, de concentratie en de temperatuur.



We kunnen de reactiesnelheid berekenen met de volgende formule:

$$s = \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

$s$	=	reactiesnelheid
$\Delta[A]$	=	verschil in concentratie aan het begin en eind van de reactietijd
$\Delta t$	=	verstreken reactietijd

Laten we hier meteen even mee gaan oefenen!

### Voorbeeldberekening

In een bepaalde reactie reageert stof A. De concentratie van stof A gedurende de reactie is weergegeven in tabel C4.1. Bereken de gemiddelde reactiesnelheid voor de hele reactie.

$$\Delta[A] = 1,00 - 0 = 1,00 \text{ mol/L}$$

$$\Delta t = 60 - 0 = 60 \text{ s}$$

$$s = \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{1,00}{60} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$$

We hebben ook voor dit onderwerp een bijpassende video opgezocht. Mocht je reactiesnelheid een lastig onderdeel vinden is het slim om deze video nog eens te kijken!

### Activeringsenergie

Bij een **endotherme reactie** moet voortdurend energie worden toegevoerd, deze reactie kost energie. Een **exotherme reactie** levert energie op. Je zou verwachten dat er bij exotherme reacties geen energietoevoer nodig is.

t (s)	[A] (mol/L)
0	1,00
20	0,35
40	0,08
60	0

Tabel C4.1

Sommige exotherme reacties verlopen inderdaad spontaan, maar bij andere reacties moet er een heel klein beetje energie worden toegevoegd om de reactie te laten starten. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan in de vorm van warmte, door de beginstoffen op temperatuur te brengen. Vaak is het in de winter ook lastiger om een houtvuurtje aan te maken, dan in de zomer: de beginstoffen zijn in de winter een stuk kouder, dus de energiedrempel is dan hoger!

De energie die nodig is om de reactie op gang te brengen, heet de **activeringsenergie**. Elke reactie heeft een bepaalde activeringsenergie nodig om op gang te komen, soms is deze laag en soms ligt deze wat hoger. De aard van de beginstoffen bepaalt hoe hoog de activeringsenergie is.

Er zijn manieren om de activeringsenergie te verkleinen. Dit kun je doen door een **katalysator** toe te voegen aan je reactie. De katalysator verlaagt de activeringsenergie van een reactie. Hierdoor verloopt de reactie sneller of bij een lagere temperatuur. Een belangrijk kenmerk van een katalysator is dat deze niet bij de reactie verbruikt wordt.

We vinden katalysatoren ook in ons lichaam. Als suiker wordt verbrand, wordt er gebruik gemaakt van bepaalde enzymen. Deze enzymen hebben een **katalytische werking** op de verbranding en ze worden niet verbruikt, maar alleen gebruikt!



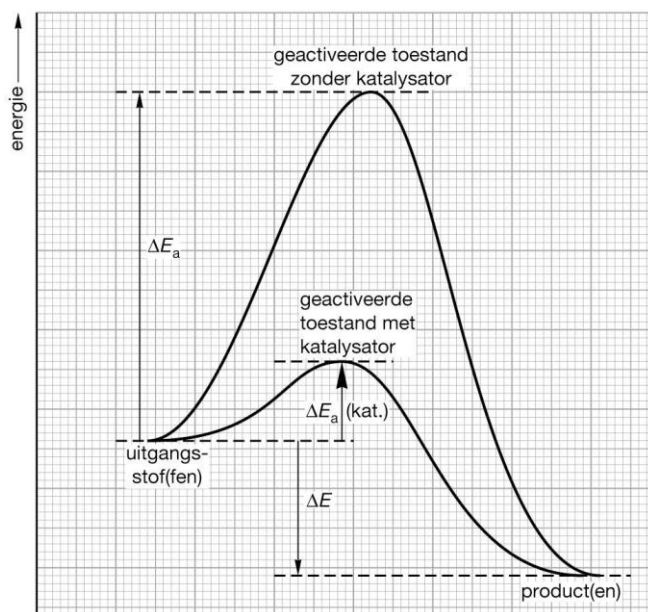


In figuur C4.2 zien we de werking van een katalysator weergegeven in een energiediagram.

De activeringsenergie, de zogenaamde 'energieberg', wordt een stuk verkleind door de aanwezigheid van de katalysator. Hierdoor hoeft er minder energie toegevoerd te worden om de reactie te laten verlopen!

**Tip:** Een katalysator reageert niet mee, en staat dus ook niet in de reactievergelijking!

In video 3 wordt alle theorie die belangrijk is voor het begrijpen van een energiediagram nog eens herhaald. Ook het verschil tussen exotherme en endotherme reacties wordt nog eens uitgelegd, en er wordt verteld hoe je deze verschillende reacties kan weergeven in een energiediagram. Na het bekijken van de video weet je ook goed wat activeringsenergie en reactie-energie is. Ten slotte wordt de rol van een katalysator besproken.



## Oefenopgave

### Vraag 24: uit eindexamen 2015-II

De bereiding van waterstof uit een koolwaterstof als propaan heeft bepaalde bezwaren. Daarom worden methodes onderzocht om waterstof te bereiden uit grondstoffen van plantaardige oorsprong. Onderzochte grondstoffen zijn onder andere glucose en glycol. Ook bij deze methode om waterstof te bereiden, spelen twee reacties een rol.

Reactie 1: De reactie van glucose of glycol tot koolstofmonoïoxide en waterstof.

Reactie 2: De reactie van het gevormde koolstofmonoïoxide met water tot koolstofdioxide en eveneens waterstof.

Zowel bij deze bereiding als bij de bereiding met behulp van propaan ontstaat dus behalve waterstof ook koolstofdioxide. Koolstofdioxide is één van de gassen die bijdragen aan de versterking van het broeikas effect. Bij de bereiding van waterstof met behulp van glucose ontstaat, bij volledige omzetting, per mol waterstof zelfs meer mol koolstofdioxide dan bij de bereiding van waterstof uit propaan. Voor de bereiding van waterstof verdient toch glucose de voorkeur boven propaan.

- a) Leg uit dat de bereiding van waterstof met behulp van glucose minder bijdraagt aan de versterking van het broeikas effect dan de bereiding van waterstof met behulp van propaan afkomstig uit aardolie.



De reacties 1 en 2 vinden onder 300 °C uitsluitend plaats met behulp van een katalysator. Er zijn verschillende metalen getest om na te gaan of ze geschikt zijn als katalysator voor deze reacties. In tabel 1 zijn de resultaten vermeld van een onderzoek, waarbij glycol als grondstof diende en de metalen palladium en ruthenium als mogelijke katalysator.

tabel 1

metaal	temperatuur (°C)	percentage omgezet glycol	percentage CO	percentage CO <sub>2</sub>
palladium	275	100	100	0
ruthenium	275	100	0	100

Met 'percentage CO' respectievelijk 'percentage CO<sub>2</sub>' wordt hier bedoeld het percentage van de koolstofatomen van de glycolmoleculen dat in de CO- respectievelijk CO<sub>2</sub>-moleculen is terechtgekomen.

Twee leerlingen, Simone en Gerard, bespreken de gegevens van tabel 1. Zij nemen aan dat geen andere reacties dan de reacties 1 en 2 een rol spelen. Beide leerlingen zijn het met elkaar eens dat het voor reactie 2 veel uitmaakt welk metaal wordt gebruikt. Over de werking van palladium of ruthenium als katalysator voor reactie 1 zijn zij het niet eens.

Volgens Simone werken beide metalen even goed als katalysator voor reactie 3. Maar Gerard vindt dat je dit op basis van de gegevens uit tabel 1 niet kunt zeggen.

- b) Geef voor het standpunt van beide leerlingen een argument. Noteer je antwoord als volgt:  
 Argument voor Simone: ...  
 Argument voor Gerard: ...

## Reactiemechanisme

Een reactievergelijking laat de begin- en eindproducten van een bepaalde chemische reactie zien, maar soms bestaat een reactie uit meerdere tussenstappen. Een **reactiemechanisme** geeft al deze tussenstappen weer. Een reactiemechanisme is dus een beschrijving van het verloop van een reactie. We kunnen in één oogopslag zien wat er gebeurt, heel handig dus!

Wanneer er bekend is uit welke stappen een bepaalde reactie bestaat, dan kan er ook gekeken worden naar welke stap de snelheid van de totale reactie bepaalt: **de snelheidsbepalende stap**. De snelheid van een chemische reactie wordt namelijk bepaald door de snelheid van de langzaamste stap in de reactie.

## Radicalen

In een reactiemechanisme kun je **radicalen** tegenkomen, het is belangrijk dat we deze kunnen herkennen. Radicalen hebben niet het juiste aantal covalente bindingen, maar zijn toch ongeladen.

Als we bijvoorbeeld kijken naar het hydroxylradicaal zien we één H-atoom gebonden aan één O-atoom. Zuurstof heeft eigenlijk een covalentie van twee. Het overgebleven elektron, die normaal gesproken de tweede binding zou aangaan, bevindt zich nu 'los' op het O-atoom. Dit heet een **ongepaard elektron**.

Als een deeltje een radicaal is, kun je dat weergeven door een stip achter het desbetreffende atoom te zetten. Deze stip stelt het ongepaarde elektron voor. Het hydroxylradicaal ziet er dus zo uit:



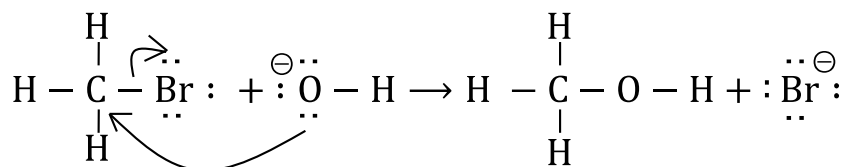
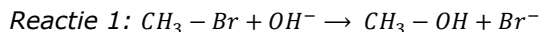
## Nucleofielen en elektrofielen

Een negatief ion of het negatieve gedeelte van een dipoolmolecuul, wordt ook wel **nucleofiel** genoemd. Nucleofiel betekent eigenlijk 'houdt van kernen'. Een nucleofiel is een negatief ion met een vrij elektronenpaar. Een nucleofiel kan een reactie aangaan met een elektrofiel, en deelt vervolgens het vrije elektronenpaar.



Een **elektrofiel** is een positief ion of het positieve deel van een dipoolmolecuul. Elektrofiel betekent letterlijk 'houdt van elektronen'.

Als we het mechanisme van onderstaande substitutiereactie bekijken, zien we dat het hydroxide-ion reageert als een **nucleofiel** deeltje. Kijk maar eens mee!



C4.2: Reactiemechanisme van reactie 1: broommethaan met  $\text{OH}^-$  tot methanol en  $\text{Br}^-$

In bovenstaand reactiemechanisme zijn de dubbele punten (:) de elektronenparen. Zoals je hierboven kunt zien, reageert het  $\text{OH}^-$ -deeltje als een nucleofiel en wil het graag een reactie aangaan met een elektrofiel. De C in broommethaan is een klein beetje positief, omdat broom een groot **elektronegatief** atoom is. Elektronegatief betekent dat het atoom elektronen aantrekt, in dit geval dus elektronen van C in broommethaan. Hierdoor wordt C in broommethaan een klein beetje positief ( $\delta^+$ ), en kan het een reactie aangaan met het nucleofiele deeltje  $\text{OH}^-$ . Hierbij wordt broom afgesplitst en ontstaat er naast methanol ook een bromide-ion.





## Oefenopgaven

### Vraag 25: uit eindexamen 2016-II

Sulfonzuurgroepen ( $\sim\text{OSO}_3\text{H}$ ) komen voor in een bepaalde stof, nafion, en geven deze stof een zuur karakter.

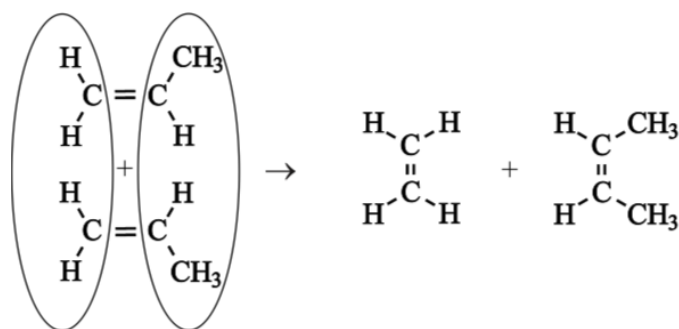
Geef de Lewisstructuur van de groep  $\text{R-OSO}_3^-$  en leg uit dat van deze groep meerdere grensstructuren bestaan. Geef in de tekening formele lading(en) aan.

- Neem aan dat de covalentie van zwavel 6 is.
- De overige atomen in de weergegeven Lewisstructuur moeten voldoen aan de octetregel. Laat hierbij de groep R buiten beschouwing.

**Tip:** De uitleg van het tekenen van een Lewisstructuur kun je vinden in domein B!

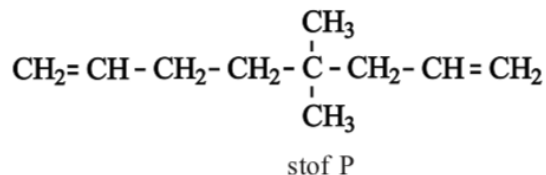
### Vraag 26: uit eindexamen 2009-II

De Nobelprijs voor scheikunde in 2005 is gewonnen door wetenschappers die zich bezig hebben gehouden met het onderzoek naar zogenoemde metathesereacties. Metathese is een reactie van onverzadigde verbindingen. Bij een metathesereactie worden telkens twee dubbele bindingen verbroken en twee nieuwe dubbele bindingen gevormd. Een voorbeeld van een metathesereactie is de omzetting van propen tot etheen en but-2-een:



In bovenstaande weergave is met ovalen aangegeven welke delen uit de moleculen van de beginstoffen zijn terug te vinden in de moleculen van de reactieproducten. Metathesereacties worden vaak in organische syntheses gebruikt.

Een toepassing is de zogenoemde ringsluitingmetathese. Bij metathese van een verbinding met twee dubbele bindingen per molecuul, zoals bijvoorbeeld stof P (zie hieronder), kan een cyclische verbinding ontstaan.



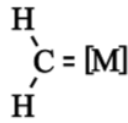
In veel van zulke gevallen treedt de metathese binnen het molecuul (intramoleculair) op. Bij de intramoleculaire ringsluitingmetathese van stof P ontstaat behalve het cyclische reactieproduct, ook etheen. Beide stoffen ontstaan in de molverhouding 1 : 1.

- a) Geef de structuurformule van de cyclische verbinding die ontstaat bij deze intramoleculaire metathese van stof P.

De katalysatoren die bij metathesereacties worden gebruikt, zijn meestal organische verbindingen van bepaalde metalen, vaak molybdeen (Mo) of ruthenium (Ru). In zulke verbindingen is het metaalatom via een dubbele binding gebonden aan een koolstofatoom.

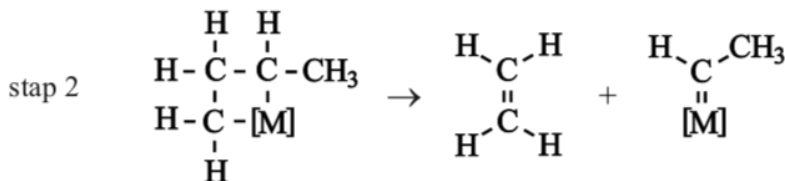
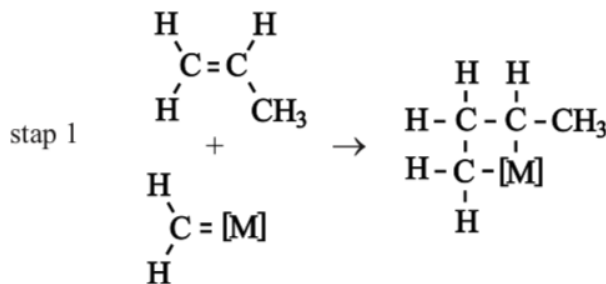


Zo'n katalysatormolecuul wordt vaak als volgt weergegeven:



Men veronderstelt dat een metathesereactie in vier stappen verloopt. De eerste twee stappen voor de metathese van propen tot etheen en but-2-een verlopen als volgt:

- In de eerste stap wordt een molecuul van de katalysator gebonden aan een molecuul van het propen. Er ontstaat een cyclische structuur met vier atomen.
- In de tweede stap wordt uit de cyclische structuur een molecuul etheen afgesplitst. Deze stappen kunnen als volgt in structuurformules worden weergegeven:



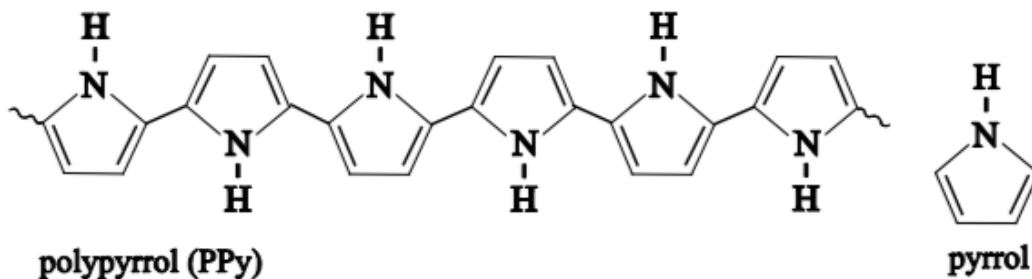
**b)** Geef de stappen 3 en 4 van het reactiemechanisme in structuurformules weer.

**Vraag 27: uit voorbeeldexamen 2016**

Zweedse onderzoekers hebben een lichtgewicht oplaadbare batterij van papier ontwikkeld. Deze batterij is gebaseerd op een polymeer van pyrrol. De structuurformule van pyrrol is hieronder weergegeven. De bereiding van het polymeer verloopt in twee stappen die in één proces na elkaar verlopen.

Stap 1: pyrrol wordt opgelost in ethanol en in contact gebracht met een overmaat ijzer(III)chloride-oplossing, waarmee het reageert.

Er treedt een zogenoemde elektrochemische polymerisatiereactie op, waarbij onder andere polypyrrol (PPy) en ijzer(II)ionen ontstaan.





- a) Geef de vergelijking van de halfreactie voor de vorming van PPy uit pyrrol. Gebruik voor PPy de notatie  $H - (C_4H_3N)_n - H$ . In de vergelijking van deze halfreactie komt ook  $H^+$  voor.
- b) Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van ijzer(III)ionen in ijzer(II)ionen en geef de vergelijking van de totaalreactie.

In het reactievat zijn ook cellulosevezels aanwezig. Het slecht in water oplosbare PPy hecht het zich aan de cellulosevezels. De hechting van PPy aan cellulose is stevig. De aldus gevormde vezels kunnen worden gebruikt om een materiaal te bereiden dat lijkt op papier.

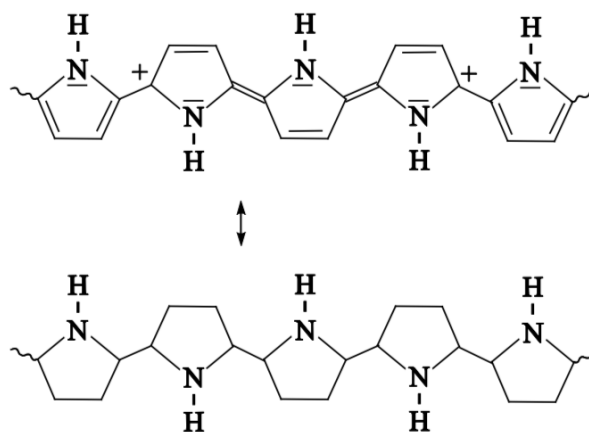
- c) Geef een verklaring met behulp van begrippen op microniveau voor de goede hechting van PPy aan cellulose. Gebruik BINAS 67F3.

**Stap 2:** het ontstane PPy reageert verder met de ijzer(III)chloride-oplossing. Hierbij staan PPy-moleculen elektronen af aan ijzer(III)ionen. De PPy-moleculen worden hierdoor positief geladen. De aanwezige chloride-ionen compenseren de positieve lading van de PPy-moleculen.

Het gevormde positief geladen PPy is een voorbeeld van een geleidend polymeer. Mede met behulp van mesomere grensstructuren is te verklaren dat positief geladen PPy een geleidend polymeer is. Op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort, is één mesomere grensstructuur van positief geladen PPy weergegeven.

- d) Geef hieronder in de onderste structuur een andere mesomere grensstructuur van de gegeven PPy-keten, waarmee verklaard kan worden dat PPy een geleidend polymeer is. Doe dit door de ontbrekende elektronenparen en positieve ladingen weer te geven.

positief geladen polypyrrol



De cellulose-PPy-vezels worden samengeperst tot platen. Het zo gevormde materiaal wordt in de rest van deze opgave aangeduid als composiet. In figuur 1 is de papieren batterij schematisch weergegeven. De batterij is samengesteld uit twee gelijke platen composiet, twee platina elektroden en filtreerpapier gedrenkt in een oplossing van natriumchloride in water. De batterij moet vóór gebruik worden opgeladen. Bij het opladen ontstaat een ladingsverschil tussen beide composietplaten doordat het aanvankelijk positief geladen PPy in één van de platen minder positief geladen wordt, terwijl het PPy in de andere plaat sterker positief geladen wordt. Tijdens stroomlevering vinden de omgekeerde processen plaats.

- e) Leg uit of tijdens stroomlevering de  $Cl^-$ -ionen in het filtreerpapier tussen de composietplaten in de richting van de positieve elektrode of in de richting van de negatieve elektrode zullen bewegen.



De papieren batterij is zeer snel oplaadbaar. De batterij heeft echter in vergelijking met de veelgebruikte lithiumbatterij maar een lage maximale spanning. De maximaal haalbare spanning van de papieren batterij is afhankelijk van de tijd dat het PPy reageert met de ijzer(III)chloride-oplossing. Als de reactietijd kort is, is de hoeveelheid positieve ladingen in de PPy-moleculen klein. Als de reactietijd lang is, is het aantal positieve ladingen in de PPy-moleculen groot.

Het aantal positieve ladingen dat kan ontstaan in de PPy-moleculen kent een maximum. Het materiaal dat ontstaat als de PPy-moleculen het maximale aantal positieve ladingen hebben, is ongeschikt om een batterij van samen te stellen. De reactietijd in stap 2 moet daarom goed worden gecontroleerd.

- f)** Leg uit dat het materiaal waarin PPy-moleculen het maximaal aantal positieve ladingen hebben niet bruikbaar is om een batterij uit samen te stellen.

Het percentage van het maximaal aantal positieve ladingen is van belang om de maximaal haalbare spanning te kunnen bereiken. Daarom wordt de reactietijd zo gekozen dat het percentage positieve ladingen in de PPy-moleculen een bepaalde waarde heeft.

- g)** Leg uit tot welk percentage van het maximaal aantal positieve ladingen de PPy-moleculen moeten reageren met de ijzer(III)chloride-oplossing tijdens stap 2, zodat de maximaal haalbare spanning van de batterij bereikt kan worden bij het opladen.

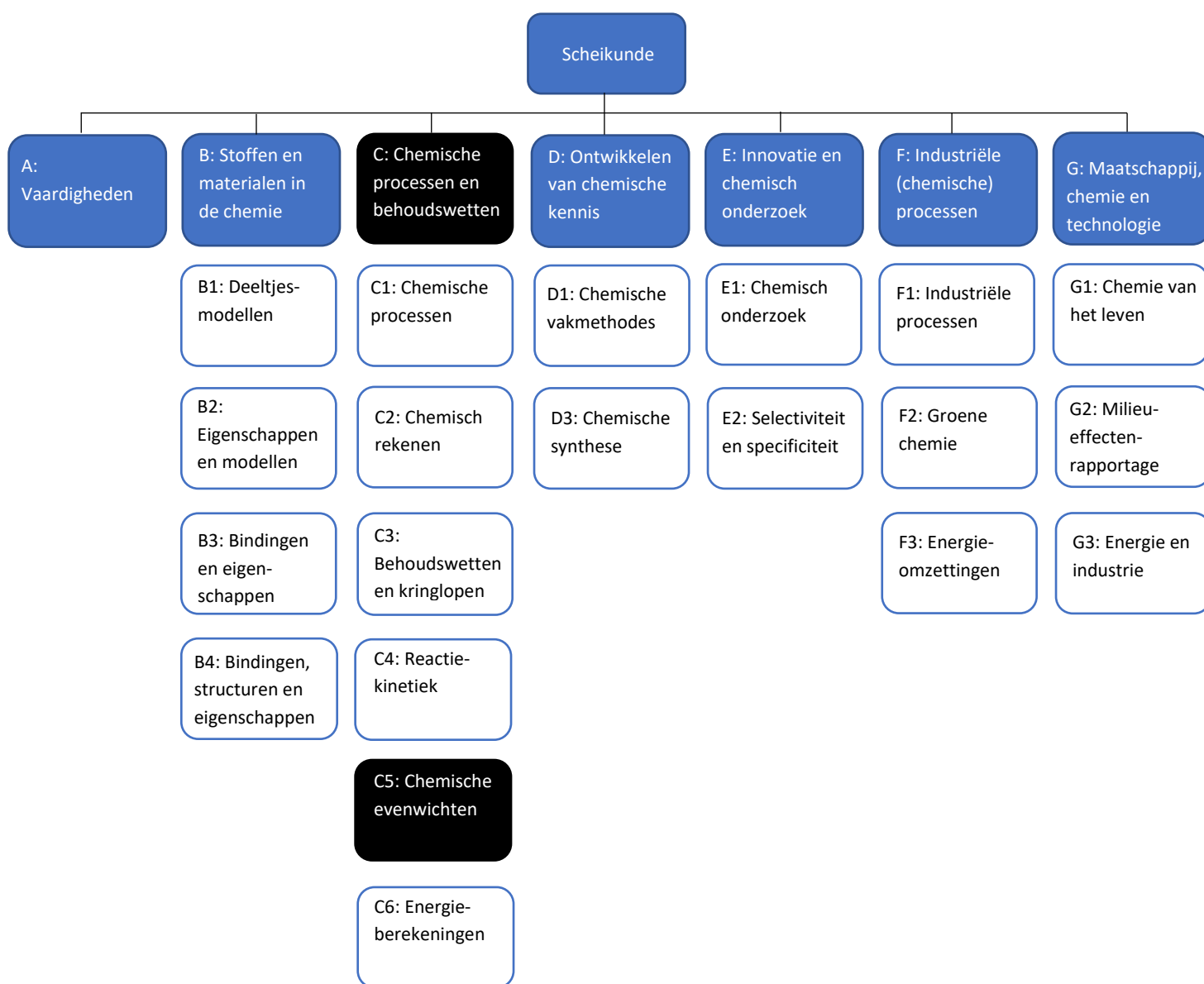


## Subdomein C5: Chemische evenwichten

We hebben al kort gesproken over **evenwichten**, maar in dit subdomein zoomen we even helemaal in op deze bijzondere reacties. We gaan alles weer stap voor stap bij langs en zullen wat voorbeeldopgaven gaan bekijken. Ben je er klaar voor?

Na dit subdomein kun je:

- **Aangeven of er sprake is van evenwicht**
- **Berekeningen uitvoeren aan evenwichten**
- **Verklaren hoe de ligging van een evenwicht kan worden beïnvloed**





## Soorten reacties

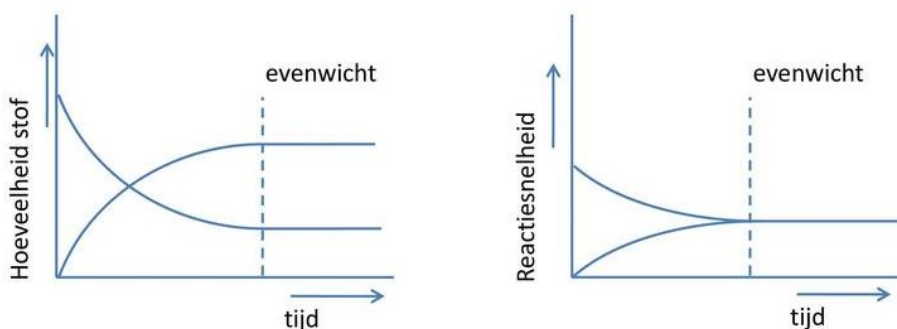
Veel chemische reacties zijn **omkeerbaar**, denk maar eens aan de redoxreactie in accu's die we al behandeld hebben. De omstandigheden bepalen dan welke kant de reactie op stroomt. Soms verschillen de omstandigheden van de heen- en teruggaande reactie niet veel van elkaar. Als dit het geval is, kunnen de beide reacties tegelijk verlopen.

Na een tijd is er een situatie ontstaan waarin de snelheid van de heen- en teruggaande reactie gelijk is. Er is dan **chemisch evenwicht** bereikt. Een kenmerk van **evenwichtsreacties** is dat er altijd een hoeveelheid van de begin- en eindstoffen in het reactiemengsel aanwezig blijft.

**Tip:** In een reactie geven we evenwichten aan door een dubbele pijl ( $\rightleftharpoons$ ) te gebruiken.

Naast evenwichtsreacties onderscheiden we ook **aflopende reacties**. Bij deze reacties reageren de beginstoffen volledig tot ten minste één van de beginstoffen op is. De reactie is dan afgelopen, logischerwijs is de reactiesnelheid dan nul!

### Verloop van een evenwichtsreactie



Figuur C5.1: Het verloop van een evenwichtsreactie

In de grafiek van een evenwichtsreactie zie je altijd gedurende de tijd verstrijkt de hoeveelheid beginstof afnemen, tegelijkertijd neemt de hoeveelheid reactieproduct toe. Uiteindelijk vind je zowel de beginstoffen als de eindproducten terug in het reactiemengsel, wanneer zich het evenwicht heeft ingesteld. Als het evenwicht is bereikt is de reactiesnelheid van beide reacties gelijk.

**Tip:** De ligging van het evenwicht is afhankelijk van de totale hoeveelheid aanwezige beginstof.

We hebben een video voor je opgezocht, waarin wordt uitgelegd wat evenwicht nu eigenlijk precies is. Vind je het nog een beetje lastig? In ongeveer 10 minuten kom jij alles over evenwichten te weten!



### Evenwichtsvoorwaarde

We kunnen bepalen of in een evenwicht de reactie naar links of naar rechts sneller verloopt. Hiervoor stellen we een **evenwichtsvoorwaarde**, of **concentratiebreuk**, op. We stellen deze concentratiebreuk gelijk aan de **evenwichtsconstante**, **K**. De waarde van K is specifiek voor iedere reactie en kun je vinden in BINAS 49. Alleen stoffen met als fase (g) en (aq) komen voor in de concentratiebreuk. Voor stoffen met de fasen (s) en (l) kun je het cijfer 1 invullen in de concentratiebreuk.

De concentratiebreuk van de reactie  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  wordt als volgt gegeven:

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$



Voor zuur- en basereacties worden K-waarden genoteerd als  $K_z$  (zuur) en  $K_b$  (base). Voor het oplossen van zouten wordt de K-waarde genoteerd als  $K_s$  (*solubility*).

**Tip:** Is de evenwichtsconstante groot, dan ligt het evenwicht rechts, maar is de evenwichtsconstante klein, dan ligt het evenwicht links.

Met behulp van de  $K_w$  kun je de pH of de pOH van een bepaalde oplossing berekenen. De  $K_w$  is de waterconstante, deze is  $1,00 \cdot 10^{-14}$  en wordt als volgt gegeven:



De  $pK_w$  wordt gegeven door de  $-\log(K_w)$ .

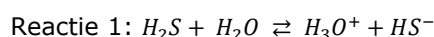
$$pK_w = -\log(K_w) = 14 \text{ (bij } T = 298K)$$

$$pH + pOH = pK_w = 14 \text{ (bij } T = 298K)$$

**Tip:** als de temperatuur geen 298K is, dan kun je de  $pK_w$  waarde vinden in BINAS 50A.

De evenwichtsvoorwaarde K is **temperatuurafhankelijk**. Als de temperatuur wordt verhoogd, ligt het evenwicht meer aan de endotherme kant. De endotherme reactie heeft immers energie nodig, en kan dit uit de warmte halen!

Ook de reactiesnelheid van een chemische reactie kan beïnvloed worden, we hebben het hier al kort over gehad. We gaan verschillende manieren om dit te beïnvloeden bespreken aan de hand van onderstaande reactie 1.



Soms wordt er aan één kant van de reactie een **stof afgevoerd**. Als we in reactie 1  $HS^-$  afvoeren, dan zal het evenwicht naar rechts liggen, er is immers geen  $HS^-$  aanwezig voor de reactie terug! Als we het reactieproduct  $HS^-$  blijven afvoeren, is de reactie zelfs **aflopend**, want op een gegeven moment raken de beginstoffen  $H_2O$  en  $H_2S$  op.

Als er een **overmaat van een beginstof** aanwezig is ligt het evenwicht meer naar rechts. Stel, in reactie 1 is  $H_2O$  in overmaat aanwezig. De reactiesnelheid naar rechts zal groter zijn dan de reactiesnelheid naar links, omdat er meer dan voldoende  $H_2O$  is, en dit graag wil reageren!

We hebben het ook al even kort gehad over de werking van een **katalysator**. Een katalysator zorgt voor een verlaging van de energiedrempel en vergroot de reactiesnelheid. Als in reactie 1 sprake zou zijn van een katalysator, dan zouden beide reacties (zowel naar links en naar rechts) evenveel groter worden.

Als de **beginstof** van een reactie fijner wordt verdeeld, dan wordt het contactoppervlak groter gemaakt. In domein C4 hebben we het hier al even over gehad: de reactiesnelheid naar rechts wordt daardoor groter. De reactiesnelheid naar links wordt niet groter, want dat is de reactie van de producten naar de beginstoffen (en het oppervlak van de beginstoffen werd fijner verdeeld, niet dat van de reactieproducten!)

Ten slotte kunnen we de reactiesnelheid ook beïnvloeden door de **druk te verhogen** (dit is alleen van toepassing bij een chemisch evenwicht met gassen). Het evenwicht verschuift hierbij naar de kant met de minste gasdeeltjes.

Al deze manieren om K of de reactiesnelheid te beïnvloeden kun je overzichtelijk terugvinden in tabel C5.1. Zo kun je gemakkelijk in één oogopslag zien wat er gebeurt bij een bepaalde actie! Handig toch?



	Invloed op K	Reactiesnelheid	Ligging van evenwicht
<b>Temperatuursverhoging</b>	Ja	Reactiesnelheden naar links en naar rechts veranderen afzonderlijk	Verschuiving naar de endotherme kant
<b>Product afvoeren</b>	Nee	Reactiesnelheid naar rechts wordt groter	Loopt af naar rechts
<b>Overmaat van een beginstof</b>	Nee	Reactiesnelheid naar rechts wordt groter	Verschuiving naar rechts
<b>Katalysator toevoegen</b>	Nee	Reactiesnelheden naar links en rechts worden evenveel groter	Geen verschuiving
<b>Beginstof fijner verdelen</b>	Nee	Reactiesnelheid naar rechts wordt groter	Vaste stoffen komen niet voor in de concentratiebreuk
<b>Druk verhogen (evenwicht van gassen)</b>	Nee	Reactiesnelheden naar links en naar rechts veranderen afzonderlijk	Verschuiving naar de kant met de minste gasdeeltjes

Tabel C5.1: Verschillende invloeden op de evenwichtsconstante en de ligging van het evenwicht

Als je de QR-codes hieronder scant, kom je bij twee video's die we speciaal voor jullie hebben uitgezocht. In de twee video's wordt de evenwichtsligging én de evenwichtsvoorwaarde nog een keer behandeld. Dus, vind je het nog lastig? Scan dan gewoon weer de juiste QR-codes en bekijk de video's goed. Vervolgens kun je jezelf direct testen met de oefenopgaven!



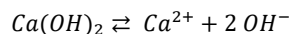




## Oefenopgaven

### Vraag 28: uit eindexamen 2015-I

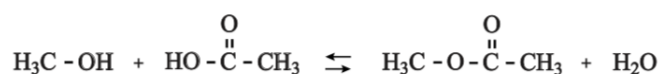
Beton wordt gemaakt uit cement, water, zand en grind. Het cement gaat een reactie aan met water, waardoor onder andere calciumhydroxide ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ontstaat. Er ontstaat een hard materiaal. Door een overmaat aan water bevat beton ook met water gevulde poriën. De poriën in beton bevatten onder andere een verzadigde oplossing van calciumhydroxide. Er stelt zich het volgende evenwicht in:



Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht.

### Vraag 29: uit eindexamen 2014-II

Methylethanoaat wordt gebruikt als oplosmiddel en als basis voor lakken. De vorming van methylethanoaat is een evenwichtsreactie en is hieronder weergegeven.



Na de estervorming zijn enkele scheidingsstappen nodig om het mengsel van stoffen, afkomstig uit de reactor, te scheiden. Deze scheiding kan worden bereikt met destillatie. Uit de reactor komt een mengsel van vijf stoffen: ethaanzuur, methanol, methylethanoaat, water en zwavelzuur. In een destillatiestap wordt steeds één stof uit het mengsel afgescheiden.

Aangenomen mag worden dat de scheiding volledig is. In dat geval zijn vier destillatiestappen nodig na de reactie om het mengsel volledig te scheiden. Dit gebeurt in destillatiekolommen.

In de jaren '80 van de vorige eeuw heeft men een chemisch technologisch proces ontwikkeld, waarin een reactor en een destillatietoren worden gecombineerd. Dit proces heet 'reactieve destillatie'. Door tijdens de reactie het reactiemengsel te verwarmen, verdampt methylethanoaat uit het reactiemengsel.

Leg uit wat de invloed is op de ligging van het evenwicht wanneer methylethanoaat uit het reactiemengsel verdampt.

### Vraag 31: uit eindexamen 2013-I

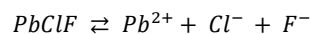
Twee leerlingen gaan voor hun profielwerkstuk het fluoridegehalte bepalen van een bepaald merk tandpasta. Ze hebben op internet een bepaling gevonden waarbij het aanwezige fluoride als  $\text{PbClF}$  wordt neergeslagen. Door daarna de massa van het  $\text{PbClF}$  te wegen, kan het fluoridegehalte in de tandpasta worden berekend.

De leerlingen wegen een hoeveelheid tandpasta af en lossen dit in verdund salpeterzuur op. Terwijl zij dit doen, nemen zij een gasontwikkeling waar. Omdat in de tandpasta calciumcarbonaat aanwezig is als polijst- en schuurmiddel, vermoeden ze dat dit gas koolstofdioxide is. Ze leiden het gas daarom door kalkwater.

- a) Geef de vergelijking van de reactie die verloopt als koolstofdioxide door kalkwater wordt geleid. Geef de waarneming die de leerlingen zullen doen.

De oplossing die is ontstaan na de reactie van tandpasta met salpeterzuur wordt enige minuten verhit om het nog opgeloste koolstofdioxide te verwijderen. Daarna brengen de leerlingen de oplossing op een pH-waarde van ongeveer 5 door het toedruppelen van natronloog.

Vervolgens voegen ze een  $\text{NaCl}$  oplossing toe, waarna ze onder voortdurend roeren een  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  oplossing toevoegen. Tijdens het toedruppelen ontstaat een suspensie doordat zich een heteroog evenwicht instelt:





Doordat een overmaat NaCl oplossing en een overmaat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oplossing is toegevoegd, is de  $[\text{F}^-]$  in de vloeistof verwaarloosbaar klein.

- b)** Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1.
- c)** Leg met behulp van de evenwichtsvoorwaarde uit dat het gebruik van een overmaat NaCl- oplossing en een overmaat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oplossing ervoor zorgt dat de concentratie opgeloste  $\text{F}^-$  verwaarloosbaar klein kan worden.

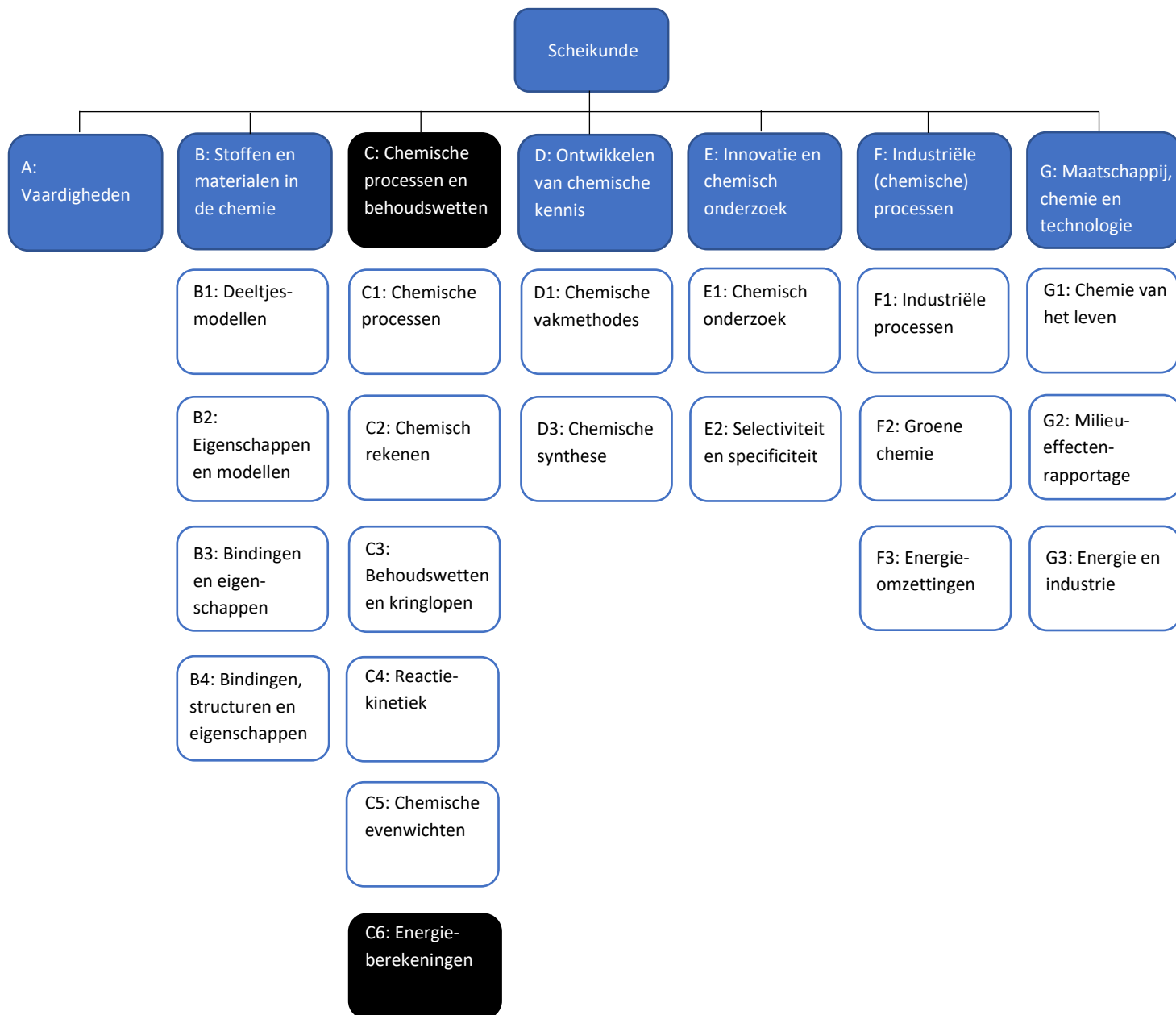


## Subdomein C6: Energieberekeningen

We zijn alweer aangekomen in het laatste deel van domein C, we zijn nu echt goed op weg! In dit laatste deel gaan we ons bezig houden met de **energie in een reactie**. We hebben het hier natuurlijk al even kort over gehad, maar we gaan in dit deel leren daar mee te rekenen!

Na dit subdomein kun je:

- **Berekeningen maken over energie-omzettingen bij chemische processen**
- **Berekeningen maken over energie-uitwisseling bij chemische processen**





## Energiediagram

Elke reactie heeft een bepaald **energie-effect**: chemische energie wordt omgezet in andere vormen van energie (exotherm) óf een bepaalde vorm van energie wordt opgeslagen als **chemische energie** (endotherm). Het energie-effect kan ook **reactiewarmte** worden genoemd.

We hebben in domein B al geleerd dat er warmte (dit is dus een andere vorm van energie!) vrijkomt bij een **exotherm proces**. De chemische energie van de beginstoffen is hier groter dan de hoeveelheid chemische energie van de reactieproducten. De overige energie wordt omgezet in warmte, of andere vormen van energie. Het energie-effect van een exotherme reactie is een negatief getal:

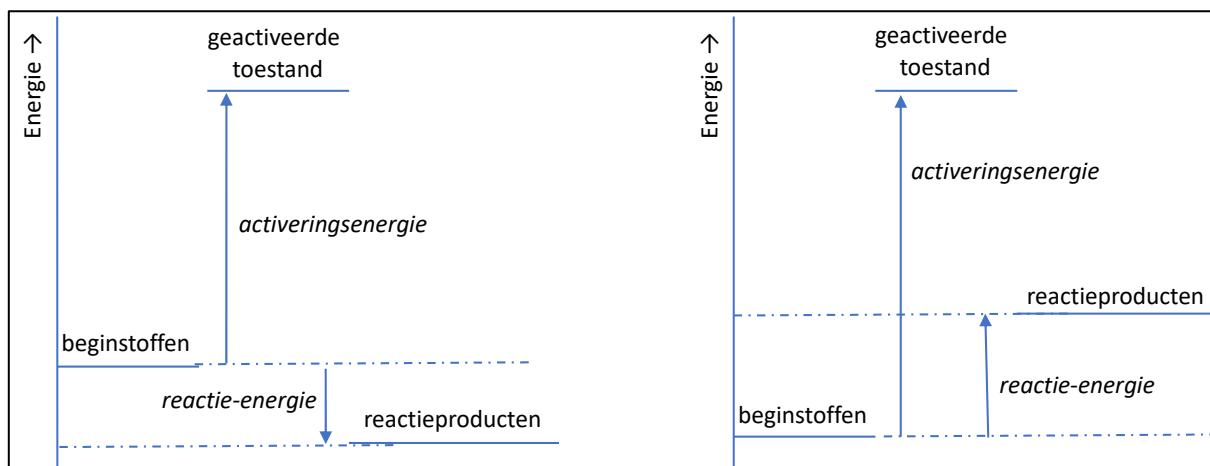
$$\Delta E < 0 J$$

Bij een **endotherm proces** is dit omgekeerd. De hoeveelheid chemische energie van de reactieproducten is groter dan de hoeveelheid chemische energie van de beginstoffen: er moet dus energie worden toegevoerd om de reactie te laten verlopen. Hierdoor is het energie-effect in een endotherme reactie een positief getal.

$$\Delta E > 0 J$$

Het energie-effect van een chemische reactie kan worden weergegeven in een **energiediagram**. Je kunt in een energiediagram de **activeringsenergie** en de **reactie-energie** van een bepaald proces aflezen.

In een energiediagram staat de hoeveelheid energie op de verticale as. In het energiediagram zie je drie niveaus die de hoeveelheid energie weergeven die de stoffen bezitten. Eén niveau voor de chemische energie van de beginstoffen, één niveau voor de chemische energie van de **geactiveerde toestand** en één niveau voor de chemische energie van de reactieproducten.



C6.1: Links: energiediagram van een exotherme reactie. Rechts: energiediagram van een endotherme reactie

De geactiveerde toestand houdt in dat er zoveel energie is toegevoegd aan de reactie, dat deze kan starten. Het verschil tussen het niveau van de beginstoffen en de geactiveerde energie, is de **activeringsenergie** ( $\Delta E_A$ ). Hoe groter de activeringsenergie, hoe langzamer de reactie verloopt. Zoals we al hebben geleerd in domein C4, wordt de activeringsenergie lager wanneer een **katalysator** wordt toegevoegd. Het verschil tussen het niveau van de beginstoffen en het niveau van de reactieproducten is de **reactie-energie**.

Er zit een verschil in het energiediagram van een endotherme en van een exotherme reactie, zoals je hierboven ziet. Bij een exotherme reactie ligt het energieniveau van de reactieproducten lager dan die van de beginstoffen ( $\Delta E < 0 J$ ). Bij een endotherme reactie ligt het energiediagram van de reactieproducten juist hoger dan het energieniveau van de beginstoffen ( $\Delta E > 0 J$ ). Deze diagrammen kun je bekijken in figuur C6.1.



## Soortelijke warmte

De **soortelijke warmte** is de energie (het aantal joule) dat nodig is om één gram van een bepaalde stof één graad (geldt voor zowel °C als K) in temperatuur te laten stijgen. Deze is dus stofspectiefiek. Je kunt de soortelijke warmte terugvinden in BINAS 9 t/m 11.

De soortelijke warmte van water vind je in BINAS 11 en is  $4,18 \cdot 10^3$  J/Kg/K. Dit betekent dat er  $4,18 \cdot 10^3$  J aan energie nodig is om 1 kg water 1 graad te laten stijgen!

## Vormingswarmte

We kunnen het energie-effect van een reactie berekenen aan de hand van de **vormingswarmten** van de verschillende stoffen. De vormingswarmte is de hoeveelheid energie die nodig is, of die vrijkomt, bij de vorming van één mol stof uit de elementen. In BINAS 57 zijn de vormingswarmten van een heel aantal stoffen te vinden.

Tip: Bij het rekenen met vormingswarmten is het heel belangrijk dat je onthoudt dat de vormingswarmte van een element nul is!

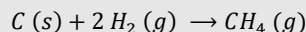
De vormingswarmte kun je als volgt berekenen:

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

We gaan hier meteen even mee oefenen.

### Voorbeeldopgave 1

We gaan de stof methaan maken uit de elementen C en H. De vergelijking van deze chemische reactie is gegeven. Bereken de vormingswarmte van methaan.



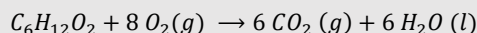
De vormingswarmte van methaan is gegeven in BINAS 57B:  $-0,75 \times 10^5$  J/mol.

De vormingswarmten van C en H zijn beide nul (want elementen!), dus:

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}} = -0,75 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

### Voorbeeldopgave 2

We gaan ook even oefenen met het berekenen van de vormingswarmte van een verbrandingsreactie. Gegeven is de onderstaande reactievergelijking en de vormingswarmte van hexaanzuur:  $-1,2 \cdot 10^5$  J/mol.



Bereken de vormingswarmte van deze reactie.

Eén vormingswarmte, namelijk die van hexaanzuur is al gegeven. We zoeken de overige vormingswarmten op in BINAS 57:

$O_2$	=	nul (elementaire stof!)	
$CO_2$	=	$-3,935 \cdot 10^5$ J/mol	
$H_2O (l)$	=	$-2,86 \cdot 10^5$ J/mol	(dit is dus de vormingswarmte van vloeibaar water, niet van waterdamp!)

Nu we alle gegevens hebben, gaan we ze invullen in de formule:

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

$$\Delta E = (6 \cdot (-3,95 \cdot 10^5) + 6 \cdot (-2,86 \cdot 10^5)) - (-1,2 \cdot 10^5) = -39,6 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$



Zo, dat was het laatste stukje theorie van domein C! Snap je helemaal wat de vormingswarmte is en hoe je deze kunt opzoeken? Als dat nog niet helemaal het geval is, óf je wilt het gewoon nog eens extra horen, kijk dan video C6-1. In video C6-2 wordt uitgelegd hoe je de reactiewarmte kan berekenen met behulp van de vormingswarmte. Vervolgens kun je aan de slag gaan met de oefenopgaven. Succes!

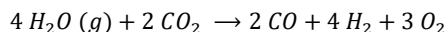


## Oefenopgaven

Het laatste deel van domein C hebben we nu ook gehad! Je vindt hier nog een aantal oefenopgaven om nog even te oefenen met de behandelde stof. Succes!

### Vraag 30: uit eindexamen 2017-II

Europese chemici zijn erin geslaagd om vliegtuigbrandstof (kerosine) te produceren uit koolstofdioxide en water. De onderzoekers gebruikten voor deze omzetting een zogeheten solarreactor. Hierin wordt zonlicht gebundeld waardoor in de reactor een zeer hoge temperatuur ontstaat. De reactie tussen koolstofdioxide en water verloopt bij hoge temperatuur (1000 K).



Bereken de reactiewarmte voor deze reactie per mol water. Neem aan dat onder deze omstandigheden de waarden van de vormingswarmten uit BINAS mogen worden gebruikt.

### Vraag 31: uit eindexamen 2016-I

Voor het snijden van ijzeren voorwerpen zoals spoorrails worden snijbranders gebruikt. In een snijbrander wordt vrijwel altijd acetyleen (ethyn,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ) gebruikt in combinatie met zuivere zuurstof. Met deze ethyn-zuurstofvlam kan een vlamtemperatuur van ruim boven het smeltpunt van ijzer worden bereikt. Andere koolwaterstoffen zoals ethaan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) zijn onbruikbaar voor het snijden van ijzer door een te lage vlamtemperatuur. De temperatuur die een vlam maximaal kan bereiken, hangt vooral af van twee factoren:

- De reactiewarmte van de verbranding van de brandstof
- Welke verbrandingsproducten ontstaan en in welke hoeveelheden

Als aangenomen wordt dat ethyn volledig verbrandt, ontstaan koolstofdioxide en waterdamp. Wanneer verlies van energie naar de omgeving wordt verwaarloosd, wordt de vrijkomende energie uitsluitend gebruikt om koolstofdioxide en waterdamp te verwarmen. Met behulp van de reactiewarmte van de verbranding (de verbrandingswarmte) van ethyn en de soortelijke warmtes van koolstofdioxide en water kan de temperatuurstijging van het gasmengsel berekend worden. Bij volledige verbranding van ethyn zou de maximale temperatuur van de vlam boven  $7 \cdot 10^3$  K liggen. De soortelijke warmte van een stof kan worden gedefinieerd als het aantal joule dat nodig is om 1 g stof 1 K in temperatuur te laten stijgen.

- a) Laat met behulp van een berekening zien dat bij volledige verbranding van ethyn een temperatuurstijging van meer dan  $7 \cdot 10^3$  K wordt bereikt. Neem aan dat alle energie wordt gebruikt om de ontstane waterdamp en koolstofdioxide te verwarmen. Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:

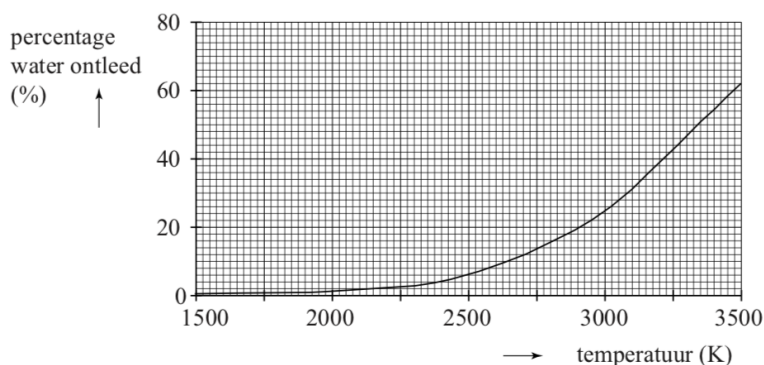


- De verbrandingswarmte van ethyn waarbij water als waterdamp vrijkomt, bedraagt  $1,26 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
- De soortelijke warmte van waterdamp bedraagt  $2,8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- De soortelijke warmte van koolstofdioxidegas bedraagt  $1,3 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

De berekende waarde van de temperatuur van de ethyn-zuurstofvlam is veel hoger dan de temperatuur die in werkelijkheid gehaald wordt. De grote afwijking tussen de berekende en de gemeten vlamtemperatuur kan worden verklaard uit de chemische eigenschappen van onder andere waterdamp.

Als waterdamp wordt verhit, blijkt water namelijk te ontleden in waterstof en zuurstof. In diagram 1 is weergegeven welk percentage van de watermoleculen is ontleed afhankelijk van de temperatuur.

**diagram 1**



Tussen 2000 K en 3500 K is de ontleding van waterdamp een evenwicht.

- b)** Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht en leg met behulp van diagram 1 uit hoe de waarde van de evenwichtsconstante  $K$  verandert als de temperatuur stijgt.

Uit metingen blijkt dat bij de reactie van ethyn met zuurstof vooral koolstofmonoïxide en waterstof worden gevormd.

- c)** Bereken de reactiewarmte per mol ethyn van de reactie waarbij ethyn met zuurstof reageert tot koolstofmonoïxide en waterstof. Gebruik BINAS 57.

Op basis van de aanname dat de verbrandingsproducten van de ethyn-zuurstofvlam  $\text{CO}$  en  $\text{H}_2$  zijn, kan worden berekend dat dan een temperatuurstijging van ruim  $3 \cdot 10^3 \text{ K}$  bereikt wordt. De temperatuurstijging die kan worden bereikt met een ethaan-zuurstofvlam, waarbij ook  $\text{CO}$  en  $\text{H}_2$  ontstaan, is lager dan van de ethyn-zuurstofvlam.

Dit wordt onder andere veroorzaakt doordat bij de ethaan-zuurstofvlam meer mol gas moet worden verwarmd. Ook is de reactiewarmte lager. Op de uitwerkbijlage bij dit examen zijn twee energiediagrammen weergegeven. Hierin zijn de energieniveaus van de niet-ontleedbare stoffen en de reactieproducten al aangegeven.

- d)** Maak de energiediagrammen voor beide reacties, zodat duidelijk wordt waarom de reactiewarmte van de ethaan-zuurstofvlam lager is dan die van de ethyn-zuurstofvlam. Gebruik BINAS 57B.

Geef in de diagrammen het volgende aan:

- De ontbrekende energieniveaus van de beginstoffen
- De molecuulformules en coëfficiënten van de reacties



## Afsluiting domein C

Zo, weer een onderdeel afgesloten. Goed bezig! Om nog extra te oefenen kun je inloggen op onze website: [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak en domein. Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de oefenvragen van domein C van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**



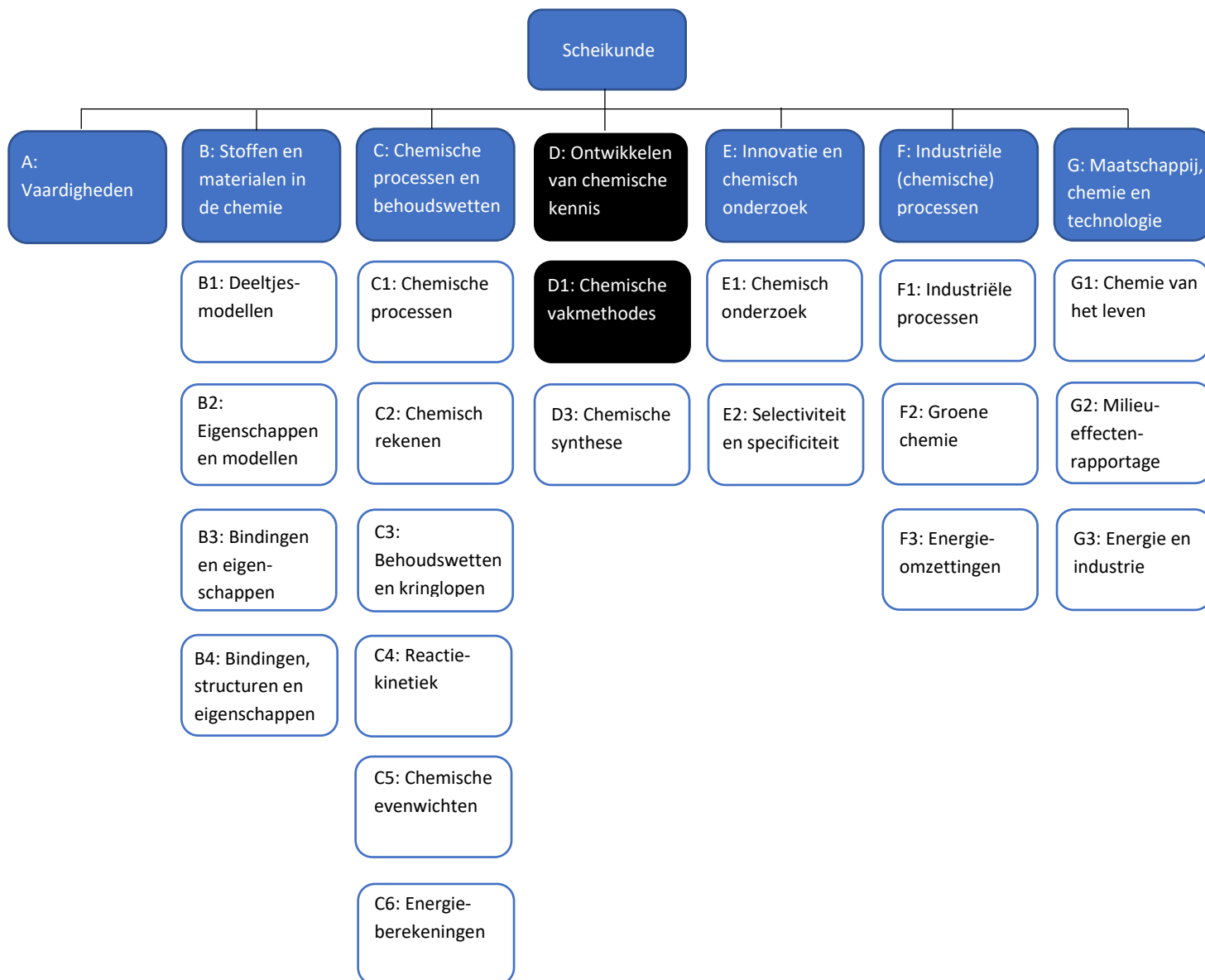




# Domein D: Ontwikkelen van chemische kennis

## Vakoverzicht

We hebben nu de twee grootste domeinen al afgerond en er al mee geoefend! Hoe vond je het gaan? Voor de verandering: domein D is een klein domein! We gaan hier met iets totaal anders bezig. We gaan ons verdiepen in de verschillende scheidings- en analysemethoden en chemische synthese. We hebben twee subdomeinen te gaan! Ben je er klaar voor? Dan gaan we snel beginnen!





## Subdomein D1: Chemische vakmethodes

In het eerste deel van domein D gaan we ons bezighouden met de keuze voor een bepaalde scheidings- of analysemethode, op basis van de stoffeigenschappen die we hebben geleerd in domein B.

Bij een **scheidingsmethode** willen we graag twee of meerdere stoffen van elkaar scheiden. Stel dat we cafeïne uit koffie willen halen, hoe moeten we dat aanpakken? Bij een **analysemethode** onderzoeken we welke stoffen er in een bepaald mengsel aanwezig zijn. Dat is bijvoorbeeld handig als je wilt onderzoeken of sporters doping hebben gebruikt! Scheiden en analyseren, dat gaan we doen dit domein!

Na dit domein kun je:

- **Een juiste keuze maken voor een bepaalde scheidings- en/of analysemethode**
- **Resultaten van bepaalde analyses beoordelen**



## Scheidingsmethodes

Soms wil je de stoffen uit een mengsel van elkaar scheiden. Dit doe je door gebruik te maken van het verschil in eigenschappen van verschillende stoffen. Het doel is uiteindelijk om een zuivere stof te verkrijgen.

Er zijn in totaal negen scheidingsmethodes:

1. Filtreren
2. Afschenken
3. Bezinken
4. Centrifugeren
5. Extraheren
6. Indampen
7. Destilleren
8. Adsorberen
9. Chromatografie

Deze negen soorten gaan we hieronder met je doornemen!

### 1. Filtreren

Als je gaat **filtreren** maak je gebruik van het verschil in deeltjesgrootte. Deze methode wordt vaak gebruikt bij het scheiden van suspensies. Denk maar aan sinaasappelsap mét vruchtvlies! Als je sinaasappelsap met vruchtvlies gaat filteren, dan blijft er uiteindelijk een vaste stof over in het filter, dit is het **residu**. Het sap dat door het filter heen is gelopen heet het **filtraat**.

### 2, 3, & 4. Afschenken, bezinken, centrifugeren

Als er meerdere stoffen in een mengsel aanwezig zijn, dan zakt de stof met de grootste **dichtheid** op den duur naar beneden. Bij suspensies kan de vaste stof in de vloeistof naar de bodem zakken, om het mengsel vervolgens te kunnen **afschinken**. Deze manier van scheiden heet **bezinken**. Denk maar eens aan een mengsel van zand en water. Als dit mengsel even staat, zakt al het zand naar beneden, en kun je het water afschenken!

Soms duurt het bezinken best wel lang. Je kunt dit proces versnellen door te **centrifugeren**. Hierbij wordt het mengsel heel snel rondgeslingerd (denk maar eens aan de wasmachine!) en zakt de zware, vaste stof naar de bodem. Vervolgens kun je de vloeistof gemakkelijk afschenken!

**Emulsies** kun je ook afschenken: Bij emulsies ontstaat er na verloop van tijd een tweelagensysteem. Neem bijvoorbeeld olie en water. Olie is een apolaire stof en water is een polaire stof. Wat was een polaire stof ook alweer?

Even een *refresher*: een polaire stof bestaat uit dipoolmoleculen, hierbij is er vaak een atoom dat net iets harder aan de elektronen trekt naast een atoom dat wat minder hard aan de elektronen trekt. Hierdoor ontstaat partiële ladingsscheiding: we hebben een heel klein beetje negatieve lading op het atoom dat hard aan de elektronen trekt, en een klein beetje positieve lading op het andere atoom.



D1.1: Een ontmengde emulsie

Apolaire en polaire stoffen mengen niet goed: je ziet twee lagen ontstaan. Olie is lichter dan water, en vormt daardoor een laag boven op het water. De bovenste laag kan voorzichtig worden afgeschonken.

### 5. Extraheren

Als je een mengsel van twee vaste stoffen wilt scheiden, maak je gebruik van de scheidingsmethode **extraheren**. Bij extraheren wordt er een oplosmiddel, dit heet het **extractiemiddel**, toegevoegd aan het mengsel van meerdere vaste stoffen. Sommige stoffen lossen wel op in het extractiemiddel, en andere niet. Op deze manier kun je die stoffen dus van elkaar scheiden!

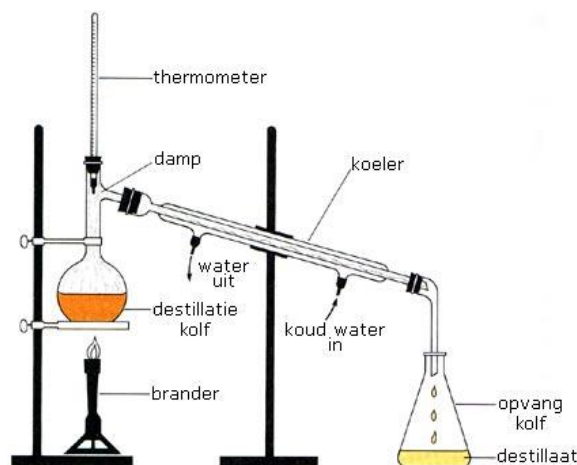


Zoals al gezegd in de introductie, is koffiezetten een goed voorbeeld van extraheren: Tijdens koffiezetten extraheer je bijvoorbeeld de geur- en smaakstoffen uit gemalen koffiebonen in heet water. De geur- en smaakstoffen lossen goed op in het warme water (het extractiemiddel) maar de rest van de gemalen koffiebonen niet.

## 6. & 7. Indampen en destilleren

Er zijn twee scheidingsmethoden die gebruik maken van het verschil in kookpunt. De eerste is **indampen**. Als je een oplossing van een vaste stof in een oplosmiddel hebt, ligt het kookpunt van het oplosmiddel veel lager dan het kookpunt van de vaste stof. Door te verwarmen verdampt het oplosmiddel en blijft de vaste stof achter. Je kunt deze scheidingsmethode toepassen bij het winnen van zout uit zeewater: het water verdampt en het zout blijft achter!

Een andere scheidingsmethode die gebruik maakt van het verschil in kookpunt is **destilleren**. Deze methode wordt gebruikt om een mengsel van vloeistoffen te scheiden. De vloeistof die verdampt, wordt afgekoeld en opgevangen, dit heet het **destillaat**. Het deel van het mengsel dat niet verdampt, heet **residu**. Dit deel blijft achter in de destillatiekolf. Een voorbeeld van destillatie is bijvoorbeeld het verkrijgen van zuivere alcohol uit wijn.



D1.2: Een schematische weergave van een destillatie-opstelling

## 8. Adsorberen

Nog een andere scheidingsmethode is scheiden op basis van aanhechtingsvermogen. Als we de smaak-, geur- en kleurstoffen uit een mengsel willen halen, behandelen we dit mengsel met actieve koolstof. Deze fijnverdeelde koolstof heeft een groot oppervlak, en de moleculen van de smaak-, geur- en kleurstoffen kunnen zich hechten aan het oppervlak, waarna de actieve kool én deze stoffen verwijderd kunnen worden. Deze scheidingsmethode heet **adsorptie**.

In tabel D1.1 zie je de verschillende scheidingsmethoden nog op een rijtje, ook kun je in de tabel vinden van welk verschil in eigenschappen gebruik is gemaakt. Een handig overzicht dus!

Scheidingsmethode	Berust op verschil in:	Type mengsel
Filtreren	Fase en deeltjesgrootte	Suspensie
Afschenken	Fase of polariteit	Vloeistof in vloeistof Vaste stof in vloeistof
Bezinken Centrifugeren	Fase en dichtheid	Suspensie
Extraheren	Oplosbaarheid	Meerdere vaste stoffen Meerdere gassen Meerdere vloeistoffen
Indampen	Kookpunt	Oplossing: vaste stof in vloeistof
Destilleren	Kookpunt	Oplossing: vloeistof in vloeistof
Adsorberen	Binding aan adsorptiemiddel	Vaste stof in vloeistof Gas in vloeistof Gasmengsel

Tabel D1.1: De verschillende scheidingsmethoden op een rijtje

Hieronder zie je een aantal video's:

- In video 1 worden de scheidingsmethodes indampen, bezinken en centrifugeren behandeld.
- In video 2 worden de scheidingsmethodes filtreren en extraheren behandeld.
- Ten slotte krijgen we in video 3 uitleg over destilleren, adsorberen en chromatografie.



De scheidingsmethode chromatografie wordt in het volgende stukje theorie behandeld, dus geen zorgen als je de uitleg nog niet helemaal begrijpt! Ook worden er in iedere video praktijkvoorbeelden genoemd, dat kan ook enorm helpen voor extra begrip!



## Oefenopgave

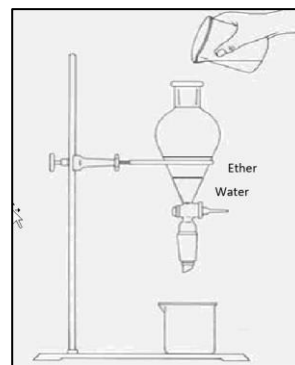
### Vraag 1

Tijdens een practicum bij scheikunde proberen Roos en Miriam om stinkend slootwater en alcohol te ontdoen van hun geur. Dit proefje voeren ze uit door een beetje slootwater in een reageerbuisje te doen en er een flinke schep norit aan toe toevoegen. Na flink roeren filtreren ze de suspensie. Het blijkt nu dat het slootwater niet meer stinkt. Hetzelfde proefje voeren ze ook uit met een beetje alcohol.

- Hoe heet de bovenstaande scheidingsmethode en op welk verschil in stoffeigenschap berust deze methode?
- Leg uit of de alcohol ook geurloos is geworden.

Het blijkt dat er in het slootwater een giftige stof zit. Deze stof noemen we stof A. Stof A lost een beetje op in water, maar veel beter in de vloeistof ether. Ether en water mengen niet met elkaar. Ether heeft bovendien een veel kleinere dichtheid dan water.

Roos giet bij 500 mL slootwater 500 mL ether. Vervolgens doet ze het mengsel in een scheidtrechter (zie het plaatje) en schudt er goed mee.



- Leg uit in welke laag stof A nu zit.
- Op welk verschil in stoffeigenschap berust deze scheidingsmethode en hoe heet deze scheidingsmethode?

Na het apart opvangen van de waterlaag en etherlaag wordt de oplossing, waar stof A in zit, ingedampd.

- Geef een overeenkomst en een verschil is tussen indampen en destilleren.

### 9. Chromatografie als analysemethode

Een methode die op verschillen in twee afzonderlijke stoffeigenschappen berust, is **chromatografie**. Bij chromatografie maak je gebruik van het verschil in oplosbaarheid én het verschil in aanhechtingsvermogen! Je scheidt stoffen op basis van de oplosbaarheid in de mobiele fase en het aanhechtingsvermogen aan een stationaire fase.

Chromatografie is ook een **analysemethode**: we kunnen bepalen welke stoffen aanwezig zijn in het mengsel. We kunnen nagaan uit hoeveel stoffen een mengsel bestaat en we hebben maar een heel kleine hoeveelheid van de stof nodig!

Een vorm is papierchromatografie, ook wel dunnelaagchromatografie. Je gebruikt hierbij een bekersglas met daarin een loopvloeistof, ook wel de **mobiele fase**. In het bekersglas staat een papiertje of een andere vaste



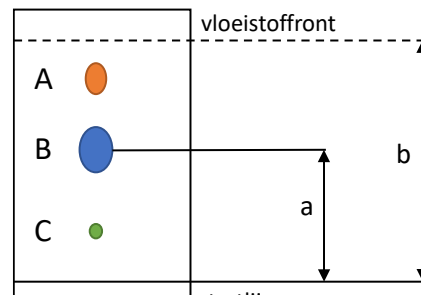
stof, de **stationaire fase**. Zowel de loopvloeistof als de stationaire fase kunnen apolair of polair zijn. Hier geldt wel: als de loopvloeistof polair is, dan is de stationaire fase apolair.

Sommige stoffen uit het te onderzoeken mengsel zullen beter oplossen in de loopvloeistof, en andere stoffen uit het mengsel zullen beter adsorberen aan het papieroppervlak dan andere stoffen. Zoals al eerder gezegd zullen polaire stoffen beter oplossen in een polaire loopvloeistof, apolaire stoffen zullen juist beter oplossen in een apolaire loopvloeistof.

**Tip:** Het is handig om te kijken of de te onderzoeken stof polair of apolair is. Is deze polair, zal deze oplossen in polaire loopvloeistof of aanhechten aan de polaire stationaire fase. Wanneer de te onderzoeken stof apolair is, lost deze goed op in apolaire loopvloeistof of hecht deze aan een apolaire stationaire fase!

Zoals gezegd is chromatografie ook een goede analysemethode. Met behulp van chromatografie kunnen we ook bepalen welke stoffen in een mengsel aanwezig waren. We zien dit uiteindelijk terug in een chromatogram. We gaan hieronder behandelen wat dat ook alweer is!

Het **chromatogram** is het papiertje, of de andere vaste stof, waar de loopvloeistof doorheen is gelopen. Op het chromatogram is de startlijn zichtbaar, op deze lijn zijn de te onderzoeken stoffen aangebracht. De loopvloeistof gaat door de poriën van de stof omhoog. De aangebrachte stoffen gaan met de loopvloeistof mee.



D1.3: Een chromatogram met startlijn en vloeistoffront weergegeven

**Tip:** In een mengsel van aangebrachte stoffen zijn stoffen aanwezig die goed oplossen in de loopvloeistof, deze zullen dus een lange afstand vanaf de startlijn afleggen. Stoffen die niet goed oplossen in de loopvloeistof, hechten beter aan de stationaire fase (het papiertje), en leggen een minder lange afstand af.

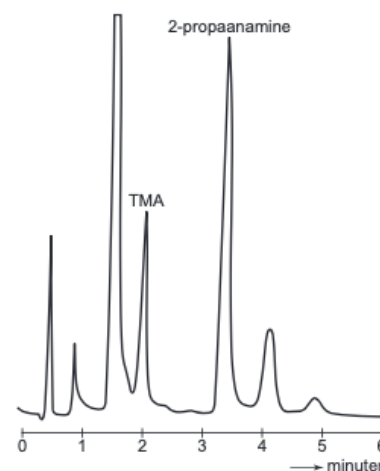
Elke stof heeft bij een bepaalde temperatuur, bij bepaalde loopvloeistof en bij een bepaalde stationaire fase, een specifieke **Rf-waarde**. De afstand die de stof heeft afgelegd is hierbij de bepalende factor. De Rf-waarde van de stof bepaalt de plaats in het chromatogram.

We hebben een formule om de Rf-waarde te berekenen:

$$Rf - waarde = \frac{\text{afstand van startlijn tot middelpunt van een vlek (a)}}{\text{afstand van startlijn tot vloeistoffront (b)}}$$

In de wetenschap wordt vaak een andere vorm van chromatografie gebruikt, namelijk **kolomchromatografie**. Hier wordt het mengsel gescheiden in een kolom. De kolom is een dunne buis, waarin de stationaire fase zich bevindt. De mobiele fase kan een vloeistof (**vloeistofchromatografie**) of een gas (**gaschromatografie**) zijn. Aan het eind van de kolom worden de verschillende stoffen gedetecteerd door een detector. Sommige stoffen in het mengsel binden langer aan de kolom, en zo wordt een mengsel dus gescheiden.

Iedere stof heeft zijn eigen **retentietijd ( $t_R$ )**. Dit is de tijd die een stof in de kolom verblijft, voordat deze gedetecteerd wordt en is afhankelijk van het soort kolom, de temperatuur en de stroomsnelheid van de mobiele fase. In het chromatogram staat de retentietijd op de x-as. Hoe korter de retentietijd, hoe beter de stof oplost in de mobiele fase!



D1.4: Voorbeeld van een gaschromatogram, met op de x-as de tijd in minuten

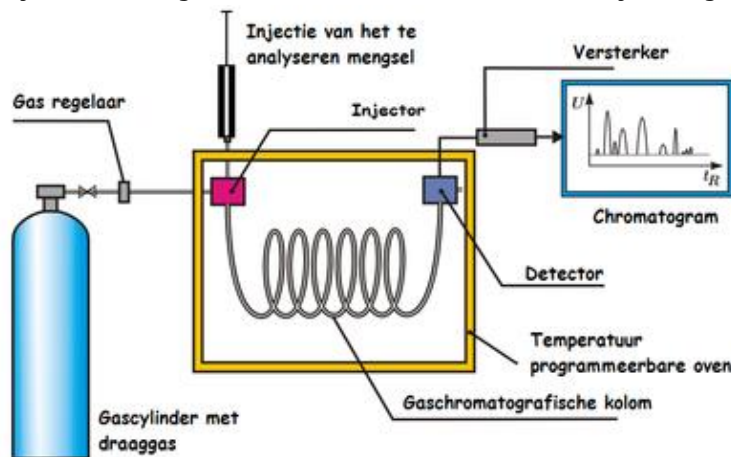
We zullen bovenstaande even aan de hand van een voorbeeld bespreken. Stel, we hebben een apolaire kolom met een polaire mobiele fase. Een redelijk polaire stof zal beter binden aan het dragermiddel en dus sneller



door de kolom gaan. In het chromatogram zie je dan een **kortere** retentietijd: de stof ging in een heel snel tempo door de kolom, want het bond super goed aan de mobiele fase!

Als we nou in hetzelfde voorbeeld een apolaire stof hebben, zal deze aanhechten aan de apolaire kolom. We hebben al eerder gezien dat apolaire stoffen bij andere apolaire stoffen willen zijn. Deze stof wil dus niet graag met de polaire mobiele fase mee: de stof heeft een **langere retentietijd!**

In het chromatogram worden de stoffen weergegeven als pieken. De oppervlakte van de piek is recht evenredig met de concentratie van de stof. Met behulp van een computer, die op de detector is aangesloten, kun je de piekoppervlakte makkelijk berekenen. Je krijgt dan een verhouding van de verschillende stoffen in een mengsel. Zo kun je heel handig de concentraties van de stoffen in je mengsel berekenen!

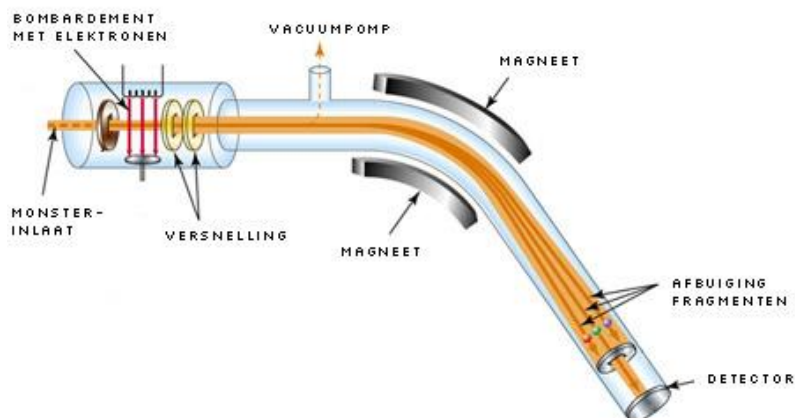


D1.5: Schematische weergave van een opstelling voor kolomchromatografie (gaschromatografie)

## Massaspectrometrie

Met een **massaspectrometer** kun je de massa van geladen deeltjes meten. De te onderzoeken stof (monster) wordt in de massaspectrometer beschoten met elektronen. De getroffen moleculen kunnen elektronen verliezen, hierdoor valt het molecuul uiteen in een positief molecuulion en elektronen.

Het positieve molecuulion is instabiel en valt in brokstukken uiteen (**fragmentatie**). De ionen worden vervolgens versneld in een elektrisch veld. De snelheid van de verschillende deeltjes is afhankelijk van de lading en van de massa, ze worden dus niet tegelijkertijd gemeten door de detector. Hierdoor treedt er een scheiding op van massa ( $u$ ) gedeeld door de lading ( $z$ ). Van de meeste ionen is de lading  $z = 1$ , dus eigenlijk wordt dan de massa gemeten!



D1.6: Een schematische weergave van een massaspectrometer. Weergegeven is waar het monster wordt gebombardeerd met elektronen en waar vervolgens de versnelling plaatsvindt. De magneet zorgt voor afbuiging, die per deeltje verschilt en gemeten wordt door de detector.



## Massaspectrum

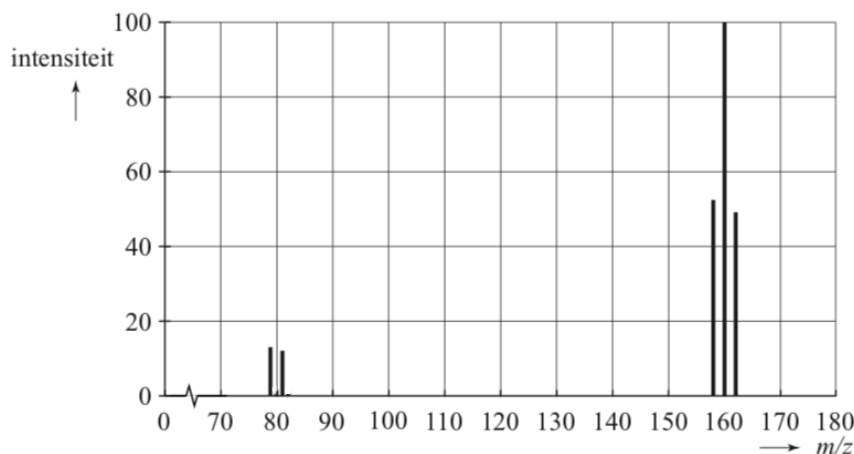
De meetgegevens die de detector in de massaspectrometer meet, worden uiteindelijk verwerkt in een **massaspectrum**. Op de horizontale as in het massaspectrum staat  $m/z$ : de massa gedeeld door de lading. Op de verticale as staat de relatieve intensiteit weergegeven, de hoogst gemeten piek wordt hierbij op 100% gezet!

### Kwalitatieve analyse

Wanneer je een kwalitatieve analyse doet op een massaspectrum, dan ga je op zoek naar de structuur van moleculen. Deze is namelijk af te leiden uit het massaspectrum! In BINAS 39D vind je de massa en structuur van heel veel voorkomende fragmenten, dit kan een hele handige tabel zijn!

### Kwantitatieve analyse

Als je een kwantitatieve analyse uitvoert op een massaspectrum ga je op zoek naar de hoeveelheid stof. De piekhoogtes zijn recht evenredig met de hoeveelheid stof. Uit de piekhoogtes kun je dus uiteindelijk de verhoudingen tussen de verschillende hoeveelheden van de verschillende deeltjes bepalen. Hoe hoger de piek, hoe groter de hoeveelheid van die specifieke stof.



D1.7: Voorbeeld van een massaspectrum met op de x-as  $m/z$  en op de y-as de relatieve intensiteit.

**Tip:** in examenvragen wordt massaspectrometrie vaak gevraagd in combinatie met isotopen en relatief voorkomen in de natuur! De daarvoor benodigde gegevens kun je vinden in BINAS 25A.

In de voorbeeldopgave gaan we zo'n vraag samen met jou behandelen. Ook kun je video 4 kijken voor een extra uitleg over massaspectrometrie én een voorbeeldopgave!







## Voorbeeldopgave

Bekijk het massaspectrum in figuur D1.6. Dit is een massaspectrum van water van de Dode Zee. De Dode Zee bevat veel zouten, waaronder bromiden. Geef een verklaring voor de piekhoogtes van  $m/z$ -waarden 79 en 81 op de x-as.

Extra: Waar worden dan de pieken bij  $m/z = 158$ ,  $m/z = 160$  en  $m/z = 162$  door veroorzaakt?

### Antwoord

We pakken BINAS 25A erbij. We zoeken broom op in deze tabel, broom heeft atoomnummer 35. We zien in deze tabel dat zowel broom met massagetal 79, als broom met massagetal 81 voorkomt in de natuur. Dat is allereerst de verklaring waarom er een piek te zien is bij een massa van 79 en bij een massa van 81.

De piek bij 79 is iets hoger, de reden hiervoor is dat het relatief voorkomen in de natuur van Br-79 iets hoger is dan Br-81. Van het broom dat in de natuur voorkomt is 50,7% Br-79, en 49,3% Br-81. De piekhoogtes verschillen maar een heel klein beetje, zoals ook het voorkomen in de natuur maar een heel klein beetje verschilt!

### Extra

Broom komt vaak voor als  $\text{Br}_2$ . Wanneer dit beide Br-79 is, levert dit een massa van 179 u op. Wanneer het een combinatie is van één Br-79 en één Br-81, dan levert dat een massa op van 160u. Als laatste hebben we nog een massa van 162 u, deze wordt veroorzaakt door twee Br-81 atomen. Aan de hoogte van de pieken kunnen we afleiden dat een massa van 160 u voor  $\text{Br}_2$  het vaakst voorkomt!



## Oefenopgaven

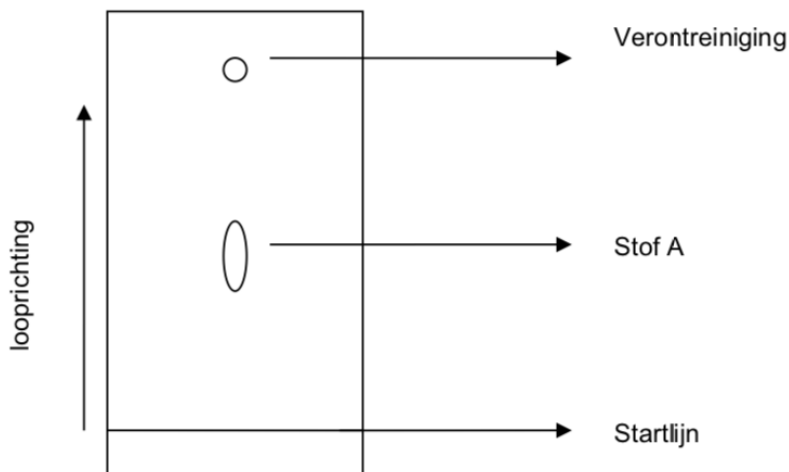
### Vraag 2

- Van welke twee stofeigenschappen maak je gebruik bij chromatografie?
- Chromatografie is een analysemethode, de te onderzoeken stoffen worden hierbij gescheiden. Leg uit op welk principe scheiding door chromatografie berust.

### Vraag 3

Het blijkt dat er in slotwater een giftige stof zit. Deze stof noemen we stof A.

Met behulp van papierchromatografie wordt gekeken of stof A zuiver is. De loopvloeistof is een mengsel van 50% dichloormethaan en 50% water. Het verkregen chromatogram ziet als volgt uit:



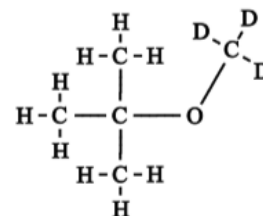
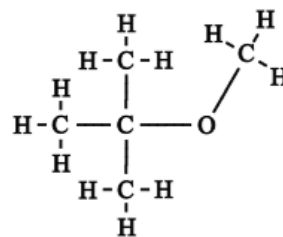
Uit het chromatogram blijkt dat stof A geen zuivere stof is, er is een verontreiniging aanwezig (zie chromatogram).

Wat kun je zeggen over stof A in vergelijking met de verontreiniging gelet op het verschil in oplosbaarheid in de loopvloeistof en het verschil in adsorptie aan het papier?

### Vraag 4: uit eindexamen 2006-1, vraag 8

In benzine komt een stof voor die wordt aangeduid met de afkorting MTBE. MTBE zorgt voor een goede verbranding van de benzine in automotoren en vermindert de vorming van koolstofmonoxide. De structuur van MTBE is hiernaast weergegeven.

Door verkeersongelukken, lekkende opslagtanks en lekkende leidingen kan benzine in de grond terechtkomen. Omdat de oplosbaarheid van MTBE in water redelijk groot is, kan de stof zich verspreiden over het grondwater en het oppervlaktewater.

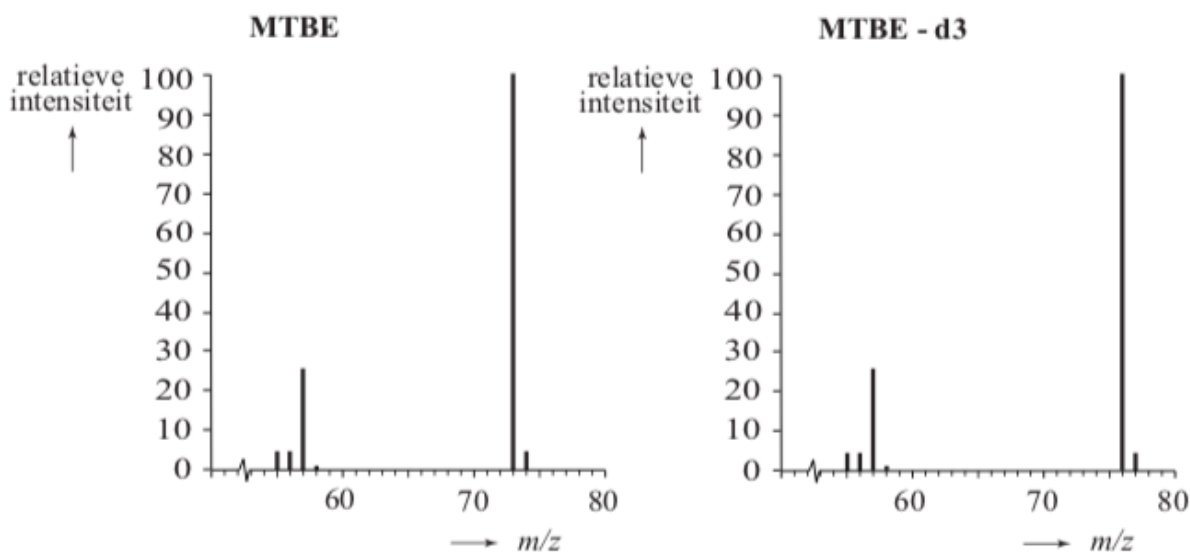


MTBE is een schadelijke stof. In grond- en oppervlaktewater mag dus niet te veel MTBE voorkomen. Het gehalte aan MTBE wordt daarom regelmatig gemeten. Eén van de meetmethoden voor de bepaling van het MTBE-gehalte maakt gebruik van gaschromatografie, gevolgd door **massaspectrometrie**. Tijdens zo'n bepaling wordt MTBE-d<sub>3</sub> gebruikt. In een molecuul MTBE-d<sub>3</sub> zijn drie van de twaalf waterstofatomen atomen H-2, zogenoemde deuteriumatomen. Deze atoomsoort (isotoop) wordt meestal weergegeven met het symbool D (zie hiernaast).

Bij een MTBE-bepaling zijn de pieken met  $m/z$ -waarden 73 (in het MTBE-spectrum) en 76 (in het MTBE-d<sub>3</sub> spectrum) van belang. Door gegevens uit beide spectra te combineren, kan worden nagegaan welk fragmenten van MTBE de piek met  $m/z$ -waarde 73 veroorzaakt.



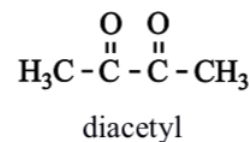
## massaspectra



Leg aan de hand van de massaspectra uit welk fragmentation de piek met  $m/z$ -waarde 73 in het MTBE-spectrum veroorzaakt. Geef ook de structuurformule van dit fragmentation.

### Vraag 5: uit eindexamen 2010-I (pilot), vraag 10

Eén van de angsten van bierbrouwers is dat hun product een slechte smaak heeft. Een slechte smaak kan worden veroorzaakt door diacetyl (zie de structuurformule hiernaast). Diacetyl geeft bier een botersmaak. Met behulp van chromatografie kan worden aangetoond dat diacetyl in bier voorkomt.



Beschrijf hoe je door middel van chromatografie kunt aantonen dat diacetyl in bier voorkomt. Geef ook aan waaruit blijkt dat in het onderzochte bier inderdaad diacetyl voorkomt.



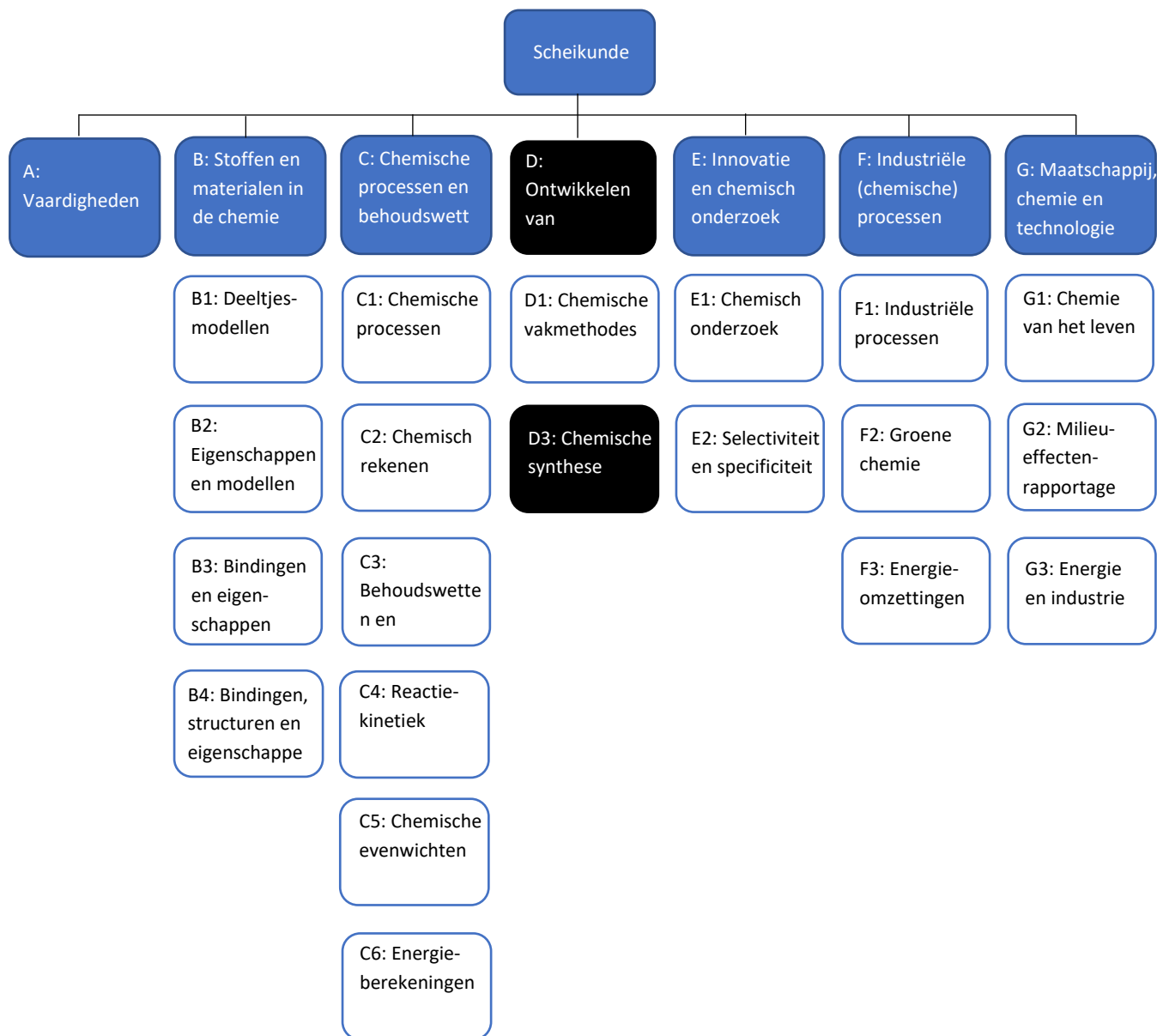
## Subdomein D3: Chemische synthese

Het eerste deel van domein D hebben we alweer gehad. We gaan er lekker doorheen! Zoals je helemaal aan het begin van de bundel hebt kunnen lezen, wordt domein D2 niet in het CE behandeld (wel in het SE!). Vandaar dat we nu alweer zijn aanbeland bij subdomein D3!

In dit domein gaan we bezig met chemische synthese. We hebben hier al kort het een en ander van gezien in domein C, maar nu gaan we tot in de details! We gaan opnieuw in op de additie- en de condensatiereactie en we gaan zien hoe polymerisatie werkt. Laten we beginnen!

Na dit domein kun je:

- **Met behulp van kennis over chemische processen aangeven hoe stoffen worden gesynthetiseerd.**
- **Een relatie leggen tussen chemische processen en relevante reactiemechanismen**





## Polymeren

Heel veel dingen zijn tegenwoordig van plastics gemaakt. Plastic is geen natuurlijk product, maar een door de mens gesynthetiseerde polymeer. **Polymeren** zijn moleculen met lange koolstofketens, het zijn **macromoleculen**. We zien polymeren overal terug, denk maar aan rubber, nylon of polyester!

Polymeren zijn opgebouwd uit een groot aantal **monomeren**. De naam van het polymeer is afgeleid van het monomeer, namelijk poly- en daar achter de naam van het monomeer. Als er verschillende monomeren in een polymeer zitten, noemen we dat **copolymeer**. Monomeren kunnen op verschillende manier aan elkaar worden gekoppeld, namelijk door **additiepolymerisatie** en **condensatiepolymerisatie**.

Voordat we verder in detail ingaan op de verschillende manieren kun je eerst video 1 kijken voor meer achtergrond!



## Additiepolymerisatie

We weten al wat een **additiereactie** is, dit hebben we geleerd in domein C. Een additiereactie kan verlopen volgens een ionair of een radicaalmechanisme. Bij het **ionair mechanisme** treedt er een reactie op tussen een nucleofiel en een electrofiel, die leidt tot polymerisatie. Ben je even vergeten wat een electrofiel en nucleofiel is? We hebben dit in domein C behandeld! De additiepolymerisatie volgens het **radicaalmechanisme** verloopt in drie stappen. Dit zijn:

- Stap 1: **Initiatie**
- Stap 2: **Propagatie**
- Stap 3: **Terminatie**

Deze drie stappen gaan we nu met je bespreken! Deze drie stappen gaan we nu met je bespreken! Voor meer uitleg kun je video 2 kijken, ook hier worden alle stappen één voor één met je behandeld!

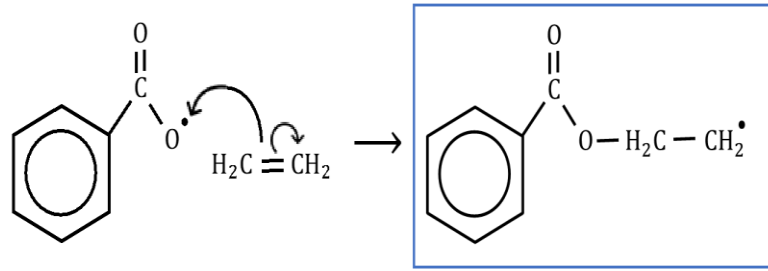


### Stap 1: Initiatie

De reactie moet worden opgestart, ofwel 'geïnitieerd'. Dit wordt gedaan door het vormen van radicaalmoleculen. Even een reminder: een radicaal is een ongeladen deeltje met een oneven aantal elektronen, we noemen het ook wel een deeltje met een *ongepaard elektron*. Je ziet de radicaal in figuur D3.1 weergegeven als een 'stipje': •.

Een manier om radicalen te vormen is het opwarmen van benzylperoxide, maar er bestaan vele manieren. Hieronder is de initiatiestap weergegeven in een mechanisme.

Bij een additiereactie wordt de dubbele binding verbroken, om zo uit twee moleculen één molecuul te maken. De dubbele binding is een elektronenrijke binding, er zijn twee gedeelde elektronenparen. De radicaal benzylperoxide initieert de reactie, want de radicaal heeft een ongepaard elektron. Benzylperoxide deelt daarom graag een elektron met etheen. Hiervoor wordt de dubbele binding verbroken. In het mechanisme wordt de polymeer polyetheen gevormd. Het molecuul blijft een radicaal, zoals je kunt zien aan het 'stipje': •, na de pijl.

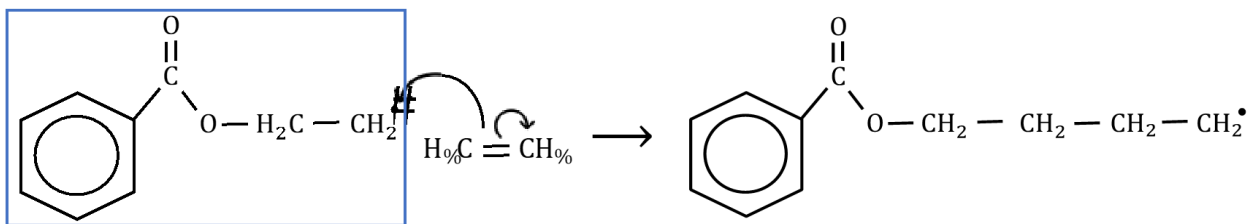


D3.1: Reactiemechanisme van de initiatiestap met een benzylperoxideradicaal

### Stap 2: Propagatie

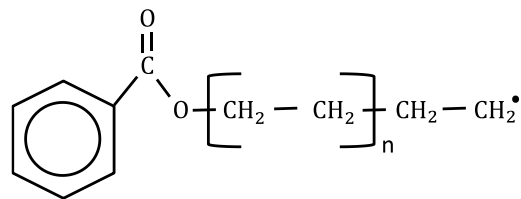
Het in stap 1 gevormde radicaal (blauw omkaderd) reageert opnieuw met een onverzadigde koolwaterstof. En wederom ontstaat er een nieuw radicaal. Je kunt je voorstellen dat dit heel lang zo door kan gaan! De nieuwgevormde radicalen kunnen weer reageren met een onverzadigde koolwaterstof, en zo wordt de keten steeds langer.

In essentie gebeurt er steeds hetzelfde als in Stap 1. De elektronenrijke binding (dubbele binding) klapt open, en het radicaal kan binden! Hierdoor heeft deze weer genoeg elektronen om zich heen.



D3.2: Reactiemechanisme van de propagatiestap met een benzylperoxide radicaal

De keten van de polymeer polyetheen die op deze manier ontstaat, kun je weergeven als:

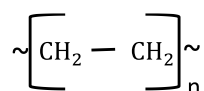


D3.3: Polyetheen

Hierbij kun je voor 'n' ieder getal invullen. Het staat voor hoe vaak  $-CH_2-CH_2-$  wordt herhaald in het uiteindelijke polymeer.

### Stap 3: Terminatie

De polymerisatiereactie stopt wanneer twee radicaalmoleculen met elkaar reageren. Aan de beide uiteinden van het polymeer bevindt zich het initiatormolecuul. Deze hebben eigenlijk nauwelijks invloed op de eigenschappen van de kunststof, want de ketens zijn vaak ontzettend lang! Daarom kun je de keten van polyetheen als volgt weergeven:

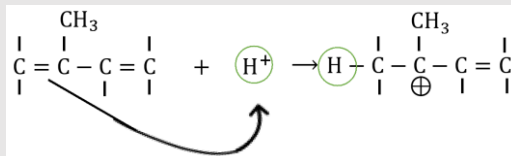




**Tip:** Met golfjes ( $\sim$ ) geef je aan dat het molecuul nog verder doorloopt! Deze moet je ook altijd tekenen op het examen, wanneer er wordt gevraagd om enkele eenheden van een monomeer uit het polymeer.

### Voorbeeldopgave

Gegeven is de volgende reactie van 2-methylbuta-1,3-dieen:



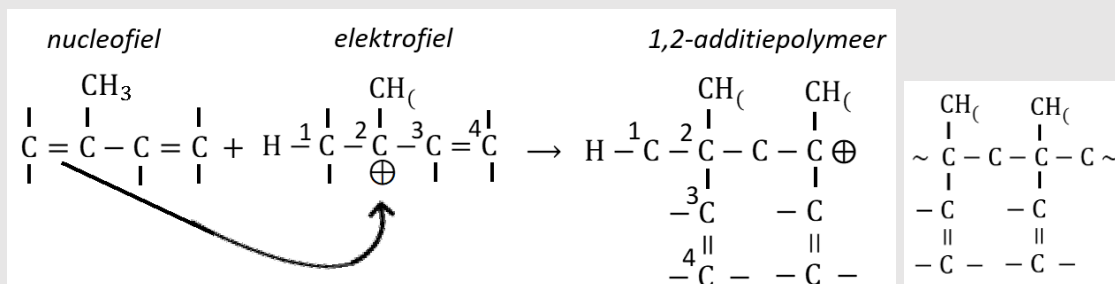
- a) Geef twee monomeereenheden van de 1,2-additiepolymeer van 2-methylbuta-1,3-dieen.  
b) Geef twee monomeereenheden van de 1,4-additiepolymeer van 2-methylbuta-1,3-dieen.

### Antwoord

- a) We moeten twee monomeereenheden van de 1,2-additiepolymeer geven. Deze additiereactie verloopt via een ionair mechanisme, want er is geen radicaal aanwezig. 2-methylbuta-1,3-dieen reageert hier als een elektrofiel, door de dubbele bindingen is er namelijk een elektronenrijke regio (elektrofiel betekent letterlijk: *houdt van elektronen*). 2-methylbut-1-een reageert hier als nucleofiel en heeft zelfs een positieve lading (nucleofiel betekent letterlijk: *houdt van kernen*).

We moeten de 1,2-additiepolymerisatie laten zien. Dit betekent dat de polymerisatie op het eerste en op het tweede C-atoom plaatsvindt.

De polymerisatiereactie is als volgt:

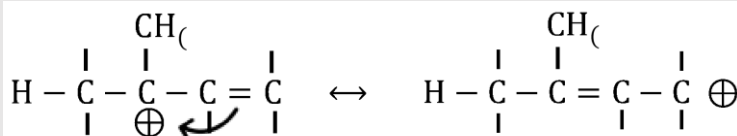


De elektronenrijke dubbele binding (nucleofiel) gaat een reactie aan met het positieve C-atoom (elektrofiel). Dit C-atoom heeft een elektronentekort doordat in de gegeven reactie een dubbele binding is opengeklapt. Als je let op de nummering zie je dat de polymerisatie plaatsvindt op het eerste en tweede C-atoom.

Twee monomeereenheden van de 1,2-additiepolymeer staan hiernaast weergegeven, deze polymeer heet 1,2-poly-2-methylbuta-1,3-dieen.

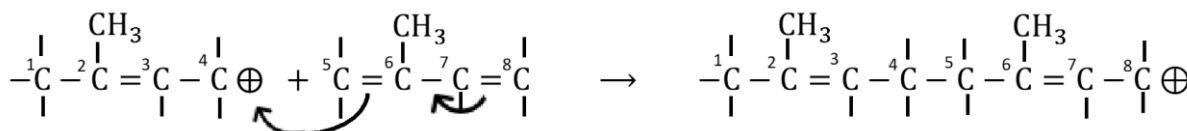
**Let op:** Er wordt gevraagd om twee monomeereenheden, vergeet je niet de golfjes ( $\sim$ ) te tekenen?

- b) We moeten in deze opgave twee monomeereenheden van de **1,4-additiepolymeer** geven. Als er een 1,4-additiepolymeer wordt gevormd, dan vindt de polymerisatie plaats met de grensstructuur van het gegeven reactieproduct. In dat molecuul is namelijk nog een dubbele binding aanwezig (=elektronenrijk), die kan verspringen, kijk maar mee:



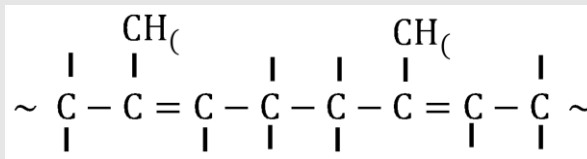
In de grensstructuur heeft het vierde C-atoom een binding te weinig (elektronentekort) en heeft daarom een positieve lading.

De polymerisatiereactie is als volgt:



De elektronenrijke dubbele binding gaat een reactie aan met het positieve C-atoom. Dit C-atoom heeft een lading, de elektronenrijke regio en de positieve lading zoeken elkaar op. Zie je dat de polymerisatie plaatsvindt aan het eerste en vierde C-atoom? Let maar eens op de nummering!

Twee monomeereenheden van de 1,4-additiepolymeer zijn hieronder weergegeven, deze polymeer heet 1,4-poly-2-methylbuta-1,3-dieen.



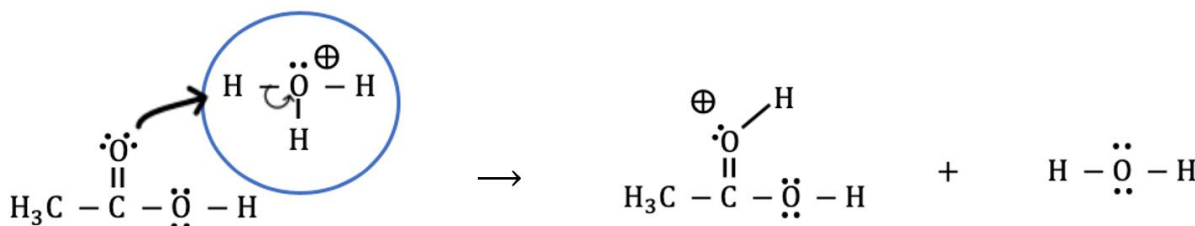
### Condensatiepolymerisatie

We hebben de condensatiereactie al gezien in het vorige domein. Bij een condensatiereactie wordt een H<sub>2</sub>O-molecuul afgesplitst en wordt een typische ester of amidegroep gevormd. We gaan hieronder het reactiemechanisme van een **verestering** uit ethaanzuur en ethanol (in aanwezigheid van zwavelzuur) bekijken, dit verloopt in vier stappen.

We nemen ze hieronder met je door!

#### Stap 1: Ethaanzuur neemt een proton op van H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, afkomstig van zwavelzuur.

In een oplossing van zwavelzuur is H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> aanwezig. Dit is een **elektrofiel deeltje**. Ethaanzuur heeft een dubbel gebonden O, met twee vrije elektronenparen (weergegeven met de stipjes!), dit is juist een **nucleofiel deeltje**. Deze twee gaan een reactie met elkaar aan. Bij deze reactie neemt ethaanzuur een H-atoom (proton) op van H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> en krijgt hierbij een positieve lading (O-atoom heeft drie bindingen, we hebben geleerd en kunnen in BINAS opzoeken dat zuurstof een covalentie van 2 heeft! Na de pijl ontstaat er een nieuwgevormd deeltje, met een positieve lading (elektrofiel), en water, H<sub>2</sub>O (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> min één proton).

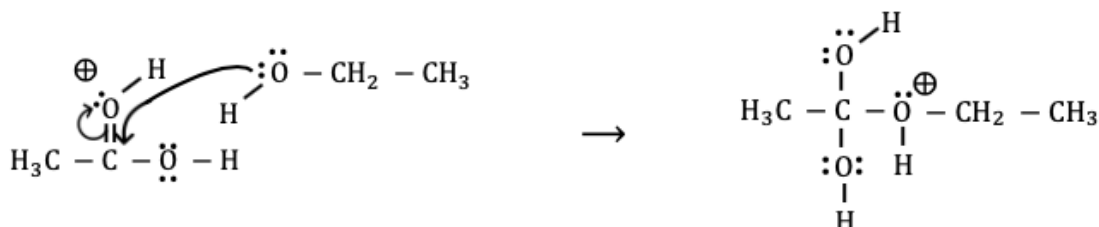






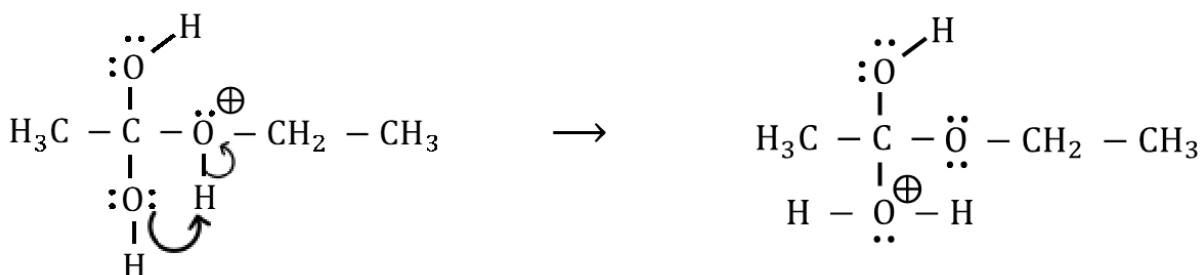
### Stap 2: Er treedt een reactie op van het ion met ethanol

Het deeltje dat in stap 1 is ontstaan, reageert als een elektrofiel deeltje. We voegen ethanol toe. Ethanol heeft een elektronenrijke regio (een O-atoom met twee vrije elektronenparen), deze regio treedt in deze reactie op als een nucleofiel deeltje. Bij deze reactie klapt de dubbele binding tussen het C- en O-atoom open en ontstaat er een nieuw deeltje. In dit deeltje zit er nog een positieve lading op een O-atoom, dit komt omdat dit O-atoom drie bindingen heeft. De covalentie van een O-atoom is twee.



### Stap 3: Een proton (H<sup>+</sup>) verplaatst van het ene naar het andere O-atoom.

We hadden al vastgesteld dat er in het nieuwgevormde deeltje een positieve lading achterbleef. Vlak bij dit proton ligt een andere OH-groep. Ook dit O-atoom heeft twee vrije elektronenparen en kan dus als een nucleofiel deeltje reageren. Hierbij verplaatst het proton zich. Wanneer het proton aan de OH-groep zit, kan dit makkelijk worden afgesplitst als een watermolecuul (typisch kenmerk van een condensatiereactie: er ontstaat water!).

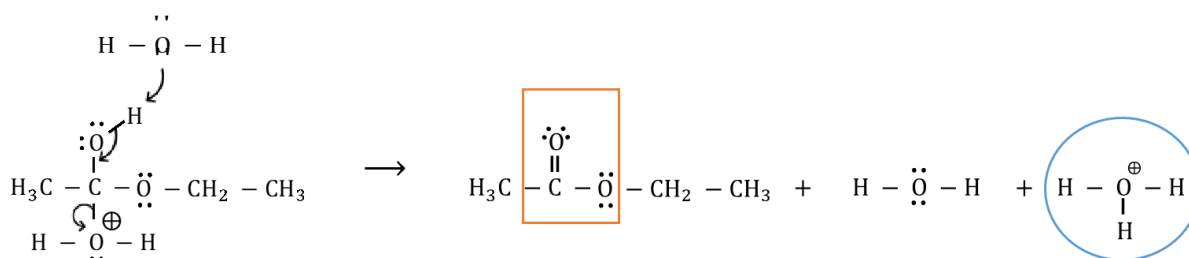


### Stap 4: Er splitst water af en een watermolecuul neemt een proton op.

In de onderstaande figuur gebeurt veel, maar geen zorgen! We nemen alles stap voor stap door. Allereerst splitst er een watermolecuul af. Het afsplitsen van water is een kenmerk van een condensatiereactie. Het O-atoom had een positieve lading, omdat er een elektronentekort was (had nog maar één vrij elektronenpaar). De elektronen uit de C-O-binding komen weer terug bij het O-atoom en hierdoor ontstaat er een ongeladen watermolecuul!

Er gebeurt nog iets in deze reactie: er wordt een proton opgenomen door een watermolecuul, hierdoor wordt de andere OH-groep een dubbel gebonden O (=O). Hierbij ontstaat er een H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> molecuul.

Naast het ontstaan van H<sub>2</sub>O en H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, ontstaat de ester uit ethaanzuur en ethanol! Herken je ook de karakteristieke estergroep? Deze is omkaderd!



**Zie je dat H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> aan het eind van de reactie weer is teruggevormd? H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> is hier een katalysator!**

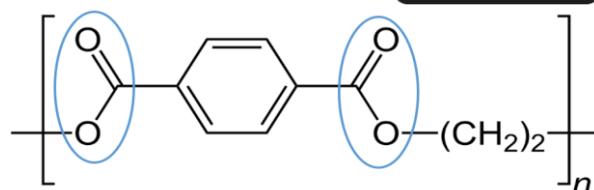


We hebben een video uitgezocht waarin polycondensatie nog eens wordt uitgelegd. In deze video worden verschillende polycondensatiereacties doorgenomen. Dus, wil je meer weten? Scan dan de QR-code hieronder!



**Polyesters** zijn condensatiepolymeren waarvan de monomeren zijn gekoppeld via condensatiereacties. Een polyester wordt gevormd uit een dizuur en een dialcohol of uit een hydroxyzuur. Een bekend voorbeeld van een polyester is PET.

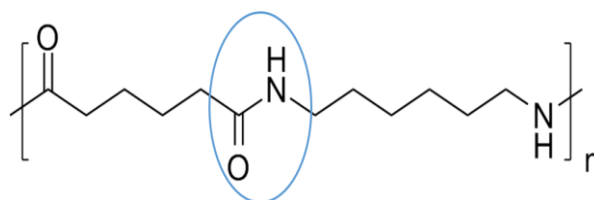
Een **polyamide** wordt gevormd uit een diamine en een dizuur (je hebt dan een copolymeer). Er wordt ook een polyamide gevormd als er meerdere aminozuren aan elkaar worden gekoppeld. Een bekend voorbeeld van een polyamide is nylon.



D3.4: PET: een bekend voorbeeld van een polyester. De karakteristieke ester-groep is

### Lengte van polymeerketens

De lengte van polymeermoleculen geven we weer als de **polymerisatiegraad**. Hoe meer monomeereenheden er in een polymeer aanwezig zijn, hoe hoger de polymerisatiegraad. Een kunststof is minder flexibel bij een hoge polymerisatiegraad. Bij productie moet dit dus goed in de gaten worden gehouden, omdat de eigenschappen van materialen beïnvloed worden door de polymerisatiegraad.



D3.5: Nylon: een bekend voorbeeld van een polyamide. De karakteristieke amidegroep is omcirkeld.

### Eigenschappen van kunststoffen

Kunststoffen zijn dus eigenlijk polymeren en ze kunnen gemaakt worden door **polymerisatiereacties**. Hoewel kunststoffen polymeren zijn, hebben ze wel allemaal verschillende eigenschappen. Sommige kunststoffen worden zacht bij verwarmen en andere blijven hard.

In domein B hebben we al kennis gemaakt met de **thermoplasten** en **thermoharders**. De thermoplasten zijn makkelijk vervormbaar, maar de thermoharders blijven hard bij verwarmen: je kunt ze niet vervormen. Dit verschil in eigenschap kun je verklaren op moleculair niveau (microniveau).

De lange polymeerketens van thermoplasten worden bij elkaar gehouden door **vanderwaalsbindingen**. Wanneer de temperatuur hoger wordt, gaan de moleculen meer bewegen, waardoor veel van de vanderwaalsbindingen worden verbroken: de kunststof is vervormbaar.

Bij thermoharders zijn de polymeerketens aan elkaar gekoppeld door **crosslinks**, deze worden ook wel **dwarsverbindingen** genoemd. Deze verbinding kun je schematisch zien in figuur D3.6. Crosslinks zijn atoombindingen, deze moeten verbroken worden voor het vervormen van de kunststof. De crosslinks zorgen ervoor dat er een netwerkpolymeer ontstaat en ze zorgen ervoor dat het polymeer niet kan smelten, atoombindingen zijn namelijk heel sterk en het kost heel veel moeite om die te verbreken!



D3.6: Een schematische weergave van een thermoplast (links) en een thermoharder (rechts).



## Oefenopgaven

### Vraag 6: uit eindexamen 2013-II

In de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw heeft men geprobeerd om fresco's te beschermen door een doorzichtige beschermende polymeerlaag op het fresco aan te brengen. Een van de polymeren die werd gebruikt, is het copolymeer acryloid B72.

Dit polymeer is ontstaan uit de volgende twee monomeren:

- De ester van ethanol en 2-methylpropeenzuur
- De ester van methanol en 2-methylpropeenzuur

De vorming van dit copolymeer vindt plaats via additiepolymerisatie.

Teken de structuurformule van een deel uit het midden van de keten van het copolymeer acryloid B72. Verwerk in deze structuurformule van beide monomeren twee eenheden.

### Vraag 7: uit eindexamen 2008-II

Sommige plastics zoals PVC (polychlooretheen) zijn stijve en stugge materialen. Om ze soepel te maken wordt vaak gebruik gemaakt van zogenoemde weekmakers. In een tijdschrift stond een artikel over weekmakers. In het volgende tekstfragment staat een deel van dit artikel. Weekmakers zijn bij kamertemperatuur vloeistoffen.

#### Tekstfragment

Weekmakers worden aan polymeren toegevoegd om een flexibeler eindproduct te krijgen of om een specifieke verwerkingsmethode mogelijk te maken. Weekmakers ontlenen hun werking aan het feit dat ze de interacties tussen de polymeerketens verzwakken, waardoor een materiaal minder stijf wordt. Hoe meer een weekmaker in staat is om zich tussen de polymeerketens door te bewegen, hoe efficiënter de weekmaker is. Een hoge mate van beweeglijkheid leidt echter ook tot een grotere kans dat de weekmaker uit het polymeer migreert naar de omgeving. De migratie van weekmakers naar het milieu kan aanleiding geven tot allerlei ongewenste (eco)toxicologische effecten.

*naar: "Kunststof en Rubber", K. Molenveld, WUR, Wageningen*

Met 'interacties tussen de polymeerketens' wordt een bepaald type binding bedoeld. Plastics worden vaak ingedeeld in thermoplasten en thermoharders.

Leg uit dat het gebruik van een weekmaker zinvol is bij een thermoplast en niet bij een thermoharder. Betrek in je uitleg de soort(en) binding die in thermoplasten en thermoharders voorkomt (voorkomen).



## Afsluiting domein D

Zo, weer een onderdeel afgesloten. Goed bezig! Om nog extra te oefenen kun je inloggen op onze website: [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak en domein. Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de oefenvragen van domein D van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**





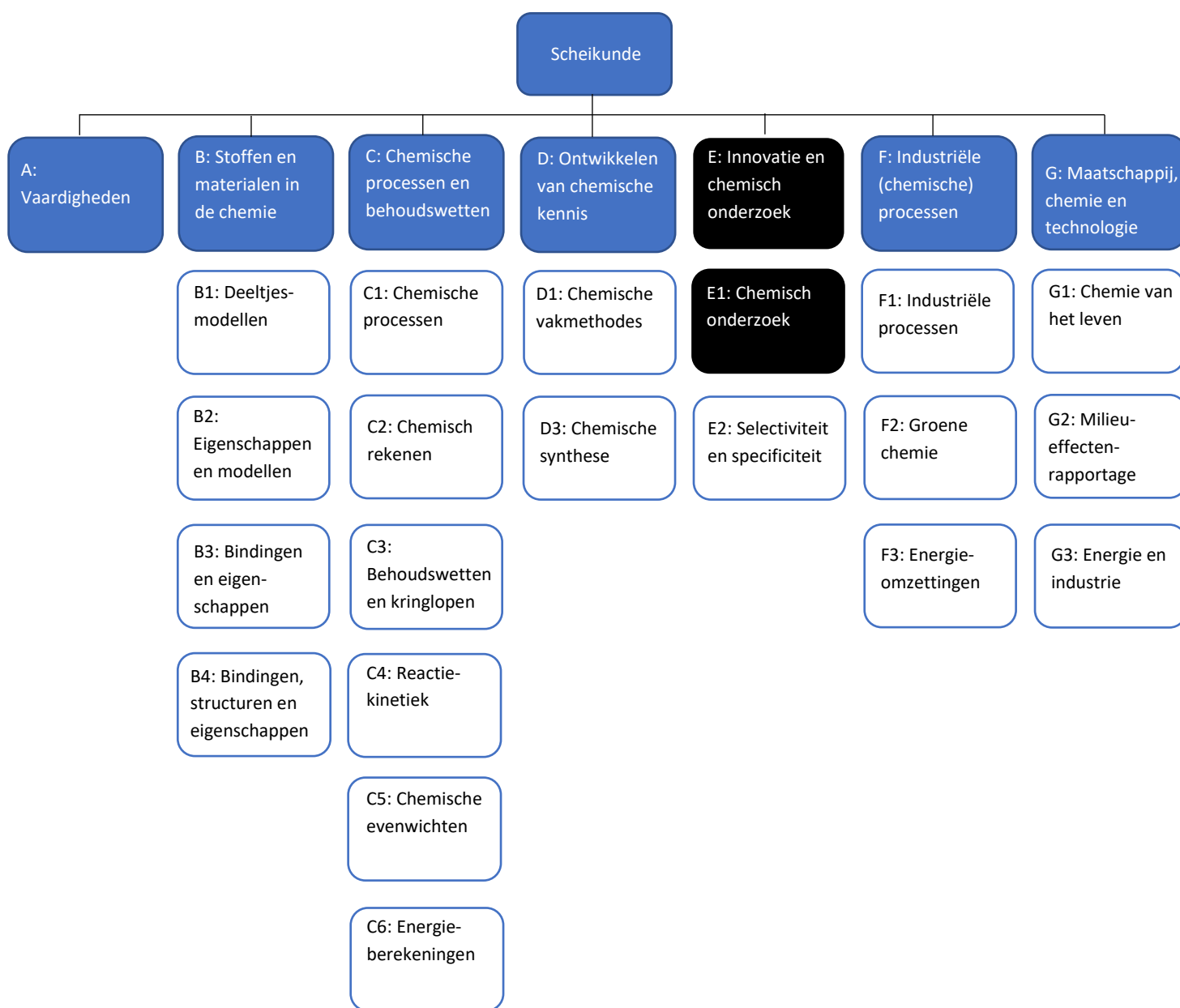
# Domein E: Innovatie en chemisch onderzoek

## Vakoverzicht

Yes, je gaat als een speer! We zijn alweer in domein E. In dit domein gaan we kijken naar structuren op microniveau en naar de eigenschappen van deze structuren op macroscopisch niveau. Veel van de stof die we hier gaan behandelen, is al even kort behandeld in een voorafgaand domein. We zetten er verwijzingen bij, dus als je het even niet meer weet, kun je heel gemakkelijk terugzoeken! Let's go!

Na dit domein kun je:

- **De relatie tussen eigenschappen en structuur van stoffen en materialen beschrijven.**
- **Aangeven hoe deze relatie in een beschreven onderzoek gebruikt wordt.**



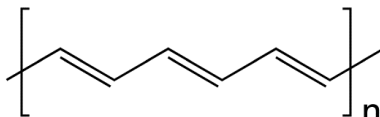


## Subdomein E1: Chemisch onderzoek

### Geleidbaarheid

Zoals we al hebben behandeld, bevatten metalen **vrije elektronen**. Als een stof vrije elektronen bezit, geleidt deze stof elektriciteit. De elektronen zitten bij deze stoffen niet vast in het rooster en kunnen daardoor vrij bewegen als **ladingsdrager**.

In sommige gevallen hebben polymeren een afwisseling van enkele en dubbele bindingen. Deze bijzondere polymeren kunnen ook een klein beetje stroom geleiden. De dubbele binding verspringt tijdens de geleiding. Er moet dan wel sprake zijn van vrije elektronen die door het polymeer kunnen bewegen. We noemen zo'n polymeer ook wel een geleidend polymeer. In figuur E1.1 is een voorbeeld gegeven van een geleidend polymeer: de dubbele bindingen worden afgewisseld en kunnen van plaats verwisselen!



E1.1: Structuurformule van een geleidend polymeer

### Reactiviteit

Een deeltje met een hoge **reactiviteit** wil graag met een ander deeltje reageren. We kunnen enigszins voorspellen wanneer deeltjes reactief zijn. Als een atoom één of meerdere vrije **elektronenparen** heeft, dan is het meestal vrij reactief. Dit kunnen we verklaren doordat het atoom twee elektronen heeft die gemakkelijk een binding kunnen aangaan met een ander atoom, ze zijn immers 'vrij'.

Een atoom kan ook reactief zijn wanneer het juist een elektron te weinig heeft. Hierdoor heeft dit deeltje één vrij elektron, in plaats van een elektronenpaar. Dit noemen we een **radicaal**. Een radicaal wil graag een binding aangaan, want zo wordt zijn missende elektron opgevuld.

Andere reactieve stoffen zijn stoffen met een **dipoolmoment**, dus stoffen met een polaire binding. Weet je nog wanneer er sprake is van een polaire binding? We helpen je even herinneren! Als het verschil in elektronegativiteit van de twee atomen groter is dan 0,4, maar kleiner dan 1,7 (>0,4 en <1,7). Door de dipool kunnen er ladingsverschillen ontstaan binnen het molecuul, en deze ladingen trekken andere ladingen aan!

**Tip:** In domein B hebben we het ook al over radicalen en dipoolmomenten gehad, meer informatie kun je daar terugvinden!

### Roosters en vervormbaarheid

Zoals we in domein B al hebben geleerd, zijn atomen van een molecuul gerangschikt in een **rooster**. We onderscheiden molecuulroosters en atoomroosters. In een **molecuulrooster** zijn moleculen gerangschikt, in een **atoomrooster** zijn atomen gerangschikt. Metalen zitten in een metaalrooster en ionen zitten in een ionrooster!

**Metaalroosters** zijn gemakkelijk **vervormbaar**, doordat de rijen binnen een metaalrooster gemakkelijk van plek kunnen verspringen wanneer het metaal wordt blootgesteld aan een bepaalde kracht. In tabel E1.1 zie je dit terug, de sterkte van het metaalrooster is zwak.

We kunnen een metaal sterker maken door een **legering** te vormen. Eigenlijk introduceren we dan **roosterfouten**. De legering is daardoor, in tegenstelling tot het zuivere metaal, niet meer makkelijk vervormbaar. Wat je hiervan moet onthouden, is dat een legering veel meer kracht kan ondergaan dan een zuiver metaal, omdat de rijen niet meer kunnen verspringen! Mocht je dit nog een beetje lastig vinden, ga dan nog eens terug naar domein B4.



Wanneer de temperatuur wordt verhoogd, dan kunnen metalen gaan smelten (als het smeltpunt is bereikt!). Met vloeibaar metaal kun je elke vorm maken die je maar wilt, door het vloeibare metaal in een mal te gieten en het te laten **stollen**. Hierbij gaat het metaal weer naar het oorspronkelijke metaalrooster!

Zoals we in domein B hebben gezien, zijn zouten zijn gerangschikt in een **ionrooster**. De verschillende ionen in een zout zijn netjes gerangschikt in het rooster. Er is aantrekking tussen de positieve en negatieve ionen, dit noemen we ook wel een **ionbinding**. Mocht je dit nog even willen terugzoeken, kijk dan eens naar domein B3!

Rooster	Binding	Sterkte rooster	Wanneer?
<b>Metaalrooster</b>	Metaalbinding	Zwak	Bij metalen. De binding tussen positieve metaalionen en de <b>vrije negatieve elektronen</b> noemen we de metaalbinding.
<b>Ionrooster</b>	Ionbinding	Sterk	Bij zouten. Zouten zijn opgebouwd uit positieve ionen en negatieve ionen die elkaar aantrekken. Dit heet de ionbinding.

Tabel E1. 1: Metaal- en ionrooster

### Structuur van polymeren

Bij **polymerisatie** worden er lange ketens gevormd. We hebben al geleerd dat thermoplasten vervormbaar zijn en thermoharders juist niet vervormbaar zijn. Je kunt thermoplasten vervormen door **weekmakers** te gebruiken. Deze weekmakers gaan tussen de structuren van het polymeer gaan zitten, zo komt er wat ruimte tussen en kun je het polymeer vervormen.

We kennen ook **elastomeren**, dit zijn stoffen die heel elastisch zijn. Een elastomeer zit eigenlijk tussen een thermoharder en een thermoplast in. Er zijn enige **crosslinks** aanwezig, dit zijn verbindingen tussen de polymeren. Crosslinks zijn covalente atoombindingen tussen de verschillende polymeerstrengen. Een atoombinding is erg sterk en kan moeilijk worden verbroken.

Hierdoor zijn polymeren met heel veel crosslinks niet goed vervormbaar. In een elastomeer zijn maar een paar crosslinks aanwezig. Na uitrekking zullen deze weer teruggaan naar hun oorspronkelijke vorm. De crosslink zorgt hier dus voor de elasticiteit. Een goed voorbeeld van een elastomeer is rubber.

We kunnen zeggen dat polymeren **biodegradeerbaar** zijn, wanneer het polymeer volledig door micro-organismen kan worden afgebroken. Een voorbeeld is polymelkzuur. Een voorbeeld vanuit de praktijk waarin dit wordt toegepast, zijn plastic verpakkingen van fruit waarop staat dat het in de biobak kan.

### Uv-lichtgevoeligheid

Er zijn moleculen die gevoelig zijn voor uv-licht. De onderliggende microscopische verklaring hiervoor is dat er dubbele bindingen in het molecuul zitten. Alkenen zijn bijvoorbeeld gevoelig voor uv-licht. De dubbele binding kan 'openklappen'. Hierdoor kan het molecuul andere bindingen aangaan.

**Tip:** Hoe meer dubbele bindingen een molecuul heeft, hoe gevoeliger dit molecuul is voor uv-licht!

### Oplosbaarheid en waterafstotendheid

De oplosbaarheid van een molecuul hangt af van de karakteristieke groepen. Een molecuul lost goed op in water als het één van de volgende eigenschappen op microniveau heeft:

- Als het molecuul een karakteristieke groep heeft die een **waterstofbrug** kan vormen. Voorbeelden van die groepen zijn alcoholen, esters, carbonzuren en aminegroepen!



Als het molecuul **apolair** is (herinner je je nog dat een watermolecuul ook een dipool heeft?). Als een molecuul een heel elektronegatief atoom bevat ontstaat er een **partiële lading**. Watermoleculen hebben namelijk ook een elektronegatief atoom, namelijk het O-atoom. Hierdoor is er in het watermolecuul ook sprake van **partiële ladingsscheiding** en kan er sprake zijn van elektrische aantrekking. Wil je dit nog even nalezen? Je kunt dit vinden in domein B3!

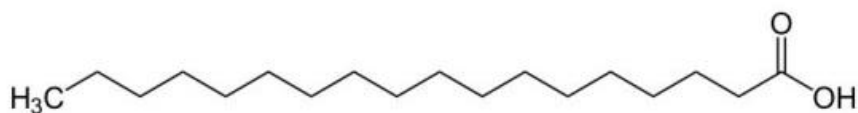
Als een molecuul goed kan oplossen in water, dan spreken we over **hydrofiele** moleculen (letterlijk: 'houdt van water'). Water of alcohol zijn goede voorbeelden van hydrofiele stoffen!

Tegenover hydrofiele stoffen hebben we **hydrofobe** stoffen (letterlijk: 'bang voor water'). Deze hydrofobe stoffen zijn **apolair** en kunnen ook geen waterstofbruggen aangaan. Hierdoor lossen deze stoffen slecht op in water. Een goed voorbeeld van een hydrofobe stof is olie. Olie en water mengen absoluut niet, denk maar eens aan zo'n drijvende olievlek op de oceaan!

De **oplosbaarheid** van een hydrofobe stof is dus slecht, maar de **waterafstotendheid** van een hydrofobe stof is juist heel goed. Een hydrofobe stof wil eigenlijk niets te maken hebben met een hydrofiele stof. Hier wordt in de kledingindustrie soms heel handig gebruikt van gemaakt: een laagje hydrofobe stof op je jas, en je jas is waterdicht!

Let op: Soms hebben moleculen met hele lange koolstofketens (apolair) ook een groep die in theorie een waterstofbrug kan vormen. Deze moleculen zijn in de praktijk eigenlijk niet goed oplosbaar in water. Houd hier rekening mee op je examen!

Octadecaanzuur ofwel stearinezuur is zo'n voorbeeld. Deze stof wordt gebruikt om waxinelichtjes van te maken. De structuurformule van stearinezuur is hieronder weergegeven. Het bestaat uit een lange keten van enkel C- en H-atomen. De zuurgroep helemaal aan het eind van de keten zou in theorie een H-brug kunnen vormen, want er zit een -OH atoom aan. Echter, deze ene waterstofbrug zal **niet** voldoende zijn om het molecuul oplosbaar te laten zijn in water.



## Oefenopgaven

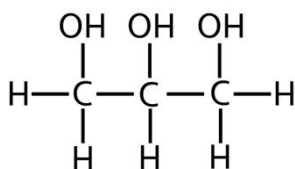
### Vraag 1

- Leg uit hoe je op microniveau de elasticiteit van een polymeer kunt verklaren.
- Verwacht je dat polyetheen gevoelig is voor uv-straling?

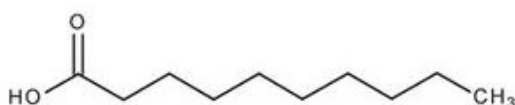
### Vraag 2

Leg uit of onderstaande stoffen goed oplossen in water of niet.

a)



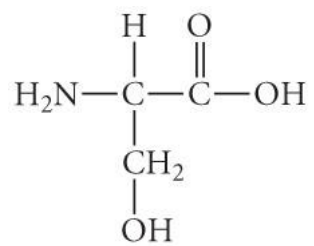
b)







c)



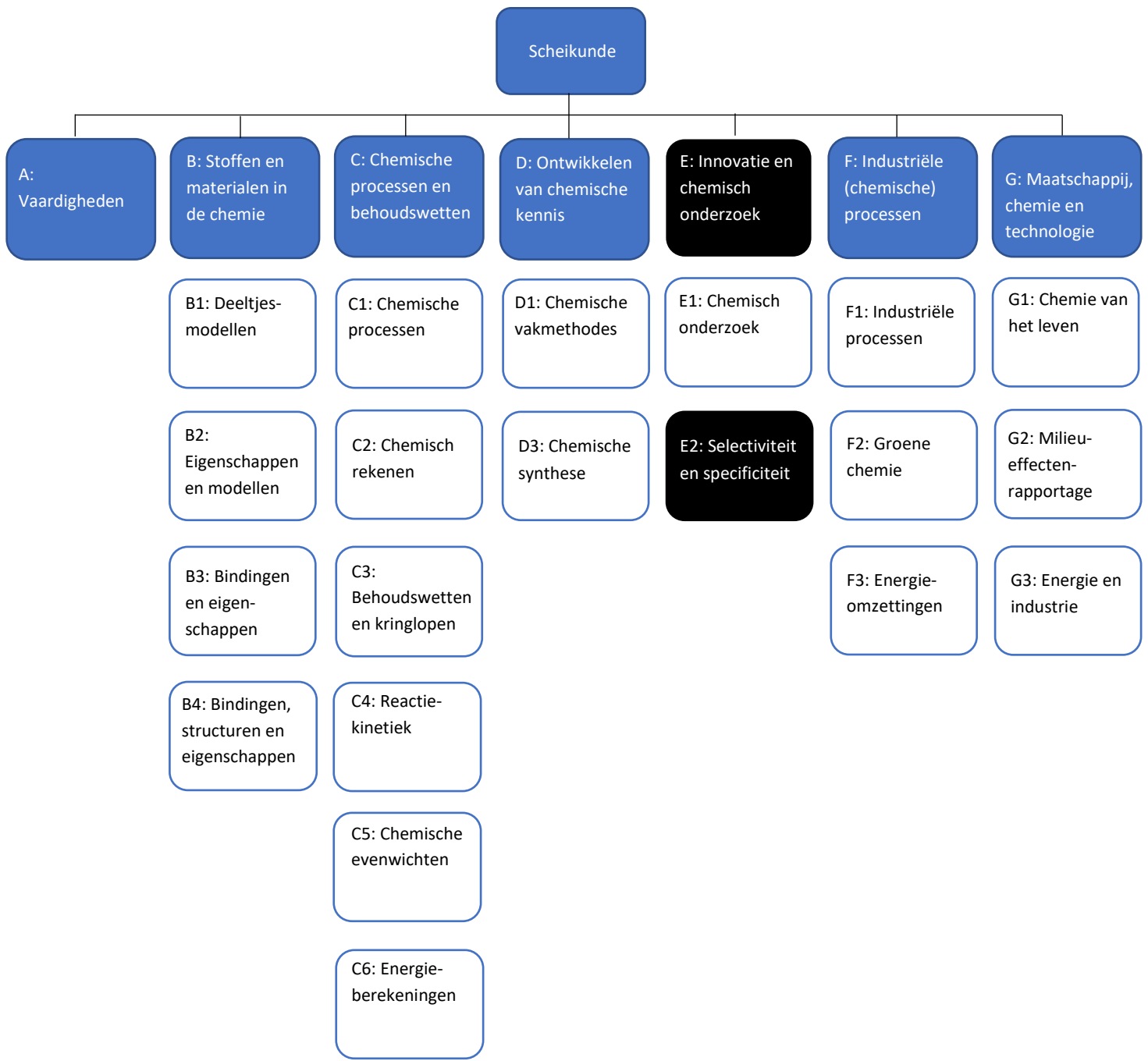


## Subdomein E2: Selectiviteit en specificiteit

Daarmee zijn we alweer op de helft van domein E. We gaan in het komende subdomein kijken naar de selectiviteit en specificiteit van chemische reacties. Ook gaan we de verschillende vormen van isomerie hierbij gebruiken. Ben je er klaar voor?

Na dit domein kun je:

- **Selectiviteit en specificiteit bij chemische reacties verklaren, tenminste in de context van voedselproductie en geneesmiddelen of transport van stoffen in het lichaam.**
- **Kennis van katalyse hierbij gebruiken**





## Isomerie

We hebben in domein B al even kort gekeken naar **isomerie**. Isomerie wil zeggen dat je verschillende moleculen kunt bouwen, van stoffen die allebei dezelfde molecuulformule hebben. We kennen de volgende soorten isomerie:

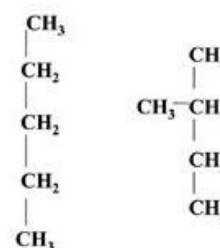
- **Structuurisomerie**
- **Stereoisomerie**
  - o **Cis-transisomerie**
  - o **Spiegelbeeldisomerie**

We gaan ze hieronder één voor één met je behandelen!

### Structuurisomerie

Structuurisomeren zijn stoffen met dezelfde molecuulformule, maar een andere structuurformule. Ze hebben ook een andere systematische naam. Omdat het echt andere stoffen zijn, hebben de isomeren ook andere **stofeigenschappen** (smelt- en kookpunt, etc.).

In figuur E2.1 zie je een voorbeeld van structuurisomerie. De structuurformules van pentaan en 2-methylbutaan zijn getekend. De structuurformule en de systematische naam zijn voor de twee stoffen heel anders, terwijl de molecuulformules van deze twee stoffen hetzelfde zijn, namelijk voor allebei  $C_5H_{12}$ .



E2.1: Pentaan en 2-methyl-butaan (beide  $C_5H_{12}$ )

In video 1 kun je meer uitleg krijgen over structuurisomerie. Ook worden er verschillende voorbeelden gegeven. Hieronder staat de QR-code die je kunt scannen!



### Stereo-isomerie

Wanneer de molecuulformule én de systematische naam van een stof gelijk zijn, maar ze tóch verschillend zijn, spreken we van **stereo-isomerie**. In deze categorie isomeren is de **ruimtelijke structuur** van het molecuul anders. Hier hebben we twee soorten van, namelijk:

- **Cis-transisomeren**
- **Spiegelbeeldisomeren**

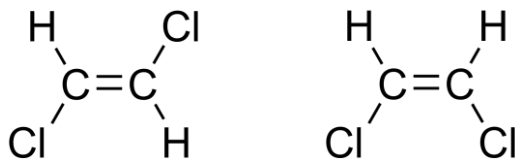
#### Cis-transisomeren

Een voorwaarde voor **cis-transisomerie** is het hebben van een starre, dubbele binding in het molecuul! Voor cis-transisomerie moeten er zowel aan de linker- als aan de rechterzijde van de starre binding twee verschillende groepen aan de koolstofatomen gebonden zijn.

- Wanneer een molecuul de **cis-vorm** aanneemt, zitten de gelijke groepen aan één kant van de binding.
- Wanneer een molecuul de **trans-vorm** aanneemt, dan zitten de gelijke groepen juist aan de andere kant van de starre binding.



Dit is weergegeven in figuur E2.2. De chloorgroepen zitten bij de trans-vorm tegenover elkaar aan de starre binding, en bij de cis-vorm juist aan dezelfde kant!



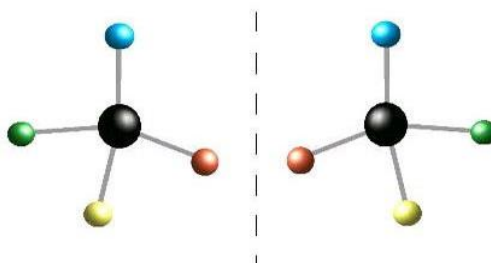
E2.2: Links: trans-1,2-dichlooretheen. Rechts: cis-1,2-dichlooretheen.



Meer weten over cis-trans isomerie? Kijk dan video 2!

### Spiegelbeeldisomeren

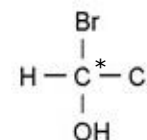
**Spiegelbeeldisomerie** is de andere vorm van stereo-isomerie. Een andere naam voor spiegelbeeldisomeren is ook wel **optische isomeren**. Hier zijn de isomeren elkaars **spiegelbeeld**. Herken je het, wanneer je in de winter je handschoenen wilt aandoen, dat je linkerhand alleen in je linkerhandschoen past? Je handen zijn identiek, maar elkaars spiegelbeeld! Zo is dat ook bij deze vorm van isomerie, zie figuur E2.3.



E2.3: Spiegelbeeldisomeren

We kunnen spiegelbeeldisomeren herkennen aan de aanwezigheid van een **asymmetrisch koolstofatoom**. Een asymmetrisch koolstofatoom is een C-atoom waaraan vier verschillende groepen gebonden zijn.

In figuur 2.4 is een voorbeeld van een asymmetrisch koolstofatoom gegeven. Zoals je in de figuur kunt zien, geven we het asymmetrische C-atoom weer als C\*.



E2.4:  
Asymmetrisch  
koolstofatoom

In video 3 worden spiegelbeeldisomeren nog eens uitgelegd.



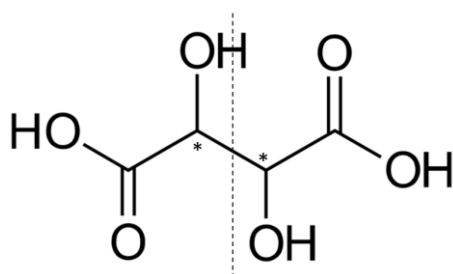
**Tip:** Wanneer een stof naast een asymmetrisch C-atoom, ook een intern spiegelvlak heeft dan zijn de twee isomeren toch weer hetzelfde. Dit kan een instinker zijn op het examen!



### Voorbeeld

Hieronder is de structuurformule van wijnsteenzuur weergegeven. Met de sterretjes zijn twee asymmetrische C-atomen aangegeven, deze C-atomen hebben namelijk vier verschillende groepen. Omdat er twee C-atomen asymmetrisch zijn, zouden er in theorie  $2 \cdot 2 = 4$  stereo-isomeren zijn. Omdat wijnsteenzuur een inwendig spiegelvlak heeft, zullen twee van deze stereo-isomeren op hetzelfde molecuul uitkomen! Hierdoor heeft wijnsteenzuur in plaats van vier, maar drie stereoisomeren.

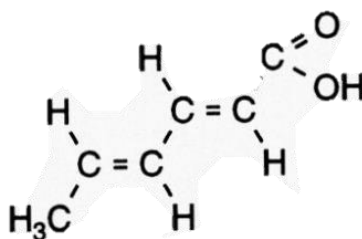
Let op je examen dus op of een molecuul dat asymmetrische C-atomen heeft, geen inwendig spiegelvlak heeft!



### Oefenopgaven

#### Vraag 3: uit eindexamen 1994-II

Er bestaan vier stereo-isomeren met de naam hexa-2,4-dieenzuur. Eén daarvan heet trans, transhexa-2,4-dieenzuur. Deze stof wordt ook sorbinezuur genoemd. De structuurformule van sorbinezuur kan als volgt worden weergegeven:

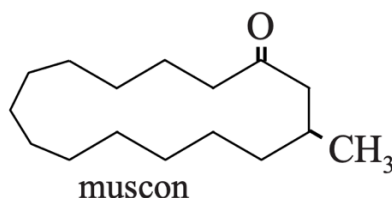


Op dezelfde manier kan men de structuurformules van de andere drie stereo-isomeren weergeven.

Geef de structuurformules van de drie stereo-isomeren van sorbinezuur op bovenstaande manier weer zodat duidelijk blijkt in welk opzicht de structuren van elkaar verschillen.

#### Vraag 4: uit eindexamen 2016-I

Muskus is een belangrijke geur die onderdeel uitmaakt van vrijwel alle parfums. Al ver voor het begin van onze jaartelling werd er gehandeld in muskus. Door het geringe aanbod was natuurlijke muskus altijd uiterst kostbaar. De belangrijkste geurstof in muskus is muscon, een stof met de molecuulformule  $C_{16}H_{30}O$ . De structuurformule van muscon is hieronder schematisch weergegeven.



Geef aan of er spiegelbeeldisomeren mogelijk zijn bij muscon. Licht je antwoord toe aan de hand van bovenstaande schematische structuurformule.



## Enzymen

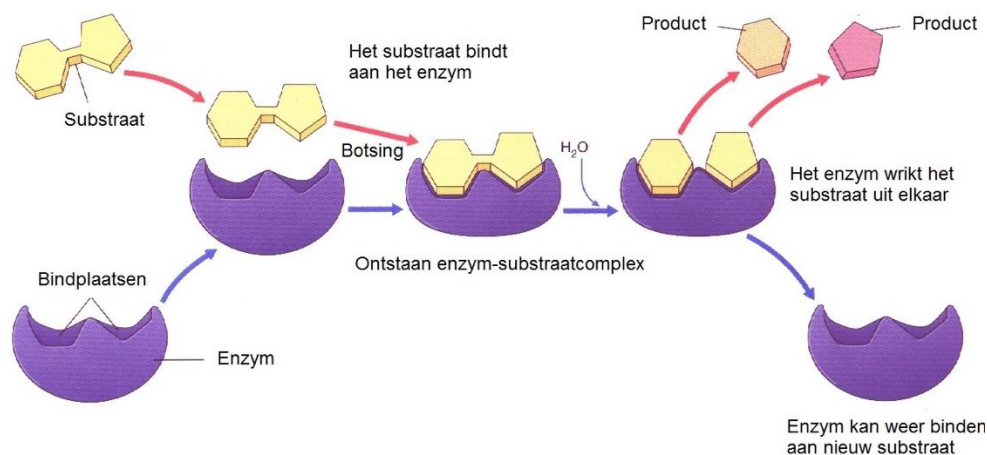
In domein C hebben we stilgestaan bij de werking van **katalysatoren**. Weet je nog wat een katalysator is? Juist, door de aanwezigheid van een katalysator verloopt de reactie sneller (de katalysator wordt overigens niet verbruikt bij de reactie!). In ons lichaam vinden er ook katalytische processen plaats. Katalysatoren in ons lichaam zijn **biokatalysatoren**, met een mooi woord noemen we ze ook wel **enzymen**.

De stof waar het enzym op werkt heet het **substraat**. Als een enzym een reactie katalyseert dan hecht het enzym zich aan het substraat. De plaats waar deze aan elkaar hechten heet het **actieve centrum** van het enzym.

Een reactie die gekatalyseerd wordt door een enzym verloopt in drie stappen:

1. **Het enzym bindt zich aan het substraat.**
2. **De enzymgekatalyseerde reactie vindt plaats.**
3. **Afsplitsing van de reactieproducten.**

Deze drie stappen zie je hieronder in de figuur:



E2.5: Schematische weergave van een enzymgekatalyseerde reactie

De naam van het enzym is afgeleid van het proces dat het katalyseert, met de uitgang *-ase* erachter. Als een enzym bijvoorbeeld helpt om lactose af te breken, noemen we het enzym lactase.

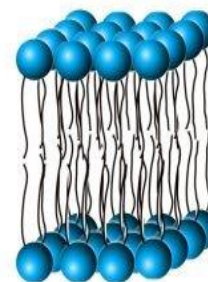
Enzymen zijn **stereospecifiek**, dat wil zeggen dat bij spiegelbeeldisomeren maar één van de twee isomeren werkzaam is. Naast specificiteit hebben we ook nog selectiviteit. Dit lijkt een beetje op specificiteit, maar is toch anders. Als een enzym **stereoselectief** is, dan heeft het enzym wel voorkeur voor een bepaald isomeer. Die voorkeur heeft niet te maken met dat de verschillende isomeren van het substraat niet passen in het actieve centrum, zoals bij stereospecificiteit. Bij stereoselectiviteit komt deze voorkeur door bijvoorbeeld de ruimtelijke structuur. Isomeren hebben een andere ruimtelijke structuur, die soms niet lekker past.

Een enzym werkt het best bij een optimale pH en temperatuur, dit is voor ieder enzym specifiek. We spreken van een **pH-optimum**. Wanneer de pH hoger of lager is dan het optimum, verloopt de reactie langzamer of niet. Bij de temperatuur spreken we van een **temperatuuroptimum**. Wanneer de temperatuur dan hoger of lager is, verloopt de reactie ook langzamer of niet.



## Transport van stoffen in ons lichaam

Onze cellen hebben een celmembraan dat bestaat uit een dubbele laag **fosfolipiden**. Fosfolipiden zijn vetachtige stoffen: ze hebben een **hydrofiële kop** en twee **hydrofobe staarten**. In de dubbele laag steken de staarten naar elkaar toe (zie figuur E2.6).



E2.6: Een celmembraan bestaat uit

De binnenlaag van het membraan is door de hydrofobe staarten **apolair**. De buitenlaag van het membraan is door de hydrofiële koppen **polair**.

In het celmembraan zitten ook grote eiwitten, die door het celmembraan steken. Deze zijn betrokken bij het transport van stoffen de cel in of uit. Voor dit onderdeel is het handig om BINAS 67G3 en 79D te gebruiken!

We kennen twee manieren van transport:

- **Actief transport**
- **Passief transport**

**Actief transport** is transport waarvoor energie nodig is. Deze energie wordt geleverd door ATP (adenosinetri-fosfaat). Bij dit proces wordt ATP omgezet in ADP (adenosinedi-fosfaat). Je kunt de structuren van ATP en ADP terugvinden in BINAS 67L! Actief transport is nodig voor grote moleculen.

Ook voor kleine polaire stoffen is actief transport nodig: deze kunnen niet goed door het hydrofobe celmembraan heen **diffunderen**. Als een stof wél door het membraan kan diffunderen betekent dat dat deze stof zonder dat het energie kost door het membraan heen kan gaan. Dit zien we hieronder bij passief transport.

**Passief transport** is transport waarvoor geen energie nodig is. Kleine, ongeladen moleculen kunnen bijvoorbeeld zo door het membraan heen **diffunderen** (denk aan CO<sub>2</sub>). Er zijn ook eiwitten die helpen bij passief transport, deze noemen we ook wel **transportenzymen**.

Soms zijn zuren en/of basen bij een bepaalde pH geladen, herinner je je het H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> en het OH<sup>-</sup> deeltje? Zoals hierboven gezegd, kunnen geladen deeltjes niet vrij door het membraan diffunderen. Let hier dus goed op!

Vind je het verschil tussen actief en passief transport nog lastig? Kijk dan video 4. In deze video worden actief en passief transport namelijk uitgelegd. Ook wordt de opbouw van de celmembraan gesproken.



## Oefenopgave

### Vraag 5

Na alcoholconsumptie komt er alcohol (ethanol) in het bloed terecht. In de lever wordt alcohol onder invloed van het enzym alcohol-dehydrogenase omgezet tot acetaldehyde (ethanal). Vervolgens wordt acetaldehyde omgezet tot azijnzuur (ethaanzuur) onder invloed van het enzym aldehyde-dehydrogenase. Een te hoge concentratie acetaldehyde veroorzaakt misselijkheid. Mensen met een alcoholprobleem krijgen wel eens een middel voorgeschreven dat de werking van één van de genoemde enzymen blokkeert. Wanneer men dit middel gebruikt, voelt men zich al na het drinken van weinig alcohol misselijk.

Leg uit van welk van de twee genoemde enzymen de werking wordt geblokkeerd door dat middel.



## Afsluiting domein E

Zo, weer een onderdeel afgesloten. Goed bezig! Om nog extra te oefenen kun je inloggen op onze website: [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak en domein. Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de oefenvragen van domein E van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**







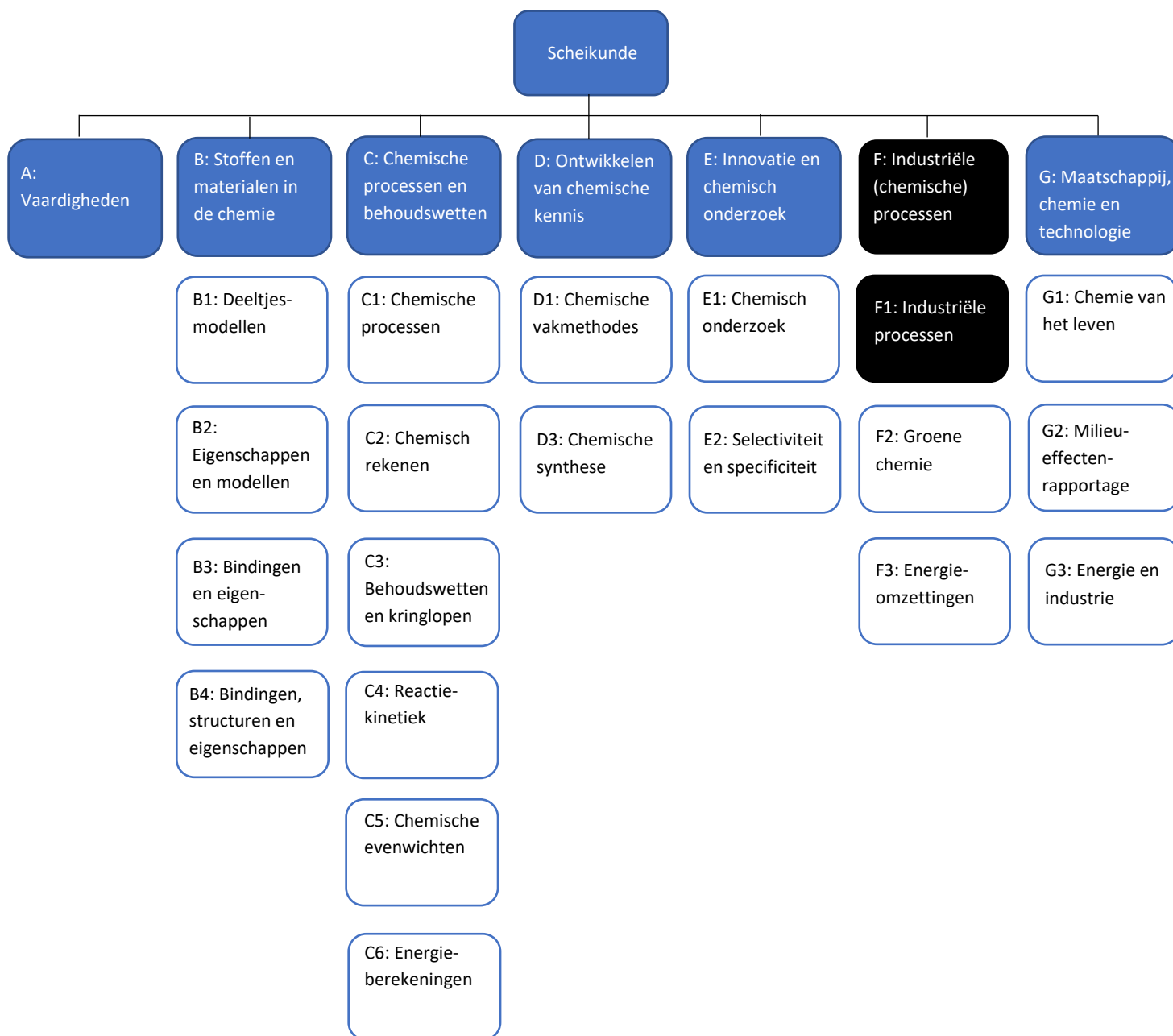
# Domein F: Industriële (chemische) processen

## Vakoverzicht

We zijn alweer aangekomen bij het op één na laatste domein. We leren hier de *ins* en *outs* van industriële processen. Daarnaast gaan we deze industriële processen vastleggen in blokschema's, en we geven je wat handige tips om vragen met een blokschema aan te pakken. Laten we beginnen!

Na dit domein kun je:

- **Het verschil tussen bulk- en batchprocessen uitleggen.**
- **Industriële processen beschrijven in blokschema's.**





## Subdomein F1: Industriële processen

### Industriële chemie

Laten we eens kijken naar de wereld waar scheikunde dagelijks wordt gebruikt. Alles wat je in dit vak hebt geleerd wordt onder andere toegepast in de industriële chemie. Hier worden daadwerkelijk grondstoffen omgezet naar producten die we in ons dagelijks leven nodig hebben. Van bouwmaterialen zoals staal, tot benzine die we bij het pompstation tanken. Daar duiken we eens wat dieper op in!

Er zijn heel veel verschillende soorten **industriële chemie**. Aan de ene kant zijn er processen die continu verlopen, aan de andere kant zijn er processen die juist niet continu verlopen. We hebben fabrieken waar rubber in groten getale wordt gemaakt, maar ook juist geneesmiddelenproductie, waar alles gaat om hele kleine hoeveelheden. Om het een beetje overzichtelijk te houden, onderscheiden we de volgende processen:

- **Bulkchemie**
- **Fijnchemie**
- **Continuproces**
- **Batchproces**

Zeggen deze termen je eigenlijk niets? Geen paniek! We nemen deze termen hieronder één voor één met je door!

### Bulkchemie

De naam zegt het al: 'bulk'. In de **bulkchemie** gaat het vooral om het produceren van enorme hoeveelheden van hetzelfde product. Een goed voorbeeld hiervan is de productie van een brandstof zoals benzine, we hebben hier superveel van nodig!

### Fijnchemie

In de **fijnchemie** worden ingewikkelde chemische reacties in redelijk kleine hoeveelheden uitgevoerd. Het is vaak gewoon niet nodig om grote hoeveelheden te hebben van de stoffen die hiermee geproduceerd worden. Een goed voorbeeld is de productie van cosmetische producten als lippenstift.

### Continuproces

Bij **continuprocessen** worden producten zonder enige onderbreking geproduceerd. Het gaat dus non-stop door! De grondstoffen voor deze processen worden ook continu aangevoerd, de reactieproducten worden continu afgevoerd. Bij continue processen wordt ook gebruik gemaakt van **recirculatie**. Dit houdt in dat stoffen die niet hebben gereageerd in de reactie weer worden teruggevoerd naar de reactor om alsnog te reageren. Continue processen zijn vaak volledig geautomatiseerd en worden met name gebruikt om hele grote hoeveelheden te produceren (bulkchemie).

### Batchproces

Bij batchprocessen worden producten in afzonderlijke sessies geproduceerd. We noemen deze afzonderlijke sessies ook wel **batches**, vandaar ook de naam batchprocessen! Na afloop van de reactie worden de reactieproducten en overgebleven grondstoffen uit de reactor verwijderd. Batchprocessen worden met name gebruikt om kleine hoeveelheden te produceren (fijnchemie).

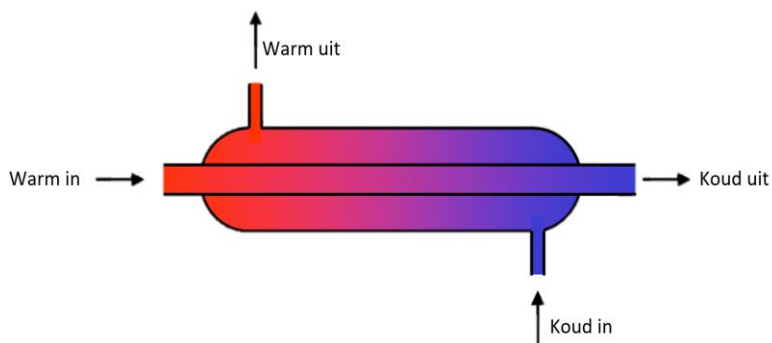
**Tip:** Met het oog op duurzaamheid: batchprocessen zijn in het algemeen inefficiënter met grondstoffen én met energie dan bulkprocessen.

### Het ontstaan van warmte tijdens een reactie

Bij sommige reacties ontstaat warmte (exotherm!). In de chemische industrie maken ze hier vaak handig gebruik van. De ontstane warmte kan namelijk weer gebruikt worden om andere stoffen te verwarmen óf om een endotherme reactie te laten verlopen. Hiervoor is een **warmtewisselaar** nodig.



Hieronder is zo'n warmtewisselaar schematisch weergegeven. In dit apparaat wordt de warmte van het ene medium naar het andere medium overgedragen. Dit medium kan van alles zijn, bijvoorbeeld water of een andere vloeistof.

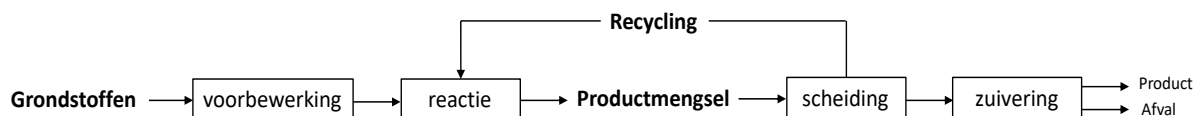


F1.1: Schematische weergave van een warmtewisselaar

### Blokschema's

Een blokschema is een schematische weergave van een chemisch proces. Een blok stelt een bewerking voor en een pijl stelt een stofstroom voor. We noemen zo'n blok een **reactor** wanneer er een reactie in plaatsvindt. In figuur F1.2 zie je een standaard blokschema. Hierin kun je zien dat er vier soorten bewerkingen zijn die plaats kunnen vinden:

- **Vorbewerking**
- **Chemische reactie**
- **Scheiding**
- **Zuivering**



F1.2: Blokschema

In chemische processen vindt bijna altijd scheiding plaats, omdat veel chemische reacties evenwichtsreacties zijn. Het uiteindelijke eindproduct moet dus nog gescheiden worden. Dit gebeurt vaak in **scheidingsinstallaties**. Bij het scheiden van stoffen ontstaan geen nieuwe stoffen: het is dus geen chemische reactie!

Op je examen kun je soms vragen krijgen waarbij je een blokschema moet maken of aanvullen. We geven je hieronder een aantal tips bij dit soort vragen. Vervolgens zullen we samen een voorbeeldopgave maken!

### Stappenplan voor het maken of aanvullen van een blokschema

**Stap 1:** Lees de tekst goed door en kijk wat er stap voor stap gebeurt.

**Stap 2:** Bedenk (als dat kan met de informatie die je hebt) welke stoffen de grondstoffen en welke stoffen de reactieproducten zijn. Als het je helpt kun je hierbij ook een vergelijking opstellen.

**Stap 3:** Bedenk welke scheidingsmethoden nodig zijn.

**Tip:** Weet je nog hoe het zat met scheidingsmethoden? Je kunt het terugvinden in domein D1!

**Stap 4:** Controleer altijd of alle stoffen die een reactor ingaan ook de reactor uitgaan, of dat een stof de reactor uitgaat waarin een stof die de reactor in ging is omgezet!

**Stap 5:** Maak gebruik van recycling (het opnieuw inbrengen van ongebruikte grondstoffen).

**Stap 6:** Uit een reactor waar scheiding plaatsvindt, komen altijd meerdere pijlen (stoffen). Dit kunnen reactieproducten, bijproducten of afval zijn.

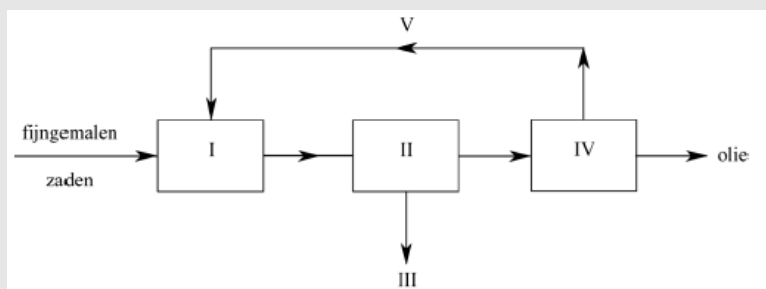
Als je de bovenstaande tips toepast in de vragen over blokschema's gaat het helemaal goedkomen!

Je kunt voor extra uitleg video F1-1 kijken. In deze video wordt ook nog even stilgestaan bij het verschil tussen batch- en continuprocessen. Ook krijg je nog handige tips. Na het kijken en/of het kijken van de video mag je lekker zelf aan de slag, succes!



### Voorbeeldopgave

Bij de productie van margarine wordt als grondstof plantaardige olie gebruikt. Deze olie wordt uit zaden gewonnen. Om zoveel mogelijk olie uit de zaden te halen, mengt men de fijngemalen zaden met hexaan. Na een eerste scheiding verkrijgt men een oplossing van olie in hexaan. Tenslotte worden olie en hexaan van elkaar gescheiden. Het hexaan wordt opnieuw in het proces gebruikt, de olie gaat naar de margarinefabriek. Hieronder is het proces waarbij de olie uit zaden wordt gewonnen in een blokschema weergegeven.



In dit schema horen bij de Romeinse cijfers I t/m V telkens één van de hierna genoemde woorden: afval, destillatie, extractie, filtratie, hexaan. Geef aan welk woord bij welk Romeins cijfer hoort.

#### Antwoord

We maken allereerst onderscheid tussen **processen** en **stofstromen**. We hebben te maken met twee stofstromen, namelijk hexaan en afval, en met drie processen, namelijk destillatie, extractie en filtratie.

Zoals gezegd, is het belangrijk dat we de tekst goed lezen. Allereerst worden de fijngemalen zaden vermengd met hexaan, dit gebeurt in reactorvat I. Uit de tekst halen we dat in dit reactorvat de olie uit de zaden wordt gehaald. We hebben hiervoor een scheidingsmethode nodig die een vloeistof (olie) uit een vaste stof kan halen (fijngemalen zaden), dit is extractie (kijk eens terug in domein D als je dit bent vergeten!). Alle stoffen gaan door naar vat II, want er is maar één pijl die uit vat I gaat, dus de olie in hexaan én de resten van de zaden gaan door naar vat II.

We komen in vat II. Uit de tekst kunnen we halen dat er uiteindelijk alleen een mengsel van olie in hexaan is overgebleven. De resten van de fijngemalen zaden zijn dus niet meer aanwezig in vat IV. Om de resten van de zaden te scheiden van het olie-hexaanmengsel gebruiken we een scheidingsmethode om een vaste stof uit een vloeistof te halen, dit is filtratie. Het mengsel van olie en hexaan gaat naar vat IV. De stofstroom III die uit reactor II komt, is afval (de fijngemalen zaden). Want weet je nog? Elke stof die een reactor ingaat, komt er ook weer uit!



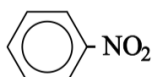
In de tekst lezen we dat olie en hexaan ten slotte van elkaar worden gescheiden. Dit is een mengsel van twee vloeistoffen, we kunnen deze van elkaar scheiden door destillatie. In het blokschema staat de olie al weergegeven in een stofstroom uit reactor vier. Stofstroom V moet dus wel hexaan zijn, omdat deze opnieuw in het eerste reactorvat wordt ingebracht na recycling.

Dus: I: Extractie ; II: Filtratie; III: Afval; IV: Destillatie; V: Hexaan

## Oefenopgave

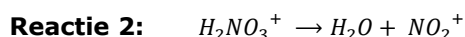
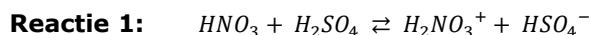
### Vraag 1: uit eindexamen 2010-II

Nitrobenzeen is een veel gebruikte grondstof. De structuurformule kan als volgt worden weergegeven:



Nitrobenzeen kan worden bereid uit benzeen en nitreerzuur, een oplossing met een hoge concentratie aan zwavelzuur en salpeterzuur.

De vorming van nitrobenzeen met behulp van nitreerzuur kan met drie reactievergelijkingen worden weergegeven:

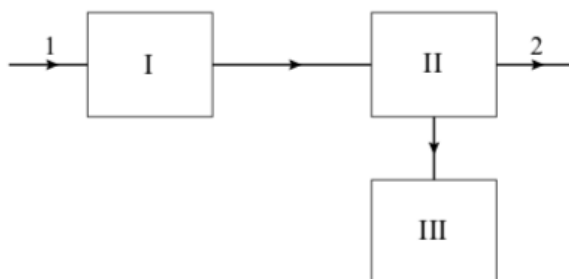


Nitrobenzeen wordt gevormd doordat  $NO_2^+$  reageert met benzeen.



Bij de industriële bereiding van nitrobenzeen worden de beginstoffen die niet hebben gereageerd uit het reactiemengsel afgescheiden en gerecirculeerd. Op deze wijze is het mogelijk de beginstoffen volledig om te zetten. Een bestaand continu proces (na de opstartfase) is schematisch weergegeven in het bijgaande onvolledige blokschema. In dit schema ontbreekt een aantal stofstromen met de bijbehorende stoffen. Er zijn drie blokken getekend: een reactor (I), een scheidingsruimte (II) en een ruimte om het mengsel van zwavelzuur en salpeterzuur dat uit de scheidingsruimte komt, te behandelen zodat het weer in het productieproces kan worden gebruikt (III).

**blokschema**



In de reactor (I) worden benzeen en nitreerzuur geleid. Bij temperaturen tussen 90 °C en 135 °C vindt hier een gedeeltelijke omzetting van het benzeen tot nitrobenzeen plaats. De stoffen uit de reactor worden in de scheidingsruimte (II) geleid. Hier wordt het mengsel gescheiden in:



- **Nitrobenzeen**
- **Benzeen**
- **Een oplossing van zwavelzuur en het salpeterzuur dat niet heeft gereageerd.**

Deze oplossing wordt in ruimte III geconcentreerd door er water uit te verdampen. Voordat de ingedamppte oplossing in de reactor wordt gepompt, wordt er door toevoegen van salpeterzuur voor gezorgd dat het mengsel de juiste samenstelling heeft.

Neem het hiervoor getekende onvolledige blokschema over en maak het compleet door de ontbrekende stofstromen in te tekenen. Zet zowel bij de reeds getekende stofstromen als bij de zelf getekende stofstromen de bijbehorende stof(fen) door het plaatsen van cijfers. Gebruik daarvoor de volgende aanduidingen:

- 1 = benzeen**
- 2 = nitrobenzeen**
- 3 = salpeterzuur**
- 4 = water**
- 5 = zwavelzuur**

Het is mogelijk dat de cijfers 1 tot en met 5 meerdere keren moeten worden gebruikt.

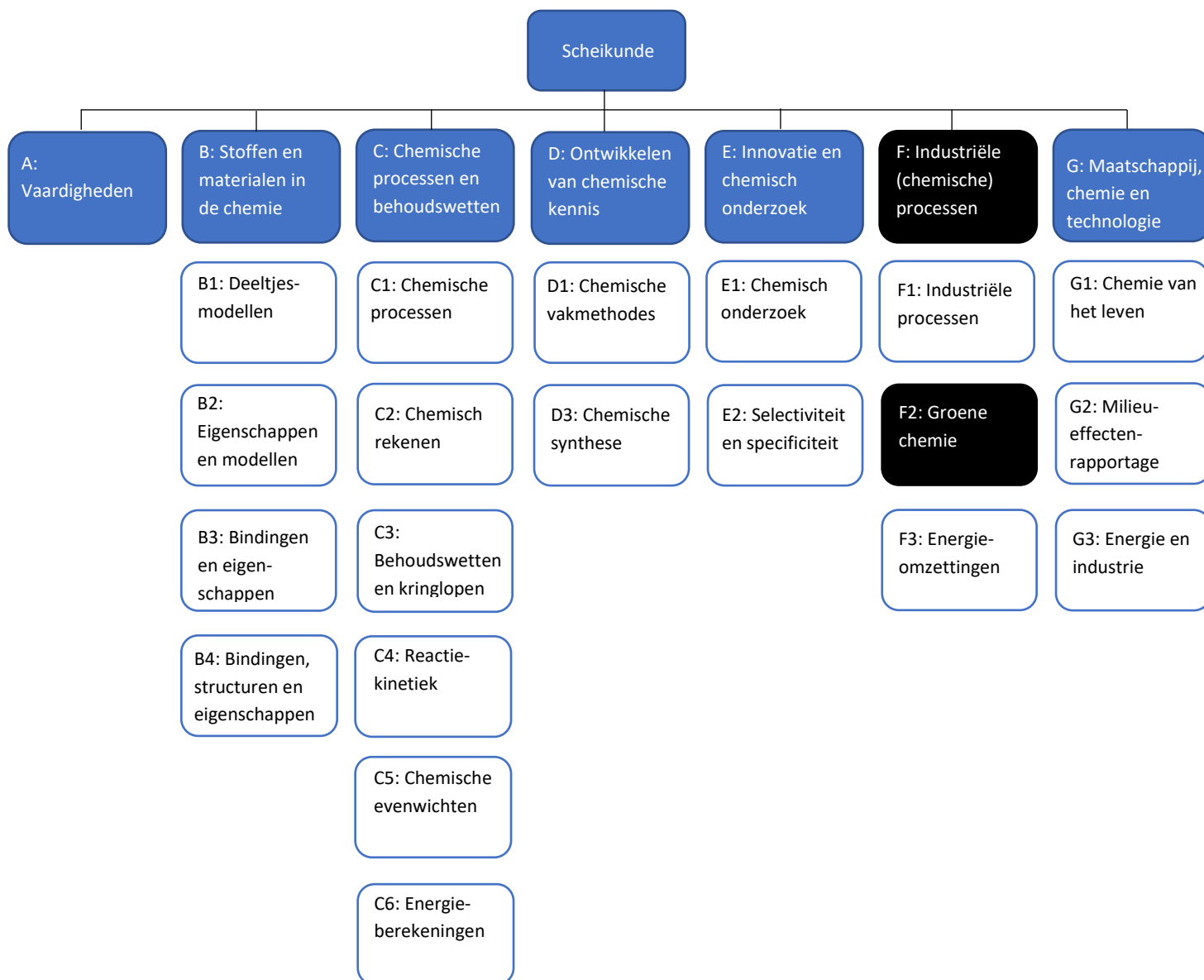


## Subdomein F2: Groene chemie

Ook in de scheikunde gaat duurzaamheid een steeds belangrijkere rol spelen. Soms zijn chemische reacties schadelijk voor het milieu of ontstaan er soms bijproducten die niet gewenst zijn. In dit domein leren we de principes rondom duurzaamheid in de chemische industrie. Ook gaan we leren rekenen aan de efficiëntie van een chemisch proces!

Na dit domein kun je:

- **De principes van groene chemie herkennen.**
- **Aan de hand van gegeven formules uit groene chemie berekeningen uitvoeren.**





## Groene chemie

Tegenwoordig heeft de discussie over het opraken van fossiele brandstoffen en de bescherming van het milieu een heel belangrijk karakter gekregen. Dit is ook doorgedrongen in de chemische industrie. Het onderdeel binnen het vakgebied dat zich hiermee bezighoudt, noemen we ook wel **groene chemie**.

Eigenlijk bestaan er binnen de groene chemie twalf belangrijke principes, die allemaal leiden tot verduurzaming van de chemische industrie. In het kort betekent dit dat er minder vervuiling is, en er minder grondstoffen worden gebruikt.

De twaalf principes hoef je gelukkig niet uit je hoofd te leren, want ze staan in BINAS 97F! We zullen de principes hieronder opnoemen, en we zullen bespreken wat belangrijk is voor het examen.

### De twaalf principes van de groene chemie:

1. **Preventie**; vorming van afval moet zoveel mogelijk worden voorkomen.
2. **Atomeconomie**; het eindproduct bevat zoveel mogelijk atomen van de in het proces gebruikte stoffen. De grondstoffen moeten dus zo efficiënt mogelijk gebruikt worden.
3. **Minder schadelijke productiemethoden**; ontwerp waar mogelijk productiemethoden die mens en milieu zo min mogelijk schaden.
4. **Ontwikkelen van minder schadelijke chemicaliën**; let bij het ontwikkelen van producten erop dat ze doen wat ze moeten doen, met zo weinig mogelijk gebruik van oplosmiddelen.
5. **Veiligere oplosmiddelen**; vermijd tijdens de productie zo veel mogelijk het gebruik van oplosmiddelen.
6. **Energie-efficiënt ontwerpen**; verlaag de energie die nodig is om een reactie uit te voeren.
7. **Gebruik van hernieuwbare grondstoffen**.
8. **Reacties in weinig stappen**; veel stappen betekent veel beginstoffen en dus ook meer vervuiling.
9. **Katalyse**; gekatalyseerde reacties zijn efficiënter.
10. **Ontwerpen met het oog op afbraak**; er moeten chemische producten ontworpen worden, waaruit bij afbraak stoffen ontstaan die niet giftig zijn en niet ophopen in het milieu.
11. **Tussentijdse analyse met het oog op preventie van milieuverontreiniging**; door het productieproces tussentijds te analyseren worden milieuverontreinigende (bij)producten ontdekt voordat ze vrijkomen.
12. **Minder risicovolle chemie**; risico's op chemische ongelukken zo klein mogelijk maken, en het voorkomen van brand en explosie.

Vaak kosten chemische reacties energie. Je kunt invloed hebben op de hoeveelheid energie, door de **reactieomstandigheden** aan te passen. Je kunt dit doen door de temperatuur of druk in de reactor te veranderen, of door een katalysator toe te voegen. Al deze wijzigingen kunnen leiden tot het besparen van energie, en hiermee houden we rekening met het zesde en het negende principe van de groene chemie.

Aan de andere kant komt er soms ook energie vrij bij chemische processen. De energie die vrijkomt bij deze exotherme processen is vaak niet nuttig, want wat moet de omgeving met deze warmte? Als we de energie die vrijkomt bij deze processen gebruiken in een **warmtewisselaar** zoals we in domein F1 hebben behandeld, dan is deze energie wél nuttig. Het kijken naar energie op deze manier noemen we ook wel **kwalitatieve energiebeschouwing**.





Naast een warmtewisselaar kan ook koud water gebruikt worden om de temperatuur bij exotherme processen te verlagen. Als dit gedaan wordt, noemen we het water **koelwater**.

Het verkrijgen van het gewenste reactieproduct gaat vaak niet zo efficiënt als we graag zouden willen. Bij de meeste reacties is er sprake van **onvolledige omzetting**, omdat het een evenwichtsreactie betreft, of omdat het rendement lager is dan 100%. Op rendement komen we zo nog even terug.

Hier komt nog bij dat er vaak naast de reactie waar in we geïnteresseerd zijn, ook **nevenreacties** plaatsvinden. Hierbij ontstaan **bijproducten**. Om dan het gewenste reactieproduct te krijgen, moet het mengsel dus ook vaak nog gescheiden worden. Nevenreacties en bijproducten hebben over het algemeen een negatief effect op de groene chemie.

We kunnen onze mengsels van elkaar scheiden. Hierbij gebruiken we de scheidingsmethoden die we in domein D hebben geleerd. In de industrie vinden de scheidingsreacties plaats in een **scheidingsinstallatie**. Er ontstaan geen nieuwe stoffen bij het scheiden, dit is dus geen chemische reactie!

Vaak zijn er aan het eind van de reactie ook nog beginstoffen aanwezig, deze worden ook gescheiden in de scheidingsinstallatie. De beginstoffen kunnen weer opnieuw gebruikt worden, ze zullen weer naar het reactorvat gebracht worden. We noemen dit ook wel **recirculatie**.

Soms is er een **overmaat** van één van de beginstoffen toegevoegd, dit houdt in dat er meer van de stof wordt toegevoegd dan nodig is voor de reactie. De andere stof is dan in **ondermaat** aanwezig. Dit kan gedaan worden om het chemisch evenwicht te beïnvloeden. Er wordt dan geprobeerd het evenwicht zoveel mogelijk naar de kant van de reactieproducten te krijgen. Aangezien er een hoge concentratie beginstof is (links van de pijl), verschuift het evenwicht naar rechts: er wordt meer reactieproduct gevormd. Wil je nog even goed weten hoe het ook alweer zat met chemisch evenwicht? Blader dan nog even terug naar domein C5!

Zoals gezegd, staat duurzaamheid binnen de groene chemie centraal. Er wordt soms gebruik gemaakt van **hernieuwbare grondstoffen**, wat inhoudt dat je de stoffen steeds opnieuw kunt gebruiken. Een mooi voorbeeld hiervan is zetmeel om bioplastic van te maken. Ook het verantwoord omgaan met **afval** is een aspect van duurzaamheid. Dus het afval, bijvoorbeeld de bijproducten van een reactie, moet op een veilige én milieuvriendelijke manier worden verwerkt of afgevoerd. Een goede manier van afvalverwerking is **recyclen**. Met recyclen wordt het opnieuw gebruiken van bepaalde stoffen of producten bedoeld.

In video F2-1 worden de regels van de groene chemie nog eens besproken. Wil je dus meer weten? Scan de QR-code en in 4 minuten weet jij alles over de regels omtrent groene chemie!



### Groenechemieberekeningen

Je moet op het examen een aantal dingen kunnen berekenen die met groene chemie te maken hebben, dit zijn:

- **Atomeconomie**
- **Rendement**
- **E-factor**
- **Energie-effect**

We gaan ze hieronder allemaal één voor één met je behandelen.



## Atomeconomie

Het tweede principe van de groene chemie zegt het volgende:

*Atomeconomie; het eindproduct bevat zoveel mogelijk atomen van de in het proces gebruikte stoffen.*

Eigenlijk houdt dit in dat een reactie steeds 'groener' is als er zoveel mogelijk atomen vanuit de beginstoffen terug te vinden zijn in de reactieproducten. De **atomeconomie** bereken je als volgt:

$$\text{Atomeconomie} = \frac{\text{Massa gewenst product}}{\text{Massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\%$$

Je moet met deze formule kunnen rekenen op het examen. Je hoeft hem niet te leren, want je kunt de formule terugvinden in BINAS 37H, handig he?

**Tip:** Je vult de massa's in de formule in molecuulmassa's in. Bij het invullen moet je wel rekening houden met de coëfficiënten!

## Rendement

Je kunt je misschien moeilijk een voorstelling maken van atomeconomie, want het is nogal theoretisch. We kunnen namelijk geen atomen tellen, en wat heeft die hoeveelheid atomen nu eigenlijk te betekenen? Je kunt het **rendement** van een reactie waarschijnlijk beter voorstellen. We hebben het rendement al behandeld in domein C2, maar we zullen het even herhalen.

Als we het rendement van een proces berekenen, kijken we naar de theoretisch mogelijke opbrengst en de werkelijke opbrengst. Dit wordt als een percentage uitgedrukt. De theoretisch mogelijke opbrengst kun je berekenen met behulp van het stappenplan 'Rekenen aan reacties' uit domein C.

$$\text{Rendement } (\eta) = \frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretische mogelijke opbrengst}} \cdot 100\%$$

**Tip:** De werkelijke opbrengst en de theoretisch mogelijke opbrengst moeten wel in dezelfde eenheid staan om het rendement te kunnen berekenen!

## E-factor

In de berekeningen van de atomeconomie en het rendement, wordt er nog geen rekening gehouden met de effecten op het milieu. We kunnen dat met de E-factor wel. E-factor staat eigenlijk voor het Engelse 'environmental factor', wat in het Nederlands milieufactor betekent.

We gebruiken de E-factor om te bepalen hoe 'groen' een bepaalde reactie daadwerkelijk is. Er wordt gekeken naar de hoeveelheid afval op een bepaalde hoeveelheid gewenst product. Dus, we berekenen eigenlijk hoeveel afval er ontstaat als we een bepaalde hoeveelheid van een product willen gaan maken. Het gaat hier om de werkelijke massa van het gewenste product, dus de theoretische hoeveelheid keer het rendement!

$$E - \text{factor} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa gewenst product}}{\text{massa gewenst product}} = \frac{\text{massa afval}}{\text{massa gewenst product}}$$



**Tip:** Het is het handigst om de massa's in daadwerkelijke massa's (gram/kilogram) in te vullen in plaats van molecuulmassa's. Mocht je die gegevens niet hebben, en je hebt wel de reactievergelijking? Gebruik dan de molecuulmassa's!

### Energie-effect

Je moet ook het energie-effect van een reactie kunnen berekenen. We zijn hier eerder in deze bundel al uitvoerig op ingegaan. Hieronder geven we je de formule. Voor meer informatie kun je even terugbladeren naar domein C6!

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

Ten slotte hebben we nog een aantal video's voor je!

- In video 2 worden de atomeconomie en het rendement nog eens behandeld.
- Als je meer wilt weten over de E-factor, kijk dan video 3.
- De vormingswarmte van het energie-effect wordt nog eens uitgelegd in video 4.

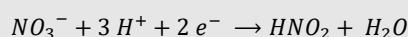
Mocht je het helemaal begrijpen? Bekijk dan nog eens de voorbeeldopgave en ga dan lekker oefenen!



### Voorbeeldopgave

Hexaandizuur kan op meerdere manieren worden bereid. De bereiding van hexaandizuur door cyclohexanol ( $C_6H_{12}O$ ) te laten reageren met geconcentreerd salpeterzuur noemen we in deze opgave proces 1.

De halfreactie van het salpeterzuur is hieronder gegeven.



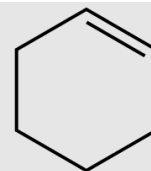
In proces 1 wordt  $HNO_2$  gevormd. Deze stof ontleedt bij de procesomstandigheden tot onder andere  $NO$ . De atomefficiëntie (atomeconomie) van proces 1 bedraagt 41,49%.

Een andere methode om hexaandizuur te maken (proces 2) is de reactie van cyclohexeen met waterstofperoxide ( $H_2O_2$ ). Cyclohexeen reageert hierbij in een molverhouding van 1 : 4 met waterstofperoxide. Behalve hexaandizuur ontstaat hierbij alleen water. Bereken de atomefficiëntie (atomeconomie) van proces 2.

**Antwoord**

We berekenen de atoomeconomie volgens onderstaande formule:

$$\text{Atoomeconomie} = \frac{\text{Massa gewenst product}}{\text{Massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\%$$



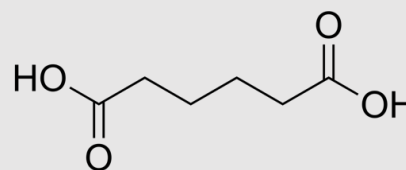
Cyclohexeen is een cyclische verbinding van zes C-atomen, met één dubbele binding, zoals hiernaast weergegeven. (Ben je even vergeten hoe je de structuurformule van een gegeven stof tekent? Blader even terug naar domein B1!) De molecuulformule van cyclohexeen is C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>.

Met behulp van BINAS 99 kunnen we de molecuulmassa van cyclohexeen berekenen:

	Uit BINAS 99:	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 6 =	72,06 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 10 =	10,08 g/mol
Totaal:			<b>82,14 g/mol</b>

Hexaandizuur is een verbinding van zes C-atomen met twee zuurgroepen aan de uiteinden (hexaandizuur). Uit de structuurformule hiernaast kunnen we de molecuulformule afleiden: C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>.

Met behulp van BINAS 99 kunnen we de molecuulmassa berekenen:



	Uit BINAS 99:	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 6 =	72,06 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 10 =	10,08 g/mol
<b>Molaire massa O</b>	16,00 g/mol	· 4 =	64,00 g/mol
Totaal:			<b>146,14 g/mol</b>

De molaire massa van waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) kunnen we opzoeken in BINAS 98, dit is 34,02 g/mol.

Het gewenste product is hexaandizuur. De beginstoffen zijn cyclohexeen en waterstofperoxide samen. Er staat gegeven in de tekst dat cyclohexeen en waterstofperoxide 1:4 reageren. We moeten de massa van waterstofperoxide dus vermenigvuldigen met 4.

$$\text{Atoomeconomie} = \frac{\text{Massa gewenst product}}{\text{Massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\% = \frac{146,14}{82,14 + 4 \cdot 34,02} \cdot 100\% = 66,97\%$$

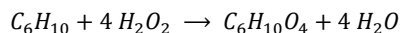
De atoomefficiëntie van proces 2 is dus 66,97%.



## Oefenopgaven

### Vraag 2: uit eindexamen 2001-II

Hexaandizuur is een van de grondstoffen voor de bereiding van sommige soorten nylon. Een methode die in ontwikkeling is om hexaandizuur te maken, is de reactie van cyclohexeen ( $C_6H_{10}$ ) met waterstofperoxide:



Tijdens een experimentele uitvoering van dit proces heeft men uit 100 gram cyclohexeen 161 gram zuiver hexaandizuur verkregen.

Bereken het rendement van dit proces.

### Vraag 3: uit eindexamen 2017-II

In 2012 werd op een vakantiebeurs een draagbare batterijoplader gepresenteerd om bijvoorbeeld een mobieltje op te laden. In de oplader bevindt zich een eenmalig te gebruiken capsule met natriumsilicide. De benodigde natriumsilicide wordt bereid door siliciumpoeder en vloeibaar natrium met elkaar te laten reageren bij 400 °C.

De oplader wordt in persberichten aangeprezen als duurzaam. Om dat te onderbouwen, noemt de fabrikant de volgende punten:

- Natriumsilicide wordt bereid uit grondstoffen die zeer ruimschoots aanwezig zijn op aarde: natriumchloride en siliciumdioxide (zand);
- De reactie waarbij natriumsilicide wordt gevormd uit natrium en silicium kost geen energie en levert geen enkel bijproduct op;
- Tijdens stroomlevering komt alleen waterdamp in de atmosfeer;
- De capsule kan na gebruik bij het gewone afval omdat de uitgewerkte capsule geen schadelijke stoffen bevat.

Twee leerlingen twijfelen over de duurzaamheid van deze oplader. Ze merken dat de fabrikant positieve punten noemt, zoals de goede atomeconomie van de vorming van natriumsilicide. Om een goede afweging te kunnen maken of deze oplader duurzaam is in productie en gebruik, vullen ze de bovenstaande opsomming aan. Ze noteren enkele gegevens over productie en gebruik van de oplader, waaruit blijkt dat niet wordt voldaan aan enkele uitgangspunten in de groene chemie.

Noteer bij elk van de volgende uitgangspunten in de groene chemie een gegeven waaruit blijkt dat niet wordt voldaan aan deze uitgangspunten. Gebruik gegevens uit de voorgaande teksten over de productie en het gebruik van de oplader. Gebruik onder andere BINAS 97F.

Noteer je antwoord als volgt:

- Uitgangspunt 2: ...
- Uitgangspunt 6: ...
- Uitgangspunt 12: ...

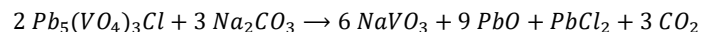
### Vraag 4

Vanadium wordt gewonnen uit het mineraal vanadinit. De formule van dit mineraal is  $Pb_5(VO_4)_3Cl$ . Dit mineraal wordt soms ook gebruikt als grondstof voor de bereiding van lood.

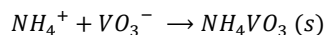
Bij de productie van vanadium uit vanadinit wordt het vanadinit eerst verhit met natrium- carbonaat. Er ontstaat dan natriumvanadaat:  $NaVO_3$ . Dit is de enige Na- en V-bevattende stof die ontstaat. Behalve



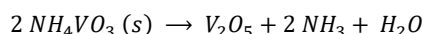
natriumvanadaat ontstaan nog drie stoffen. Er reageren geen andere stoffen dan vanadinit en natriumcarbonaat. De reactie staat hieronder weergegeven:



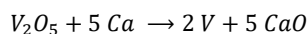
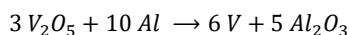
In de tweede stap lost men het natriumvanadaat op en laat men het reageren met een oplossing van ammoniumchloride. Hierbij ontstaat een neerslag van ammoniumvanadaat volgens onderstaande reactie.



Vervolgens wordt het ammoniumvanadaat afgescheiden en verhit, waarbij de stof vanadiumpentaoxide ( $V_2O_5$ ) ontstaat:



Tenslotte laat men het vanadiumpentaoxide reageren met een onedel metaal. Hierbij ontstaan vanadium en het oxide van het desbetreffende onedele metaal. Als te gebruiken onedel metaal komen aluminium en calcium in aanmerking. Beide onedele metalen reageren in een exotherme reactie met vanadiumpentaoxide. Om te beoordelen welk metaal wordt gebruikt, kunnen principes uit de groene chemie worden toegepast. De reacties van vanadiumpentaoxide met aluminium en calcium staan hieronder weergegeven:



Bereken voor beide processen de E-factor en bepaal op grond daarvan welk proces de voorkeur heeft.

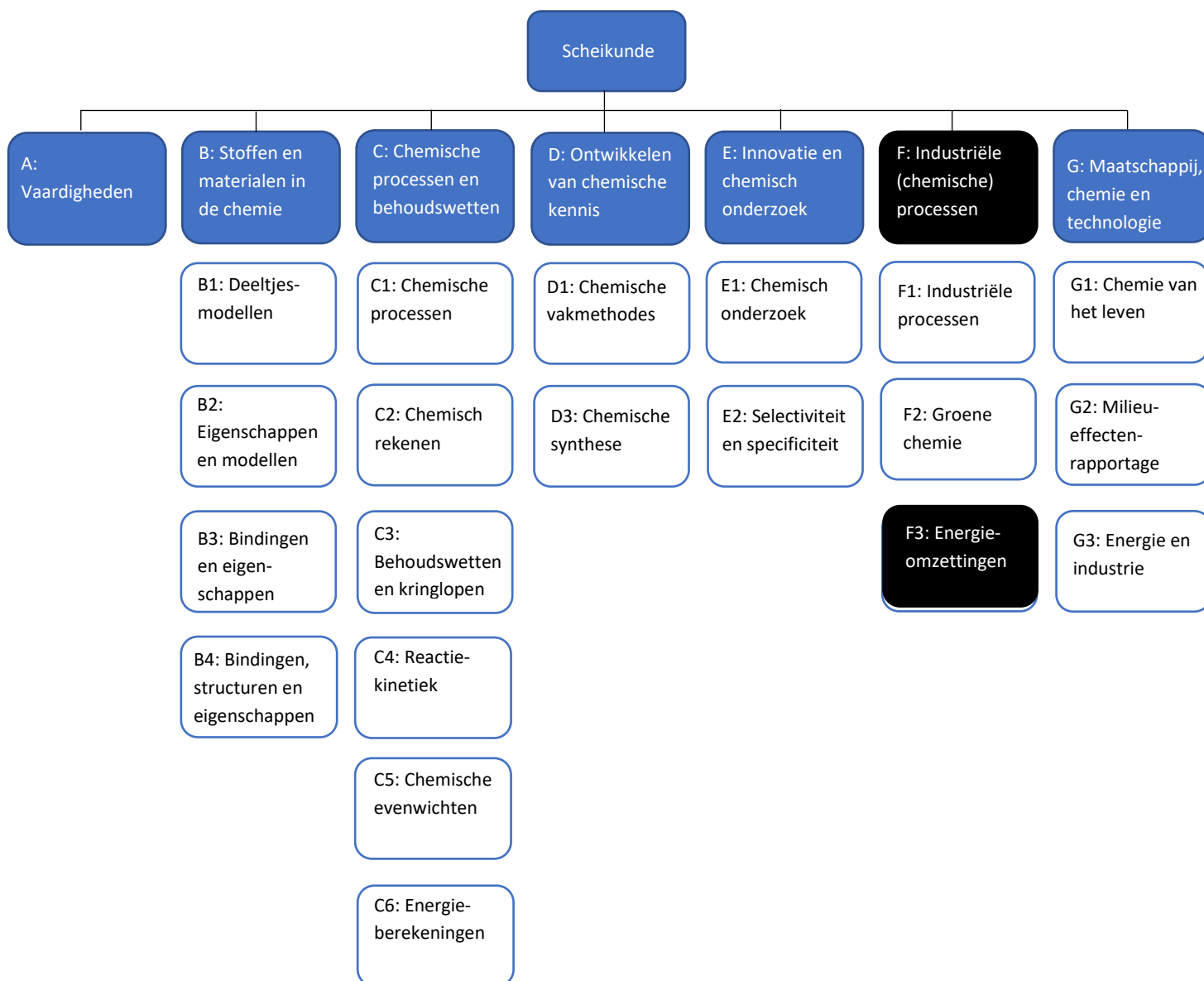


### Subdomein F3: Energieomzettingen

Als afsluiting van domein F kijken we naar duurzaamheid in de context van energieomzettingen. We kijken naar soorten brandstof en de soorten emissies die daarbij horen. Als je dit domein hebt gehad, hoef je alleen nog maar domein G te behandelen en dan heb je alle stof voor het eindexamen al gehad! Nog even tanden op elkaar, we zijn er bijna!

Na dit domein kun je:

- **In context van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen.**
- **Met kennis van energieproductie deze processen beschrijven**





## Energie

In heel veel processen is **energie** nodig, en dan hebben we het niet alleen over de grote industrieën, maar ook bij jou thuis. Denk maar eens aan koken. Dit is een proces dat iedere dag terugkomt én energie kost, we gebruiken namelijk het gasfornuis. En de naam zegt het al: we koken vaak op gas.

We kunnen onze energie uit verschillende bronnen halen. We hebben **hernieuwbare bronnen**, hierbij herstelt de bron zich na verloop van tijd, en we hebben **niet-hernieuwbare bronnen**, deze energiebronnen herstellen zichzelf niet meer.

Veel van onze energie halen we uit **fossiele brandstoffen**, namelijk uit aardgas, aardolie of steenkool. Deze fossiele brandstoffen zijn niet-hernieuwbare bronnen, en deze raken niet alleen op, ze zijn ook schadelijk voor het milieu. Steenkool bestaat voornamelijk uit koolstof, en aardgas en aardolie bestaan voornamelijk uit koolwaterstoffen. Deze stoffen worden verbrand, en hiermee omgezet tot elektriciteit en warmte in een energiecentrale.

In een grote verbrandingsoven worden fossiele brandstoffen verbrand. Hierbij komt warmte vrij. Om elektriciteit op te wekken wordt deze warmte gebruikt om water te verhitten tot **stoom**. De stoom kan grote **turbines** aandrijven. Deze turbines drijven een **generator** aan, die stroom opwekt. Eigenlijk is de generator een soort grote dynamo die je ook op je fiets vindt om elektriciteit op te wekken! Bij de verbranding van de fossiele brandstoffen komt er CO<sub>2</sub> vrij, dit draagt bij aan het versterkte broeikaseffect, en daarmee is dit belastend voor het milieu.

## Biobrandstoffen

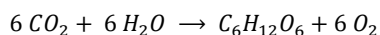
Omdat de fossiele brandstoffen bijdragen aan een versterkt broeikaseffect én op den duur zullen opraken, wordt er naar alternatieven gezocht. Eén van de alternatieven zou het omzetten van biomassa tot biobrandstof kunnen zijn.

Biomassa is het totale gewicht van organisch materiaal, dit kan bijvoorbeeld van planten afkomstig zijn. Dit kan dus worden omgezet tot biobrandstoffen. Door voedselgewassen als suikerbiet, tarwe of maïs te laten **vergisten** ontstaat er **bio-ethanol**. De glucose die aanwezig is in deze gewassen wordt door micro-organismen omgezet tot alcohol (in afwezigheid van zuurstof).

We kunnen ook **biodiesel** produceren. Dit wordt gedaan door esterverbindingen in plantaardige oliën, dierlijke vetten of koolzaad te verbreken door een base toe te voegen. Als een esterverbinding wordt verbroken ontstaan er, zoals we geleerd hebben in domein D, vrije vetzuren en glycerol. Vervolgens kan er een nieuwe verestering met een ander alcohol plaatsvinden, dit alcohol is meestal methanol. Dit wordt ook wel **omestering** genoemd, hierbij ontstaat dus biodiesel.

Het voordeel van biobrandstoffen ten opzichte van fossiele brandstoffen is dat deze biobrandstoffen wel hernieuwbaar zijn. Bij de verbranding van biobrandstoffen komt ook koolstofdioxide vrij, maar deze koolstofdioxide draagt niet bij aan het versterkt broeikaseffect omdat het koolstofdioxide die vrijkomt daarvoor al opgenomen was door planten en omgezet werd tot zuurstof. Een nadeel van biobrandstoffen is dat je gewassen moet laten groeien op landbouwgrond, die ook nuttig had kunnen zijn voor de voedselindustrie.

Dit vastleggen van koolstofdioxide en de productie van zuurstof wordt ook wel **fotosynthese** genoemd. Tijdens dit proces wordt licht gebruikt om koolstofdioxide en water om te zetten in zuurstof en glucose. De lichtenergie wordt dus omgezet in chemische energie. Fotosynthese vindt plaats in planten, bomen en gewassen en is een belangrijk onderdeel van de **koolstofkringloop** (zie domein D). De reactievergelijking die bij fotosynthese hoort staat hieronder weergegeven.



## Brandstof en soorten emissie

Als je een reactie op gang wilt brengen, dan moet je er voldoende energie instoppen om de 'energiedrempel' te overwinnen. Mocht je je nu afvragen hoe dat ook alweer zat, we hebben dit al in domein C behandeld. Blader gerust eens terug!





Als de reactie eenmaal op gang gebracht is, is het ook belangrijk dat er voldoende brandstof aanwezig is om de reactie door te laten gaan. In grote chemische processen wordt vaak gebruik gemaakt van continue **brandstofaanvoer**. De brandstof wordt opgeslagen in een opslag, niet ver van het reactorvat, en vanuit daar naar de reactor gebracht.

Alle fossiele brandstoffen bevatten koolstof en waterstof, hierdoor ontstaat er bij verbranding van fossiele brandstoffen  $\text{CO}_2$ . Het komt ook voor dat de fossiele brandstoffen vervuild zijn met zwavel. Als dit het geval is, ontstaat er naast  $\text{CO}_2$  ook  $\text{SO}_2$ . Bij verbrandingsreacties ontstaat ook vaak  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ . Dit komt doordat de temperatuur bij verbrandingsreacties zo hoog is, dat stikstof en zuurstof uit de lucht met elkaar reageren. Hierdoor ontstaat  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ . Deze stoffen dragen allemaal bij aan milieuverontreiniging.

### Duurzaamheid brandstof

Om te bepalen welke brandstof het duurzaamst is, gebruiken we de **C/H-verhouding**. Hierbij gaat het om de verhouding tussen koolstof- en waterstofatomen. Als deze C/H-verhouding hoog is, betekent dit dat er relatief meer  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  ontstaat. Hoe lager de C/H-verhouding, hoe meer  $\text{H}_2\text{O}$  en hoe minder  $\text{CO}_2$  er relatief ontstaat. Dit maakt een brandstof dus duurzamer!

Denk maar eens aan methaan,  $\text{CH}_4$ , en octaan,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ . Het koolstofatoom in methaan wordt omringd door vier waterstofatomen, dus de C/H-verhouding is hier  $\frac{1}{4} = 0,25$ . Bij octaan worden de 8 C-atomen omringd door 18 H-atomen, de C/H-verhouding is hier  $\frac{8}{18} = 0,44$ . Bij de verbranding van octaan komt er relatief meer  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  vrij, en bij methaan juist andersom.

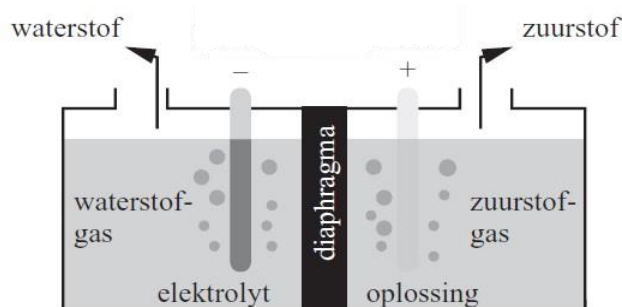
Door naast het gebruik van fossiele brandstoffen en biobrandstoffen ( $\text{CO}_2$ -neutrale brandstoffen) gebruik te maken van andere vormen van energie, wordt de uitstoot van schadelijke gassen verminderd. Hierbij wordt de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  die vrijkomt per joule energie verminderd! Andere vormen van energie zijn bijvoorbeeld zonne- en windenergie.

### Energieopslag

Het probleem met zonne- en windenergie is dat het moment van het opwekken van de energie niet altijd gelijk is aan het moment van het gebruik van energie. We kunnen deze energie opslaan in accu's en batterijen (elektrochemische cellen).

**Tip:** Wil je alle informatie over elektrochemische cellen even teruglezen? Blader even terug naar domein C!

Naast elektrochemische cellen wordt er ook steeds meer gebruik gemaakt van een ander soort chemische cel, namelijk de **brandstofcel**. Deze brandstofcellen zijn minder zwaar dan accu's en batterijen en ze bevatten geen milieuvriendelijke stoffen. In de ene halfcel bevindt zich zuurstof, de oxidator, en in de andere halfcel reageert een brandstof, bijvoorbeeld waterstof, als reductor. In de brandstofcel wordt bijvoorbeeld waterstof of methanol, onder invloed van zuurstof, omgezet in water. Hierbij ontstaat elektrische energie uit chemische energie. In figuur F3.1 is de brandstofcel schematisch weergegeven!



F3.1: Schematische weergave van een brandstofcel



Wil je nog meer weten over de brandstofcel en de werking hiervan? Kijk dan video F3-1. Je komt er heel gemakkelijk terecht, je hoeft alleen maar de QR-code te scannen!

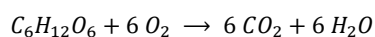


## Oefenopgaven

### Vraag 5: uit eindexamen havo 2010-II (pilot)

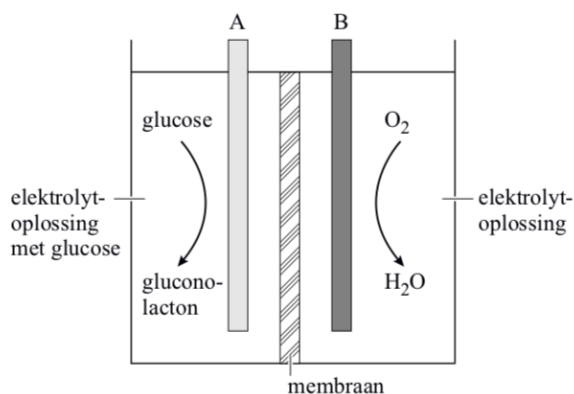
Suikers zijn biobrandstoffen. Planten produceren glucose via een proces dat fotosynthese heet. Bij fotosynthese worden koolstofdioxide en water onder invloed van zonlicht omgezet tot glucose. Glucose is vervolgens een bouwstof voor allerlei organische verbindingen, zoals cellulose. Ook is het een brandstof: wanneer planten 's nachts glucose verbranden, komt energie vrij. Ook menselijke lichaamscellen gebruiken glucose als energiebron.

De verbranding van glucose kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:



- a) Leg uit op microniveau waardoor bij de verbranding van glucose energie kan vrijkomen.

In 2007 hebben onderzoekers van Sony een prototype ontwikkeld van een elektrochemische cel (batterij) die zijn energie haalt uit een reactie van glucose met zuurstof. Hieronder is deze suikerbatterij schematisch weergegeven.



Het prototype van de suikerbatterij is veel groter dan het oplaadbare accuutje dat in de MP3-speler zit. De suikerbatterij wordt gezien als een zeer milieuvriendelijke batterij: een zogenoemde biobrandstofcel. Ook het oplaadbare accuutje kun je zien als milieuvriendelijk.

- b) Geef voor beide typen batterijen, de suikerbatterij en het oplaadbare accuutje, een argument dat duidelijk maakt waarom het gezien kan worden als milieuvriendelijk.



## Afsluiting domein F

Zo, weer een onderdeel afgesloten. Goed bezig! Om nog extra te oefenen kun je inloggen op onze website: [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak en domein. Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de oefenvragen van domein F van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**





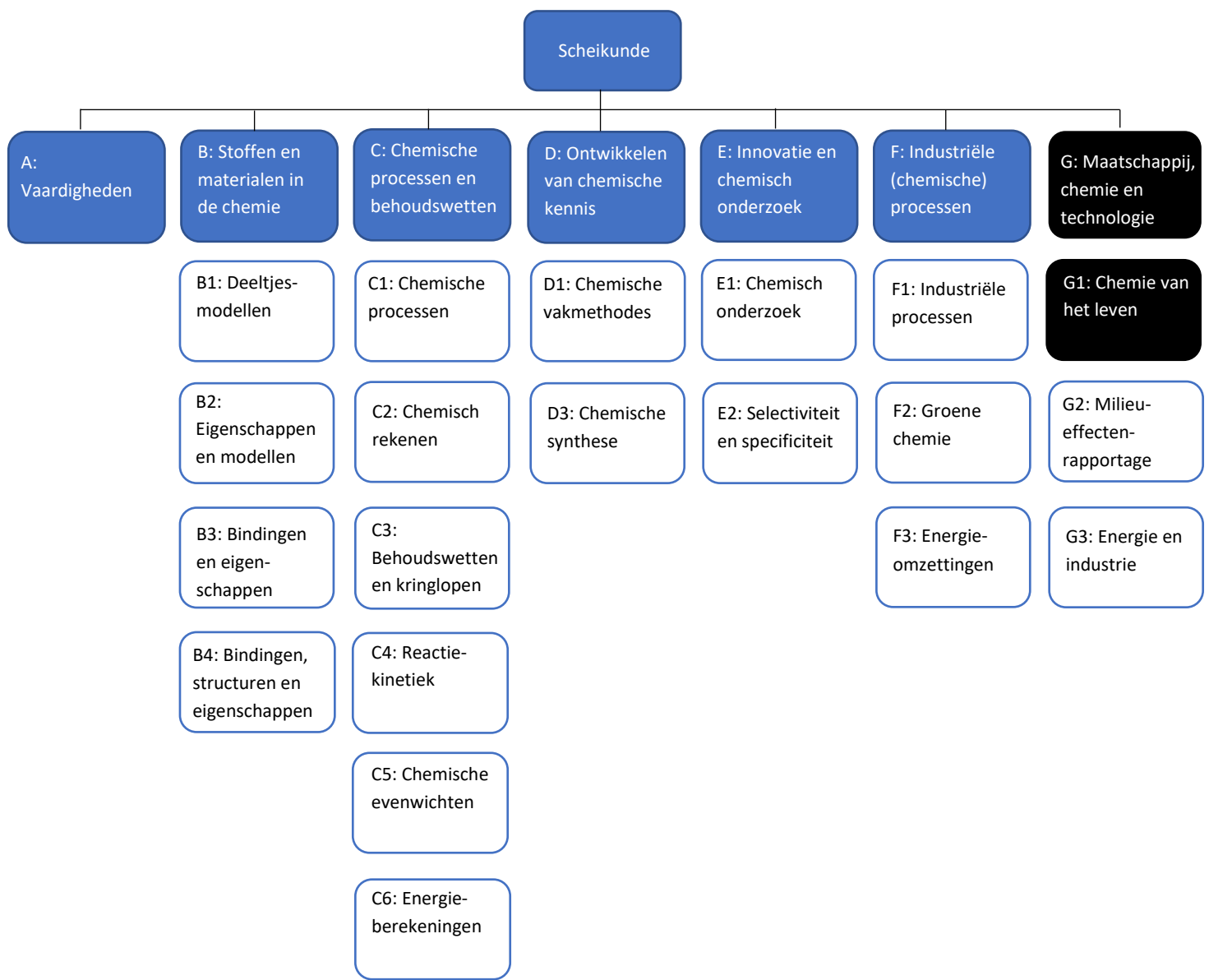
# Domein G: Maatschappij, chemie en technologie

## Vakoverzicht

We zijn er, het laatste domein! We leren hier over de chemie van het leven. We kijken naar de belangrijkste stoffen in onze voeding en in ons lichaam. Want uit welke stoffen halen wij energie? We maken onderscheid tussen bouwstoffen en brandstoffen. Ben je er klaar voor? Laten we beginnen!

Na dit domein kun je:

- **Kennis van chemische processen in levende organismen beschrijven.**
- **De kennis van bovengenoemd punt gebruiken.**





## Subdomein G1: Chemie van het leven

### Structuur van chemische stoffen in ons lichaam

Via ons voedsel krijgen we allerlei verschillende soorten stoffen binnen. In ons lichaam worden deze voedingsstoffen afgebroken, om met de overgebleven bouwstenen vervolgens nieuwe 'lichaamseigen' stoffen te vormen. We behandelen in dit domein allereerst de belangrijkste bestanddelen van voedsel, dit zijn:

- **Eiwitten**
- **Koolhydraten**
- **Vetten**

We gaan deze stoffen hieronder allemaal één voor één met je behandelen! Je kunt daarnaast ook video 1 bekijken.

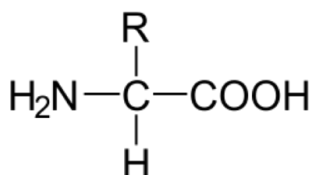


### Eiwitten

Eiwitten zijn de bouwstoffen van je lichaam, ze worden gebruikt voor het opbouwen van je cellen. Ook kunnen de eiwitten de functie van enzymen hebben. De eiwitten uit je voeding worden door middel van **hydrolyse** in je spijsvertering afgebroken tot losse **aminozuren**. Deze aminozuren worden in je bloed opgenomen en kunnen naar alle delen van je lichaam verplaatst worden. Aminozuren zijn de bouwstenen van eiwitten die nodig zijn in de cellen van je lichaam. Een aminozuur heeft twee karakteristieke groepen, namelijk:

- Een **aminogroep** (-NH<sub>2</sub>)
- Een **carboxylgroep** (-COOH): zuurgroep

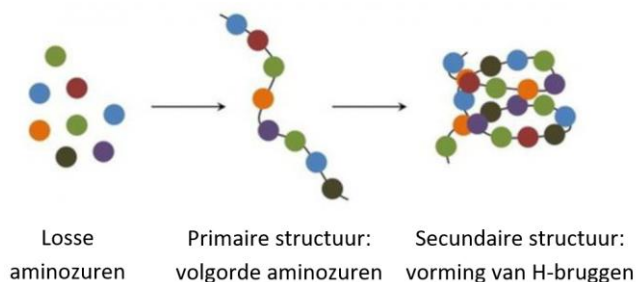
In figuur G1.1 zie je de algemene structuurformule van een aminozuur:



*G1.1: Algemene structuurformule van een aminozuur*

Hierin kun je de amino- en de carboxylgroep terugvinden. De R staat voor restgroep. Deze restgroep bepaalt welk aminozuur het is. Je hoeft ze niet uit je hoofd te kennen, want je kunt alle aminozuren terugvinden in BINAS 67H, kijk daar maar eens naar!

Met de twintig aminozuren kun je alle eiwitten vormen. Aminozuren kunnen aan elkaar gekoppeld worden door een **peptidebinding**. De volgorde van de aminozuren bepaalt welk eiwit er gevormd wordt. Als aminozuren aan elkaar worden gekoppeld, ontstaat er een **peptideketen**. Deze volgorde van aminozuren noemen we ook wel de **primaire structuur** van het eiwit. De aminozuren kunnen onderling waterstofbruggen vormen, waardoor er een  $\alpha$ -*helix* of een  $\beta$ -*sheet* ontstaat. Dit heet ook wel de **secundaire structuur** van het eiwit. Dit is schematisch weergegeven in figuur G1.2. Ook kun je dit vinden in BINAS 67H2.



G1.2: Schematische weergave van de vorming van een eiwit

We kennen ook nog de **tertiaire structuur** van een eiwit. Hiermee bedoelen we de vouwing van het eiwit als geheel. Hierdoor ontstaat de **ruimtelijke structuur** van eiwitten. Als je een eiwit verwarmt, verliest het zijn ruimtelijke structuur. Dit noemen we ook wel **denaturatie**.

Je lichaam kan veel aminozuren zelf maken, als deze nodig zijn voor eiwitten. Sommige aminozuren kan je lichaam niet zelf maken, die moet je door middel van je eten binnenkrijgen. De aminozuren die je lichaam zelf kan maken, heten **niet-essentiële aminozuren**, de aminozuren die je lichaam niet zelf kan maken heten **essentiële aminozuren**. In de voetnoot van BINAS 67H1 kun je vinden welke aminozuren essentieel zijn.

De aminozuren die je wél binnenkrijgt door je voedsel, maar die je lichaam niet nodig heeft voor de vorming van eiwitten, worden afgebroken. De afbraak vindt plaats in de lever. Als restproduct ontstaat hierbij **ureum**. Ureum wordt in de lever afgegeven aan het bloed en uitgescheiden door je nieren (urine).

Snap je het nog niet helemaal? Geen paniek, ook nu hebben we een video voor je uitgekozen! Je kunt video 2 bekijken. Succes!



## Koolhydraten

Koolhydraten zijn de brandstoffen voor je lichaam, misschien ken je ze ook wel als suikers of sachariden. Als je te veel koolhydraten binnenkrijgt wordt dit opgeslagen als vet. We kennen de volgende koolhydraten:

- **Monosachariden**
- **Disachariden**
- **Polysachariden**

We zullen ze nu een voor een met je behandelen.

**Monosachariden** zijn koolhydraten die bestaan uit één sacharide. Een heel bekend voorbeeld hiervan is glucose, ook wel druivensuiker. Een mens heeft glucose nodig voor voldoende energie. De formule van glucose moet je kennen op je examen, deze is  $C_6H_{12}O_6$ .

**Disachariden** zijn koolhydraten die zijn ontstaan doordat twee monosachariden aan elkaar zijn gekoppeld door middel van **condensatie**. Voorbeelden hiervan zijn lactose, ook wel melksuiker, en sacharose, deze laatstgenoemde ken je waarschijnlijk als kristalsuiker!

**Polysachariden** zijn koolhydraten die bestaan uit lange ketens van sachariden. Zetmeel is een goed voorbeeld hiervan. Polysachariden kunnen worden afgebroken tot monosachariden door **hydrolyse**: het verbreken van de esterbinding door middel van water.



Goed nieuws voor jou, je hoeft de structuurformules van de koolhydraten niet te leren. Je kunt deze opzoeken BINAS 67F!

Wil je nog meer uitleg over koolhydraten en de functie van koolhydraten? Kijk dan video 3!

### Vetten

Ook vetten zijn zowel brandstoffen als bouwstenen in je lichaam. Vetten zijn bouwstenen in de celmembranen. De fosfolipiden, waaruit je membraan is opgebouwd, bestaan voor het grootste deel uit vetzuren. Vetten zijn een reservestof. Die opgeslagen vetten kunnen dienen als brandstof. Hiervoor moeten ze met behulp van hydrolyse worden afgebroken tot **glycerol** en **vetzuren**.

Vetzuren zijn **esters** van glycerol (propaan-1,2,3-triol) en vetzuren. We maken onderscheid tussen twee verschillende soorten vetten, namelijk:

- **Verzadigde vetten**
- **Onverzadigde vetten**

**Verzadigde vetten** zijn vetten zonder dubbele bindingen. Dit zijn vooral vetten die afkomstig zijn van dieren. Dit zijn ook wel de 'ongezonde vetten'.

**Onverzadigde vetten** zijn vetten met één of meer dubbele binding(en). Door die dubbele bindingen kunnen ze in je lichaam gemakkelijker worden afgebroken, daarom noemen we ze ook wel 'goede vetten'. Onverzadigde vetten zijn vaak afkomstig van planten.

We hebben net bij de aminozuren gezien dat je lichaam niet alle aminozuren zelf kan maken. Dit is met vetzuren ook zo. **Essentiële vetzuren** zijn vetzuren die je via je voeding moet binnenkrijgen, omdat je lichaam deze niet zelf kan aanmaken.

Als het vet bij kamertemperatuur vloeibaar is, spreken we van **olie**. Als het vet vast is bij kamertemperatuur spreken we van **vet**. Ook als het vetzuur in het vet één of meer dubbele binding(en) bevat noemen we de olie, denk maar eens aan kokosolie. Kokosolie is vast bij kamertemperatuur, maar toch heet het kokos**olie**, dit komt door de aanwezigheid van dubbele bindingen!

In BINAS 67G vind je enkele belangrijke vetzuren en vind je informatie over de vorming van vetten.

### Opslag van energie

In je lever kunnen koolhydraten en vetten worden opgeslagen als **glycogeen**. Als het lichaam energie nodig heeft, dan wordt glycogeen omgezet tot glucose. Zo regelt je lichaam dat! Mooi systeem hè? Je zou bijna biologie gaan studeren!

Wil je nog meer uitleg over vetten en de functie horen? Bekijk dan video 4!

### Nucleïnezuren

De informatie welke eiwitten er bijvoorbeeld gevormd moeten worden, ligt opgeslagen in ons genetisch materiaal in de celkern. Ons genetisch materiaal bestaat uit **nucleïnezuren**. Die heten zo, omdat ze het eerst in de celkern zijn ontdekt (nucleus). In ons lichaam hebben we twee soorten nucleïnezuren, namelijk:

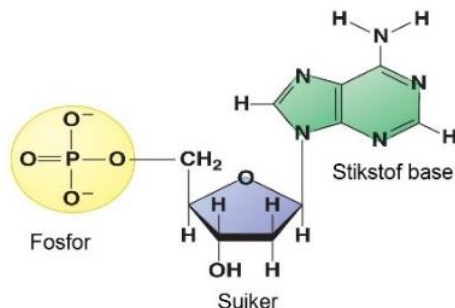
- **DNA: desoxyribonucleïnezuur**
- **RNA: ribonucleïnezuur**

In elke cel zit in de kern DNA. Zoals hierboven gezegd, is DNA de afkorting van desoxyribonucleïnezuur. Dit is een polyester van fosforzuur en desoxyribose. Je kunt dit vinden in BINAS 71C.





DNA is de **genetische code** waarin het erfelijk materiaal is vastgelegd. Een DNA-molecuul bestaat uit verschillende nucleotiden, de volgorde van deze nucleotiden bepaalt deze genetische code. Iedere volgorde van drie nucleotiden vormt een code voor een aminozuur en het uiteindelijke eiwit wordt bepaald door de volgorde van de aminozuren. Iedere nucleotide bestaat uit een stikstofbase, een fosfaatgroep en desoxyribose (in RNA is dit ribose!), ook wel weergegeven als een suikergroep.



G1.3: Opbouw van een nucleotide: fosfaatgroep, suiker en een stikstofbase

Naast het DNA is er ook RNA, ribonucleïnezuur. Dit is een polyester van fosforzuur en ribose. RNA wordt gebruikt om de erfelijke gegevens vanuit het DNA te vertalen in eiwitten. De chemische structuur van DNA en RNA is vergelijkbaar, maar vertonen ook duidelijke verschillen. We zullen de verschillen hieronder met je behandelen.

DNA bestaat uit vier verschillende stikstofbasen, zie ook BINAS 71A en B:

- **Cytosine (C)**
- **Guanine (G)**
- **Adenine (A)**
- **Thymine (T)**

De stikstofbasen vormen **vaste paren** die waterstofbruggen met elkaar kunnen vormen. Cytosine en guanine vormen een paar door drie waterstofbruggen te vormen. Ook adenosine en thymine vormen een paar, door twee waterstofbruggen te vormen.

RNA bestaat ook uit vier verschillende basen, alleen is er één base anders dan bij DNA:

- **Cytosine (C)**
- **Guanine (G)**
- **Adenine (A)**
- **Uracil (U)**

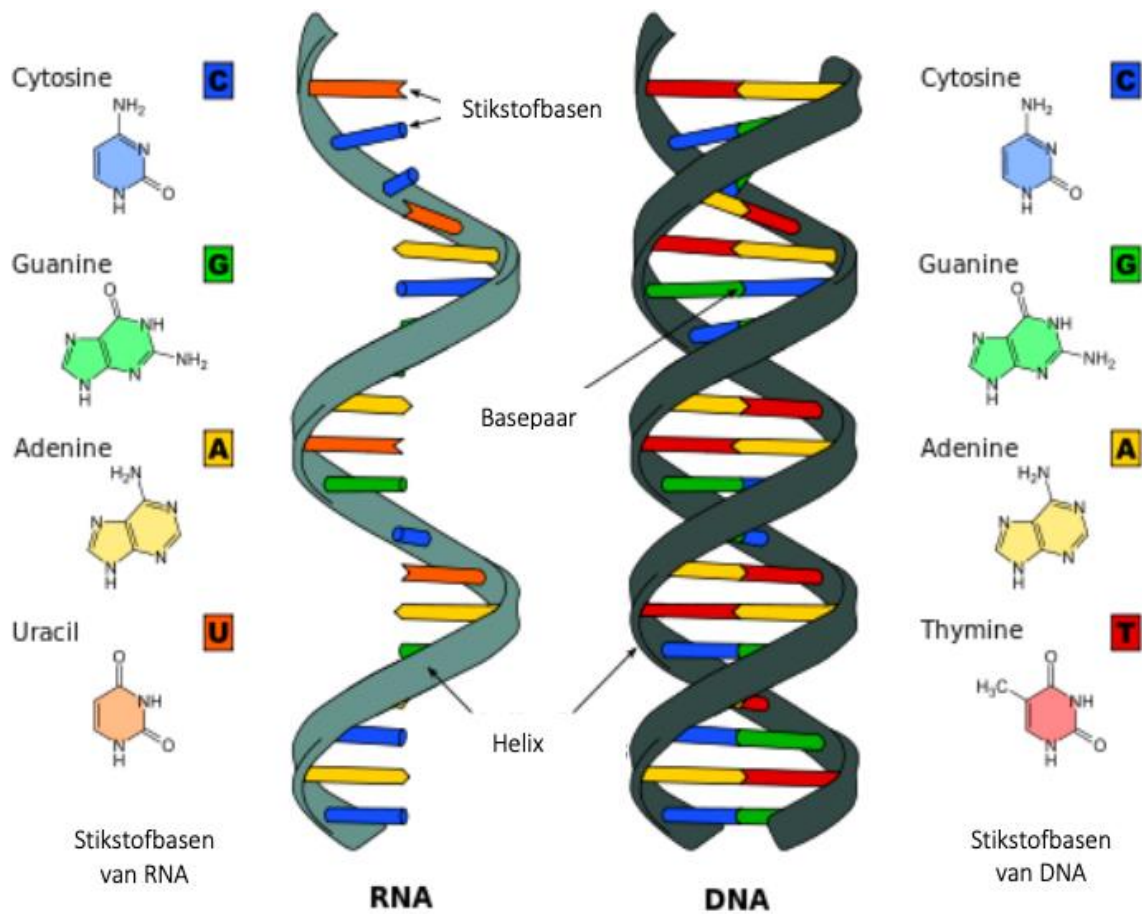
Zoals je kunt zien, komt thymine niet voor in RNA. In plaats daarvan is er uracil aanwezig in RNA. Uracil kan een paar vormen met adenosine door twee waterstofbruggen te vormen.

Het laatste belangrijke verschil is dat DNA bestaat uit een dubbele helix (dubbelstrengs), terwijl RNA enkelstrengs is.





De verschillen én overeenkomsten kun je duidelijk zien in figuur G1.4.

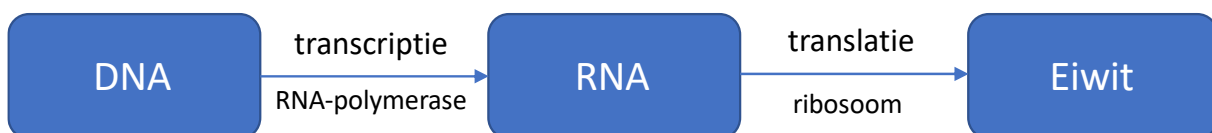


G1.4: Weergave RNA met enkele helix en DNA met dubbele helix

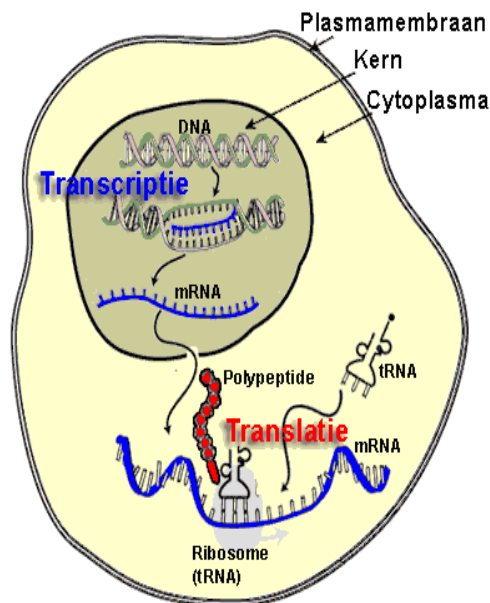
### Eiwitsynthese

Als de informatie die is opgeslagen in het DNA wordt vertaald naar eiwitten, spreken we van eiwitsynthese. In dit proces speelt RNA een belangrijke rol. Eerst vindt er transcriptie plaats in de celkern. Dit is het proces waarbij de DNA-streng wordt gekopieerd en er dus enkelstrengs RNA wordt gevormd door het enzym RNA-polymerase. Het RNA dat ontstaat noemen we messenger-RNA, ofwel mRNA. Vervolgens gaat het mRNA vanuit de kern naar het cytoplasma van de cel.

Dan vindt **translatie** plaats. Door dit proces wordt het eiwit daadwerkelijk gevormd. De mRNA-streng wordt afgelezen door een **ribosoom**. In het ribosoom worden de juiste aminozuren aan elkaar gekoppeld op basis van de volgorde van de nucleotiden. Je kunt dit terugvinden in BINAS 71G.

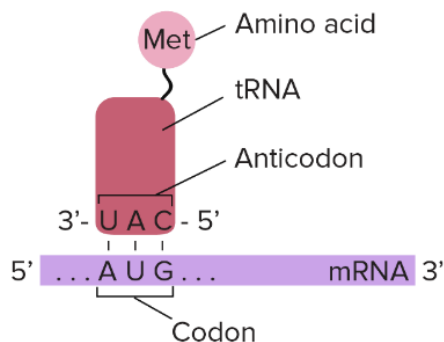


G1.5: Schematische weergave van de stappen van eiwitsynthese



G1.6: Schematische weergave van eiwitsynthese in een cel

Zoals we hierboven beschreven hebben, wordt de mRNA-streng afgelezen door een ribosoom, dit is ook terug te vinden in figuur G1.5. In de cel bevindt zich ook tRNA, ofwel transfer-RNA. tRNA heeft ook een eigen specifieke drieletterige genetische code, die precies past op de code van het mRNA. Aan het tRNA zit per drie nucleotiden een specifiek aminozuur verbonden, die door het ribosoom aan elkaar gekoppeld kan worden, dit is weergegeven in figuur G1.6.



G1.6: Weergave van tRNA met aminozuur en mRNA tijdens translatie

Elke drie nucleotiden vormen samen een codon. Eén codon staat voor één aminozuur. In BINAS 71G vind je de unieke codes met het bijbehorende aminozuur. In deze tabel vind je ook het startcodon AUG en verschillende stopcodons.

In video 5 wordt de structuur van DNA en RNA nog eens besproken. Ook worden de processen transcriptie en translatie uitgelegd. In deze video word je verteld hoe de vragen over dit onderwerp er in het examen vaak uitzien. Best handig dus!





## Oefenopgaven

### Vraag 1: uit eindexamen 2010-II

Bij de vorming van het enzym acetaldehyde dehydrogenase ontstaat eerst een polypeptide dat bestaat uit 517 aminozuureenheden. De eerste 17 aminozuureenheden hiervan vormen een zogenoemd signaalpeptide. Dit stukje eiwit zorgt ervoor dat het enzym de goede ruimtelijke structuur krijgt en wordt uiteindelijk afgesplitst ('gesliced'). Het enzym acetaldehyde dehydrogenase bestaat dus uit 500 aminozuureenheden. Een deel van de aminozuurvolgorde van acetaldehyde dehydrogenase is hieronder weergegeven:

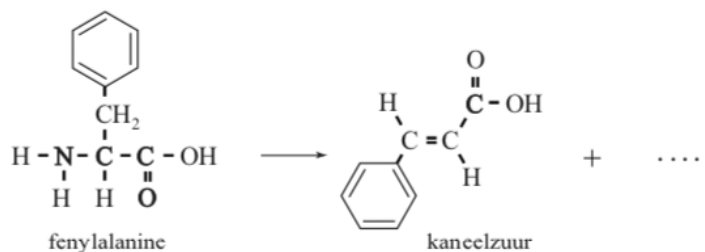
Aminozuur nummer	486	487	488
Afkorting aminozuur	~ Thr	- Glu	- Val ~

Geef het hierboven weergegeven fragment uit het enzym acetaldehyde dehydrogenase in structuurformule weer.

### Vraag 2: uit eindexamen 2017-I

PAL is een enzym dat voorkomt in planten en micro-organismen. PAL zet het aminozuur fenylalanine om tot kaneelzuur. De omzetting van fenylalanine door PAL is in figuur 1 weergegeven met een onvolledige vergelijking.

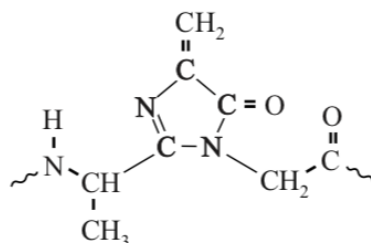
figuur 1



- a) Geef de formule van het ontbrekende deeltje.

Uit onderzoek naar de structuur van PAL bleek dat in PAL een opvallende kenmerkende groep aanwezig is: de zogeheten MIO-groep. De MIO-groep is in figuur 2 weergegeven. De MIO-groep wordt bij de synthese van PAL gevormd door ringsluiting van een deel van de eiwitketen dat kan worden weergegeven met ~ Ala - Ser - Gly ~.

figuur 2



De eerste stap in de vorming van de MIO-groep is de sluiting van de in figuur 2 weergegeven vijfring door een additiereactie binnen het enzymmolecuul. In de reacties die leiden tot MIO worden twee watermoleculen afgesplitst. Hierbij wordt onder andere de C=C-binding gevormd.



- b)** Geef de structuurformule van het gedeelte  $\sim \text{Ala} - \text{Ser} - \text{Gly} \sim$ .

Geef in de structuurformule met een pijl/pijlen aan welke twee atomen met elkaar worden verbonden bij de ringsluiting.

Omcirkel in de structuurformule de H-atomen en de O-atomen die bij de vorming van de MIO-groep worden afgesplitst.

De onderzoekers vermoedden dat de MIO-groep een rol speelt in de omzetting van fenylalanine tot kaneelzuur. Om vast te stellen welke aminozuureenheden nog meer een rol spelen bij de omzetting, hebben ze rondom de MIO-groep veranderingen aangebracht in de aminozuur-samenstelling van PAL. Wanneer op positie 110 het aminozuur Phe werd ingebouwd, bleek de gevormde PAL nauwelijks nog katalytische activiteit te vertonen. In actieve PAL is op plaats 110 de aminozuureenheid Tyr (Tyr110) aanwezig.

- c)** Geef twee chemische redenen waarom Phe is gekozen als vervanger van Tyr110. Licht je antwoord toe, zodat duidelijk wordt waarom dit voor het onderzoek relevante redenen zijn.

Om deze PAL-variant te kunnen produceren, hebben de onderzoekers in een micro-organisme een puntmutatie aangebracht in het deel van het DNA dat codeert voor PAL. Een puntmutatie is de vervanging van een basenpaar in het DNA door een ander basenpaar. De code voor het eerste aminozuur van PAL begint bij het basenpaar met nummer 1.

- d)** Geef de symbolen van het basenpaar van de puntmutatie, zowel voor de actieve PAL met Tyr110 als voor de inactieve PAL met Phe110.

Gebruik BINAS 71G. Noteer je antwoord als volgt en licht je antwoord toe:

	actieve PAL	inactieve PAL
base op coderende streng:	.....	.....
base op matrijsstreng:	.....	.....
Toelichting: .....		

- e)** Geef aan wat het nummer is van het basenpaar van de puntmutatie. Licht je antwoord toe.

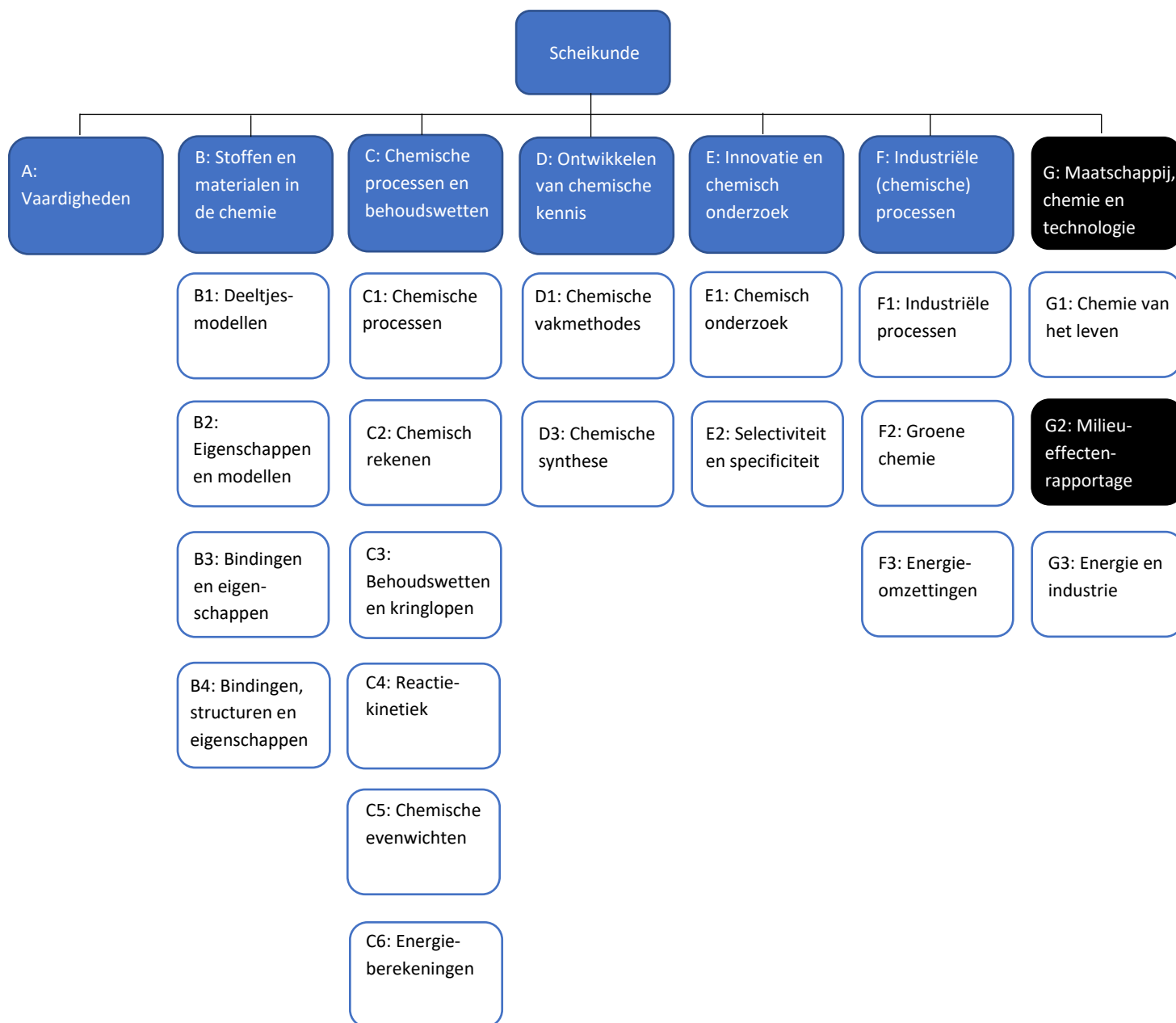


## Subdomein G2: Milieueffectenrapportage

We gaan in dit subdomein kijken naar milieueffecten. Dit is natuurlijk ook al uitgebreid voorbijgekomen in domein F, daarom is dit domein lekker kort! En, je bent er bijna. Houd je het nog vol?

Na dit domein kun je:

- **Beschrijven welke maatschappelijke condities een rol spelen bij milieu-gerelateerde vraagstukken.**





### Milieueffectenrapportage

Als je in Nederland een nieuw project wilt starten dat het milieu en/of gezondheid zou kunnen schaden, dan moet je een **milieueffectenrapportage** opstellen. Zo'n rapportage is een door de overheid verplichte beschrijving van de waarschijnlijke gevolgen voor het milieu van het betreffende project.

In zo'n rapportage moet in ieder geval worden beschreven wat de uitstoot van het project zal zijn. Dit gaat om uitstoot van bijvoorbeeld koolstofdioxide, stikstofdioxide of fijnstof. Er staat in een milieueffectenrapportage een vergelijking met de wettelijk toegestane **grenswaarde**. Een grenswaarde is de maximaal toegestane hoeveelheid van een stof in milligram per m<sup>3</sup> lucht. Voor een heel aantal stoffen kun je de grenswaarde opzoeken in BINAS 97C.

Naast de vergelijking van de verwachte hoeveelheid stof en de grenswaarde moeten ook de risico's bij **calamiteiten** worden beschreven in de rapportage.

Door een milieueffectenrapportage kan de overheid een besluit nemen of een project doorgaat of niet. Je kunt dus concluderen dat duurzaamheid en milieu een steeds belangrijkere plaats bij besluitvorming innemen.

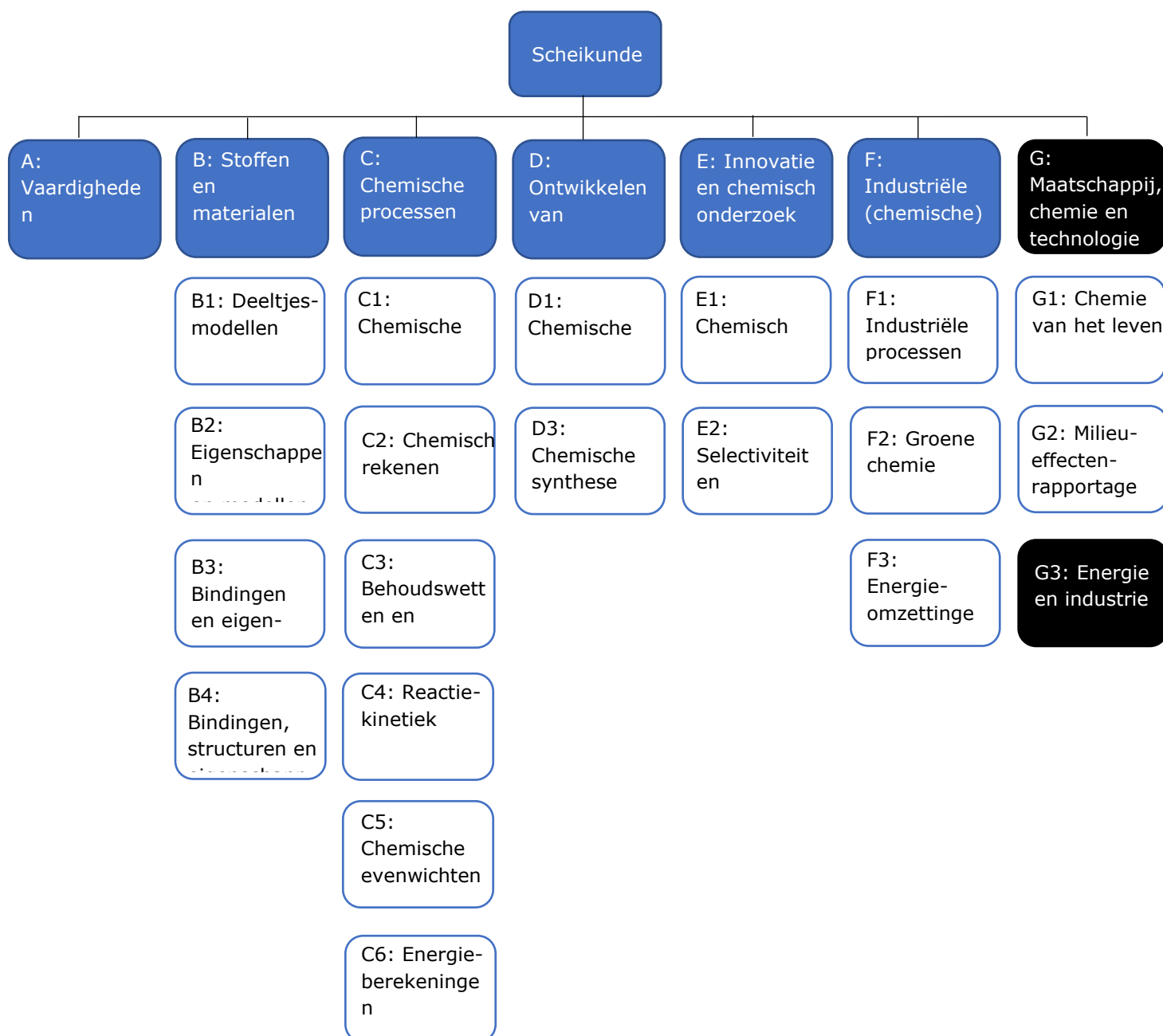


## Subdomein G3: Energie en industrie

We zijn aangekomen in het allerlaatste domein! We kijken in dit domein naar verschillende vormen van energieopwekking in de industrie. Je hebt hier ook al veel over gelezen in voorgaande domeinen, dus ook dit domein is eigenlijk heel kort! Voor je het weet, heb je echt alle stof voor je examen gehad!

Na dit domein kun je:

- **Energieomzettingen vanuit verschillende bronnen beschrijven.**





## Verschillende bronnen van energie

We hebben al gekeken naar het opwekken van energie met behulp van fossiele brandstoffen. In een **kolencentrale** en in een **aardgascentrale** wordt gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen om energie op te wekken. Er zijn verschillende energiebronnen die je met elkaar moet kunnen vergelijken:

- **Steenkool**
- **Aardgas**
- **Biobrandstoffen** zoals biodiëls en bio-ethanol
- **Waterstof** (in een brandstofcel)

In een kolencentrale wordt **steenkool** verbrand voor energielevering. Hierbij komen onder andere  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  en stikstofoxiden vrij. Dit is een erg milieuonvriendelijke manier voor het opwekken van energie. De laatste jaren wordt er ook wel gebruik gemaakt van **kolenvergassing**. Hierbij worden de steenkolen omgezet in brandbare gassen en vervolgens verbrand. De vervuilende stoffen kunnen dan eerst uit het brandbare gas gehaald worden, daardoor is kolenvergassing minder vervuilend dan een kolencentrale.

Je kunt ook energie opwekken door **aardgas** te verbranden. Dit gebeurt in een aardgascentrale. Aardgas bestaat voor een groot deel uit methaan en bevat bijna geen stikstof. Een aardgascentrale is minder vervuilend dan een kolencentrale, omdat er veel minder  $\text{CO}_2$  uitgestoten wordt. Methaan heeft immers een veel lagere C/H-verhouding als steenkool, want steenkool bestaat bijna alleen uit koolstof!

**Tip:** Ben je even vergeten wat de C/H-verhouding ook alweer betekent? Kijk eens terug in domein F!

Andere vormen van brandstof zijn **biobrandstoffen**, bijvoorbeeld **biodiesel** of **bio-ethanol**. Toch komt er bij de verbranding van deze biobrandstoffen  $\text{CO}_2$  vrij. Echter, de biobrandstoffen worden gezien als  $\text{CO}_2$ -neutraal. De biobrandstoffen zijn namelijk gemaakt uit plantaardig materiaal. Planten nemen  $\text{CO}_2$  op en door fotosynthese maken ze hier  $\text{O}_2$  van. Daarom wordt het gebruik van biobrandstoffen beschouwd als 'schoner' en minder belastend voor het milieu.

Een nog schonere brandstof is **waterstof**. Hierbij komt geen koolstofdioxide vrij, omdat er geen C-atomen in waterstof zitten. Bij het verbranden van waterstof komt alleen water vrij. Het nadeel van het verbranden van waterstof is dat het heel brandbaar is. Misschien herinner je je wel dat je scheikundedocent in de les waterstof verbrandde, dit geeft een knal. Bij de verbranding van waterstof is er dus explosiegevaar. In domein F3 hebben we het gehad over waterstof in een brandstofcel. Dit zou dus een goed alternatief kunnen zijn!





## Afsluiting domein G

Zo, weer een onderdeel afgesloten. Goed bezig! Om nog extra te oefenen kun je inloggen op onze website: [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak en domein. Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de oefenvragen van domein G van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**





## Oefenexamens

Zo, we hebben alle stof gehad en je hebt al flink kunnen oefenen! Nu is het tijd om de stof uit alle domeinen te combineren in het oefenen van een echt examen. Hier vind je:

- **Eindexamen 2019-I**
- **Uitwerkbijlage eindexamen 2019-I**
- **Eindexamen 2019-II**
- **Uitwerkbijlage eindexamen 2019-II**
- 

Ook voor de opdrachten van deze examens geldt: de antwoorden vind je achter in het boekje.

Nog meer oude examens oefenen? We hebben nog veel meer oefenmateriaal voor je klaar staan op je persoonlijke leeromgeving! Je kunt aan de gang met maar liefst 10 volledige oude examens, waarbij we de antwoorden volledig stap-voor-stap hebben uitgewerkt.

Log in op onze website [www.examengevat.nl](http://www.examengevat.nl), ga naar Mijn Account > Mijn leeromgeving > het desbetreffende vak, dan staan ze onderaan.

Of... **scan onderstaande QR-code, dan kom je meteen bij de alle oefenexamens van Scheikunde – VWO (vergeet niet eerst in te loggen!):**



Succes met oefenen!



## Examen VWO 2019

tijdvak 1  
donderdag 9 mei  
13.30 - 16.30 uur

**scheikunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData

Dit examen bestaat uit 28 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

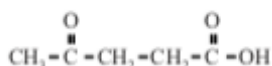
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-19-1-o

## Afvalhout als grondstof

Caprolactam is een belangrijke grondstof waar onder andere nylon van wordt gemaakt. Tot nu toe werd caprolactam geproduceerd uit aardolie. Vanwege de toekomstige schaarste van aardolie wordt er gezocht naar hernieuwbare grondstoffen voor caprolactam. Een nieuwe ontwikkeling betreft de toepassing van afvalhout als grondstof voor caprolactam. Een belangrijk tussenproduct hierbij is levulinezuur ( $C_5H_8O_3$ ).

De structuurformule van levulinezuur is hieronder weergegeven.



levulinezuur

De stappen die verlopen bij de omzetting van afvalhout tot uiteindelijk caprolactam zijn hieronder verkort weergegeven.



Voor de productie van levulinezuur wordt een batch bereid van pulp (gemalen afvalhout), geconcentreerd zwavelzuur en water. Het ontstane reactiemengsel bevat 21 massa% afvalhout en 3,0 massa% zwavelzuur. Een batch bevat 200 kg reactiemengsel.

- 2p 1 Bereken het volume in L geconcentreerd zwavelzuur dat nodig is per batch. Maak gebruik van de volgende gegevens:
- Geconcentreerd zwavelzuur bevat 98,0 massa% zwavelzuur.
  - Geconcentreerd zwavelzuur heeft een dichtheid van  $1,832 \text{ kg L}^{-1}$ .

Een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor de productie van levulinezuur is op de uitwerkbijlage bij vraag 4 weergegeven. Het proces bestaat uit een aantal stappen:

- In een mengkamer M wordt de batch bereid, waarna het reactiemengsel naar reactor R1 wordt geleid.
- In R1 wordt de cellulose uit de pulp eerst omgezet tot onder andere disacchariden zoals maltose. Hieruit worden vervolgens levulinezuur, methaanzuur en water gevormd. Er ontstaan tevens bijproducten. Onder de gebruikte omstandigheden verdampt het ontstane methaanzuur en wordt het afgevoerd uit R1.

Het zwavelzuur treedt in R1 op als katalysator.

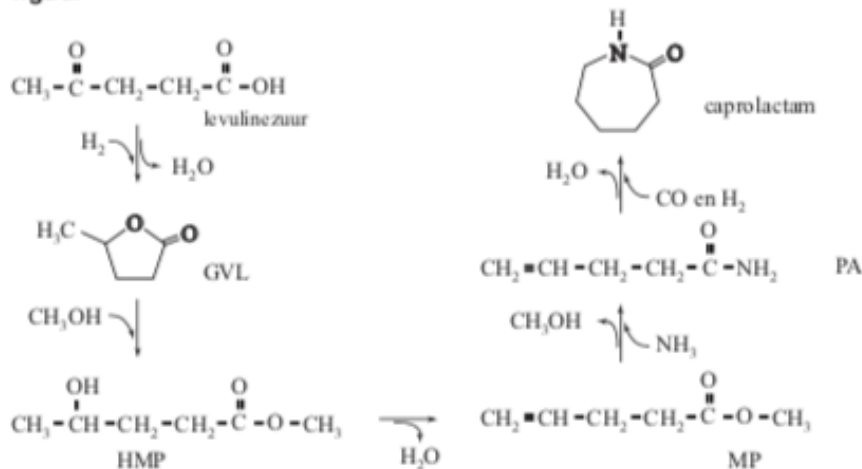
- 3p 2 Geef de vergelijking van de omzetting van maltose tot levulinezuur, methaanzuur en water.
- Gebruik molecuulformules.
  - Gebruik Binas-tabel 67F of ScienceData-tabel 13.1.d.



- Vervolgens wordt de in R1 ontstane suspensie gescheiden in scheidingsruimte 1 (S1). Het vaste afval met daarin alle pulpresten en een deel van het water en zwavelzuur wordt afgevoerd. De rest van het mengsel wordt naar scheidingsruimte 2 (S2) gevoerd.
  - In S2 wordt 4-methyl-pentaaan-2-on (MIBK) aan het filtraat toegevoegd.  
Levulinezuur en alle bijproducten van de reactie in R1 lossen op in het MIBK en de rest van het zwavelzuur en water niet.
  - Het deel van het mengsel met daarin levulinezuur wordt doorgevoerd naar scheidingsruimte 3 (S3).
  - In S3 wordt levulinezuur afgescheiden van MIBK en de bijproducten door middel van gefractioneerde destillatie. De bijproducten verlaten S3 aan de onderzijde. De stof met het laagste kookpunt komt boven uit S3.
- 3p 3 Leg uit op microniveau welke stof een lager kookpunt heeft: MIBK of levulinezuur.
- 4p 4 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen.
  - Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.

De uiteindelijke omzetting van levulinezuur tot caprolactam is in de figuur weergegeven.

figuur





De omzetting van de stof GVL tot HMP wordt gekatalyseerd door  $H^+$ -ionen. Het O-atoom van de ketongroep van GVL neemt hierbij eerst een  $H^+$ -ion op. Hierbij wordt een deeltje X gevormd. De Lewisstructuur van het deeltje X is op de uitwerkbijlage onvolledig weergegeven. Het deeltje Y is een grensstructuur van deeltje X.

Vervolgens valt het O-atoom van methanol als nucleofiel aan op deeltje Y, waarbij HMP ontstaat.

In het deeltje Y komt een atoom voor waarbij niet wordt voldaan aan de oktetregel.

- 2p 5 Maak op de uitwerkbijlage de grensstructuur van beide deeltjes af. Geef formele lading(en) aan.

Het totale rendement van de omzettingen van levulinezuur tot caprolactam is nog laag.

- 3p 6 Geef met behulp van de figuur de totaalvergelijking voor de omzetting van levulinezuur tot caprolactam. Gebruik molecuulformules.
- 2p 7 Bereken de atoomeconomie van de omzetting van levulinezuur tot caprolactam volgens de figuur.

Deze productie van caprolactam is ontworpen zodat afvalhout nuttig kan worden gebruikt als hernieuwbare grondstof. Toch kan het proces als geheel nog niet groen worden genoemd op basis van de uitgangspunten van de groene chemie.

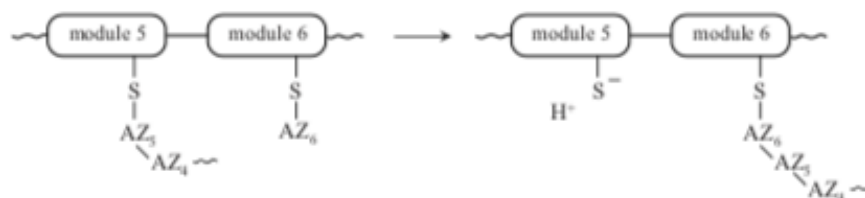
- 2p 8 Geef twee argumenten voor de stelling dat deze productie van caprolactam nog niet groen kan worden genoemd.
- Baseer je argumenten op de uitgangspunten 7, 8 en/of 12.
  - Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.



## Teixobactine

In 2015 is een nieuw soort antibioticum ontdekt, het zogeheten teixobactine. Teixobactine wordt gemaakt door een bepaald type bodembacterie om zich te verdedigen tegen andere bacteriën. In deze bacterie wordt teixobactine gemaakt door een zeer groot enzym: een zogeheten niet-ribosomaal peptide synthetase (NRPS). De aminozuurvolgorde voor teixobactine is niet gecodeerd via mRNA, maar direct vastgelegd in de structuur van het betrokken NRPS-enzym. Het NRPS-enzym bestaat uit elf katalytische delen (modules) die ieder één aminozuur aan de peptideketen toevoegen. Hoe een module van het NRPS telkens één aminozuur (AZ) aan de peptideketen toevoegt, is in de figuur vereenvoudigd weergegeven. Met  $AZ_n$  zijn aminozuren uit het midden van de groeiende peptideketen weergegeven.

figuur

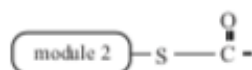


Op de uitwerkbijlage is de figuur gedeeltelijk weergegeven met structuurformules.

- 2p 9 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage links van de reactiepijl de niet-bindende elektronenparen weer.
  - Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens deze reactie.

Aan module 1 wordt als eerste gemethyleerd fenylalanine gekoppeld. In dit fenylalanine is op de aminogroep een H-atoom vervangen door een methylgroep. Aan module 2 wordt isoleucine gekoppeld, waarna de beide aminozuren aan elkaar worden gekoppeld zoals in de figuur is weergegeven.

- 3p 10 Geef de structuurformule van module 2 waaraan isoleucine en gemethyleerd fenylalanine zijn gekoppeld. Geef module 2 en de binding met het koolstofatoom van de zuurgroep van Ile als volgt weer:





Het uiteindelijk gevormde polypeptide is op de uitwerkbijlage schematisch weergegeven als beginstof voor de omzetting tot teixobactine.

In de figuur op de uitwerkbijlage staat de letter R symbool voor de niet-weergegeven delen van de peptideketen. In de structuur van het polypeptide is een aminozuureenheid enduracididine aanwezig. Dit enduracididine is aangegeven met een pijl. Dit aminozuur wordt door de bacterie gevormd uit een niet-cyclisch aminozuur. Tijdens deze reactie ontstaat een ringstructuur en worden twee H-atomen afgesplitst.

- 3p 11 Geef de structuurformule van het aminozuur enduracididine en geef de naam van het aminozuur waaruit enduracididine wordt gevormd. Gebruik Binas-tabel 67H1 of ScienceData tabel 13.7.

Wanneer alle aminozuren aan de peptideketen zijn toegevoegd, treedt ringsluiting op, waardoor de keten van module 11 wordt afgesplitst. Deze reactie is op de uitwerkbijlage weergegeven.

Bij de ringsluiting ontstaat een ester. Uit de figuur op de uitwerkbijlage valt af te leiden welke atoomgroepen in de peptideketen betrokken zijn in deze reactie.

- 3p 12 Voer de volgende opdrachten uit:
- Omcirkel op de uitwerkbijlage rechts van de reactiepijl de gevormde estergroep.
  - Omcirkel op de uitwerkbijlage links van de reactiepijl zowel het nucleofiele als het elektrofiel atoom.
  - Geef bij elk omcirkeld atoom aan of het als nucleofiel of als elektrofiel optreedt in de reactie.

Om de effectiviteit van teixobactine te onderzoeken, besmetten de onderzoekers een aantal muizen met de moeilijk te bestrijden MRSA-bacterie. Vervolgens diende men teixobactine of het reeds bekende antibioticum vancomycine toe. Men vergeleek hierbij de PD-50-waarde (Protective Dose). Dit is de dosis ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) antibioticum waarbij de helft van de besmette muizen wordt beschermd tegen de MRSA-bacterie. In de tabel zijn enkele gegevens van beide antibiotica weergegeven.

**tabel**

antibioticum	molaire massa ( $\text{g mol}^{-1}$ )	PD-50 ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
vancomycine	$1,45 \cdot 10^3$	2,75
teixobactine	$1,24 \cdot 10^3$	0,20

- 2p 13 Bereken met behulp van de tabel hoeveel moleculen vancomycine nodig zijn om net zo effectief te zijn als één molecuul teixobactine.





## Melamine detecteren in voeding

Melkpoeder voor babymelk bevat eiwitten die een baby nodig heeft om te groeien. Om het eiwitgehalte in melkpoeder te bepalen wordt gebruikgemaakt van de Kjeldahl-methode. De Kjeldahl-methode bestaat uit de volgende stappen:

- 1 Alle stikstofatomen in het melkpoeder worden omgezet tot ammoniumionen.
- 2 Aan de ontstane oplossing wordt een overmaat kaliloog toegevoegd. Hierbij treedt de volgende reactie op:  

$$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- 3 Door het mengsel te verwarmen komt de ammoniak vrij als gas. De ammoniak wordt vervolgens door een boorzuoroplossing geleid. Hierbij treedt de volgende reactie op:  

$$\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$$
- 4 Het mengsel dat is ontstaan na het doorleiden van ammoniak, wordt met zoutzuur getitreerd. Hierbij treedt de volgende reactie op:  

$$\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Uit het titratieresultaat kan het massapercentage stikstof (N) worden berekend.

- 1p 14 Leg uit of de overmaat kaliloog in stap 2 nauwkeurig bekend moet zijn.

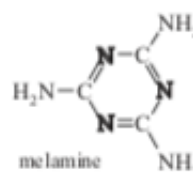
Henrike en Marjel bepalen het eiwitgehalte in een bepaald soort melkpoeder volgens de Kjeldahl-methode.

Ze wegen 0,505 g melkpoeder af. Bij de titratie gebruiken ze zoutzuur met een concentratie van 0,102 M. Ze lezen een beginstand van 2,25 mL en een eindstand van 7,84 mL af.

Het massapercentage stikstof (N) in een monster kan worden omgerekend naar het massapercentage eiwit door te vermenigvuldigen met 6,38.

- 3p 15 Bereken het massapercentage eiwit in het melkpoeder. Neem aan dat de molverhouding  $\text{H}_3\text{O}^+$  en N 1 : 1 is.

Een nadeel van de Kjeldahl-methode is, dat alle stikstofatomen worden bepaald en de methode dus niet selectief is voor eiwitten. Hierdoor bleef het in China lang onopgemerkt dat men de stikstofrijke stof melamine aan melkpoeder toevoegde om het eiwitgehalte hoger te doen lijken. De structuurformule van melamine is hiernaast weergegeven.

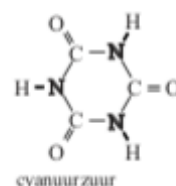


Een handelaar had melamine toegevoegd aan een partij melkpoeder, bestemd voor de bereiding van  $5,0 \cdot 10^3$  L melk. Het gehalte stikstof in het poeder was hierdoor voldoende om  $7,5 \cdot 10^3$  L melk te kunnen bereiden.

- 3p 16 Bereken de massa in g melamine die deze handelaar had toegevoegd. Melk bevat gemiddeld 3,3 gram eiwit per 100 mL melk.



In 2007 kwam het schandaal aan het licht omdat veel baby's ziek werden. Ook huisdierenvoer bleek verontreinigd. In dit voer was behalve melamine ook cyanuurzuur aanwezig. De structuurformule van cyanuurzuur is hiernaast weergegeven. Het bleek dat deze stoffen in de nieren kristallen vormen die het nierweefsel aantasten.



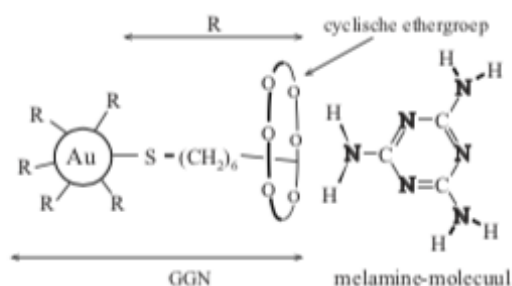
De vorming van deze kristallen wordt veroorzaakt doordat moleculen van beide stoffen waterstofbruggen vormen met elkaar, waardoor platte lagen worden gevormd. Op de uitwerkbijlage is een molecuul melamine weergegeven.

- 2p 17 Geef op de uitwerkbijlage weer hoe een molecuul cyanuurzuur door middel van drie waterstofbruggen aan een molecuul melamine is gebonden. Geef elke waterstofbrug weer met een stippellijn.

Om melamine te detecteren in voeding is een methode ontwikkeld die gebruikmaakt van gefunctionaliseerde goud-nanodeeltjes (GGN's). In figuur 1 is een GGN weergegeven. Aan het oppervlak van een goud-nanodeeltje zijn enkele functionele groepen (R) gekoppeld. Elke R-groep eindigt met een cyclische ethergroep, bestaande uit zes  $-O-CH_2-CH_2-$  eenheden in een ring. De ethergroep is in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.

De ethergroep vormt waterstofbruggen met een  $NH_2$ -groep van een melamine-molecuul. De binding van de ethergroep met een  $NH_2$ -groep is zeer specifiek en is veel sterker dan de binding aan andere groepen of moleculen. Elke R-groep kan één molecuul melamine binden.

figuur 1



Als GGN's worden toegevoegd aan een mengsel waarin melamine aanwezig is, vormen zich netwerken waarin vele GGN's en moleculen melamine aan elkaar gebonden zijn met waterstofbruggen.

- 2p 18 Leg uit op microniveau dat deze netwerken ontstaan als in een mengsel melamine en GGN's aanwezig zijn.



In de netwerken van melamine en GGN's is de afstand tussen de verschillende GGN's klein. Door de kleine afstand ontstaat een interactie tussen de aanwezige deeltjes goud. Deze interactie veroorzaakt een specifieke kleur.

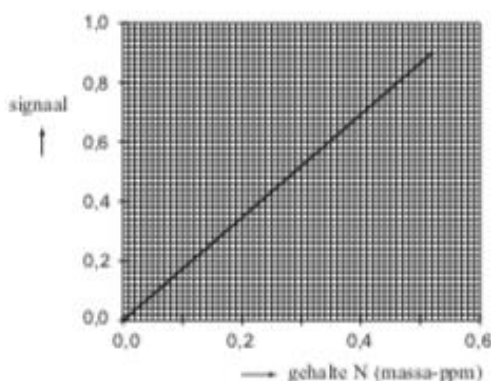
Als GGN's aan een eiwit-oplossing worden toegevoegd, binden de GGN's aan de eiwitketens. Toch blijkt dan geen kleuring te ontstaan, waardoor de meting aan melamine in eiwitrijke mengsels dus niet wordt verstoord. De GGN's binden niet aan de aanwezige peptidegroepen in eiwitten.

- 2p 19 – Leg uit dat GGN's wel binden aan eiwitten,  
– maar dat er geen kleuring ontstaat wanneer GGN's aan een eiwit-oplossing worden toegevoegd.

Het blijkt dat de kleur van het mengsel van GGN's en melamine afhankelijk is van het gehalte melamine, waardoor bepaling van het gehalte melamine mogelijk wordt.

De onderzoekers hebben een serie monsters bereid waarin uitsluitend melamine aanwezig was. Hiervan hebben ze met behulp van de GGN's de kleuring bepaald. De resultaten van de metingen zijn in figuur 2 weergegeven. Het gehalte melamine in de monsters is hierbij uitgedrukt als gehalte N in massa-ppm.

figuur 2



De onderzoekers hebben vervolgens een monster melk onderzocht, dat was bereid met verontreinigd melkpoeder. Het gemeten signaal bedroeg 0,68. De grenswaarde (TGG) van melamine voor baby's bedraagt 0,50 mg melamine per kg lichaamsgewicht.

- 4p 20 Bereken met behulp van figuur 2 of de grenswaarde in dit geval wordt overschreden.
- Neem aan dat een baby van 5,0 kg gemiddeld 750 mL van deze melk drinkt per dag.
  - De dichtheid van melk bedraagt  $1,02 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

## Ammoniak en energie uit afvalwater

Wereldwijd wordt jaarlijks ongeveer  $1,0 \cdot 10^8$  ton ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) geproduceerd om stikstofrijke verbindingen te maken voor kunstmest. In fabrieken wordt hiervoor aardgas gebruikt als energiebron en als bron van waterstofatomen. Het totaalproces kan worden gezien als een reactie van methaan met zuurstof, water en stikstof. Als reactieproducten ontstaan koolstofdioxide en ammoniak. In het proces wordt gemiddeld een mol methaan ingevoerd per mol  $\text{N}_2$ . Het water wordt als vloeistof in het proces ingevoerd.

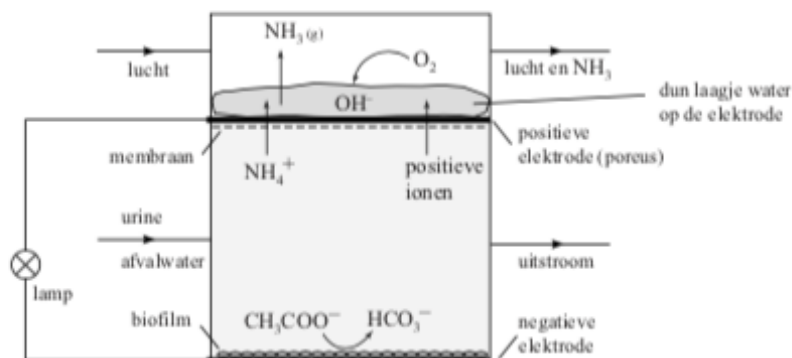
- 2p 21 Geef de reactievergelijking van deze productie van ammoniak.  
 3p 22 Bereken de reactiewarmte van het totaalproces in joule per mol ammoniak.

De kunstmest levert de stikstofverbindingen die noodzakelijk zijn voor een goede groei van gewassen.

- 1p 23 Noem twee soorten biologische macromoleculen waarvoor de opname van stikstofverbindingen essentieel is.

In een Nederlandse onderzoeksgroep is onderzocht of het mogelijk is om ammoniak uit urine te winnen met een brandstofcel. In verse urine is de meeste stikstof gebonden als ureum. Wanneer urine in afvalwater terecht komt, wordt het ureum door micro-organismen gehydrolyseerd tot ammoniak en koolzuur ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). In het onderzoek is urine gemengd met afvalwater. Bij de gebruikte pH van het mengsel is het uit ureum gevormde ammoniak volledig omgezet tot  $\text{NH}_4^+$ . In figuur 1 is de gebruikte brandstofcel schematisch weergegeven.

figuur 1





De negatieve elektrode is bedekt met een dunne laag micro-organismen (biofilm) die organische verbindingen afbreken. De elektronen die hierbij vrijkomen gaan via een externe stroomkring naar de positieve elektrode. Aan de positieve elektrode verloopt de onderstaande halfreactie:



In afvalwater zijn onder andere ethanoaat-ionen aanwezig.

- 3p 24 Geef aan de hand van figuur 1 de vergelijking voor de halfreactie van ethanoaat aan de negatieve elektrode van de brandstofcel.

De positieve elektrode is poreus, zodat de in het afvalwater en de urine aanwezige positieve ionen erdoorheen kunnen bewegen.

Wanneer tijdens stroomlevering uitsluitend ionen zoals  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$  het membraan en de poreuze elektrode passeren, stijgt de pH in het waterlaagje op de positieve elektrode.

Wanneer tijdens stroomlevering uitsluitend  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{H}^+$  door het membraan gaan, blijft de pH in het waterlaagje op de positieve elektrode gelijk.

- 2p 25 Leg uit dat tijdens stroomlevering de pH in het waterlaagje bij de positieve elektrode gelijk blijft wanneer uitsluitend  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{H}^+$  het membraan passeren.

Wanneer  $\text{NH}_4^+$  door het membraan gaat, wordt dit in het waterlaagje omgezet tot  $\text{NH}_3$ . Op de positieve elektrode is slechts een dun laagje water aanwezig, zodat de gevormde ammoniak snel uit het water ontwijkt en door de luchtstroom wordt meegevoerd.

Om de zo gevormde ammoniak om te zetten tot een stof die in kunstmest kan worden verwerkt, wordt de uitgaande luchtstroom door een oplossing geleid. In veel soorten kunstmest is ammoniumnitraat verwerkt.

- 1p 26 Geef aan welke stof in water moet worden opgelost om op deze wijze een oplossing met ammoniumnitraat te verkrijgen.

De onderzoekers wilden bepalen welk deel van het ladingstransport door het membraan van de brandstofcel plaatsvond via  $\text{NH}_4^+$ .

Hiertoe hebben de onderzoekers op regelmatige tijdstippen de hoeveelheid ammoniak bepaald die zich in de luchtstroom bevond.

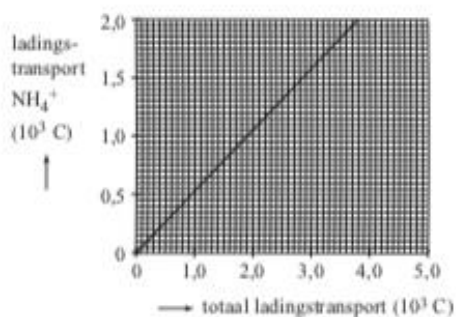
- 2p 27 Beschrijf globaal hoe de onderzoekers de hoeveelheid ammoniak in de luchtstroom hebben bepaald.

**Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.**



In figuur 2 is het resultaat van de metingen aan het ladingstransport door  $\text{NH}_4^+$  weergegeven.

figuur 2



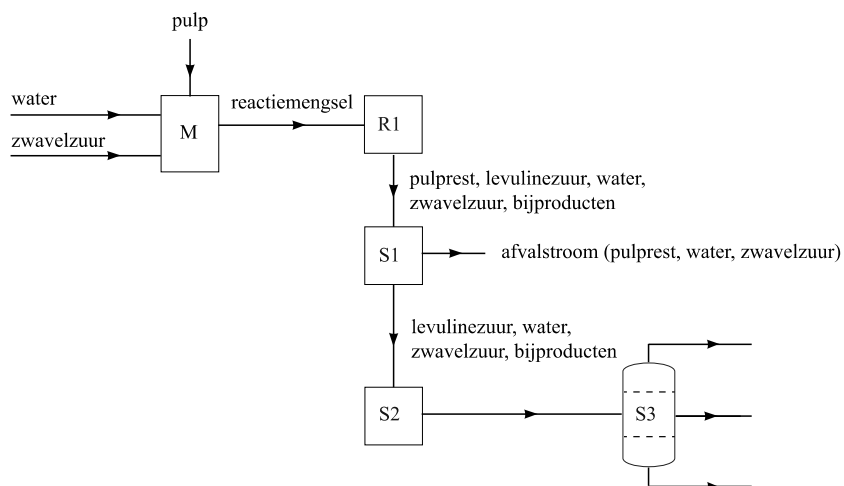
- 2p 28 Bereken met behulp van figuur 2 de massa in g ammoniak die door het membraan is gepasseerd, wanneer het totale ladingstransport  $3,0 \cdot 10^3 \text{ C}$  is. Een mol  $\text{NH}_4^+$  heeft een lading van  $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$ .



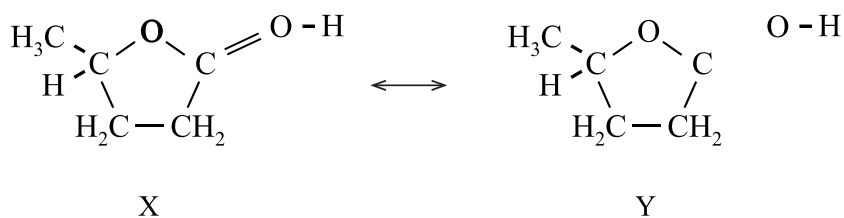
## uitwerkbijlage

Naam kandidaat \_\_\_\_\_ Kandidaatnummer \_\_\_\_\_

4

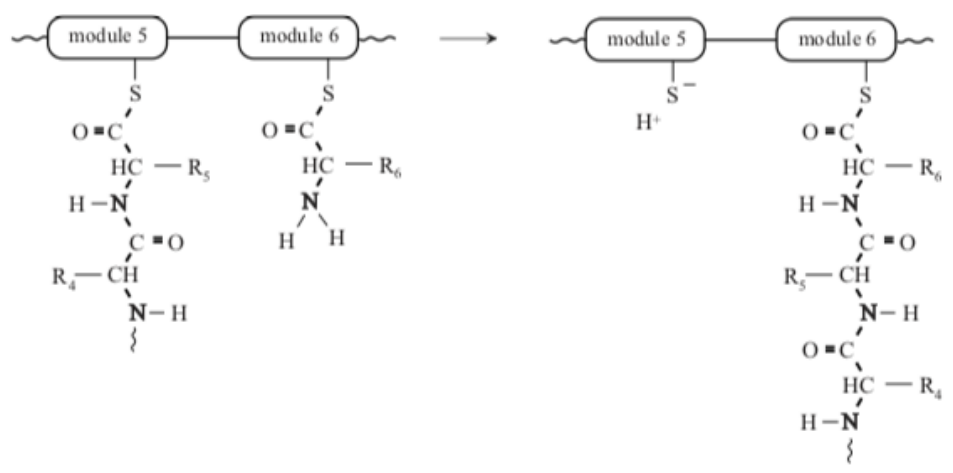


5

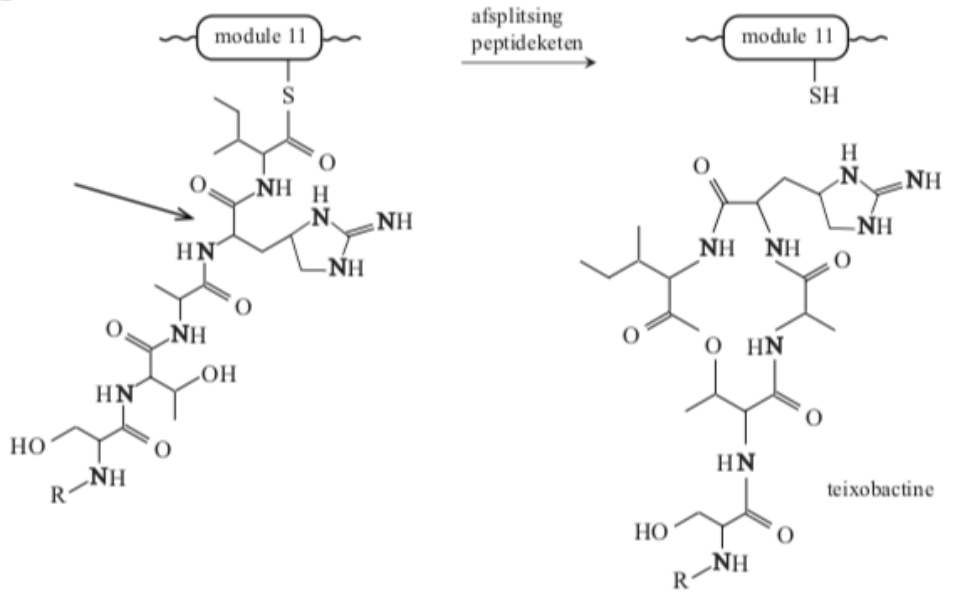




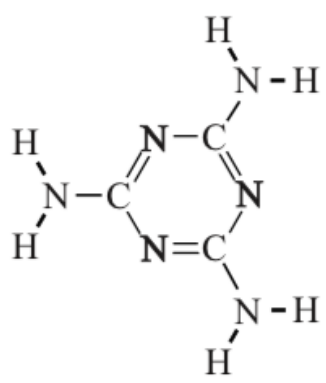
9



11 en 12



17







## Examen VWO 2019

tijdvak 2  
dinsdag 18 juni  
13.30 - 16.30 uur

**scheikunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Maak zo nodig gebruik van Binas of ScienceData.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

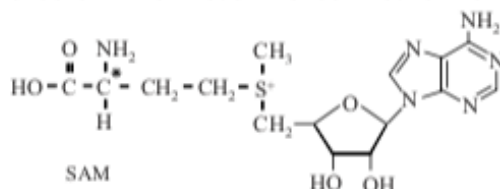
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1028-a-19-2-o

## Lang houdbare appels

Een rijpe appel produceert etheen. Op de uitwerkbijlage bij vraag 5 staat de biosynthese van etheen in appels schematisch weergegeven in een reactieschema. In reactie I van het reactieschema wordt onder invloed van het enzym SAM-synthetase het deeltje SAM gevormd uit onder andere ATP en het aminozuur methionine.



Het methionine heeft maar één stereo-isomeer. Bij de vorming van SAM verandert de ruimtelijke bouw rondom het C\*-atoom van methionine niet. Toch kunnen in reactie I twee stereo-isomeren van SAM worden gevormd. Dit wordt veroorzaakt doordat de groepen rondom het S-atoom in SAM, net als bij een koolstofatoom, op twee verschillende manieren kunnen zijn gerangschikt.

- 2p 1 Leg uit dat van SAM twee stereo-isomeren bestaan.
- Geef in je antwoord de Lewisstructuur van SAM.
  - Gebruik hierbij de aanduiding  $R_1$  enzovoort als notatie voor de atoomgroepen rondom het S-atoom.

Uit onderzoek blijkt dat slechts een van beide stereo-isomeren van SAM wordt gevormd door SAM-synthetase.

- 1p 2 Leg uit waarom slechts een van beide stereo-isomeren van SAM wordt gevormd door SAM-synthetase.

In reactie II van het reactieschema wordt SAM onder invloed van het enzym ACC-synthase omgezet. De biosynthese van dit enzym verloopt in twee stappen. Op basis van de DNA-code wordt eerst een aminozuurketen gevormd van 473 aminozuren. Vervolgens wordt de aminozuurketen op twee plaatsen gehydrolyseerd, waardoor de ACC-synthase nog 421 aminozuren bevat. Een van de beide plaatsen waar hydrolyse optreedt, is tussen de aminozuren Gly-430 en Glu-431.

- 3p 3 Geef de hydrolyse van het gedeelte ~Gly-Glu~ in een reactievergelijking weer. Gebruik structuurformules.

Het in reactie II gevormde ACC ( $C_4H_7NO_2$ ) wordt in reactie III onder invloed van het enzym ACC-oxidase omgezet tot onder andere etheen. Uit één molecuul ACC wordt hierbij één molecuul etheen gevormd.

- 2p 4 Geef de vergelijking van reactie III in molecuulformules. Gebruik informatie uit het reactieschema.



Uit het reactieschema is af te leiden dat de atomen in etheen, via SAM en ACC, uiteindelijk van methionine afkomstig zijn.

- 2p 5 Omcirkel op de uitwerkbijlage in de structuurformules van methionine, SAM en ACC de atomen die uiteindelijk in etheen terecht komen.

Het etheen komt vrij uit de appel en bevordert de rijping van andere appels. Om appels lang houdbaar te maken, moet de vorming van etheen worden geremd. De biosynthese van etheen kan worden geremd met het gas 1-methylcyclopropeen (MCP).

Het effect van MCP op de activiteit van de enzymen ACC-synthase en ACC-oxidase is onderzocht. Hiertoe werden appels direct na de pluk in drie groepen verdeeld en 20 uur lang onder verschillende omstandigheden bewaard:

- groep 1: in gewone lucht
- groep 2: in lucht met MCP
- groep 3: in lucht met MCP en etheen

Hierbij was  $[MCP]_{\text{groep2}} = [MCP]_{\text{groep3}} = [\text{etheen}]_{\text{groep3}}$ .

Direct na de pluk en na afloop van de bewaarperiode werd de activiteit van de beide enzymen gemeten. Ook werd het gehalte ACC in de appels bepaald. In de tabel zijn de resultaten van deze metingen weergegeven.

**tabel**

groep		activiteit ACC-synthase	activiteit ACC-oxidase	gehalte ACC
		(nmol ACC per mg enzym per uur)	(nL etheen per mg enzym per uur)	(nmol ACC per g appel)
	direct na pluk	1,0	40	2,1
1	gewone lucht	2,6	128	3,8
2	lucht met MCP	1,2	56	4,3
3	lucht met MCP en etheen	1,8	72	4,1

Uit deze resultaten is af te leiden dat de activiteit van beide enzymen door MCP wordt geremd.

- 2p 6 Leg uit aan de hand van gegevens uit de tabel van welk enzym de activiteit meer wordt geremd door MCP: van ACC-synthase of van ACC-oxidase.

## Zonnepanelen voor ethanol

Er is tegenwoordig veel vraag naar duurzame energiebronnen zoals bio-ethanol. Bio-ethanol wordt veel geproduceerd uit zetmeel van bijvoorbeeld aardappelen of mais.

De omzettingen die optreden bij de vorming van zetmeel in planten en de productie van bio-ethanol uit het zetmeel zijn in figuur 1 vereenvoudigd weergegeven.

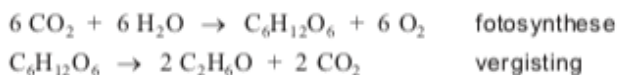
figuur 1



De gemiddelde opbrengst per hectare bedraagt in Nederland  $4,5 \cdot 10^4$  kg aardappelen per jaar. Aardappelen bevatten gemiddeld 19 massa% zetmeel. Het zetmeel wordt in bioreactoren gehydrolyseerd tot glucose. De glucose wordt door vergisting omgezet tot koolstofdioxide en ethanol. Hierbij ontstaat twee mol ethanol per mol glucose.

- 4p 7 Bereken het volume in L ethanol dat maximaal per jaar kan worden geproduceerd per hectare aardappelen ( $T = 293$  K).  
– Neem aan dat zetmeel geheel uit amylose bestaat.

Om te kunnen berekenen wat de minimale hoeveelheid energie is die nodig is om ethanol te produceren uit  $\text{CO}_2$ , wordt zetmeel weggelaten uit bovenstaande omzettingen. De resterende processen kunnen dan worden weergegeven met de volgende reactievergelijkingen:



- 2p 8 Geef de totaalvergelijking voor deze vorming van ethanol uit  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ .  
2p 9 Bereken de reactiewarmte in joule per mol ethanol van deze vorming van ethanol ( $T = 298$  K,  $p = p_0$ ). Neem aan dat water en ethanol in vloeibare vorm voorkomen.

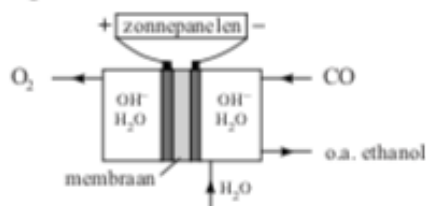
In het wetenschappelijk tijdschrift Nature is een artikel gepubliceerd over het gebruik van elektrische energie om ethanol te produceren uit  $\text{CO}_2$ . Dit zou een alternatief kunnen zijn voor de genoemde productie van bio-ethanol.



Het elektrochemische proces bestaat uit twee stappen. In de eerste stap wordt  $\text{CO}_2$  omgezet tot  $\text{CO}$ . In de tweede stap wordt  $\text{CO}$  door elektrolyse omgezet tot ethanol.

De elektrolyse-opstelling die wordt gebruikt, is in figuur 2 vereenvoudigd weergegeven. In beide halfcellen zijn  $\text{OH}^-$ -ionen en water aanwezig. Alleen  $\text{OH}^-$ -ionen en watermoleculen kunnen door het membraan tussen beide halfcellen bewegen.

figuur 2



In de rechter halfcel worden acht elektronen opgenomen per molecuul ethanol dat wordt gevormd.

- 3p 10 Geef de vergelijking van de halfreactie van de vorming van ethanol in de rechter halfcel.
- 2p 11 Geef de vergelijking van de halfreactie die plaatsvindt in de linker halfcel en geef de totaalvergelijking.

Aan de negatieve elektrode worden behalve ethanol enkele bijproducten gevormd. Hierdoor is het rendement van de productie van ethanol nog laag. De twee belangrijkste bijproducten zijn ethanoaat en waterstof. De vergelijkingen van de halfreacties waarbij ethanoaat en waterstof worden gevormd, zijn hieronder weergegeven.



De onderzoekers vonden dat onder optimale omstandigheden 43% van de toegevoerde elektronen werd gebruikt voor de productie van ethanol en 13% voor de productie van ethanoaat. De rest werd gebruikt voor de productie van waterstof. Zowel ethanol als waterstof werd vervolgens gebruikt als brandstof.

- 3p 12 Bereken de molverhouding waarin ethanoaat, ethanol en waterstof worden geproduceerd. Noteer je antwoord als volgt:  
ethanoaat : ethanol : waterstof = 1,0 : ... : ...
- 2p 13 Laat met een berekening zien bij welke verbranding de meeste energie vrijkomt: bij de verbranding van de waterstof die bij de elektrolyse is geproduceerd of bij de verbranding van de geproduceerde ethanol.
- Het water dat wordt gevormd bij de verbrandingen, komt vrij als vloeistof.
  - Gebruik Binas-tabellen 56 en/of 57 of ScienceData-tabellen 8.7a en/of 9.2a.

## Diesel uit houtafval

Bij de verwerking van hout tot bijvoorbeeld papier komt veel afvalwater vrij. In een onderzoek is gekeken of het mogelijk is om op industriële schaal dieselachtige koolwaterstoffen te produceren op basis van dit afvalwater. Afvalwater van de papierindustrie bevat een hoog gehalte xylose-oligomeren. Een xylose-oligomeer is een sacharide met de formule  $H-(C_5H_8O_4)_n-OH$  met  $3 \leq n \leq 20$ .

Xylose ( $C_5H_{10}O_5$ ) kan worden voorgesteld als een eenheid ( $\alpha$ )D-glucose, waarbij de  $CH_2-OH$ -groep op C-atoom nummer 5 is vervangen door een H-atoom.

In een xylose-oligomeer zijn de xylose-eenheden aan elkaar verbonden door middel van de OH-groepen aan de C-atomen met nummers 1 en 4.

- 3p 14 Geef een gedeelte uit het midden van een xylose-oligomeer in structuurformule weer. Dit gedeelte moet zijn ontstaan uit twee eenheden xylose.
- Gebruik de notatie die ook in het informatieboek wordt gehanteerd.
  - Gebruik Binas-tabel 67F1 of ScienceData-tabel 13.1d.

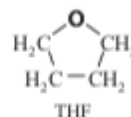
De onderzoekers hebben op basis van het onderzoek een productieproces ontworpen. Op de uitwerkbijlage bij vraag 19 is het vereenvoudigde blokschema voor dit proces onvolledig weergegeven. Het proces start met de volledige hydrolyse van de xylose-oligomeren tot xylose. Hiertoe worden in reactor 1 (R1) zoutzuur en een oplossing van xylose-oligomeren geleid. Beide oplossingen worden zo gedoseerd, dat aan het begin van de reacties het gehalte xylose-oligomeren 2,1 massa% is. Er is dan 3,1 mol HCl aanwezig per mol xylose-eenheden.

- 4p 15 Bereken de pH van het reactiemengsel ( $T = 298 \text{ K}$ ).
- De dichtheid van de gebruikte xylose-oplossing is  $1,08 \cdot 10^3 \text{ g L}^{-1}$ .
  - De molaire massa van een xylose-eenheid is  $132 \text{ g mol}^{-1}$ .
  - Neem hier aan dat nog geen xylose is ontstaan.

Aan het mengsel wordt tevens THF toegevoegd.

De structuurformule van THF is hiernaast weergegeven.

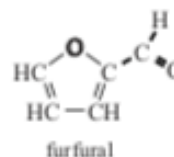
Omdat de oplosbaarheid van THF in water laag is, ontstaan in R1 twee vloeistofflagen.



- 3p 16 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit op microniveau waardoor THF oplosbaar is in water.
  - Leg uit dat deze oplosbaarheid laag is.



In R1 verloopt ook de omzetting van xylose tot furfural en bijproducten. De structuurformule van furfural is hiernaast weergegeven.

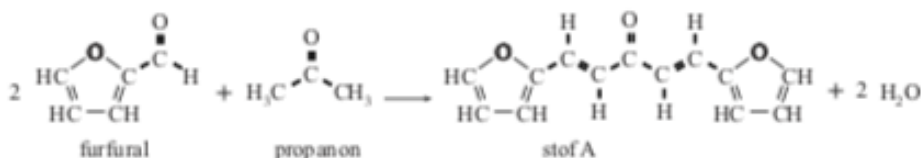


In R1 ontstaat 1 mol furfural uit 1 mol xylose. Het gevormde furfural lost op in de THF-laag, waardoor volgreacties van furfural met water worden beperkt.

Na afloop van de reacties wordt natriumchloride toegevoegd aan het reactiemengsel. Hierdoor wordt THF volledig onoplosbaar in water en kan in scheidingsruimte 1 (S1) de THF-laag volledig worden gescheiden van de waterlaag. De waterlaag met daarin zoutzuur, natriumchloride en bijproducten wordt opgeslagen.

De THF-laag met daarin alleen furfural wordt doorgevoerd naar reactor 2 (R2). In R2 wordt aan het mengsel dat afkomstig is uit S1 één mol propanon per twee mol furfural toegevoegd en een overmaat natronloog.

In R2 worden furfural en propanon volledig omgezet tot stof A. De vergelijking voor deze omzetting is hieronder weergegeven.



De vorming van stof A verloopt via een aantal tussenstappen. Twee stappen uit het reactiemechanisme zijn op de uitwerkbijlage weergegeven. In stap 2 wordt stof B gevormd.

Hierbij neemt een  $\text{OH}^-$ -ion eerst een  $\text{H}^+$ -ion op van het organische deeltje dat in het kader is weergegeven. Het  $\text{OH}^-$ -ion treedt in stap 2 op als katalysator.

- 2p 17 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage in het kader alle niet-bindende elektronenparen weer.
  - Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens stap 2.

In scheidingsruimte 2 (S2) wordt de THF-laag met daarin uitsluitend stof A volledig afgescheiden van de vloeistoflaag met daarin het natronloog. Omdat het natronloog geen organische stoffen bevat, kan het worden hergebruikt in het proces. Om de reactie in R2 telkens onder gelijke omstandigheden te laten verlopen, moet het natronloog in een ruimte Z worden bewerkt voordat het wordt teruggevoerd in R2.

- 2p 18 Leg uit welke bewerking in ruimte Z wordt uitgevoerd zodat het natronloog uit S2 geschikt is voor hergebruik.



Het mengsel van THF en stof A wordt doorgevoerd naar reactor 3 (R3). In R3 reageert stof A volledig met waterstof tot tridecaan ( $C_{13}H_{28}$ ) en water. Het ontstane tridecaan is onvertakt.

Het mengsel afkomstig uit R3 wordt ten slotte in scheidingsruimte 3 (S3) gescheiden in drie stromen: tridecaan, water en THF.

Het tridecaan kan worden gebruikt als toevoeging aan diesel of een andere brandstof.

- 4p 19 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en stoffen bij de pijlen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
  - Wanneer bij een stofstroom al stofnamen zijn vermeld, hoeft niets te worden aangegeven.
- 3p 20 Geef de totaalvergelijking voor de vorming van tridecaan uit xylose. Gebruik molecuulformules.
- 2p 21 Bereken de atoomeconomie van deze vorming van tridecaan uit xylose.



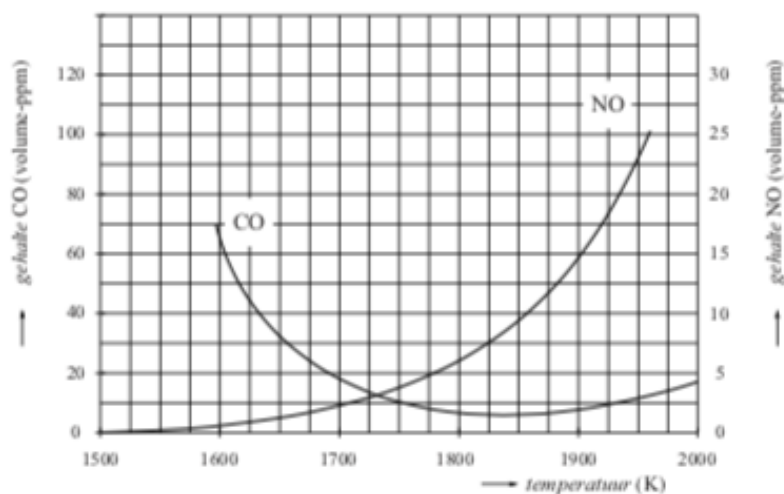


## Stikstofmono-oxide en stikstofdioxide

Stikstofmono-oxide (NO) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) zijn schadelijke gassen die ontstaan in het verkeer en bij grootschalige verbrandingsprocessen zoals bij de productie van elektriciteit.

In de afvalgassen van de gasturbine van een energiecentrale is gemeten hoe de uitstoot van onder andere CO en NO afhangt van de temperatuur in de turbine. In figuur 1 zijn de resultaten van deze metingen weergegeven.

figuur 1



- 2p 22 Geef een verklaring voor de stijging van de lijn van NO in figuur 1. Gebruik (een) gegeven(s) uit Binas of ScienceData.

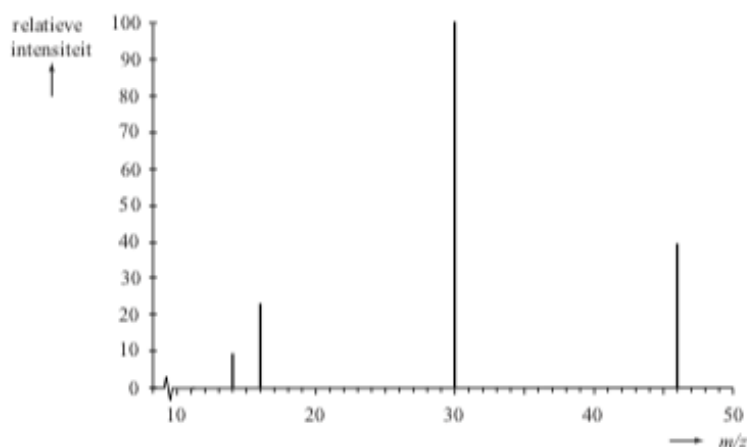
In een molecuul NO komen zeven niet-bindende elektronen voor.

- 3p 23 Geef twee grensstructuren van stikstofmono-oxide. Geef formele ladingen aan als deze voorkomen.



Stikstofdioxide wordt in de turbine gevormd door de reactie van stikstofmono-oxide met zuurstof. Een molecuul stikstofdioxide heeft een niet-cyclische structuur. Voor de volgorde van de atomen in het molecuul zijn twee mogelijkheden: NOO en ONO. Met behulp van massaspectrometrie kan worden bepaald welke van de twee mogelijkheden de juiste is. Het massaspectrum van  $\text{NO}_2$  is in figuur 2 weergegeven.

figuur 2



In dit massaspectrum zijn pieken waarin de isotopen N-15, O-17 en O-18 voorkomen niet weergegeven.

Uit de vier pieken in het massaspectrum kan geen conclusie worden getrokken over de volgorde van de atomen in  $\text{NO}_2$ .

- 2p 24 Leg uit waarom de piek in het massaspectrum van  $\text{NO}_2$  met  $m/z = 30$ , geen uitsluitel geeft over de volgorde van de atomen in het molecuul  $\text{NO}_2$ .

Doordat bij een bepaalde  $m/z$ -waarde in het massaspectrum een piek ontbreekt, kan toch worden bepaald of de volgorde NOO of ONO is.

- 2p 25 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef deze  $m/z$ -waarde van die piek.
  - Leg uit waarom op grond van die piek wél een uitspraak kan worden gedaan of de volgorde NOO of ONO is.



De vorming van stikstofdioxide uit stikstofmono-oxide en zuurstof is hieronder weergegeven.



De snelheid  $s_1$  van reactie 1 is gedefinieerd als het aantal mol  $\text{NO}_2$  dat per seconde per liter reactiemengsel ontstaat.

Bij het onderzoek naar de snelheid van reactie 1 werd in twee experimenten een aantal metingen uitgevoerd met verschillende beginconcentraties van  $\text{NO}$  en  $\text{O}_2$ .

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in de tabel.

**tabel**

exp	meting	$[\text{NO}]_0$ ( $\text{mol L}^{-1}$ )	$[\text{O}_2]_0$ ( $\text{mol L}^{-1}$ )	$s_1$ op $t_0$ ( $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ )
1	1.1	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$
	1.2	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
	1.3	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-7}$
	1.4	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$
2	2.1	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
	2.2	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$
	2.3	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$
	2.4	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-7}$

Op basis van de vergelijking van reactie 1 verwachtte men dat voor de snelheid van reactie 1 de volgende reactiesnelheidsvergelijking geldt:

$$s_1 = k_1 [\text{NO}]^2 [\text{O}_2] \quad (\text{snelheidsvergelijking 1})$$

De constante  $k_1$  wordt de reactieconstante genoemd.

- 2p 26 Leg uit dat snelheidsvergelijking 1 in overeenstemming is met de gegevens in de tabel.

**Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.**



Lange tijd heeft men gedacht dat de reactie tussen NO en O<sub>2</sub> verloopt doordat twee moleculen NO en één molecuul O<sub>2</sub> op hetzelfde moment tegen elkaar botsen. De kans op zo'n botsing tussen drie moleculen is echter uiterst klein. Nader onderzoek leverde op dat tijdens de reactie deeltjes met de formule N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> worden gevormd. Op grond van dit gegeven werd voor de reactie een mechanisme voorgesteld dat uit twee stappen bestaat.

In de eerste stap stelt zich evenwicht 1 in.



De evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1 is  $K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_2]}{[\text{NO}]^2}$ .

In de tweede stap verloopt reactie 2.



De snelheid van reactie 2 kan worden weergegeven door:

$$s_2 = k_2 [\text{N}_2\text{O}_2] [\text{O}_2] \quad (\text{snelheidsvergelijking 2})$$

Mede met behulp van de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 en snelheidsvergelijking 2 kan de experimenteel gevonden snelheidsvergelijking 1 worden afgeleid.

Hierbij moet worden aangenomen dat de snelheid van reactie 2 sterk verschilt van de snelheid waarmee evenwicht 1 zich instelt.

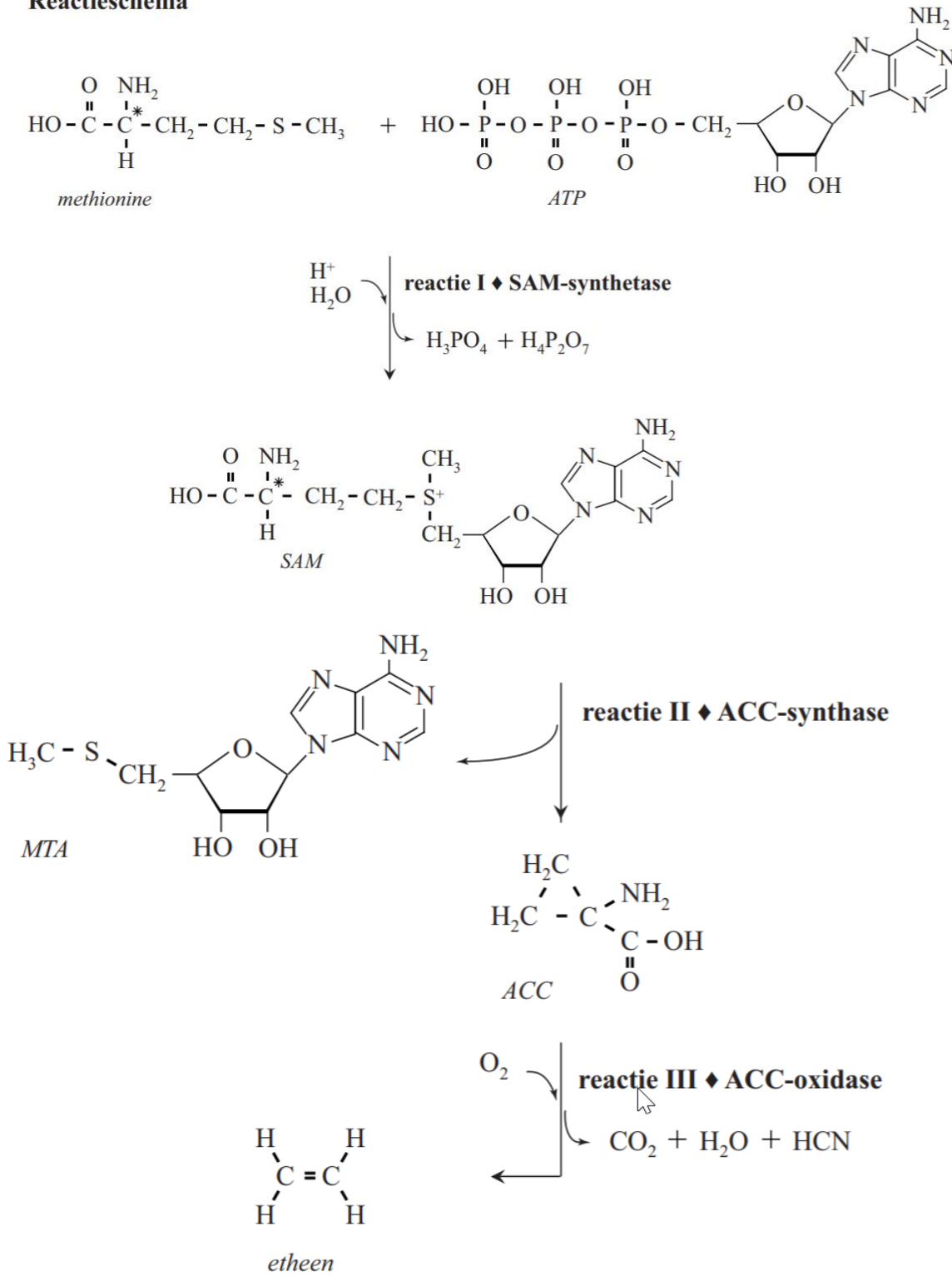
Op deze manier heeft men aangetoond dat het bovenbeschreven mechanisme voor reactie 1 juist kan zijn.

- 3p 27 Leg uit dat het reactiemechanisme via het gevormde deeltje N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in overeenstemming is met de experimenteel gevonden snelheidsvergelijking 1. Gebruik in je uitleg de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 en snelheidsvergelijking 2.

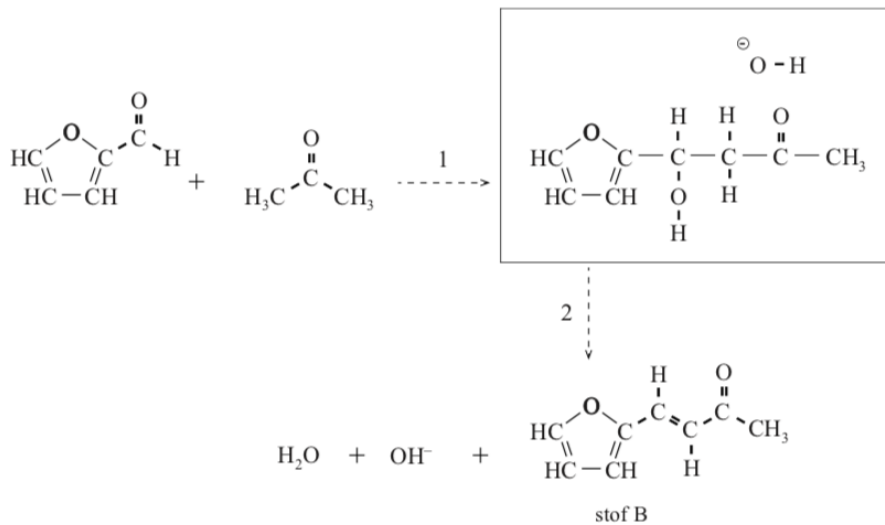


5

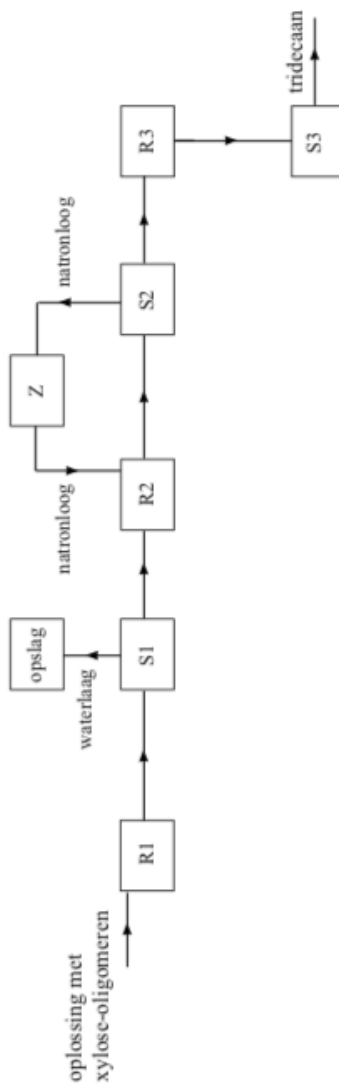
Reactieschema



17



19





## Antwoorden oefenvragen

### Antwoorden domein A

#### Vraag 1

In het werkplan zijn de handelingen beschreven die nodig zijn om het doel te bereiken. Het doel is in dit geval het scheiden van het mengsel van magnesiumcarbonaat en gehydrateerde amorfe silica en deze stoffen in vaste vorm te verkrijgen.

Wat je zou kunnen opschrijven is het volgende:

1. Meng het mengsel met warm water. In de vraag wordt al de hint gegeven dat de scheidingsmethode die waarschijnlijk is toegepast, extractie met water is.
2. Er wordt gezegd in de vraag dat de gehydrateerde amorfe silica onoplosbaar is. Deze stof zal dus als vaste stof in het water achterblijven, terwijl magnesiumcarbonaat goed oplost (de oplosbaarheid van het zout magnesiumcarbonaat kun je vinden in BINAS 45A).
3. Vervolgens damp je het filtraat in, omdat je de gehydrateerde amorfe silica zo zuiver mogelijk wilt verkrijgen. Door het filtraat in te dampen verwijder je het laatste water dat tussen de deeltjes kan zitten.
4. Nu hebben we nog het mengsel van water en magnesiumcarbonaat. Deze oplossing kun je indampen. Hierdoor verdampt het water en blijft het magnesiumcarbonaat als vaste stof achter.

### Antwoorden domein B

#### Vraag 1

De atomen staan op oplopend atoomnummer (van links naar rechts) gerangschikt in het periodiek systeem.

#### Vraag 2

Groep 1: Alkalimetalen (met uitzondering van H)

Groep 2: Aardalkalimetalen

Groep 17: Halogenen

Groep 18: Edelgassen

#### Vraag 3

- a) We zoeken broom op in BINAS 40A of in het periodiek systeem. We vinden dat broom atoomnummer 35 heeft: dit betekent dat  $^{80}\text{Br}$  35 protonen heeft.

Uit de vraag blijkt dat dit specifieke broomatoom een massagetal van 80 heeft. Het massagetal is de som van het aantal neutronen en protonen. Dus: aantal neutronen =  $80 - 35 =$  45 neutronen.

Het broomatoom is ongeladen (je ziet geen lading achter het atoom staan!), dus het aantal elektronen is gelijk aan het aantal protonen: in dit geval 35 elektronen.

- b) Broom staat in het periodiek systeem in de vierde periode, de elektronen zijn dus verdeeld over 4 schillen. Er zitten 2 elektronen in de K-schil, 8 elektronen in de L-schil, 18 elektronen in de M-schil en de overige 7 elektronen zitten in de N-schil.

Elektronenconfiguratie  $^{80}\text{Br}$ : 2, 8, 18, 7.

- c) Zie tabel B1.1, het maximaal aantal elektronen per schil kan bepaald worden door de formule:

$$2n^2$$



K-schil: 2 elektronen  
L-schil: 8 elektronen  
M-schil: 18 elektronen

#### Vraag 4

- a) Als je de elementen niet meer uit je hoofd weet, kun je ze heel makkelijk opzoeken in BINAS 40A.

Argon	Ar
Fluor	F
Chroom	Cr
Helium	He
Barium	Ba
Neon	Ne
Stikstof	N
Aluminium	Al
Zilver	Ag
Koper	Cu
Mangaan	Mn

- b) Dit kun je vinden in BINAS 99. Alle geelkleurde elementen vallen onder de metalen, de rest valt onder de niet-metalen.

Metalen: Cr, Ba, Al, Ag, Cu, Mn  
Niet-metalen: Ar, F, He, Ne, N

- c) Als je de elementen niet meer uit je hoofd weet, kun je ze heel makkelijk opzoeken in BINAS 40A.

Zwavel	S
Nikkel	Ni
Fosfor	P
Goud	Au
Calcium	Ca
Boor	B
Broom	Br
Koolstof	C
Jood	I
Kwik	Hg
Natrium	Na
Magnesium	Mg

- d) Dit kun je vinden in BINAS 99. Alle geelkleurde elementen vallen onder de metalen, de rest valt onder de niet-metalen.

Metalen: Ni, Au, Ca, Hg, Na, Mg  
Niet-metalen: S, P, B, Br, C, I

#### Vraag 5

- a) Noteer de verhoudingsformule van magnesiumcarbonaat.

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $Mg^{2+}$  (magnesium) en  $CO_3^{2-}$  (carbonaat). Je kunt hierbij gebruik maken van BINAS 40A voor elementen (magnesium) en BINAS 66B voor samengestelde ionen (carbonaat).

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 1  $Mg^{2+}$  en 1  $CO_3^{2-}$  nodig.

**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $MgCO_3$ .





- b) Zie stap 1 bij a. Magnesium bestaat uit de ionen  $Mg^{2+}$  en  $CO_3^{2-}$ . Magnesium is een metaalion en carbonaat is een niet-metaalion. Je kunt hierbij gebruik maken van BINAS 40A voor elementen (magnesium) en BINAS 66B voor samengestelde ionen (carbonaat).

### Vraag 6

- a) Geef de verhoudingsformule van kwik(II)sulfaat.

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $Hg^{2+}$  (kwik) en  $SO_4^{2-}$  (sulfaat). Je kunt hierbij gebruik maken van BINAS 40A voor elementen (kwik) en BINAS 66B voor samengestelde ionen (sulfaat).

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 1  $Hg^{2+}$  en 1  $SO_4^{2-}$  nodig.

**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $HgSO_4$ .

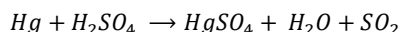
- b) Geef de reactievergelijking van kwik met zwavelzuur. Hiebij ontstaat naast kwik(II)sulfaat ook water en zwaveldioxide, dit is gegeven in de tekst.

We weten dus vanuit de vraag welke beginstoffen en welke reactieproducten we hebben. We gaan eens kijken of we van elke stof de molecuulformule weten!

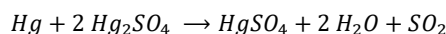
Beginstoffen: kwik (Hg) en zwavelzuur ( $H_2SO_4$ ).

Eindproducten: kwiksulfaat ( $HgSO_4$ ), water ( $H_2O$ ) en zwaveldioxide ( $SO_2$ ).

Nu zetten we dit in de vergelijking:



Nu moeten we de reactievergelijking nog kloppend maken:



### Vraag 7

- a) Geef de vergelijking van het oplossen gipspoeder in water.

Gipspoeder kun je opzoeken in tabel 66A. Hier vinden we dat gips eigenlijk calciumsulfaatdihydraat is.

Eerst schrijven we de verhoudingsformule van calciumsulfaat op:

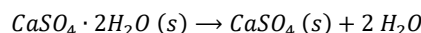
**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $Ca^{2+}$  en  $SO_4^{2-}$ .

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 1  $Ca^{2+}$  en 1  $SO_4^{2-}$  nodig.

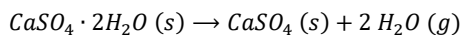
**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $CaSO_4$ .

Calciumsulfaatdihydraat:  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Nu moeten we dit oplossen in water. Volgens BINAS 45A is calciumsulfaat matig oplosbaar in water. Hierdoor ontstaat er een vaste stof in de oplossing, dit geven we aan door er (s) achter te zetten!



- b) Geef de systematische naamgeving van het zouthydraat: al gegeven bij a. Je kan het ook opzoeken in BINAS 66A: calciumsulfaatdihydraat.
- c) Geef de reactievergelijking als we het zouthydraat zouden verhitten



### Vraag 8

- a) De pH is ongeveer 9, dit is gegeven. We pakken BINAS 52A erbij. We zien dat kresolrood een omslagpunt heeft bij een pH tussen de 7,0 en 8,8. Bij lagere pH-waarden is kresolrood geel, bij hogere pH-waarden rood. We hebben een pH van 9, dit is hoger dan 8,8, dus de oplossing is rood.
- b) We pakken weer BINAS 52A voor ons. Thymolftaleïen staat bijna onderaan. We zien dat thymolftaleïen een omslagpunt heeft bij een pH tussen de 9,4 en 10,6. Bij lagere pH-waarden is thymolftaleïen kleurloos, bij hogere pH-waarden blauw. We hebben een pH van 9, dus het omslagpunt is niet bereikt: de oplossing is kleurloos.

### Vraag 9

- a) Eerst schrijven we de verhoudingsformule van waterstofjodide op:

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $\text{H}^+$  en  $\text{I}^-$ . Je kunt deze elementen vinden in tabel B1.3 of in BINAS 40A.

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 1  $\text{H}^+$  en 1  $\text{I}^-$  nodig.

**Stap 3** De verhoudingsformule is dan HI.

Waterstofjodide wordt dus weergegeven met de chemische formule HI. We pakken BINAS 49 erbij. HI staat als tweede linksbovenaan genoemd en heeft een zuurconstante van  $\gg 1$ . Dit betekent dat waterstofjodide een **sterk zuur** is, en zich dus volledig in ionen splitst.

- b) Fosforzuur kun je opzoeken in BINAS 66A, hieruit blijkt dat fosforzuur triwaterstoffosfaat is.

Eerst schrijven we de verhoudingsformule van triwaterstoffosfaat op:

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $\text{H}^+$  en  $\text{PO}_4^{3-}$ . Je kunt het element waterstof vinden in tabel B1.3 of in BINAS 40A, fosfaat vind je in tabel B1.4 of in BINAS 66B.

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 3  $\text{H}^+$  en 1  $\text{PO}_4^{3-}$  nodig.

**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Fosforzuur wordt dus weergegeven met de chemische formule  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Fosforzuur kun je vinden in BINAS 49 bij een  $K_z$  van  $6,9 \cdot 10^{-3}$ . De  $K_z$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwak zuur**.

- c) Zwavelzuur wordt weergegeven met de chemische formule  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (zie BINAS 66B). Zwavelzuur kun je vinden in BINAS 49 in het rijtje linksboven vinden, bij een  $K_z$  van  $\gg 1$ . Zwavelzuur is dus een **sterk zuur**.

- d) Eerst schrijven we de verhoudingsformule van waterstofsulfaat op:

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $\text{H}^+$  en  $\text{SO}_3^{2-}$ . Je kunt het element waterstof vinden in tabel B1.3 of in BINAS 40A, fosfaat vind je in tabel B1.4 of in BINAS 66B.

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 2  $\text{H}^+$  en 1  $\text{SO}_3^{2-}$  nodig.

**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .



Er wordt alleen gevraagd naar de waterstofsulfaation. De waterstofsulfaation wordt weergegeven met de chemische formule  $\text{HSO}_3^-$  (dit vind je in BINAS 66B). In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_z$  van  $6,2 \cdot 10^{-8}$ . De  $K_z$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwak zuur**.

- e) Ammoniumion wordt weergegeven als  $\text{NH}_4^+$ , zie BINAS 66B. In BINAS 49 vinden we deze bij een  $K_z$  van  $5,6 \cdot 10^{-10}$ . De  $K_z$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwak zuur**.

### Vraag 10

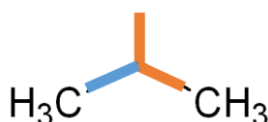
- a)  $\text{CN}^-$ : In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_b$  van  $1,6 \cdot 10^{-5}$ . De  $K_b$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwakke base**.
- b)  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ : In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_b$  van  $4,6 \cdot 10^{-4}$ . De  $K_b$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwakke base**.
- c)  $\text{NH}_2^-$ : In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_b$  van  $\gg 1$ . Het is dus een **sterke base**.
- d)  $\text{NH}_3$ : In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_b$  van  $1,8 \cdot 10^{-5}$ . De  $K_b$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwakke base**.
- e)  $\text{PO}_4^{3-}$ : In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_b$  van  $2,1 \cdot 10^{-2}$ . De  $K_b$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwakke base**.
- f)  $\text{SO}_4^{2-}$ : In BINAS 49 vind je deze bij een  $K_b$  van  $9,5 \cdot 10^{-13}$ . De  $K_b$ -waarde is kleiner dan 1, dus is dit een **zwakke base**.

### Vraag 11

**Stap 1** De hoofdketen is een aromaat, de stamnaam is benzeen.

**Stap 2** Deze kunnen we overslaan, we hebben al onze hoofketen!

**Stap 3** Er zijn zijgroepen aanwezig, dus nummeren we de C-atomen van de hoofdketen. De zijgroepen zitten op C-atomen 1 en 4. De zijgroepen zijn  $\text{CH}_3$  (methyl) op 1 en op 4 een  $\text{CH}-\text{CH}_3$  (oranje) groep met daaraan een  $\text{CH}_3$  groep (blauw)! Kijk maar eens mee:



Voor een zijgroep met een vertakking, neem je dus ook weer de 'hoofdzijketen'  $\text{CH}-\text{CH}_3$  als basis en kijk je daarna welke zijgroep er overblijft.

De zijgroep  $\text{CH}-\text{CH}_3$  heet ethyl en zijgroep  $\text{CH}_3$  heet methyl. Samen heet de zijgroep methylethyl.

**Stap 4** De naam wordt nummers zijgroepen + aantal zijgroepen + stamnaam keten: 1-methyl-4-methylethylbenzeen.

### Vraag 12

Geef de systematische naamgeving van bijbehorende structuurformule.

- a) **Stap 1** De hoofdgroep van dit molecuul is een benzeenring.

**Stap 2** De stamnaam is dus ook bezeen.

**Stap 3** Op het 1<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> koolstofatoom zit een methylgroep. We voegen dus 1,4-dimethyl voor stamnaam.



**Stap 4** 1,4-dimethylbenzeen

- b) Stap 1** De langste onvertakte koolstofketen is een keten met vijf C-atomen.  
**Stap 2** De stamnaam is dus pentaan (vijf C-atomen, geen dubbele bindingen).  
**Stap 3** Op het tweede, derde en vierde koolstofatoom zit een methylgroep. We voegen dus 2,3,4-trimethyl voor stamnaam.  
**Stap 4** 2,3,4-trimethylpentaan
- c) Stap 1** De langste onvertakte koolstofketen is een keten bestaande uit vier C-atomen.  
**Stap 2** Er zit een dubbele binding tussen het eerste en tweede C-atoom. De stamnaam is dus but-1-een.  
**Stap 3** Er zijn verder geen zijgroepen.  
**Stap 4** But-1-een

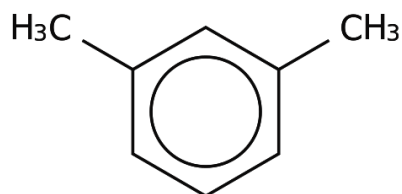
### Vraag 13

**a)** 1,3- dimethylbenzeen

*Stap 1* We beginnen met het tekenen van een benzeenring, dit is het belangrijkste deel van het molecuul.

*Stap 2* Er zitten twee methylgroepen aan de benzeenring, ze zitten aan het eerste en derde koolstofatoom.

*Stap 3* Teken de structuurformule:

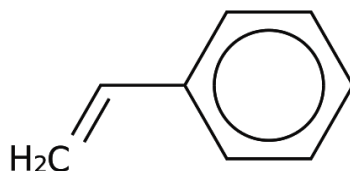


**b)** Fenyletheen

*Stap 1* We beginnen met het tekenen etheen, dit is de stamnaam, en dus het belangrijkste. Ethaan is een koolstofketen van twee C-atomen met een dubbele binding tussen deze twee atomen.

*Stap 2* Er zitten een fenylgroep aan de etheenketen. Een fenylgroep is een benzeenring.

*Stap 3* Teken de structuurformule:

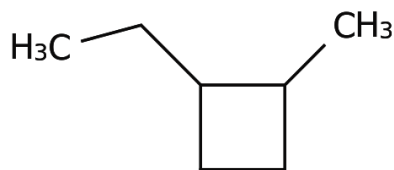


**c)** 1-ethyl-2-methylcyclobutaan

*Stap 1* We beginnen met het tekenen van de cyclobutaanketen, dit is het belangrijkste deel van het molecuul. De keten is cyclisch: rond.

*Stap 2* Aan het eerste C-atoom zit een ethylgroep en aan het tweede C-atoom zit een methylgroep.

*Stap 3* Teken de structuurformule:

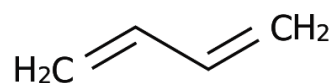


**d) But-1,2-dieen**

*Stap 1* We beginnen met het tekenen van koolstofketen van vier C-atomen: but- staat voor vier.

*Stap 2* Er zitten twee dubbele bindingen in de koolstofketen: dieen. De dubbele bindingen zitten op de eerste en derde plek.

*Stap 3* Teken de structuurformule:

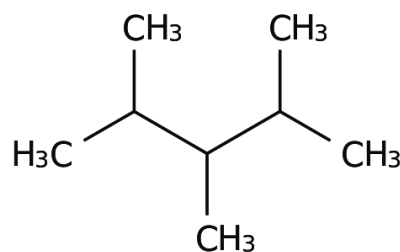


**e) 2,3,4-trimethylpentaan**

*Stap 1* We beginnen met het tekenen van koolstofketen bestaande uit vijf C-atomen (pentaan).

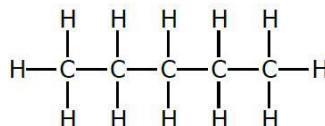
*Stap 2* Er zitten drie methylgroepen aan de keten, ze zitten aan het tweede, derde en vierde koolstofatoom.

*Stap 3* Teken de structuurformule:

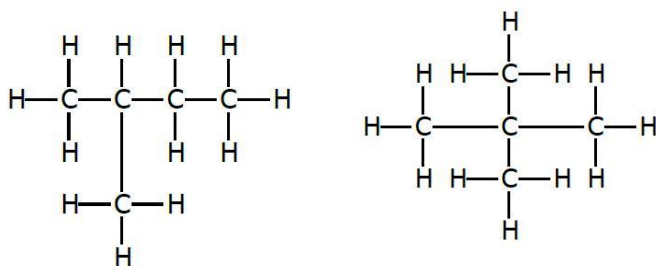


### Vraag 14

**a)** Teken een structuurformule van  $C_5H_{12}$ . We tekenen een keten van vijf C-atomen. Er passen precies twaalf H-atomen aan de keten, zonder dubbele bindingen. Dit is dus pentaan:



**b)** Dit is niet de enige manier waarop je de structuurformule van kunt tekenen. De andere zijn:



- c) Wanneer koolstofketens dezelfde molecuulformule hebben, maar een andere structuurformule, heet het isomerie (lees in de theorie!).
- d) Geef de systematische naam bij alle getekende structuurformules

De bij a. getekende structuurformule heet pentaan (vijf C-atomen), geen dubbele bindingen of zijgroepen.

De eerst getekende structuurformule bij b:

**Stap 1** Langste keten: vier C-atomen.

**Stap 2** De keten heet butaan. Het is een alkaan, want er zijn geen dubbele bindingen.

**Stap 3** Er zit een methylgroep aan het tweede C-atoom.

**Stap 4** 2-methylbutaan

De tweede structuurformule bij b:

**Stap 1** Langste keten: drie C-atomen.

**Stap 2** De keten heet propana. Het is een alkaan, want er zijn geen dubbele bindingen.

**Stap 3** Er zitten twee methylgroepen aan het tweede C-atoom.

**Stap 4** 2-dimethylpropana

## Vraag 15

Geef de structuurformules van de volgende stoffen:

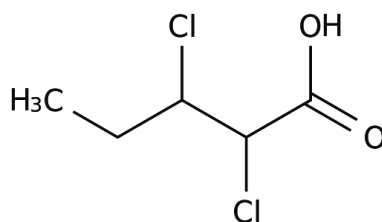
- a) 2,3-dichloorpentaanzuur

**Stap 1** Teken een keten van vijf C-atomen (pentaanzuur).

**Stap 2** Teken aan één uiteinde de zuurgroep, bestaande uit een dubbelgebonden O en een OH-groep (pentaanzuur). In tabel B1.8 óf in BINAS 66D kun je vinden dat een zuurgroep staat voor -OOH.

**Stap 3** Teken aan het tweede en derde C-atoom een chloorgroep.

**Stap 4** Klaar!



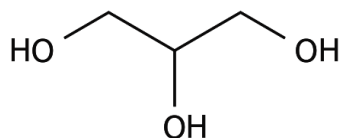


b) Propaan-1,2,3-triol

**Stap 1** Teken een keten van drie C-atomen (propaan...).

**Stap 2** Teken aan alle drie de C-atomen een OH-groep (propaan-1,2,3-triol).

**Stap 3** Klaar!



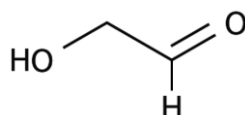
c) 2-hydroxyethanal

**Stap 1** Teken een keten van twee C-atomen (hydroxyethanal).

**Stap 2** In BINAS 66D óf in tabel B1.7 zoek je op dat de uitgang -al staat voor een aldehydegroep: een dubbelgebonden O en een H-atoom aan een uiteinde van een molecuul (hydroxyethanal).

**Stap 3** Het voorvoegsel hydroxy staat voor een OH-groep, deze kan alleen nog maar op het andere C-atoom!

**Stap 4** Klaar!



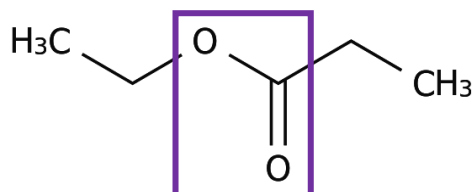
### Vraag 16

a) **Stap 1** We zien een estergroep (omkaderd). De langste koolstofketen aan één kant van de ester is propaan.

**Stap 2** De stamnaam is dus propanoaat.

**Stap 3** Aan de andere kant van de estergroep zit een ethylgroep.

**Stap 4** Ethylpropaanoaat.



b) **Stap 1** De langste koolstofketen bestaat uit vijf C-atomen.

**Stap 2** De stamnaam is pentaan.

**Stap 3** Er zitten twee broomatomen aan de keten, op het eerste en tweede C-atoom (1,2-dibromo-). Er zit één methylgroep op het derde C-atoom.

**Stap 4** 1,2-dibroom-3-methylpentaan.

### Vraag 17

We gaan allereerst de structuurformule van propanal en van propaan-2-amine opstellen.

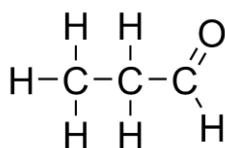
#### Propanal

**Stap 1** We tekenen een koolstofketen die uit drie C-atomen bestaat (propanal).

**Stap 2** De uitgang is -al. In BINAS 66D vinden we dat dit staat voor een aldehyde (= dubbelgebonden O en een H-atoom aan het eind van een koolstofketen).



**Stap 3** Klaar!

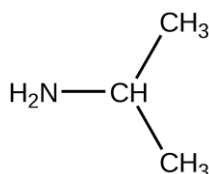


### Propaan-2-amine

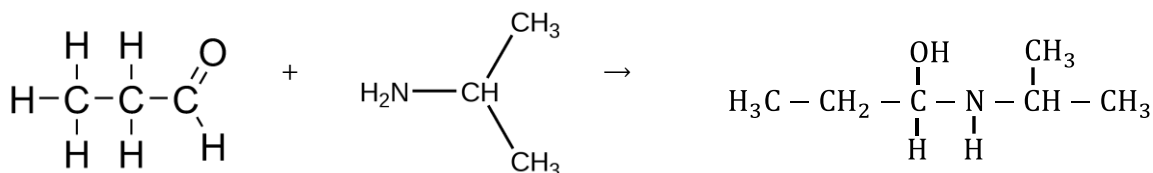
**Stap 1** We tekenen een koolstofketen die uit drie C-atomen bestaat (propaan-2-amine).

**Stap 2** Aan het tweede C-atoom zit een amine (-NH<sub>2</sub>-groep), zie BINAS 66D.

**Stap 3** Klaar!



Uit figuur 1 in de gegevens blijkt dat het hemiaminal gevormd wordt uit een aldehyde en een amine. We hebben deze allebei, dus we kunnen eerst het hemiaminal vormen!



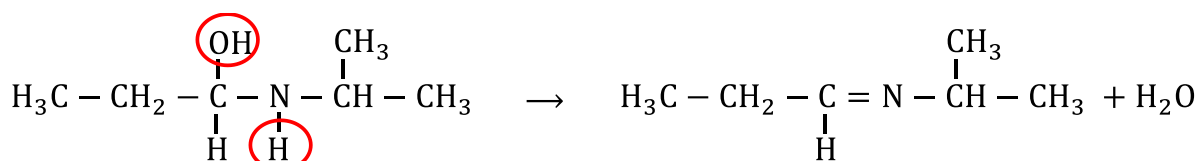
**aldehyde**

**amine**

**hemiaminal**

De dubbele binding van de O van het aldehyde springt open, nu kan het O-atoom nog een binding aangaan. Een van de H-atomen van het amine verhuist naar het O-atoom. Nu heeft het N-atoom maar twee bindingen en kan het een binding aangaan met het C-atoom: het hemiaminal is gevormd!

Uit het hemiaminal wordt water afgesplitst (rood omcirkeld), dat laten we in de vraag. Zo wordt het imine gevormd!



**Het gevormde imine**

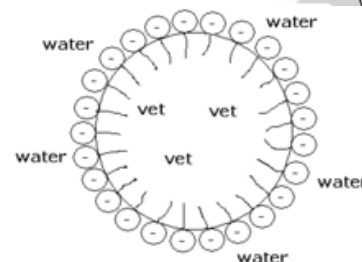
### Vraag 18

- Suspensie. Zand is een vaste stof die niet oplost in water (vloeibare stof). Daarom ontstaat er een suspensie: het zand zakt naar de bodem.
- Oplossing. Zout lost goed op in water en is homogeen verdeeld. Wanneer zout in water wordt opgelost, ontstaat er een heldere oplossing.
- Emulsie. Slaolie is een hydrofobe stof, water is een hydrofiele stof. Water en slaolie mengen niet. Na verloop van tijd ontstaat er een tweelagensysteem.



**Vraag 19**

Een emulgator zorgt ervoor dat een hydrofobe en een hydrofiële vloeistof tóch met elkaar mengen. Een emulgator bestaat uit een hydrofiële kop en een hydrofobe staart. De hydrofiële kop zal in de hydrofiële vloeistof zijn, terwijl de hydrofobe staart in de hydrofobe vloeistof zit (zie de figuur). Hierdoor kunnen deze twee vloeistoffen met elkaar mengen.

**Vraag 20**

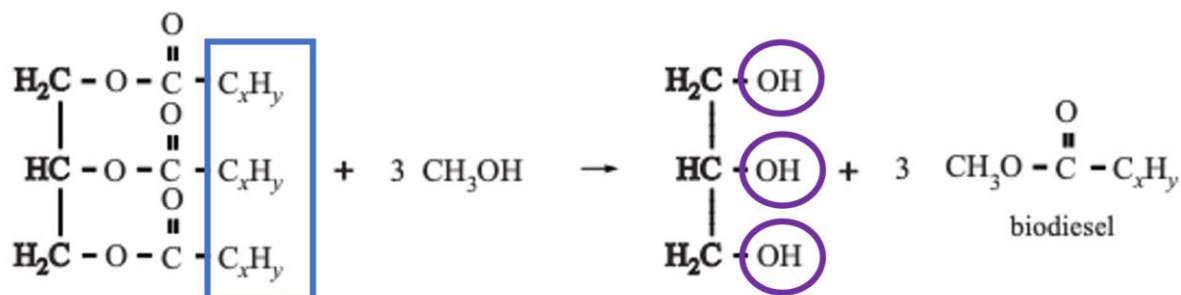
Er zijn zeven aardoliefracties. In die aardoliefracties zitten tal van verschillende stoffen. Het is dus een **mengsel** van stoffen. Een kenmerk van een mengsel is dat het een kooktraject heeft (lees de tekst nog maar eens!)

**Vraag 21**

- a) We verklaren dit aan de hand van het atoommodel volgens Bohr: volgens de **octetregel** streeft een atoom altijd naar de ideale toestand. De ideale toestand is dat er acht elektronen in de buitenste schil zitten. In het periodiek systeem kunnen we vinden dat het koolstofatoom vier valentie-elektronen heeft. Dit betekent dat het koolstofatoom nog vier andere elektronen moet delen met een ander atoom. Dat maakt de **covalentie** (hoe vaak het atoom zich kan binden) 4!
- b) Als we kijken in het periodiek systeem in BINAS, dan zien we dat er acht elektronen in de buitenste schil van neon zitten. Dit betekent dat een stof zich eigenlijk heel comfortabel voelt en geen bindingen wil aangaan om extra elektronenparen te delen. Hierdoor reageren edelgassen niet.

**Vraag 22**

We laten de oplossing zien aan de hand van de figuur:



Glycerolmoleculen hebben OH-groepen (zie **paars** omcirkeld) en vormen (onderling) waterstofbruggen. Zoals je hebt geleerd in de theorie, is het in aanwezigheid van OH-groepen mogelijk dat een stof waterstofbruggen vormt. Ook is er bij glycerol nog sprake van vanderwaalsbindingen, al zijn deze minder sterk (zie de tabel in de theorie).

Biodieselmoleculen bevatten een lange (koolwaterstof)keten (**blauw** omkaderd) en vormen vanderwaalsbindingen. Hoe langer deze ketens zijn, hoe sterker de binding is! Als je nog even goed wilt weten hoe dit zit, lees je de theorie nog eens door!

**Vraag 23**

Zowel de stof  $\text{V}_2\text{O}_2\text{P}_2\text{O}_7$  als de stof  $\text{V}_2\text{OP}_2\text{O}_7$  is elektrisch neutraal. We moeten dus gaan beredeneren welke lading het V-ion zou moeten hebben om de stof elektrisch neutraal te maken. De lading van het  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$  ion is gegeven, namelijk -4. De lading van oxide-ionen kunnen we gemakkelijk opzoeken in BINAS. Het gemakkelijkst gebruik je hiervoor BINAS 40A, hier vind je in de laatste kolom de ionlading. We vinden hier dat O een lading heeft van -2.

Voor  $\text{V}_2\text{O}_2\text{P}_2\text{O}_7$ : We hebben twee O-atomen, met een lading van  $-2 = -4$ .

We hebben een  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$  ion met een lading van -4.



De netto negatieve lading is  $-8$ . Om de stof elektrisch neutraal te maken, hebben we dus een lading van  $+8$  nodig.

We hebben 2 V-ionen:  $\frac{+8}{2} = +4$ .

In  $V_2O_2P_2O_7$  heeft het V-ion een lading van  $+4$ :  $V^{4+}$ .

Voor  $V_2OP_2O_7$ : We hebben één O-atoom, met een lading van  $-2$ .

We hebben een  $P_2O_7^{4-}$  ion, met een lading van  $-4$ .

De netto negatieve lading is  $-6$ . Om de stof elektrisch neutraal te maken, hebben we dus een lading van  $+6$  nodig.

We hebben 2 V-ionen:  $\frac{+6}{2} = +3$ .

In  $V_2O_2P_2O_7$  heeft het V-ion een lading van  $+3$ :  $V^{3+}$ .

### Vraag 24

Het carbonaation is  $CO_3^{2-}$  (BINAS 66B).

**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

C-atoom heeft 4 valentie-elektronen

O-atoom heeft 6 valentie-elektronen

Totaal:  $3 \cdot 6 + 4 = 22$  valentie – elektronen

De lading van  $-2$  zorgt ervoor dat het totaal aantal elektronen  $22+2=24$  is.

**Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

C-atoom: 8 elektronen

O-atoom: 8 elektronen

Totaal:  $3 \cdot 8 + 8 = 32$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

Elektronentekort:  $32 - 24 = 8$  elektronen tekort

Aantal bindende elektronenparen:  $\frac{8}{2} = 4$  bindende elektronenparen

**Stap 4** Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven.

Totaal aantal elektronen is 24, dat zijn 12 paren (stap 1)

Aantal bindende elektronenparen is 4 (stap 3)

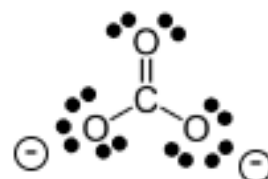
Er blijven  $12 - 4 = 8$  elektronenparen over.

**Stap 5** Teken de Lewisstructuur.

We weten dus dat we acht elektronenparen moeten plaatsen. Maar hoe weten we nu precies op welke plaats we die elektronen moeten plaatsen?

Eigenlijk kijk je weer even terug in de eerste stap. We hadden drie O-atomen, en één C-atoom. Omdat het C-atoom vier bindingen kan aangaan (met de O-atomen) heeft het C-atoom dan in ieder geval acht elektronen om zich heen, dan voelt het atoom zich lekker!

De O-atomen hebben een covalentie van twee (zie uitleg of BINAS 99), maar willen wel graag acht elektronen om zich heen. Als een O twee bindingen heeft, betekent dat er nog twee elektronenparen bij moeten. Als een O-atoom maar één binding heeft, dan moeten er drie elektronenparen bij worden getekend! Hierdoor ontstaat een negatieve lading: een elektronenoverschot!



**Vraag 25**

a)

**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

C-atoom heeft 4 valentie-elektronen

H-atoom heeft 1 valentie-elektron

N-atoom heeft 5 valentie-elektronen

*Totaal:  $4 + 1 + 5 = 10$  valentie – elektronen***Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

C-atoom: 8 elektronen

H-atoom: 2 elektronen (uitzondering)

N-atoom: 8 elektronen

*Totaal:  $8 + 2 + 8 = 18$  elektronen***Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.*Elektronentekort:  $18 - 10 = 8$  elektronen tekort**Aantal bindende elektronenparen:  $\frac{8}{2} = 4$  bindende elektronenparen***Stap 4** Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven.Totaal aantal elektronen is 10, dat zijn 5 paren (*stap 1*)Aantal bindende elektronenparen is 4 (*stap 3*)Er blijft  $5 - 4 = 1$  elektronenpaar over.**Stap 5** Teken de Lewisstructuur.C heeft een covalentie van vier, het atoom kan dus vier bindingen aangaan. H heeft een covalentie van één, en N heeft een covalentie van drie.

We kunnen het N-atoom een drievoudige binding geven met het C-atoom, zo heeft het C-atoom nog één plekje over voor een binding met het H-atoom. Door deze bindingen heeft het H-atoom twee elektronen om zich heen en heeft het C-atoom acht elektronen om zich heen (voldoen dus aan de octetregel!).

Alleen het N-atoom heeft nog maar zes elektronen om zich heen én we hebben 1 elektronenpaar over. Deze plaatsen we dus bij het N-atoom, nu voldoet ook het N-atoom aan de octetregel!



Het omringingsgetal van C is twee (zie a), aan de ene kant een N-atoom en aan de andere kant een H-atoom. Als je kijkt in tabel B4.1, dan zie je dat de molecuulbouw lineair is: door de driedubbele binding tussen het C- en N-atoom, is de binding heel erg star en dus lineair!

**Vraag 26**De molecuulformule van NMP kun je afleiden door de atomen in de structuurformule te tellen, deze is:  $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}$ .**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

C-atoom heeft 4 valentie-elektronen

H-atoom heeft 1 valentie-elektron

N-atoom heeft 5 valentie-elektronen

O-atoom heeft 6 valentie-elektronen

*Totaal:  $4 \cdot 5 + 1 \cdot 9 + 5 + 6 = 40$  valentie – elektronen*



**Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

C-atoom: 8 elektronen

H-atoom: 2 elektronen (uitzondering)

N-atoom: 8 elektronen

O-atoom: 8 elektronen

Totaal:  $8 \cdot 5 + 2 \cdot 9 + 8 + 8 = 74$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

Elektronentekort:  $74 - 40 = 34$  elektronen tekort

Aantal bindende elektronenparen:  $\frac{34}{2} = 17$  bindende elektronenparen

**Stap 4** Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven.

Totaal aantal elektronen is 40, dat zijn 20 paren (stap 1)

Aantal bindende elektronenparen is 17 (stap 3)

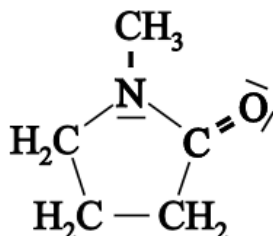
Er blijft  $20 - 17 = 3$  niet-bindende elektronenparen over.

**Stap 5** Teken de Lewisstructuur.

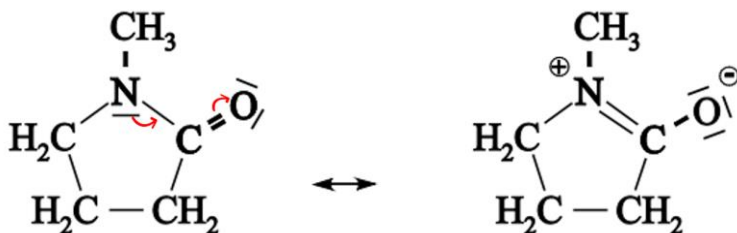
We hadden natuurlijk al de gegeven structuur. We moeten alleen de drie overgebleven elektronenparen plaatsen.

We doen dit door te kijken naar welk atoom nog geen acht elektronen (of in het geval van H, twee) om zich heen heeft: met andere woorden, een atoom dat niet voldoet aan de octetregel. We vinden een N-atoom dat zes elektronen om zich heen heeft (namelijk drie bindingen), en een O-atoom dat vier elektronen om zich heen heeft.

We plaatsen één elektronenpaar bij het N-atoom en twee bij het O-atoom. Je kunt deze zowel als streepjes of stipjes neerzetten!



In de vraag was gegeven dat de oplosbaarheid van NMP in water te verklaren is met behulp van de Lewisstructuur van een mesomere grensstructuur van NMP. Ook gegeven is dat er formele ladingen voorkomen in deze mesomere grensstructuur. We moeten deze dus gaan opstellen.

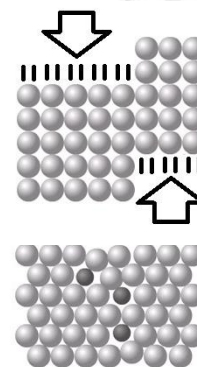


De elektronen kunnen zich verplaatsen volgens de rode pijltjes. Zo ontstaat er een dubbele binding tussen N en C. Het stikstofatoom heeft daarmee een positieve lading, en het O-atoom een negatieve lading!

**Vraag 27**

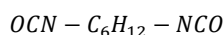
Een metaal bestaat uit een metaalrooster. Hierin zijn alle metaalatomen netjes gerangschikt. Dit kan, omdat het steeds dezelfde atomen zijn die aan elkaar binden. In een metaalrooster glijden de rijen met metaalionen soms gemakkelijk langs elkaar (zie figuur hiernaast). Hierdoor is het metaal veel buigzamer en minder sterk.

In een legering worden roosterfouten geïntroduceerd door een andere stof toe te voegen aan het metaalrooster. Hierdoor is er meer overlap tussen de metaalatomen en glijden de verschillende rijen niet meer langs elkaar. Hierdoor is het metaal minder buigzaam, en dus sterker!

**Vraag 28**

- a) We moeten de volledige structuurformule van 1,6-hexaamdi-isocynaat opstellen.

Gegeven is dit:



**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

C-atoom heeft 4 valentie-elektronen

H-atoom heeft 1 valentie-elektron

N-atoom heeft 5 valentie-elektronen

O-atoom heeft 6 valentie-elektronen

Totaal:  $4 \cdot 8 + 1 \cdot 12 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 6 = 66$  valentie – elektronen

**Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

C-atoom: 8 elektronen

H-atoom: 2 elektronen (uitzondering)

N-atoom: 8 elektronen

O-atoom: 8 elektronen

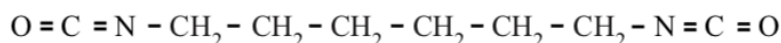
Totaal:  $8 \cdot 8 + 2 \cdot 12 + 8 \cdot 2 + 8 \cdot 2 = 120$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

Elektronentekort:  $120 - 66 = 54$  elektronen tekort

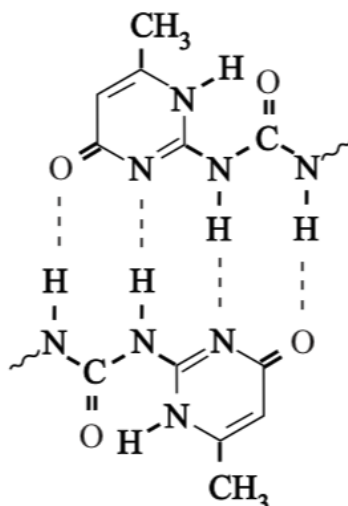
Aantal bindende elektronenparen:  $\frac{54}{2} = 27$  bindende elektronenparen

We weten nu dat er 27 bindende elektronenparen zijn.  $C_6H_{12}$  staat voor een alkaanketen en heeft alleen enkele bindingen tussen de C- en H- of C- en C-atomen. Om het kloppend te maken moet er een dubbele binding aanwezig zijn tussen het O-atoom (covalentie van 2) en het C-atoom, en een dubbele binding tussen het C-atoom (heeft een covalentie van 4) en het N-atoom (heeft een covalentie van 3).



- b) We moeten twee Upy groepen en vier stippelijntjes tekenen en zo aangeven hoe beide Upy groepen door middel van waterstofbruggen aan elkaar zijn gebonden.

Er is gegeven dat de O-atomen van C=O-bindingen waterstofbruggen kunnen vormen. In een Upy groep zijn ook N-H-groepen aanwezig, die ook H-bruggen kunnen vormen. De waterstofbrug geef je weer door middel van een stippelijntje.



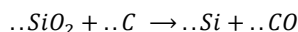
- c) Bij verwarmen (tot 140 C°) worden (na het verbreken van de waterstofbruggen ook) de vanderwaalsbindingen tussen de moleculen van stof B (deels) verbroken, zodat de stof vloeibaar wordt (en het zelfherstellende vermogen kan optreden). Als het aantal repeterende eenheden laag is, zijn de vanderwaalsbindingen tussen moleculen van stof B zwak en kan de stof bij 140 C° vloeibaar worden. Wanneer het aantal repeterende eenheden te hoog is, zijn de vanderwaalsbindingen tussen moleculen van stof B sterker. Bij verwarmen (tot 140 C°) wordt de stof dus niet vloeibaar (en kan het zelfherstellende vermogen niet optreden).

## Antwoorden domein C

### Vraag 1

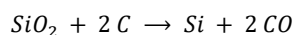
We moeten bij alle subvragen van vraag 1 de reactievergelijkingen kloppend maken. We volgen het schema voor het opstellen van een reactievergelijking dus vanaf stap 3.

a)

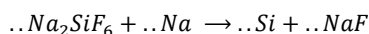


**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 2 plaatsen voor CO. Als we dat gedaan hebben, is het aantal O-atomen gelijk: voor én na de pijl twee O-atomen. We moeten dan alleen nog een coëfficiënt 2 plaatsen voor de C, om het aantal C gelijk te maken.

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>Si</b>	1	1	<b>Si</b>	1	1
<b>O</b>	2	1	<b>O</b>	2	2
<b>C</b>	1	1	<b>C</b>	2	2



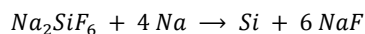
b)



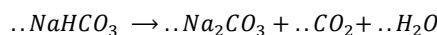
**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 6 plaatsen voor NaF. Als we dat gedaan hebben, is het aantal F-atomen gelijk: voor én na de pijl zes F-atomen. We moeten dan alleen nog een coëfficiënt 4 plaatsen voor Na, om het aantal Na-atomen gelijk te maken.



	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>Na</b>	3	1		<b>Na</b>	6
<b>Si</b>	1	1		<b>Si</b>	2
<b>F</b>	6	1		<b>F</b>	6

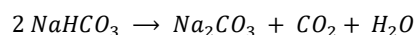


c)

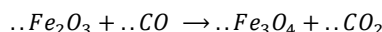


**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 2 plaatsen voor  $\text{NaHCO}_3$ . Als we dat gedaan hebben, is het aantal Na-atomen gelijk: voor én na de pijl twee. Ook het aantal H-atomen is gelijk: voor én na de pijl twee. Ook het aantal C-atomen is gelijk: voor en na de pijl twee. Ook hebben we dan voor en na de pijl zes O-atomen.

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>Na</b>	1	2		<b>Na</b>	2
<b>H</b>	1	2		<b>H</b>	2
<b>C</b>	1	2		<b>C</b>	2
<b>O</b>	3	6		<b>O</b>	6

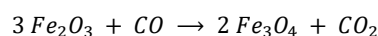


d)



**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 3 plaatsen voor  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Als we dat gedaan hebben, moeten we een coëfficiënt 2 plaatsen voor  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Dan is de reactie kloppend!

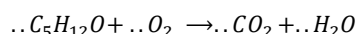
	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>Fe</b>	2	3		<b>Fe</b>	6
<b>O</b>	4	6		<b>O</b>	10
<b>C</b>	1	1		<b>C</b>	1



## Vraag 2

**Stap 1** Bij een volledige verbranding is er voor de pijl altijd zuurstof ( $\text{O}_2$ ) aanwezig. Er wordt een koolwaterstof verbrand, deze is gegeven:  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ . Dit is een koolwaterstof, dus na de pijl ontstaan water ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ).

**Stap 2** Zuurstof en  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  voor de pijl. Koolstofdioxide na de pijl:

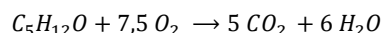


**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het aantal C-atomen kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 5 plaatsen voor  $\text{CO}_2$ . Als we dat gedaan hebben, is het aantal C-atomen voor en na de pijl gelijk, namelijk vijf. Het aantal H-atomen kunnen we gemakkelijk gelijk maken: we plaatsen een coëfficiënt 6 voor  $\text{H}_2\text{O}$ . We hebben nu voor de pijl 3 O-atomen en na de pijl 16.

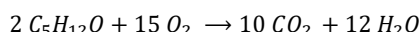


Eén van de O-atomen zit in  $C_5H_{12}O$ , dat is niet gemakkelijk vermenigvuldigen. We moeten dus bedenken hoeveel keer we  $O_2$  moeten vermenigvuldigen om 15 O-atomen te krijgen (16-1), dit is 7,5.

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>C</b>	5	1	<b>C</b>	5	5
<b>O</b>	3	3	<b>O</b>	16	16
<b>H</b>	12	2	<b>H</b>	12	12



**Stap 4** Als niet alle coëfficiënten hele getallen zijn, vermenigvuldig je alle getallen. Coëfficiënten moeten hele getallen zijn, dus:



**Stap 5** Controleer of je totale lading voor en na de pijl gelijk is: er is geen lading in de vergelijking.

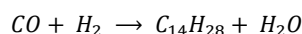
### Vraag 3

**Stap 1** Kerosine =  $C_{14}H_{28}$

Syngas = CO en  $H_2$

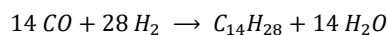
Water =  $H_2O$

**Stap 2**



**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 14 plaatsen voor CO. We hebben nu veertien C-atomen voor én na de pijl. We hebben nu veertien O-atomen voor de pijl, maar we hebben maar één O-atoom na de pijl. Daarom plaatsen we ook een coëfficiënt 14 voor  $H_2O$ . We moeten nu alleen nog de H-atomen kloppend maken! We hebben twee H-atomen voor de pijl en 56 H-atomen na de pijl. We maken dit gelijk door 28 vóór de  $H_2$  te zetten.

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>C</b>	1	14	<b>C</b>	14	14
<b>O</b>	1	1	<b>O</b>	14	14
<b>H</b>	2	30	<b>H</b>	56	56



**Stap 4** Als niet alle coëfficiënten hele getallen zijn, vermenigvuldig je alle getallen. Alle coëfficiënten zijn hele getallen, vermenigvuldigen is niet nodig!

**Stap 5** Controleer of je totale lading voor en na de pijl gelijk is: geen lading in de vergelijking.

### Vraag 4

a) **Stap 1** Siliciumtetrachloride: de chemische formule van silicium is Si, de chemische formule van chloride is Cl. Tetra gaat over chloride, want het staat ervóór. Tetra betekent vier (BINAS 66C), dus chloride is vier keer aanwezig.







Magnesium is Mg, als je de elementen niet meer uit je hoofd weet, kun je BINAS 40A gebruiken!

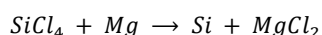
Magnesiumchloride is een zout, in domein B leerden we een stappenplan om de juiste verhoudingsformule van een zout op te stellen, die pakken we er even bij!

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $Mg^{2+}$  en  $Cl^-$ . (De lading kun je vinden in periodiek systeem).

**Stap 2** Om de stof elektrisch neutraal te maken heb je 1  $Mg^{2+}$  nodig en 2  $Cl^-$ .

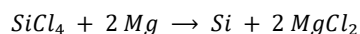
**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $(Mg^{2+})(Cl^-)_2$  of  $MgCl_2$ .

**Stap 2**



**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 2 plaatsen voor  $MgCl_2$ . Als we dat gedaan hebben, is het aantal Cl-atomen voor en na de pijl gelijk. Het aantal Si-atomen voor en na de pijl was al gelijk. Om het aantal Mg-atomen gelijk te maken, moeten we een coëfficiënt 2 plaatsen voor Mg. Dan is de reactie kloppend!

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>Si</b>	1	1	<b>Si</b>	1	1
<b>Cl</b>	4	2	<b>Cl</b>	4	4
<b>Mg</b>	1	1	<b>Mg</b>	2	2



**Stap 4** Als niet alle coëfficiënten hele getallen zijn, vermenigvuldig je alle getallen. Alle coëfficiënten zijn hele getallen, vermenigvuldigen is niet nodig!

**Stap 5** Controleer of je totale lading voor en na de pijl gelijk is: geen lading in de vergelijking.

**b) Stap 1** We voegen magnesiumnitraat toe aan een oplossing van natriumfosfaat. In een oplossing vallen de zouten uiteen in ionen:  $Mg^{2+}$ ,  $NO_3^-$ ,  $Na^+$ ,  $PO_4^{3-}$ .

Tip: Als je de chemische formules van de elementen bent vergeten, kun je die terugvinden in BINAS 40A, van samengestelde ionen staan een heel aantal genoemd in BINAS 66B.

Uit BINAS 45A blijkt dat magnesium- en fosfaationen samen een neerslag vormen: magnesiumfosfaat.

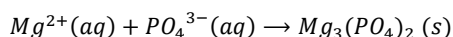
**Opstellen verhoudingsformule magnesiumfosfaat**

**Stap 1** Het zout bestaat uit de ionen  $Mg^{2+}$  en  $PO_4^{3-}$ . (De lading kun je vinden in periodiek systeem).

**Stap 2** Om de stof neutraal te maken heb je 3  $Mg^{2+}$  nodig en 2  $PO_4^{3-}$ .

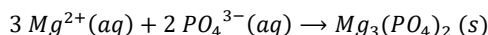
**Stap 3** De verhoudingsformule is dan  $(Mg^{2+})_3(PO_4^{3-})_2$  of  $Mg_3(PO_4)_2$ .

**Stap 2** Alleen de stoffen die deel uitmaken van de reactie schrijf je in de vergelijking:



**Stap 3** In onderstaand tabelletje staat weergegeven hoeveel we voor én na de pijl hebben van de verschillende aanwezige atomen. Om het kloppend te maken, moeten we een coëfficiënt 3 plaatsen voor  $\text{Mg}^{2+}$  en een coëfficiënt 2 plaatsen voor  $\text{PO}_4^{3-}$ . Als we dat gedaan hebben, dan is de reactie kloppend!

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>Mg</b>	1	3	<b>Mg</b>	3	3
<b>P</b>	1	2	<b>P</b>	2	2
<b>O</b>	4	8	<b>O</b>	8	8



**Stap 4** Alle coëfficiënten zijn hele getallen, vermenigvuldigen is niet nodig!

**Stap 5** Geen lading in de vergelijking.

### Vraag 5

- Een bufferoplossing bestaat uit een mengsel van een zwak zuur en zijn geconjugeerde zwakke base of uit een mengsel van een zwakke base met zijn geconjugeerde zwakke zuur.
- Het toegevoegde zuur wordt weggenomen door de aanwezige base. Hierbij blijft de pH onveranderd. De verhouding van de bufferoplossing verandert bijna niet.
- De toegevoegde base wordt weggenomen door het aanwezige zuur. Hierbij blijft de pH onveranderd. De verhouding van de bufferoplossing verandert bijna niet.
- De concentraties zuur en base nemen even sterk af. Hierbij verandert de pH dus niet (want deze is afhankelijk de verhouding van deze concentraties).

### Vraag 6

Er kan op twee manieren geredeneerd worden:

#### Manier 1:

$\text{H}_2\text{O}/\text{water}$  draagt  $\text{H}^+$  over aan  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{O}^{2-}/(\text{het oxide(-ion)})$ .  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{O}^{2-}/(\text{het oxide(-ion)})$  is de base en  $\text{H}_2\text{O}/\text{water}$  is het zuur.

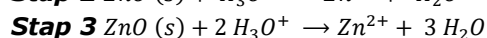
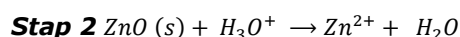
#### Manier 2:

$\text{H}_2\text{O}/\text{water}$  draagt  $\text{H}^+$  over/is het zuur.  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{O}^{2-}/(\text{het oxide(-ion)})$  neemt  $\text{H}^+$  op/is de base.

### Vraag 7

- Stap 1** Een oplossing van zinksulfaat betekent losse zink- en sulfaationen in water. Sulfaat doet niet mee in de reactie, dus dat komt ook niet in de vergelijking.

Vast zinkoxide ( $\text{ZnO}(\text{s})$ ) reageert met verdund zwavelzuur. Hierbij reageert  $\text{ZnO}$  met  $\text{H}_3\text{O}^+$ .



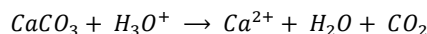
**Stap 4** Alle coëfficiënten zijn hele getallen.

**Stap 5** Lading voor de pijl is  $2 \cdot +$  en na de pijl is de lading  $2+$ . Dit komt overeen!



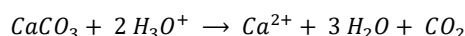
- b) Stap 1**  $H_3O^+$  is zuur (protondonor). Carbonaat ( $CO_3^{2-}$ ) is base.  
**Stap 2**  $H_3O^+$  is een sterk zuur.  $CO_3^{2-}$  is een zwakke base.  
**Stap 3.** De reactie verloopt: het zuur staat ver boven de base in BINAS 49!  
**Stap 4.** Geconjugeerde base van  $H_3O^+$  is  $H_2O$ .

**Stap 5.**



(Er is precies gegeven in de vraag wat er ontstaat!)

- Stap 6.** Om de reactie kloppend te maken, zetten we een 2 voor  $H_3O^+$  en een 3 voor  $H_2O$ :



- c) Stap 1** Ammonium,  $NH_4^+$ , (BINAS 66B) is een zuur.

Natronloog is een oplossing van natriumhydroxide in water, dus:  $Na^+$  en  $OH^-$  (BINAS 66A).  $OH^-$  is een base.

**Stap 2**  $NH_4^+$  is een zwak zuur,  $OH^-$  is een sterke base.

**Stap 3.** De reactie verloopt:  $NH_4^+$  staat in BINAS 49 linksboven  $OH^-$ .

**Stap 4.** Geconjugeerd zuur  $OH^- = H_2O$

Geconjugeerde base  $NH_4^+ = NH_3$

**Stap 5.**  $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$

**Stap 6.** We hoeven de vergelijking niet verder kloppend te maken, want hij is al kloppend.

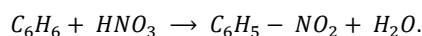
## Vraag 8

- a)  $HNO_3$  neemt een  $H^+$  op/wordt  $H_2NO_3^+$ , dus  $HNO_3$  reageert als base.

$H_2SO_4$  staat een  $H^+$  af/gaat over in  $HSO_4^-$  (en reageert dus als zuur)  $HNO_3$  (neemt de  $H^+$  op en) reageert dus als base.

- b) Voor ieder molecuul nitrobenzeen dat wordt gevormd, verdwijnt een molecuul  $H_2SO_4$  in reactie 1 en komt er weer een  $H^+$ -ion terug in reactie 3. Dit  $H^+$ -ion kan met het  $HSO_4^-$  (dat in reactie 1 is gevormd) weer (een 4 molecuul)  $H_2SO_4$  vormen. Dus verandert de totale hoeveelheid zwavelzuur niet (en zou zwavelzuur als katalysator kunnen optreden).

De totale vergelijking van de omzetting is:



Daarin komt  $H_2SO_4$  niet voor (dus zou zwavelzuur als katalysator kunnen optreden).

$H_2SO_4$  verdwijnt volgens reactie 1 (voor ieder gevormd molecuul nitrobenzeen).  $H_2SO_4$  kan worden teruggevormd met het  $H^+$ -ion dat (voor ieder gevormd molecuul nitrobenzeen) in reactie 3 ontstaat. De totale hoeveelheid zwavelzuur verandert dus niet.

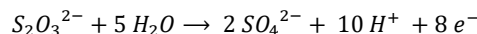
- c) Er is geen informatie over de reactiesnelheid gegeven. Je weet niet of de reactie ook zonder zwavelzuur optreedt.

## Vraag 9

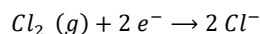
- a) **Stap 1** Aanwezige deeltjes:  $S_2O_3^{2-}$ ,  $Cl_2$  (g),  $H_2O$



**Stap 2** Sterkste reductor:  $S_2O_3^{2-}$ . De halfreactie staat niet in BINAS, we leiden deze dus af. We weten dat er  $SO_4^{2-}$ -ionen ontstaan, want dat is gegeven. Ook is de ontstane oplossing zuur ( $H^+$ ). We komen tot de volgende halfreactie:

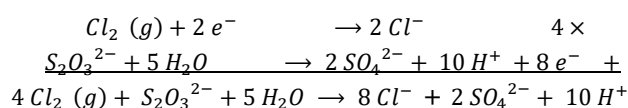


**Stap 3** Sterkste oxidator:  $Cl_2$  (g), in BINAS:



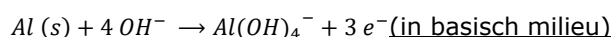
**Stap 4** We kunnen niet met de standaardelektrodepotentiaal controleren of de reactie verloopt, want we hebben daarvoor niet alle informatie. We kunnen er dus vanuit gaan dat de reactie verloopt, want na afloop is een zure oplossing ontstaan.

**Stap 5**

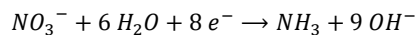


**b) Stap 1** Aanwezige deeltjes:  $Al$  (s),  $OH^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $H_2O$

**Stap 2** Sterkste reductor:  $Al$  (s) ( $V_0 = -1,66 V$ )

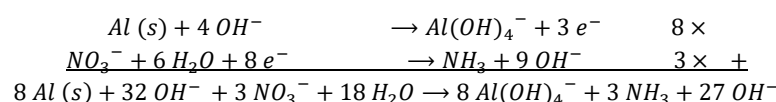


**Stap 3** Sterkste oxidator:  $NO_3^-$ , halfreactie staat niet in BINAS, dus we leiden deze af:

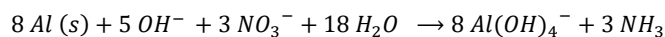


**Stap 4** We kunnen niet controleren met het standaardelektrodepotentiaal of de reactie verloopt. We gaan er dus vanuit dat de reactie verloopt.

**Stap 5/6.**



**Stap 7.** Na vereenvoudigen:



**c)** De reactie verloopt niet.

Koper is reductor (vast metaal). De standaardelektrodepotentiaal is  $V_0 = +0,34 V$ .

$H^+$  is oxidator. De standaardelektrodepotentiaal is  $V_0 = 0 V$ .

$$\Delta V_0 = V_{0(Ox)} - V_{0(Red)} = V_{0(H^+)} - V_{0(Cu(s))} = 0 V - (0,34 V) = -0,34 V$$

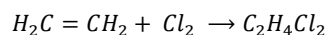
Reactie verloopt niet als  $\Delta V_0 \leq -0,3 V$ , dat is het geval.

**Vraag 10**

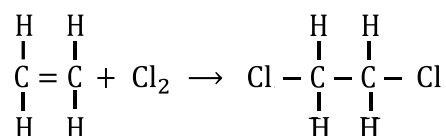
Chloorethaan kan gevormd worden door een additiereactie, maar ook door een substitutiereactie.

- a) Kenmerken van een additiereactie:
- Er ontstaat één reactieproduct, uit twee of meerdere stoffen
  - Dubbele binding = vereist

In molecuulformule:

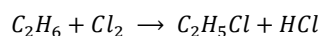


In structuurformule:

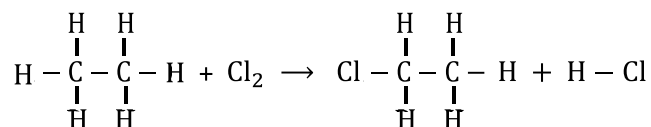


- b) Substitutie: het vervangen van een H-atoom voor een Cl-atoom

In molecuulformule:

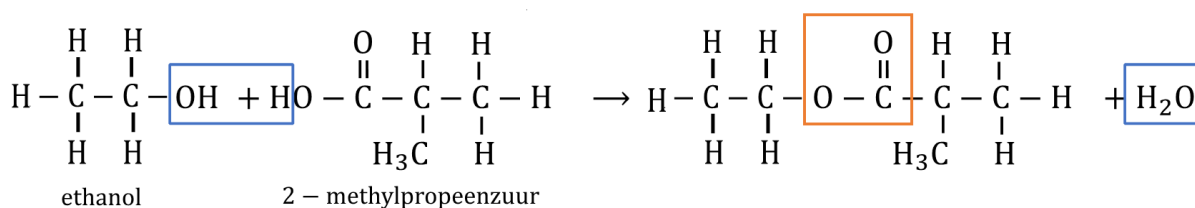


In structuurformule:

**Vraag 11**

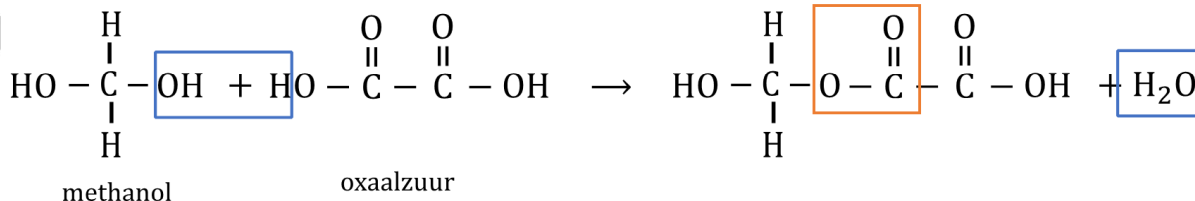
Een ester wordt gevormd door middel van condensatie: er wordt water (zie blauw kader) afgesplitst, de karakteristieke estergroep heeft een oranje kader:

- a) Allereerst schrijf je de structuurformules van ethanol en 2-methylpropeenzuur op

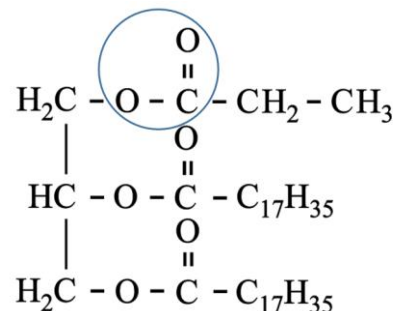


Ben je even vergeten hoe dat moet? Kijk nog eens even terug in domein B!

- b) In BINAS 66A vinden we dat oxaalzuur ethaandizuur is:

**Vraag 12**

Je kunt prachtig spieken in BINAS 67G1. De verticale streep is de weergave van de glycerylrest, dus drie koolstofatomen met elk een O-atom eraan. Die O is voor de functionele groep van de ester (blauw omcirkeld). Stearinezuur staat voor de restgroep van dat zuur. Bij propaanzuur zijn er in totaal drie koolstofatomen.

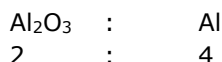
**Vraag 13**

a)

**Stap 1** We moeten berekenen hoeveel kg  $\text{Al}_2\text{O}_3$  er nodig is voor de bereiding van 1,00 ton Al.

**Stap 2** We weten al dat er 1,00 ton Al bereid moet worden. 1,00 ton staat gelijk aan 1000 kg.

**Stap 3** We kijken naar de molverhouding in de reactie, of specifiek de molverhouding tussen de gegeven en de gevraagde stof. In dit geval kijken we dus naar de verhouding tussen Al en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .



**Stap 4** We weten de massa van Al, deze is 1000 kg (=  $1000 \cdot 10^3$  gram). De eerste stap is het berekenen van de hoeveelheid stof in mol.

In figuur C2.1 kunnen we zien dat we voor het berekenen van het aantal mol Al uit de gegeven massa, moeten delen door de molaire massa van Al. De molaire massa van Al vinden we in BINAS 99, namelijk 26,98 g/mol.

$$\text{Aantal mol Al} = \frac{\text{aantal gram Al}}{\text{Molaire massa Al}} = \frac{1000 \cdot 10^3 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} = 3,706 \cdot 10^4 \text{ mol Al}$$

Vervolgens kun je via de molverhouding het aantal mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$  berekenen. Uit stap 3 blijkt dat uit twee mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vier mol aluminium ontstaat. We moeten dus het bovenstaande delen door twee:

$$\text{Aantal mol Al}_2\text{O}_3 = \frac{\text{aantal mol Al}}{2} = \frac{3,706 \cdot 10^4}{2} = 1,853 \cdot 10^4 \text{ mol Al}_2\text{O}_3$$

We weten nu hoeveel mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$  er ontstaat bij deze bereiding, maar er werd om het aantal kilogram gevraagd. Om van de hoeveelheid stof in mol naar de massa in (kilo)gram te gaan, moeten we vermenigvuldigen met de molaire massa van  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Ook deze staat in BINAS 98, deze is 101,96 g/mol.

$$\text{Aantal gram Al}_2\text{O}_3 =$$

$$\text{Aantal mol Al}_2\text{O}_3 \cdot M_{\text{Al}_2\text{O}_3} =$$

$$1,853 \cdot 10^4 \text{ mol} \cdot 101,96 \text{ g/mol} = 1889547,81 \text{ gram Al}_2\text{O}_3$$



Er werd gevraagd om het aantal kilogram. Om van het aantal gram naar het aantal kilogram te gaan, moeten we vermenigvuldigen met 1000.

$$1889547,81 \text{ gram } Al_2O_3 = 1889,5 \text{ kilogram } Al_2O_3$$

**Stap 5** We moeten ons antwoord geven in drie significante cijfers.

Ons uiteindelijke antwoord op de vraag is dus:

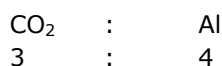
$$1,89 \cdot 10^3 \text{ kg } Al_2O_3$$

**b)**

**Stap 1** We moeten berekenen hoeveel  $m^3$   $CO_2$ -gas er vrijkomt bij de bereiding van 1,00 ton Al.

**Stap 2** We weten al dat er 1,00 ton Al bereid moet worden. 1,00 ton staat gelijk aan 1000 kg.

**Stap 3** We kijken naar de molverhouding in de reactie, of specifieker de molverhouding tussen de gegeven en de gevraagde stof. In dit geval kijken we dus naar de verhouding tussen Al en  $CO_2$ .



**Stap 4** Uit vraag a blijkt:

$$Aantal \text{ mol } Al = \frac{\text{aantal gram } Al}{\text{Molaire massa } Al} = \frac{1000 \cdot 10^3 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} = 3,706 \cdot 10^4 \text{ mol } Al.$$

We gaan via de molverhouding (stap 3) het aantal mol  $CO_2$  dat is ontstaan, berekenen. Uit stap 3 blijkt dat wanneer er vier mol aluminium ontstaat, er drie mol  $CO_2$  ontstaat. Dus:

$$Aantal \text{ mol } CO_2 = \frac{\text{aantal mol } Al}{4} \cdot 3 = \frac{3,706 \cdot 10^4}{4} \cdot 3 = 2,7795 \cdot 10^4 \text{ mol } CO_2$$

We weten nu hoeveel mol  $CO_2$  er ontstaat bij deze bereiding, maar er werd om het aantal  $m^3$  gevraagd. Om van de hoeveelheid stof in mol naar het gasvolume in  $m^3$  te gaan, moeten we vermenigvuldigen met het molair volume. Gegeven:  $T = 273 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ .

In BINAS 7 vinden we dat het molair volume onder deze omstandigheden  $2,2413968 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$  is.

$$Aantal \text{ m}^3 \text{ } CO_2 =$$

$$Aantal \text{ mol } CO_2 \cdot V_m =$$

$$2,7795 \cdot 10^4 \text{ mol} * 2,2413968 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol} =$$

$$6,22996 \cdot 10^2 \text{ m}^3 \text{ } CO_2$$

**Stap 5** We moeten ons antwoord geven in drie significante cijfers. Ons uiteindelijke antwoord op de vraag is dus:

$$6,23 \cdot 10^2 \text{ m}^3 \text{ } CO_2$$

#### Vraag 14

We gebruiken het stappenplan voor chemisch rekenen.

**Stap 1** We moeten berekenen hoeveel  $m^3$  waterstof nodig is om 1,0 ton 1,4-butaandiamine te produceren.



**Stap 2** We weten dat er 1,0 ton (1000 kg) 1,4-butaandiamine geproduceerd wordt uit 1,4-butaandinitril en waterstof.

**Stap 3** We hebben de molverhouding tussen waterstof en 1,4-butaandiamine. Deze kan uit de reactievergelijking worden gehaald. Er is geen reactievergelijking gegeven. We gaan deze dus eerst zelf opstellen, om vervolgens de molverhouding te kunnen afleiden. De structuurformule van butaandinitril is gegeven, de molecuulformule van butaandinitril is:  $C_4H_4N_2$ .

De structuurformule van 1,4-butaandiamine is nog niet gegeven, we gaan deze zelf afleiden! Als je even niet meer weet hoe dit moet, dan kun je even teruglezen in domein B.

**Stap 1** Bepaal de stamnaam van de koolwaterstof, en kijk in BINAS 66D uit hoeveel C-atomen de stam bestaat.

In dit geval is butaan de stamnaam. In BINAS 66D vinden we dat butaan uit vier C-atomen bestaat.

**Stap 2** Kijk naar de voor- en achtervoegsels in de stofnaam en bedenk welke groepen hierbij horen. Ook hier kun je gebruik maken van BINAS 66D.

De stof 1,4-butaandiamine heeft het achtervoegsel -amine. Dit betekent dat er een  $NH_2$ -groep aan de stam zit.

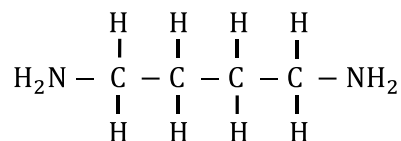
**Stap 3.** Kijk of er een numeriek voorvoegsel voor de uitgang van de karakteristieke groep staat (di, tri, tetra etc.), deze numerieke voorvoegsels vind je in BINAS 66C. Deze voorvoegsels bepalen hoe vaak de karakteristieke groep verbonden is aan de stam.

Er staat 1,4-butaandiamine. Dit betekent dat er twee aminegroepen ( $-NH_2$ ) aan de stam verbonden zijn.

**Stap 4** Kijk of er cijfers voor de stofnaam staan, deze cijfertjes geven de plaats van de zijgroepen aan.

Eén aminegroep komt aan het eerste C-atoom en de andere aminegroep komt aan het vierde C-atoom.

**Stap 5** Teken het molecuul.



Hieruit blijkt dat de molecuulformule van 1,4-butaandiamine  $C_4H_{12}N_2$  is.

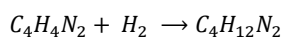
### Het opstellen van de reactievergelijking.

**Stap 1** Noteer de formules van alle bekende begin- en eindstoffen. Deze zijn gegeven.

Beginstoffen: 1,4-butaandinitril ( $C_4H_4N_2$ ) en waterstof ( $H_2$ ).

Eindstof: 1,4-butaandiamine ( $C_4H_{12}N_2$ )

**Stap 2** Plaats de stoffen op de juiste plaats in een vergelijking: voor of na de pijl?

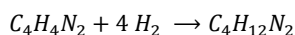




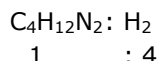


**Stap 3** Maak het aantal deeltjes van elke atoomsoort voor en na de pijl gelijk.

We hebben voor de pijl vier C-atomen, na de pijl ook vier C-atomen. Ook hebben we een gelijk aantal N-atomen voor én na de pijl, namelijk twee. Alleen het aantal H-atomen is niet gelijk, voor de pijl hebben we zes H-atomen en na de pijl zijn er twaalf H-atomen. We kunnen dit gelijk maken door een 4 voor waterstof te plaatsen.



Uit de reactievergelijking kunnen we de benodigde molverhouding halen.



**Stap 4** We weten de massa van 1,4-butaandiamine, deze is 1000 kg.  $1000 \text{ kg} = 1000 \cdot 10^3 \text{ g}$ . De eerste stap is het berekenen van de hoeveelheid stof in mol. Uit figuur C2.1 blijkt dat we moeten delen door de molaire massa van 1,4-butaandiamine. De molecuulformule is  $C_4H_{12}N_2$ .

$$\text{Aantal mol} = \frac{\text{Aantal gram } C_4H_{12}N_2}{\text{Molaire massa } C_4H_{12}N_2}$$

De molaire massa van 1,4-butaandiamine moeten we berekenen met behulp van het periodiek systeem. De molecuulformule is zoals gezegd  $C_4H_{12}N_2$ .

	Uit BINAS 99:		$C_4H_{12}N_2$
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 4 =	48,04 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 12 =	12,096 g/mol
<b>Molaire massa N</b>	14,01 g/mol	· 2 =	28,02 g/mol
		<b>Totaal:</b>	88,156 g/mol

Nu kunnen we de formule invullen:

$$\text{Aantal mol} = \frac{\text{aantal gram } C_4H_{12}N_2}{\text{Molaire massa } C_4H_{12}N_2} = \frac{1000 \cdot 10^3 \text{ g}}{88,156 \text{ g/mol}} = 11,345 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

Vervolgens kun je via de molverhouding het aantal mol  $H_2$  berekenen. Uit stap 3 blijkt dat uit vier mol waterstof één mol  $C_4H_{12}N_2$  ontstaat, dus:

$$\text{Aantal mol } H_2 = \text{Aantal mol } C_4H_{12}N_2 \cdot 4 = 45,374 \cdot 10^3 \text{ mol } H_2$$

We weten nu hoeveel mol waterstof er nodig is voor de vorming van 1,0 ton 1,4-butaandiamine, maar er werd om het aantal  $m^3$  waterstof gevraagd. Om van de hoeveelheid stof in mol naar het volume in  $m^3$  te gaan, moeten we vermenigvuldigen met het molair volume. In BINAS 7 vinden we dat het  $V_m$  onder de gegeven omstandigheden, dit is  $2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$ .

$$\text{Aantal } m^3 H_2 = \text{Aantal mol } H_2 \cdot V_m =$$

$$45,374 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol} =$$

$$1,11 \cdot 10^3 \text{ m}^3 H_2$$

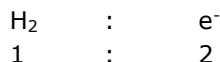
**Stap 5** Het antwoord moet in twee significante cijfers! Het minst nauwkeurige gegeven is 1,0 ton. Ons antwoord is dus  $1,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3 H_2$ .

**Vraag 15**

**Stap 1** We moeten berekenen hoeveel mL waterstof (H<sub>2</sub>) per cm<sup>2</sup> wordt geproduceerd in een tijdsbestek van 1 uur.

**Stap 2** We weten dat er een stroomdichtheid van 0,10 mA/cm<sup>2</sup> werd gemeten. Ook weten we dat 1 A gelijk staat aan 1 C/s én dat de lading van 1 mol elektronen 9,64853·10<sup>4</sup> is.

**Stap 3** We kijken naar de molverhouding in de reactie, of specifieker de molverhouding tussen de gegeven en de gevraagde stof. In dit geval is er een stroomdichtheid gegeven en moeten we het aantal mL waterstof berekenen. We kijken dus naar de molverhouding tussen e<sup>-</sup> en H<sub>2</sub>.

**Stap 4**

Bekend is de stroomdichtheid, deze is 0,10 mA/cm<sup>2</sup> (= 0,10 · 10<sup>-3</sup> A/cm<sup>2</sup>). We zijn geïnteresseerd in het aantal Coulomb per uur. Hiervoor gebruiken we het volgende:

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$$

Er zitten 3600 seconden in een uur (60 minuten in één uur en 60 seconden in één minuut).

$$\text{Aantal Coulomb per cm}^2 \text{ per seconde} = 0,10 \cdot 10^{-3} \text{ A/cm}^2 = 0,10 \cdot 10^{-3} \text{ C/s}$$

$$\text{Aantal Coulomb per uur} = \text{aantal C per seconde} \cdot 3600 \text{ s} = 0,10 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 0,36$$

We weten dat de lading van 1 mol elektronen 9,64853·10<sup>4</sup> C is, we kunnen dus het aantal mol elektronen hiermee berekenen.

$$\begin{array}{cc} 9,64853 \cdot 10^4 \text{ C} & 1 \text{ mol} \\ 0,36 \text{ C} & ? \text{ mol} \end{array}$$

$$\text{Aantal mol elektronen} = \frac{0,36 \text{ C}}{9,64853 \cdot 10^4 \text{ C}} = 3,731 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Uit de molverhouding uit stap 3 blijkt dat er 1 mol H<sub>2</sub> ontstaat in de aanwezigheid van 2 mol e<sup>-</sup>. Om het aantal mol waterstof te berekenen, moeten we dus het aantal mol elektronen delen door 2.

$$\text{Aantal mol H}_2 = \frac{3,731 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{2} = 1,866 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

We moesten het aantal mL waterstof berekenen. Om vanuit de hoeveelheid stof in mol naar het volume in mL te gaan, moeten we vermenigvuldigen met het molair volume (zie figuur C2.1). Denk hierbij aan dat 1 mL = 1 cm<sup>3</sup>. Het molair volume onder de gegeven omstandigheden is 2,45 · 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/mol.

$$\text{Aantal m}^3 \text{ (L) H}_2 = \text{aantal mol H}_2 \cdot V_m =$$

$$1,866 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot 2,45 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} =$$

$$4,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ H}_2$$

$$\text{Aantal cm}^3 \text{ (mL) H}_2 = \text{aantal m}^3 \text{ H}_2 \cdot 10^6 =$$

$$4,6 \cdot 10^{-8} \cdot 10^6 = 4,57 \cdot 10^{-2} \text{ mL H}_2$$



**Stap 5** Het antwoord moet in twee significante cijfers! Dus  $4,6 \cdot 10^{-2}$  mL  $H_2$ .

### Vraag 16

We maken gebruik van het stappenplan 'Rekenen aan reacties':

**Stap 1** Lees de vraag goed en kijk goed wat er precies wordt gevraagd.

We moeten berekenen hoeveel kg  $CO_2$  er ontstaat uit 2,7 kg houtafval. (Eigenlijk, aantonen dat dit 3,3 kg is!)

**Stap 2** Markeer of schrijf de belangrijke gegevens over (inclusief eenheden!).

We weten dat we 2,7 kg houtafval hebben en dat 35% hiervan vocht is.

**Stap 3** Kijk naar de molverhouding in de reactie.

Het houtafval is een alternatief voor methaan. We kijken in de reactievergelijking naar de verhouding  $CH_3 : CO_2$ . Deze is 0,40 : 0,40, dit is gelijk aan 1:1.

**Stap 4** Vaak moet je van de gegeven stoffen eerst het aantal mol uitrekenen, om het vervolgens via de molverhouding om te rekenen naar de gevraagde grootte.

We hebben 2,7 kg houtafval, hiervan is 35% (0,35) vocht. We moeten het gewicht van het gedroogde houtafval hebben.

$$\text{Aantal kg gedroogd houtafval} = 2,7 \text{ kg} - (2,7 \text{ kg} \cdot 0,35) = 1,755 \text{ kg}$$

Dit gedroogde houtafval bestaat voor 51 massa% uit koolstof. Dit is voor ons interessant, want de koolstof uit het hout zorgt uiteindelijk voor de vorming van  $CO_2$ .

$$\text{Aantal kg koolstof in het hout} = 1,755 \text{ kg} \cdot 0,51 = 0,89505 \text{ kg}$$

We willen het aantal mol koolstof weten, hiervoor moeten we delen door de molaire massa. De molaire massa van koolstof is 12,01 gram/mol.

$$\text{Aantal mol koolstof} = \frac{\text{aantal gram koolstof}}{\text{molaire massa koolstof}} = \frac{895,05 \text{ gram}}{12,01 \text{ g/mol}} = 74,53 \text{ mol}$$

$$\text{Aantal mol } CO_2 = \text{aantal mol koolstof} = 74,53 \text{ mol}$$

We weten nu het aantal mol  $CO_2$ , maar er werd gevraagd om de massa in kg. Om de massa te krijgen moeten we de hoeveelheid stof in mol vermenigvuldigen met de molaire massa van  $CO_2$ , deze is 44,01 g/mol (BINAS 98).

$$\text{Aantal gram } CO_2 = \text{aantal mol } CO_2 \cdot M_{CO_2} = 74,53 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = 3279,9 \text{ gram}$$

$$\text{Aantal kg } CO_2 = \frac{\text{aantal gram } CO_2}{1000} = \frac{3279,9 \text{ gram}}{1000} = 3,3 \text{ kg}$$

### Vraag 17

**Stap 1** Lees de vraag goed en kijk goed wat er precies wordt gevraagd.

We moeten berekenen hoeveel procent van de totale hoeveelheid waterstof die uit 50 g lactose kan ontstaan, de proefpersoon gedurende de eerste drie uren van het onderzoek heeft uitgeademd. We berekenen eigenlijk een soort rendement.

$$\text{Rendement } (\eta) = \frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretische mogelijke opbrengst}} \cdot 100\%$$

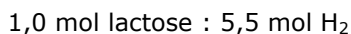


**Stap 2** Markeer of schrijf de belangrijke gegevens over (inclusief eenheden!).

We moeten berekenen hoeveel  $H_2$  er ontstaat uit 50 gram lactose gedurende drie uur. We weten dat de proefpersoon gemiddeld  $5,0 \text{ dm}^3$  lucht uitademt per minuut. Ook weten we dat de uitgeademde lucht van de proefpersoon in de eerste drie uren van het onderzoek gemiddeld 27 volume-ppm waterstof bevatte (hier moeten we de nulmeting nog vanaf trekken).

**Stap 3** Kijk naar de molverhouding in de reactie.

We hebben geen reactievergelijking, maar de molverhouding staat in de tekst:



**Stap 4** Vaak moet je van de gegeven stoffen eerst het aantal mol uitrekenen, om het vervolgens via de molverhouding om te rekenen naar de gevraagde grootte.

We weten hoeveel gram lactose we hebben, maar we willen het aantal mol weten. Om van massa in gram naar hoeveelheid stof in mol te gaan, moeten we delen door de molaire massa (figuur C2.1). We moeten dus de molaire massa van lactose berekenen. De structuurformule van lactose kunnen we vinden in BINAS 67F (gegeven), hieruit kunnen we de molecuulformule afleiden. De molecuulformule van lactose is  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . De molaire massa van lactose vind je in BINAS 98, namelijk  $342,30 \text{ gram/mol}$ .

$$\text{Aantal mol lactose} = \frac{\text{Aantal gram lactose}}{\text{Molaire massa lactose}} = \frac{50 \text{ gram}}{342,30 \text{ g/mol}} = 0,146 \text{ mol}$$

We weten nu hoeveel mol lactose we hebben, nu kunnen we via de in stap 3 genoemde molverhouding berekenen hoeveel  $H_2$  we hebben. We moeten hiervoor vermenigvuldigen met 5,5.

$$\text{Aantal mol } H_2 = \text{aantal mol lactose} \cdot 5,5 = 0,146 \text{ mol} \cdot 5,5 = 0,80 \text{ mol}$$

De theoretisch mogelijke opbrengst is  $0,80 \text{ mol } H_2$ .

Nu moeten we nog de werkelijke opbrengst berekenen. We doen dit door te kijken hoeveel volume-ppm van de gedurende drie uur uitgeademde lucht waterstof is.

We weten het volgende: de proefpersoon ademt per minuut gemiddeld  $5,0 \text{ dm}^3$  lucht uit. Drie uur bestaat uit 180 minuten. Om de totale uitgeademde lucht te berekenen, moeten we vermenigvuldigen met 180.

$$\text{Totaal uitgeademde lucht} = 5,0 \text{ dm}^3 \cdot 180 = 900 \text{ dm}^3$$

Deze uitgeademde lucht bevat gemiddeld 27 volume-ppm aan waterstof. Om het effect van de lactose goed te kunnen bepalen, moet je de 12 volume-ppm aan waterstof die zonder lactose wordt uitgeademd van de 27 volume-ppm aftrekken. In totaal zorgt 50 g lactose in drie uur voor de aanwezigheid van  $27 \text{ volume-ppm} - 12 \text{ volume-ppm} = 15 \text{ volume-ppm}$  waterstof in de uitgeademde lucht.

Ppm staat voor parts per million. In dit geval houdt het in dat 15 deeltjes per miljoen deeltjes, waterstofdeeltjes zijn. We moeten  $900 \text{ dm}^3$  vermenigvuldigen met  $15 \cdot 10^{-6}$  om te berekenen wat het totale volume aan lactose in de uitgeademde lucht is.

$$\text{Aantal } \text{dm}^3 \text{ lactose} = 15 \cdot 10^{-6} \cdot 900 \text{ dm}^3 = 0,0135 \text{ dm}^3$$

We weten nu het aantal  $\text{dm}^3$  lactose in de uitgeademde lucht (=werkelijke opbrengst). Om het percentage uit te kunnen rekenen moeten we alleen nog het aantal mol lactose in de uitgeademde lucht berekenen. Hiervoor moeten we delen door het molair volume (figuur C2.1). Het molair volume is gegeven en is  $24,0 \text{ dm}^3/\text{mol}$ .



$$\text{Aantal mol lactose} = \frac{\text{aantal dm}^3 \text{ lactose}}{\text{molair volume}} = \frac{0,0135 \text{ dm}^3}{24,0 \text{ dm}^3 / \text{mol}} = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Dan nu: invullen maar!

$$\frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretische mogelijke opbrengst}} \cdot 100\% =$$

$$\frac{5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,80 \text{ mol}} \cdot 100\% = 7,0 \cdot 10^{-4} \%$$

Het antwoord moet in twee significante cijfers gegeven worden, dus  $7,0 \cdot 10^{-4} \%$ .

### Vraag 18

We maken gebruik van het 'Rekenen aan reacties'-stappenplan.

**Stap 1** Lees de vraag goed en kijk goed wat er precies wordt gevraagd.

We moeten berekenen hoeveel liter glucose oplossing met 3,0% glucose op zijn minst nodig is voor de bereiding van  $1,0 \text{ m}^3$  waterstof.

**Stap 2** Markeer of schrijf de belangrijke gegevens over (inclusief eenheden!).

Er moet  $1,0 \text{ m}^3$  waterstof bereid worden. De dichtheid van de glucose-oplossing is  $1,0 \cdot 10^3 \text{ g/L}$ .

**Stap 3** Kijk naar de molverhouding in de reactie.

We hebben geen reactie, maar in de tekst is het volgende is gegeven: 1 mol glucose : 12 mol waterstof.

**Stap 4** Vaak moet je van de gegeven stoffen eerst het aantal mol uitrekenen, om het vervolgens via de molverhouding om te rekenen naar de gevraagde grootte.

We weten het gasvolume waterstof, namelijk  $1,0 \text{ m}^3$ . We willen de hoeveelheid stof in mol weten, hiervoor moeten we delen door het molair volume. Deze vinden we voor de gegeven omstandigheden in BINAS 7. Het  $V_m$  is  $2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$ .

$$\text{Aantal mol } H_2 = \frac{\text{aantal m}^3 H_2}{\text{molair volume}} = \frac{1,0}{2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{mol}} = 40,82 \text{ mol}$$

We willen nu het aantal mol glucose weten. Hiervoor moeten we delen door 12 (zie stap 3).

$$\text{Aantal mol glucose} = \frac{\text{aantal mol } H_2}{12} = \frac{40,82 \text{ mol}}{12} = 3,40 \text{ mol glucose}$$

We moeten een massapercentage berekenen, dus we willen het eerst aantal gram glucose weten. Hiervoor moeten we vermenigvuldigen met de molaire massa van  $C_6H_{12}O_6$ , deze vinden we in BINAS 98 en is  $180,16 \text{ g/mol}$ .

$$\text{Aantal gram glucose} = \text{aantal mol } C_6H_{12}O_6 \cdot M_{C_6H_{12}O_6} =$$

$$3,40 \text{ mol} \cdot 180,16 \text{ g/mol} = 612,8 \text{ gram}$$

Uiteindelijk moeten we een oplossing met een massapercentage van 3,0 glucose hebben. We kunnen dus berekenen hoeveel massa de totale oplossing heeft (de  $612,8 \text{ gram}$  is 3% van het totaal!). we delen hiervoor door 0,03 (of vermenigvuldigen met 3 en vervolgens delen door 100).

$$\text{Totale massa glucose - oplossing} = \frac{612,8 \text{ gram}}{0,03} = 20428,1 \text{ gram}$$



We moeten ons antwoord geven in liter. Om van een massa in gram naar volume in L te gaan, moeten we delen door de dichtheid. Deze is gegeven.

$$\text{Aantal L glucose - oplossing} = \frac{\text{massa glucose - oplossing}}{\text{dichtheid glucose - oplossing}} =$$

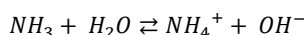
$$\frac{20428,1 \text{ gram}}{1,0 \cdot 10^3 \text{ g/L}} = 20 \text{ L}$$

**Stap 5** Controleer je antwoord.

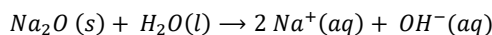
Het antwoord moet in twee significante cijfers gegeven worden, dus 20 L is het eindantwoord.

### Vraag 19

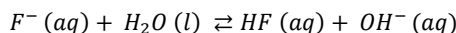
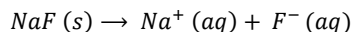
- a)  $\text{NH}_3$  is een zwakke base, je vindt deze bij een  $K_b$  van  $1,8 \cdot 10^{-5}$  in BINAS 49. Omdat het een base is, neemt het een  $\text{H}^+$ -deeltje van water op, en zo ontstaan  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{OH}^-$ .



Natriumoxide bevat de sterke base  $\text{O}^{2-}$ , je vindt deze helemaal onderin BINAS 49. Ook dit deeltje neemt een  $\text{H}^+$ -deeltje van water op, en zo ontstaan  $\text{Na}^+$  en  $\text{OH}^-$ .



Natriumfluoride is een goed oplosbaar zout, dit kun je opzoeken in BINAS 45A. In BINAS 49 kun je vinden dat het fluoride-ion een zwakke base is. We maken dus onderscheid tussen het oplossen van het zout en de reactie van de base met water.



- b) We moeten de basen naar opklimmende pOH rangschikken. Hoe hoger de  $K_b$ -waarde, hoe lager de pOH.

We zoeken de  $K_b$ -waarden op in BINAS:

$\text{NH}_3$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
$\text{O}^{2-}$	$>> 1$
$\text{F}^-$	$1,6 \cdot 10^{-11}$

Dus, gerangschikt naar opklimmende pOH:  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{F}^-$ .

- c) De pH wordt gegeven door:  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ . Hoe lager de pOH, hoe hoger de pH, want dan hoef je immers een minder groot getal van 14 af te trekken.

Dus, gerangschikt naar opklimmende pH:  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}^{2-}$ .

- d) Voor  $\text{NH}_3$ :



	[NH <sub>3</sub> ]	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]
<b>t<sub>0</sub></b>	0,10	0	0
<b>omgezet</b>	-x	+x	+x
<b>t<sub>ev</sub></b>	0,10 - x	x	x

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,10 - x}$$

$$x = 1,3 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pOH} = -\log 1,3 \cdot 10^{-3} = 2,89$$

$$\text{pH} = 11,11$$

Voor F<sup>-</sup>:

	[F <sup>-</sup> ]	[HF]	[OH <sup>-</sup> ]
<b>t<sub>0</sub></b>	0,10	0	0
<b>omgezet</b>	-x	+x	+x
<b>t<sub>ev</sub></b>	0,10 - x	x	x

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{HF}]}{[\text{F}^-]}$$

$$1,6 \cdot 10^{-11} = \frac{x^2}{0,10 - x}$$

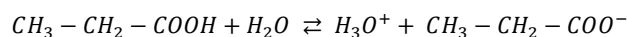
$$x = 1,3 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{pOH} = -\log 1,3 \cdot 10^{-6} = 5,89$$

$$\text{pH} = 8,11$$

## Vraag 20

De reactie is hieronder weergegeven. Propaanzuur reageert als zuur en staat daarom een H af aan water.



We willen weten hoeveel gram propaanzuur er is opgelost. Om dit te berekenen moeten we eerst weten hoeveel mol propaanzuur er in de oplossing aanwezig is. Om het aantal mol te berekenen moeten we eerst de concentratie van het zuur bepalen. Er treedt een dus evenwichtsreactie op, zoals hierboven weergegeven.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,55} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

De [CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COO<sup>-</sup>] is ook 2,8 · 10<sup>-3</sup> mol L<sup>-1</sup>, want de molverhouding is 1 : 1.

	[CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH]	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ]	[CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COO <sup>-</sup> ]
<b>t<sub>0</sub></b>	x	0	0
<b>omgezet</b>	-2,8 · 10 <sup>-3</sup>	+2,8 · 10 <sup>-3</sup>	+2,8 · 10 <sup>-3</sup>
<b>t<sub>ev</sub></b>	x - 2,8 · 10 <sup>-3</sup>	2,8 · 10 <sup>-3</sup>	2,8 · 10 <sup>-3</sup>

$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]}$$

$$1,4 \cdot 10^{-5} = \frac{(2,8 \cdot 10^{-3})^2}{x - 2,8 \cdot 10^{-3}}$$

$$x = 0,562$$

De [CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH] is dus 0,562 mol/L. Er is alleen geen liter, maar 0,500 L van de oplossing. We moeten het dus omrekenen. Hiervoor zetten we het in een verhoudingstabel.



mol	0,562	x
liter	1,00	0,500

$$x = \frac{(0,562 \cdot 0,500)}{1,00} = 0,281 \text{ mol propaanzuur}$$

Nu moeten we dit nog omrekenen naar gram, hiervoor vermenigvuldigen we met de molaire massa van propaanzuur.

	Uit BINAS 99:		C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 3 =	36,03 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 6 =	6,084 g/mol
<b>Molaire massa O</b>	16,00 g/mol	· 2 =	32,00 g/mol
<b>Totaal:</b>			74,078 g/mol

$$0,281 \text{ mol propaanzuur} \cdot 74,078 \text{ g/mol} = 20,8 \text{ gram propaanzuur}$$

### Vraag 21

Er ontstaan 3 kg aan suiker en O<sub>2</sub>, omdat de wet van behoud van massa hier geldt. Voor de pijl 3 kg aan grondstoffen = na de pijl 3 kg aan producten.

### Vraag 22

- Biobrandstoffen zijn schoner en zorgen voor netto minder CO<sub>2</sub>-uitstoot (en andere broeikasgassen).
- Biobrandstof wordt gemaakt uit bepaalde gewassen, die verbouwd moeten worden op landbouwgrond. Hierdoor is er minder landbouwgrond beschikbaar voor het verbouwen van voedsel.
- Biobrandstof wordt gemaakt uit planten. Deze planten nemen CO<sub>2</sub> op uit de atmosfeer. Bij de verbranding van biobrandstof komt deze CO<sub>2</sub> weer vrij in de atmosfeer. Bij fossiele brandstoffen duurt het miljoenen jaren voordat de koolstofatomen weer terugkomen in de atmosfeer als ze door mensen zijn verbrand.

### Vraag 23

We maken gebruik van het stappenplan 'Rekenen aan reacties'.

**Stap 1** Lees de vraag goed en kijk goed wat er precies wordt gevraagd.

We moeten berekenen hoeveel gram ibuprofen bereid kan worden uit 50,0g iso-butylbenzeen.

**Stap 2** Markeer of schrijf de belangrijke gegevens over (inclusief eenheden!).

We hebben 50,0 g iso-butylbenzeen en het rendement is 35%.

**Stap 3** Kijk naar de molverhouding in de reactie. We hebben geen reactievergelijking, maar er is gegeven dat iso-butylbenzeen : ibuprofen gelijk is aan:



**Stap 4** Vaak moet je van de gegeven stoffen eerst het aantal mol uitrekenen, om het vervolgens via

de molverhouding om te rekenen naar de gevraagde grootte.





Voor het berekenen van de hoeveelheid stof in mol uit massa in gram, moet er gedeeld worden door de molaire massa. We moeten dus de molaire massa van iso-butylbenzeen berekenen. Uit de gegeven structuurformule kunnen we de molecuulformule afleiden. Deze is  $C_{10}H_{14}$ .

	Uit BINAS 99:	$C_{10}H_{14}$	
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 10 =	120,1 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 14 =	14,112 g/mol
<b>Totaal:</b>			134,212 g/mol

$$\text{Aantal mol iso - butylbenzeen} = \frac{\text{aantal gram } C_{10}H_{14}}{M_{C_{10}H_{14}}} = \frac{50,0 \text{ g}}{134,212 \text{ g/mol}} = 0,373 \text{ mol}$$

Iso-butylbenzeen en ibuprofen hebben de molverhouding 1 : 1, dus:

$$\text{Aantal mol ibuprofen} = \text{aantal mol iso - butylbenzeen} = 0,373 \text{ mol}$$

We moeten het aantal gram ibuprofen berekenen, we moeten hiervoor het aantal mol vermenigvuldigen met de molaire massa. We moeten dus de molaire massa van ibuprofen berekenen. Uit de gegeven structuurformule kunnen we de molecuulformule afleiden. Deze is  $C_{13}H_{18}O_2$ .

	Uit BINAS 99:	$C_{13}H_{18}O_2$	
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 13 =	156,13 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 18 =	18,144 g/mol
<b>Molaire massa O</b>	16,00 g/mol	· 2 =	32,00 g/mol
<b>Totaal:</b>			206,274 g/mol

$$\begin{aligned} \text{Aantal gram } C_{13}H_{18}O_2 &= \text{aantal mol } C_{13}H_{18}O_2 \cdot M_{C_{13}H_{18}O_2} = 0,373 \text{ mol} \cdot 206,274 \text{ g/mol} \\ &= 76,85 \text{ gram } C_{13}H_{18}O_2 \end{aligned}$$

Het rendement is alleen geen 100%, maar 53%. We moeten dus vermenigvuldigen met 0,53.

$$\text{Werkelijk aantal gram } C_{13}H_{18}O_2 = 76,85 \text{ gram} \cdot 0,53 = 41 \text{ gram}$$

**Stap 5** Antwoord in twee significante cijfers, dus 41 gram is het juiste antwoord.

#### Vraag 24

- a) Het koolstofdioxide dat bij de productie van waterstof uit glucose ontstaat, is kort van tevoren vastgelegd bij de vorming van de glucose. Dat is niet het geval wanneer de fossiele brandstof propaan (uit aardolie) als grondstof wordt gebruikt (omdat de aardolie zeer lang geleden is gevormd).
- b) Argument voor Simone: met beide katalysatoren wordt alle glycol omgezet. (Met palladium verloopt alleen reactie 1, met ruthenium verlopen 1 en 2).

Argument voor Gerard: in de tabel wordt niet vermeld hoe lang de metingen hebben geduurd (dus kan het best zo zijn dat reactie 1 met ruthenium als katalysator eerder was afgelopen dan met palladium als katalysator, of omgekeerd).

**Vraag 25**

**Voor het opstellen van een Lewisstructuur, maken we gebruik van het stappenplan uit domein B.**

**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS tabel 99.

S-atoom heeft 6 valentie-elektronen (is gegeven)

O-atoom heeft 6 valentie-elektronen

Totaal:  $4 \cdot 6 + 6 = 30$  elektronen

**Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

S-atoom: 8 elektronen

O-atoom: 8 elektronen

Totaal:  $4 \cdot 8 + 8 = 40$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die atomen tekortkomen om te voldoen aan de octetregel, krijgen atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een binding met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit twee elektronen.

Elektronentekort:  $40 - 30 = 10$  elektronen.

Aantal bindende elektronenparen:  $10 / 2 = 5$ .

**Stap 4** Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven.

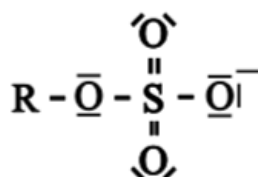
Totaal aantal elektronen is 30, dat zijn 15 paren (stap 1)

Aantal bindende elektronen paren is 5 (stap 3)

Er blijven  $15 - 5 = 10$  elektronen paren over. We tekenen 9 vrije elektronenparen, want één

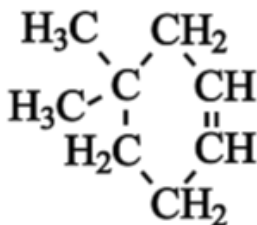
O-atoom is gebonden aan de R-zijgroep.

**Stap 5** Teken de Lewisstructuur.

**Vraag 26**

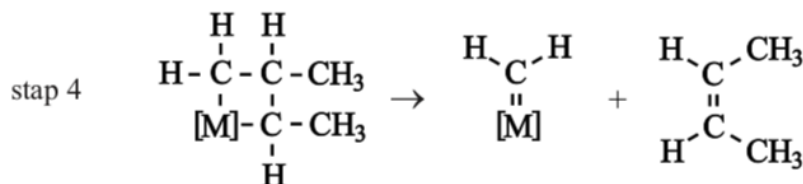
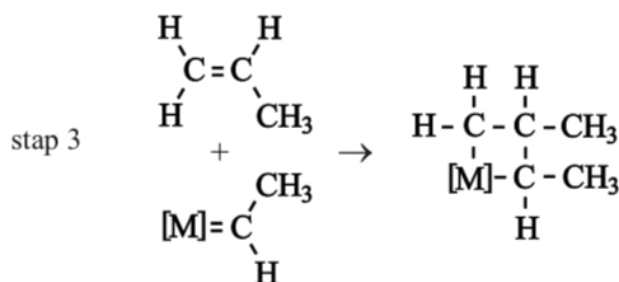
- a) De dubbele bindingen aan het eind van de keten van stof P worden verbroken. Stof P bestaat uit een keten van acht C-atomen. Er ontstaat ook etheen (= twee C-atomen). De cyclische verbinding is dus een zesring. Bij metathese worden twee dubbele bindingen verbroken en twee dubbele bindingen gevormd. Eén dubbele binding is gevormd in etheen. De cyclische verbinding heeft dus ook een dubbele binding.

**Tip:** nummer de C-atomen van stof P, zo weet je precies op welk atoom de methylgroepen horen!





b)

**Vraag 27**

a)

Stap 1 Onderzoek welke deeltjes er zijn en schrijf deze allemaal op.

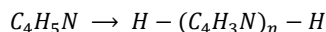
We hebben pyrrol, de molecuulformule kun je afleiden uit de structuur:  $C_4H_5N$

Na de pijl hebben we PPy, deze formule is gegeven:  $H - (C_4H_3N)_n - H$

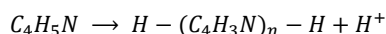
Ook is er  $H^+$  aanwezig (gegeven) in de halfreactie.

In een halfreactie komen ook elektronen,  $e^-$ , voor.

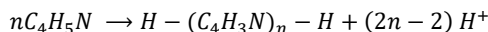
Stap 2 We weten dat PPy wordt gevormd uit pyrrol, dus moet pyrrol voor de pijl en PPy na de pijl.



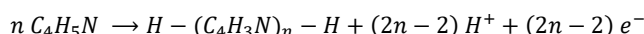
Stap 3 De index van PPy in een 'n'. Dit betekent dat de n moet voorkomen in de coëfficiënten van de overige stoffen. Het aantal C- en N-atomen is voor de pijl gelijk. We moeten alleen het aantal H-atomen nog gelijk maken. Voor de pijl hebben we vijf H-atomen en na de pijl  $(3n + 2)$  H-atomen. We weten in ieder geval dat we de  $H^+$  na de pijl zetten, om zo het aantal H-atomen kloppend te maken.



Stap 4 Om het juiste aantal H-atomen te krijgen zetten we  $(2n - 2)$  voor de  $H^+$ , want er zijn sowieso altijd twee H-atomen die hetzelfde blijven, ongeacht de waarde die 'n' heeft. We hebben voor de pijl vijf H-atomen, na de pijl staan er tussen haakjes drie H-atomen, dus wordt de coëfficiënt voor  $H^+$   $(2n - 2)$ . Daarnaast zetten we een 'n' voor  $C_4H_5N$ , want als de waarde van n verandert, moet er voor de pijl ook iets veranderen.

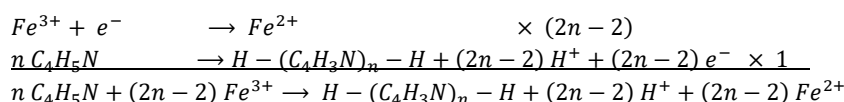


Stap 5 We missen nu alleen nog de elektronen in de halfreactie. De elektronen komen na de pijl, om lading zo weer in balans te krijgen. Het enige aanwezige deeltje met een lading in de reactie, is  $H^+$ . We hebben dus evenveel  $e^-$  nodig. De halfreactie is dus:



b) We moeten de halfreactie geven van de omzetting van ijzer(III)ionen in ijzer(II)ionen, deze halfreactie staat in BINAS 48. Je vindt de reactie bij  $V_0 = 0,77V$ . We vermenigvuldigen deze halfreactie met  $(2n - 2)$ , omdat in de andere halfreactie (zie a)  $(2n - 2)$  elektronen aanwezig waren.

- c) Zie hieronder de totale halfreactie.



- d) Tussen de NH-groepen van PPy-moleculen en de OH-groepen van cellulosemoleculen kunnen waterstofbruggen gevormd worden. (Dit is een sterke binding.) Hierdoor hecht PPy goed aan de cellulosevezels.
- e) De elektronen zullen van de negatieve naar de positieve elektrode bewegen. Om het ladingsverschil dat zo ontstaat te compenseren, zullen de chloride-ionen van de positieve naar de negatieve elektrode bewegen.
- f) Het is dan niet mogelijk om één van beide platen nog meer positieve lading te laten krijgen door het opladen. (Er zal dus geen ladingsverschil kunnen optreden.)
- g) De composiet moet zolang met de ijzer(III)chloride-oplossing reageren dat 50% van het maximaal aantal positieve ladingen op de PPy-moleculen gevormd wordt. De ene plaat zal dan bij opladen het maximaal aantal positieve ladingen verkrijgen, terwijl de andere plaat neutraal wordt. (Hierdoor wordt de maximaal haalbare spanning bereikt.)

### Vraag 28

De reactie is:  $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2 OH^{-}$ .

De evenwichtsvoorwaarde van de reactie  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  wordt als volgt gegeven:

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Alleen stoffen met als fase (g) en (aq) komen voor in de concentratiebreuk. Voor stoffen met de fasen (s) en (l) kun je het cijfer 1 invullen in de concentratiebreuk. In de tekst is gegeven dat  $Ca(OH)_2$  een hard materiaal is, dus fase (s). Deze komt dus niet voor in de breuk. We gaan de evenwichtsvoorwaarde opstellen!

$$K = [Ca^{2+}][OH^{-}]^2$$

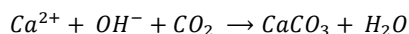
### Vraag 29

Doordat methylethanoaat uit het evenwicht verdwijnt, wordt het evenwicht aflopend naar rechts / verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts. Er zijn aan de rechterkant immers niet meer voldoende grondstoffen om de reactie naar links te laten verlopen, want methylethanoaat is verdampt.

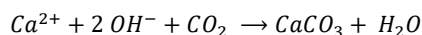
### Vraag 30

- a) Koolstofdioxide wordt door kalkwater geleid:
- b) *Stap 1* Beginstoffen: kalkwater (BINAS 66B: oplossing van calciumhydroxide in water)  
 $Ca^{2+}$ ,  $OH^{-}$   
 Koolstofdioxide:  $CO_2$   
 Reactieproducten:  $CaCO_3$ ,  $H_2O$

*Stap 2* Plaats de stoffen op de juiste plaats in een vergelijking: voor of na de pijl?



*Stap 3* Maak het aantal deeltjes van elke atoomsoort voor en na de pijl gelijk.



Als het gas koolstofdioxide is, wordt het kalkwater (na enige tijd) troebel. In BINAS 45A zien we dat  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{CO}_3^{2-}$  samen een neerslag vormen.

- c) De reactie  $\text{PbClF} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{F}^-$ :

In de tekst staat dat tijdens het toedruppelen van  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  een suspensie ontstaat en het bovenstaande evenwicht instelt. Een suspensie is een mengsel van een vaste stof (in hele kleine deeltjes) in een vloeistof. We kunnen hieruit opmaken dat  $\text{PbClF}$  een vaste stof is. Als we BINAS 45A erop naslaan, zien we dat  $\text{Pb}^{2+}$  matig oplost met zowel  $\text{Cl}^-$  als  $\text{F}^-$ .

$\text{PbClF}$  komt niet in de concentratiebreuk, de concentratiebreuk is dus:

$$K = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-][\text{F}^-]$$

- d) Door toevoegen van overmaat  $\text{NaCl}$  en  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , worden de  $[\text{Cl}^-]$  en de  $[\text{Pb}^{2+}]$  groot. Omdat de  $[\text{F}^-] = \frac{K}{[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]}$  wordt in de oplossing de fluorideconcentratie (en dus ook het aantal mol opgelost  $\text{PbClF}$  per liter) klein.

### Vraag 31

We zoeken de vormingswarmten op in BINAS 57:

$\text{H}_2\text{O}$	$= -2,42 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$
$\text{CO}_2$	$= -3,935 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$
$\text{CO}$	$= -1,105 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$
$\text{H}_2$	= nul (elementaire stof!)
$\text{O}_2$	= nul (elementaire stof!)

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

$$\Delta E = (2 \cdot (-1,105 \cdot 10^5)) - (4 \cdot (-2,42 \cdot 10^5) + 2 \cdot (-3,935 \cdot 10^5)) = +15,34 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

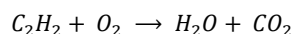
We hebben nu de reactiewarmte per 4 mol water berekend. We kunnen ons antwoord delen door 4:

$$\frac{+15,34 \cdot 10^5 \text{ J/mol}}{4} = +3,84 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

### Vraag 32

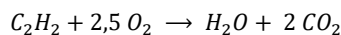
a)

We beginnen met het opstellen van de reactie van de volledige verbranding van ethyn. Bij volledige verbranding komen de te verbranden stof + zuurstof vóór de pijl en water en koolstofdioxide na de pijl. De molecuulformule van ethyn is gegeven,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , dus de reactie is als volgt:



We moeten nu de reactie kloppend maken. We hebben voor de pijl twee C-atomen, maar na de pijl maar één. Daarom zetten we een 2 voor  $\text{CO}_2$ . We hebben nu voor de pijl twee O-atomen, maar na de pijl 5 O-atomen. Daarom zetten we 2,5 voor  $\text{O}_2$ .

	Voor de pijl	Na de pijl		Voor de pijl	Na de pijl
<b>C</b>	2	1	<b>C</b>	4	4
<b>O</b>	2	3	<b>O</b>	10	10
<b>H</b>	2	2	<b>H</b>	4	4



We hebben geleerd dat de coëfficiënten hele getallen moeten zijn, en dat we daarom altijd vermenigvuldigen wanneer de getallen niet geheel zijn. In dit geval doen we dat niet, omdat we geïnteresseerd zijn in de temperatuurstijging per mol ethyn.

Gegeven:

- De verbrandingswarmte van ethyn waarbij water als waterdamp vrijkomt, bedraagt  $-1,26 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
- De soortelijke warmte van waterdamp bedraagt  $2,8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .
- De soortelijke warmte van koolstofdioxidegas bedraagt  $1,3 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

De soortelijke warmte van een stof kan worden gedefinieerd als het aantal joule dat nodig is om 1 g stof 1 K in temperatuur te laten stijgen.

De verbrandingswarmte is gegeven in  $\text{J mol}^{-1}$ , dus moeten we de soortelijke warmtes omrekenen naar  $\text{J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Hiervoor moeten we vermenigvuldigen met de molaire massa (figuur C2.1).

Molaire massa's:

- $CO_2: 44,010 \text{ g mol}^{-1}$
- $H_2O: 18,015 \text{ g mol}^{-1}$

$$H_2O: 18,015 \cdot 2,8 = 50,442 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$CO_2: 44,010 \cdot 1,3 = 57,213 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

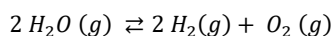
Bovenstaande gegevens zeggen dus hoeveel energie nodig is om één mol van de stof 1 graad op te warmen. We vermenigvuldigen  $57,213 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  met 2, omdat er per mol ethyn dat verbrand wordt, twee mol koolstofdioxide ontstaat:  $57,213 \cdot 2 = 114,426 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

We delen nu de som van de soortelijke warmtes in de juiste eenheid door de verbrandingswarmte van ethyn, om zo te berekenen hoeveel de temperatuur stijgt:

$$\text{Temperatuurstijging: } \frac{-(-1,26 \cdot 10^6)}{(50,442 + 114,426)} = 7,6 \cdot 10^3 \text{ K}$$

Dit is meer dan  $7 \cdot 10^3 \text{ K}$ , dus we hebben het aangetoond.

- b)** Gegeven: Als waterdamp wordt verhit, blijkt water namelijk te ontleden in waterstof en zuurstof. De volgende reactievergelijking hoort hierbij:



We moeten de evenwichtsvoorwaarde van deze reactie geven:

De evenwichtsvoorwaarde van de reactie  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  wordt als volgt gegeven:

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

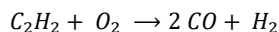
Alleen stoffen met als fase (g) en (aq) komen voor in de concentratiebreuk. Voor stoffen met de fasen (s) en (l) kun je het cijfer 1 invullen in de concentratiebreuk.

$$K = \frac{[H_2]^2 [O_2]}{[H_2O]^2}$$



Als de temperatuur stijgt, blijkt uit het diagram dat het evenwicht meer naar rechts verschuift. Er is dan dus meer  $\text{H}_2(\text{g})$  en  $\text{O}_2(\text{g})$ . De teller van de concentratiebreuk neemt daarbij toe. De waarde van  $K$  neemt dus toe naarmate de temperatuur stijgt.

c) De reactievergelijking is:



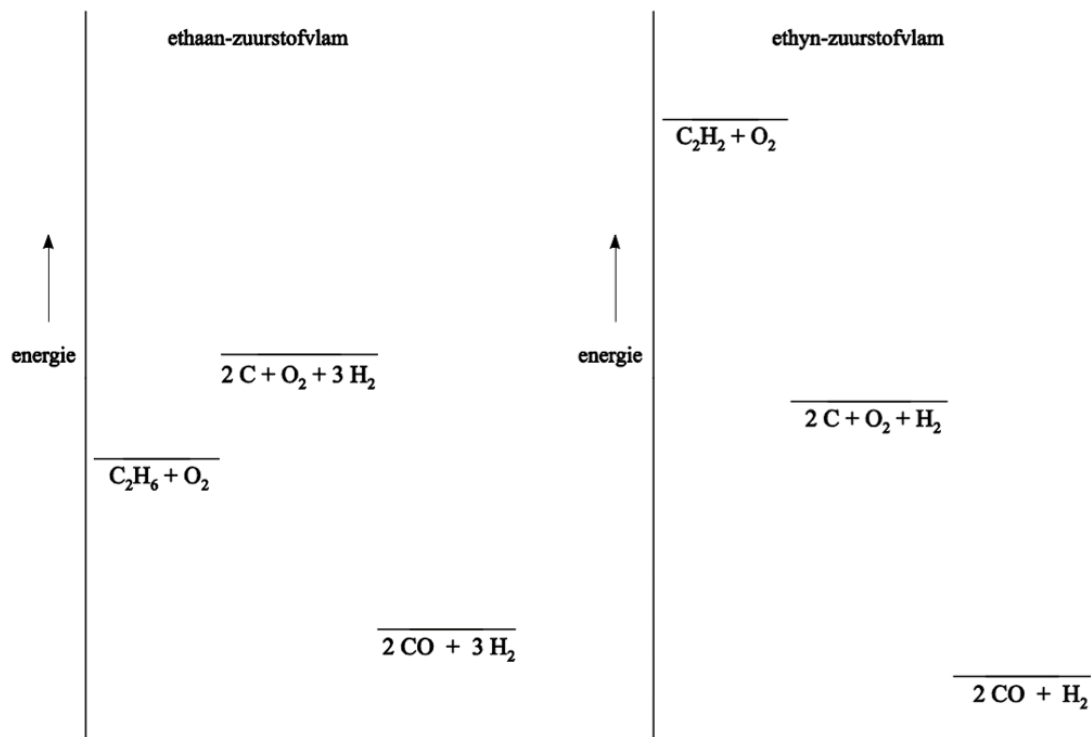
We zoeken de vormingswarmten op in BINAS 57:

$\text{C}_2\text{H}_2$	= $+2,27 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$
$\text{O}_2$	= nul (elementaire stof!)
$\text{CO}$	= $-1,105 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$
$\text{H}_2$	= nul (elementaire stof!)

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

$$\Delta E = (2 \cdot (-1,105 \cdot 10^5)) - ((+2,27 \cdot 10^5)) = -4,48 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

d) We moeten een energiediagram tekenen. Uit BINAS 57B blijkt dat de vormingswarmte van ethaan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )  $-0,84 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$  is. De vormingswarmte van ethyn ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) is  $+2,27 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$ . Het niveau van de beginproducten ligt dus bij ethaan vele malen lager in het energiediagram dan bij ethyn. Het zijn beide verbrandingen (exotherm), dus de reactieproducten liggen lager dan de beginstoffen in het energiediagram (zie figuur C6.1).





## Antwoorden domein D

### Vraag 1

- Er wordt gebruik gemaakt van adsorptie. De geurstoffen hechten blijkbaar goed aan Norit, omdat het slootwater na de handeling niet meer stinkt. De methode berust op het verschil in aanhechtingsvermogen, kijk maar in tabel D1.1!
- Nee dat kan niet, want alcohol is een zuivere stof. Een scheidingsmethode wordt altijd gebruikt voor het scheiden van twee of meerdere stoffen in een mengsel. De geur van alcohol is een stoffeigenschap.
- Stof A zit in de etherlaag, want in de tekst staat dat stof A beter oplost in ether dan in water.
- Deze methode berust op het verschil in oplosbaarheid: stof A lost beter op in ether als in water. In tabel D1.1 zien we dat deze scheidingsmethode extractie heet.
- Overeenkomst: beide methoden berusten op verschil in kookpunt.  
Verskil: bij destillatie gaat het om het verkrijgen van beide stoffen; bij indampen om één van de twee stoffen.

### Vraag 2

- Bij chromatografie maak je gebruik van het verschil in oplosbaarheid en het verschil in absorptie. Als de mobiele fase polair is, dan is de stationaire fase vaak apolair. Zoals we weten lost een polaire stof beter op in en hecht beter aan een polair oplosmiddel. Voor apolaire stoffen geldt hetzelfde voor een apolair oplosmiddel. Zo maken we bij chromatografie handig gebruik van deze stoffeigenschappen!
- Het scheiden bij chromatografie berust op het verschil in de oplosbaarheid en het verschil in aanhechtingsvermogen, zoals bij A behandeld!

### Vraag 3

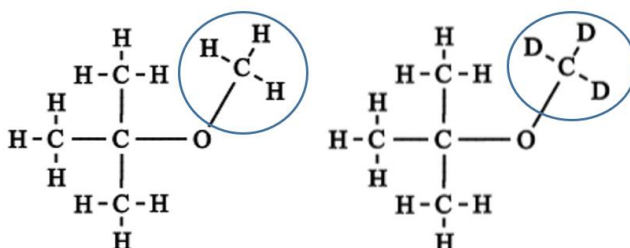
De verontreiniging lost beter op in de loopvloeistof dan stof A. Dit zie je aan de afstand die de verontreiniging heeft afgelegd: bijna tot aan het vloeistoffront. Stof A daarentegen, is veel minder ver gekomen. Daarnaast hecht stof A beter aan het papier: stof A heeft een relatief kleine afstand in het chromatogram afgelegd, vergeleken met de verontreiniging.

### Vraag 4

We moeten aan de hand van het massaspectra uitleggen welk fragmention de piek bij  $m/z = 73$  heeft veroorzaakt. We weten het volgende uit de tekst:

Bij een MTBE-bepaling zijn de pieken met  $m/z$ -waarden 73 (in het MTBE-spectrum) en 76 (in het MTBE-d3 spectrum) van belang.

Op de volgende bladzijden zijn de beide structuurformules van MTBE en van MTBE-d3 weergegeven. Het enige verschil is dat MTBE een  $\text{CH}_3$  groep heeft in plaats van een  $\text{CD}_3$  groep, voor de rest zijn deze moleculen identiek (de verschillende groep is omcirkeld!).







Een H-atoom heeft een massa van 1 u, een D-atoom (deuterium) heeft een massa van 2 u. Je kunt dit terugvinden in BINAS 25A. Deze moleculen verschillen dus 3 u in massa.

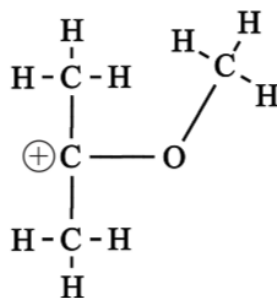
Bij de MTBE-bepaling zien we een verschil van een massa van 3 u in het MTBE en het MTBE-d3 spectrum, de deuteriumgroep ( $\text{CD}_3$ ) is daar dus nog aanwezig!

De massa van MTBE kun je uitrekenen, kijk maar mee:

C	$5 \cdot 12,01 =$	60,05 u
O	$1 \cdot 16,00 =$	16,00 u
H	$12 \cdot 1,008 =$	12,096 u
<b>Totaal:</b>		88,146 u

Een  $\text{CH}_3$  groep heeft een massa van 15,034 u. Als er een methylgroep afgesplitst zou zijn, zou de massa  $88,146 - 15,034 = 73,112$  u zijn. Dit is precies wat de piek bij  $m/z = 73$  veroorzaakte! De piek bij MTBE-d3 bij  $m/z = 76$  is dan  $73 \text{ u} + 3 \text{ u} = 76 \text{ u}$ .

Het moet een fragment zijn met formule  $\text{C}_4\text{H}_9\text{O}^+$ . Er is dus een  $\text{CH}_3$ -groep afgesplitst. Dus het fragmentation dat de piek bij  $m/z = 73$  veroorzaakt in het spectrum van MTBE heeft de volgende structuurformule:



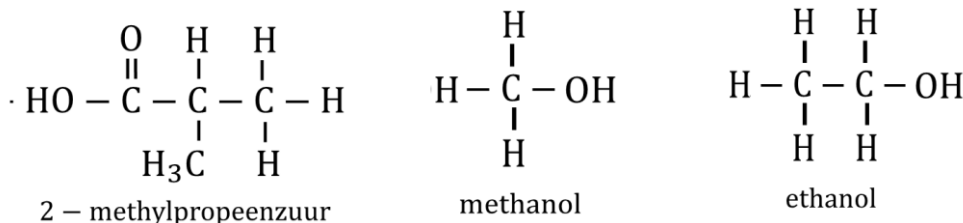
### Vraag 5

Twee voorbeelden van een juiste proefopzet:

- Je moet op chromatografiepapier een druppel bier en een druppel (zuiver) diacetyl opbrengen. Wanneer in het chromatogram van bier een vlek voorkomt op dezelfde hoogte/met dezelfde  $R_f$ -waarde als diacetyl, bevat het bier diacetyl.
- Je moet (met een gaschromatograaf) een chromatogram opnemen van het bier (chromatogram 1) en (onder dezelfde omstandigheden, met dezelfde kolom) een chromatogram van (zuiver) diacetyl (chromatogram 2). Wanneer in chromatogram 1 een piek voorkomt met dezelfde retentietijd als de piek in chromatogram 2, bevat het bier diacetyl.

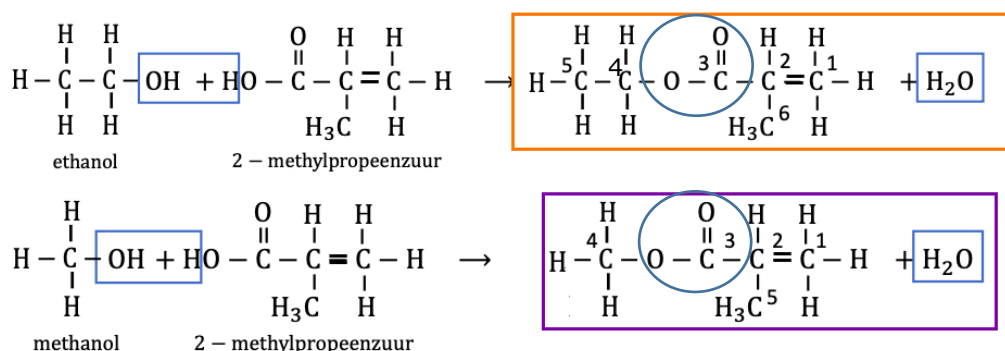
### Vraag 6

- We moeten het copolymeer van de ester van ethanol en 2-methylpropeenzuur en de ester van methanol en 2-methylpropeenzuur geven.
- Eerst schrijven we de structuren van 2-methylpropeenzuur, ethanol en methanol op. Weet je niet meer zo goed hoe je de structuren bepaalt? Kijk eens terug in domein B of in BINAS 66!



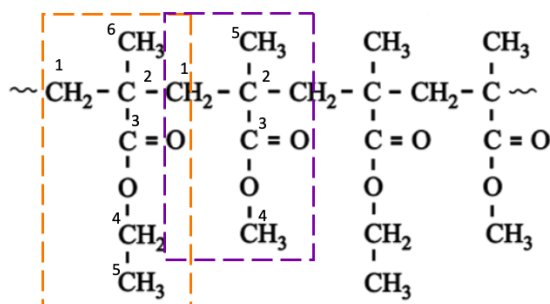
- We weten nu de structuren. We maken nu de ester van ethanol met 2-methylpropeenzuur en de ester van methanol met 2-methylpropeenzuur, we doen dit via een **condensatiereactie**. Hierbij splitst dus water af. Het water wordt gevormd uit de OH-groep van de alcohol en een H-atoom van de zuurgroep (dit is blauw omkaderd).

We hebben nu de twee esters waaruit we een copolymeer vormen. Herken je de structurele groepen van de ester ook in beide esters? Ze zijn beide omcirkeld!



Oké, we hebben nu de 'grondstoffen' voor het uiteindelijke polymeer, we zijn goed op weg! Kijk je mee op de volgende bladzijde? Deze beide esters ondergaan de polymerisatie, waardoor het copolymeer gevormd wordt (zie hierna!). De polymerisatie vindt plaats via additiepolymerisatie: de dubbele binding tussen het eerste en tweede C-atoom klapt open en zo worden de beide esters aan elkaar gekoppeld.

Als je goed kijkt naar de nummers, weet je precies welk C-atoom welke plek krijgt in het uiteindelijke polymeer!



### Vraag 7

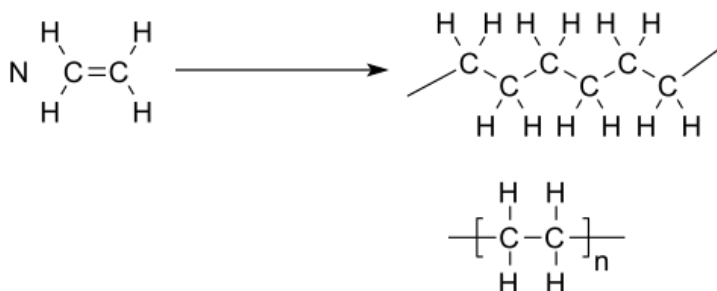
Tussen de moleculen van een thermoplast komen (vrij zwakke) vanderwaalsbindingen/ molecuulbindingen voor. De moleculen van de weekmaker kunnen gemakkelijk tussen de polymere moleculen door bewegen. Hierdoor wordt de afstand tussen de polymere moleculen groter, worden de vanderwaalsbindingen zwakker en wordt de stof soepeler. In een thermoharder komt een netwerk van (atomen die aan elkaar zijn gebonden door) (sterke) atoombindingen voor. De moleculen van de weekmaker hebben daar geen effect op.



## Antwoorden domein E

### Vraag 1

- a) Elastische polymeren noemen we ook wel elastomeren. In een elastomeer zijn crosslinks aanwezig. Crosslinks zijn dwarsverbindingen tussen de verschillende polymeerketens. In thermoharders vinden we ook crosslinks, maar veel meer crosslinks dan in elastomeren. Hierdoor zijn thermoharders niet elastisch, maar elastomeren wel.
- b) Een polymeer is gevoelig voor uv-licht als er veel dubbele bindingen aanwezig zijn. In polyetheen zijn geen dubbele bindingen aanwezig, kijk maar hieronder. De dubbele binding klapt open tijdens de polymerisatie, dit is de initiatie. Hierdoor heeft het C-atoom een binding te weinig en een **elektronenoverschot**. Hierdoor kan het een binding aangaan met een C-atoom van een ander polyetheenmolecuul. Hierdoor klapt bij dit molecuul ook de dubbele binding open. Deze reactie kan zo eindeloos doorgaan, vandaar de 'n' in de figuur hieronder.



### Vraag 2

- a) Dit is propaan-1,2,3-triol, ook wel glycerol (kijk maar in BINAS 66A). Het is een relatief klein molecuul en er zijn drie groepen aanwezig die een waterstofbrug zouden kunnen vormen (de drie OH-groepen (alcohol)!) met de watermoleculen. Molecuul a is dus goed oplosbaar in water.
- b) We zien hier een lange vetzuurketen. Je ziet namelijk een lange keten van C- en H-atomen met aan het eind een zuurgroep. Aan het ene uiteinde zit dus de zuurgroep vast. De OH-groep van de zuurgroep zou in theorie een waterstofbrug kunnen vormen, maar dit is onvoldoende voor het oplossen van het hele molecuul in water (dit hebben we in de theorie behandeld!). De lange koolwaterstofstaart is dus hydrofoob. Er zijn verder geen polaire stoffen of stoffen die een waterstofbrug zouden kunnen vormen aanwezig, dus is dit molecuul niet goed oplosbaar in water.
- c) We zien een redelijk klein molecuul. We hebben hier twee OH-groepen die een waterstofbrug zouden kunnen vormen met de watermoleculen. Hierdoor is het molecuul goed oplosbaar in water.

### Vraag 3

Het sorbinezuur dat gegeven is, heeft een trans-trans-conformatie. We hebben in dit molecuul te maken met twee starre bindingen en hierdoor kunnen er dus bij beide bindingen een cis- of transconformatie ontstaan.

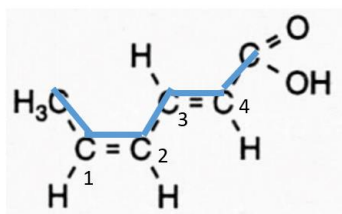
Allereerst is hieronder de **cis-transconformatie** gegeven. Bij de starre binding tussen C-atoom 1 en C-atoom 2 zitten de twee H-atomen aan één kant en de twee belangrijke groepen ook aan één kant. Zoals in de theorie staat, heet dit **cis**. Bij de starre binding tussen C-atoom 3 en C-atoom 4 zitten de H-atomen én de twee belangrijke groepen aan een verschillende kant, dit noemen we **trans**.

Vervolgens is de **cis-cisconformatie** weergegeven. Bij de starre binding tussen C-atoom 1 en C-atoom 2 zitten de twee H-atomen aan één kant en de twee belangrijke groepen ook aan één kant. Zoals in de theorie staat, heet dit **cis**. Bij de starre binding tussen C-atoom 3 en C-atoom 4 zitten de twee H-atomen aan en de twee belangrijke groepen ook aan één kant. Ook dit noemen we **cis**.

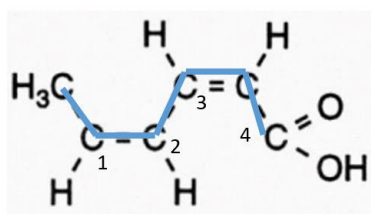


Vervolgens is de **trans-cisconformatie** weergegeven. Bij de starre binding tussen C-atoom 1 en C-atoom 2 zitten de H-atomen én de twee belangrijke groepen aan een verschillende kant. Dit heet **trans**. Bij de starre binding tussen C-atoom 3 en C-atoom 4 zitten de twee H-atomen aan en de twee belangrijke groepen ook aan één kant. Dit noemen we **cis**.

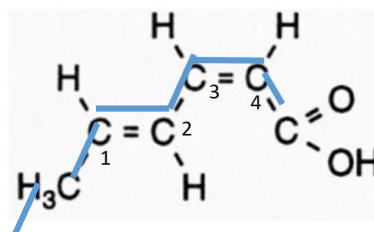
Met de blauwe lijnen in de figuren hieronder is dit verhaal nog iets duidelijker gemaakt!



cis-trans



cis-cis



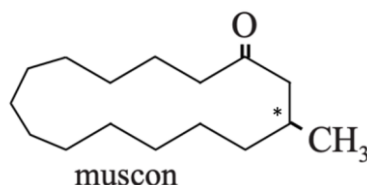
trans-cis

#### Vraag 4

Het koolstofatoom met de methylgroep (met het sterretje \*) is een **asymmetrisch koolstofatoom**, omdat dit C-atoom vier verschillende groepen gebonden heeft. (Dit stond in de theorie!).

- Een H-atoom
- Een methylgroep
- De ene kan de ring op
- En de ring de andere kant op

Als een molecuul een asymmetrisch C-atoom heeft, dan zijn er twee vormen van hetzelfde molecuul. Er zijn dus twee **spiegelbeeldisomeren**. We hebben het dan over stereo-isomerie. Het asymmetrische C-atoom is hieronder weergegeven met een sterretje.



#### Vraag 5

Na het drinken van dit middel voelde men zich misselijk. Het tussenproduct, acetaldehyde (ethanal), zorgt in een te hoge concentratie voor een misselijkheidsgevoel (zie de tekst). De werking van het enzym aldehydedehydrogenase wordt geblokkeerd door het drankje. De werking van alcohol-dehydrogenase wordt niet geblokkeerd, want er is acetaldehydevorming.

## Antwoorden domein F

#### Vraag 1

Ruimte I is de reactor, het is gegeven dat hier de gedeeltelijke omzetting van benzeen tot nitrobenzeen plaatsvindt. We kunnen hieruit afleiden dat alle drie de reacties plaatsvinden in deze reactor. Er staat al een stofstroom met een cijfer 1 gegeven, dit staat voor benzeen. We moeten er nu nog voor zorgen dat de andere beginproducten in de reactor (I) terechtkomen. Dat zijn dus salpeterzuur en zwavelzuur.

Alleen salpeterzuur wordt verbruikt bij deze reactie, deze moet dus opnieuw worden aangevoerd. Zwavelzuur kan vanuit de scheidingsruimte weer teruggebracht worden in de reactor. Dit staat ook gegeven in de tekst, salpeterzuur wordt toegevoegd zodat het mengsel weer de juiste samenstelling heeft.

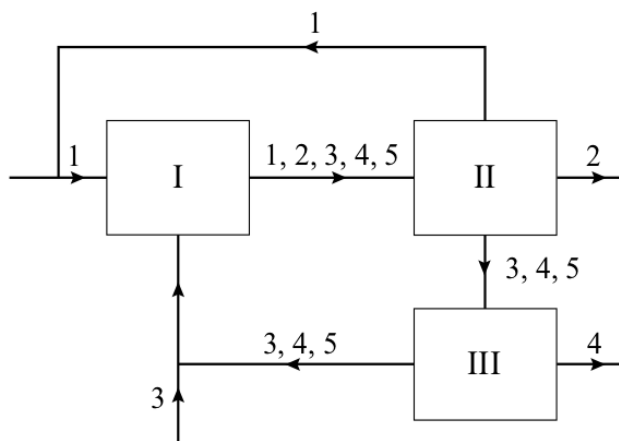


In reactor I vinden drie reacties plaats en er is, zoals gezegd, een gedeeltelijke omzetting van benzeen naar nitrobenzeen. Alle stoffen gaan van reactor I naar reactor II, omdat de omzettingen niet volledig zijn (1,2,3,4,5).

Ruimte II is een scheidingsruimte, er staat al weergegeven dat het wordt gescheiden in nitrobenzeen, benzeen en een oplossing van zwavelzuur en salpeterzuur. Er staat al in de figuur dat nitrobenzeen als product uit ruimte II komt.

In de tekst staat ook dat ruimte III een ruimte is om de oplossing (dus incl. water!) van zwavelzuur en salpeterzuur dat uit de scheidingsruimte komt, te behandelen zodat het weer in het productieproces kan worden gebruikt. We weten dus dat van ruimte II naar ruimte III salpeterzuur, water en zwavelzuur gaan. Benzeen (1) wordt hier ook van het mengsel gescheiden en kan weer terug naar ruimte I, hiervoor teken je een recyclepijl.

In ruimte III wordt de oplossing van salpeterzuur en zwavelzuur geconcentreerd door er water uit te verdampen, dit zal niet helemaal volledig zijn, dus er zal ook een klein beetje water samen met zwavelzuur en salpeterzuur (3,4,5) vanuit ruimte III naar reactor I gaan, hier wordt dan nog salpeterzuur (3) aan toegevoegd.



## Vraag 2

We moeten het rendement berekenen. Het rendement bereken je met behulp van de volgende formule:

$$\text{Rendement } (\eta) = \frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretisch mogelijke opbrengst}} \cdot 100\%$$

De werkelijke opbrengst is 161 gram hexaandizuur. Om de theoretisch mogelijke opbrengst te berekenen, moeten we eerst het aantal mol cyclohexeen en het aantal mol hexaandizuur bepalen. Vervolgens kunnen we bepalen hoeveel gram hexaandizuur uit 100 gram cyclohexeen had kunnen ontstaan. We berekenen dit in gram omdat de werkelijke opbrengst ook in gram is gegeven. Met behulp van BINAS 99 berekenen we de molaire massa van cyclohexeen:

	Uit BINAS 99:		C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 6 =	72,06 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 10 =	10,08 g/mol
	Totaal:		<b>82,14 g/mol</b>



Ook kunnen we met behulp van BINAS 99 de molaire massa van hexaandizuur bepalen.

	Uit BINAS 99:	$C_6H_{10}O_4$	
<b>Molaire massa C</b>	12,01 g/mol	· 6 =	72,06 g/mol
<b>Molaire massa H</b>	1,008 g/mol	· 10 =	10,08 g/mol
<b>Molaire massa O</b>	16,00 g/mol	· 4 =	64,00 g/mol
Totaal:			<b>146,14 g/mol</b>

We hadden 100 gram cyclohexeen, we berekenen het aantal mol door te delen door de molaire massa.

$$\text{Aantal mol cyclohexeen} = \frac{\text{Aantal gram cyclohexeen}}{\text{Molaire massa cyclohexeen}} = \frac{100}{82,14} = 1,22 \text{ mol}$$

Cyclohexeen en hexaandizuur reageren in verhouding 1 : 1. Er zou dus in theorie ook 1,22 mol hexaandizuur kunnen ontstaan. We moeten nu met behulp van de molaire massa van hexaandizuur berekenen hoeveel gram 1,22 mol hexaandizuur is.

$$\text{Aantal gram hexaandizuur} = \text{aantal mol hexaandizuur} \cdot \text{molaire massa hexaandizuur}$$

$$\text{Aantal gram hexaandizuur} = 1,22 \text{ mol} \cdot 146,14 \text{ g/mol} = 178 \text{ gram}$$

Nu kunnen we dit invullen in de formule om het rendement te kunnen berekenen:

$$\begin{aligned} \text{Rendement } (\eta) &= \frac{\text{Werkelijke opbrengst}}{\text{Theoretisch mogelijke opbrengst}} \cdot 100\% = \frac{161 \text{ g}}{178 \text{ g}} \cdot 100\% \\ &= 90,4\% \end{aligned}$$

### Vraag 3

Allereerst zoek je de uitgangspunten op in BINAS 97F, of in domein F2.

*Uitgangspunt 2: Atoomeconomie; het eindproduct bevat zoveel mogelijk atomen van de in het proces gebruikte stoffen.*

*Uitgangspunt 6: Energie-efficiënt ontwerpen; verlaag de energie die nodig is om een reactie uit te voeren.*

*Uitgangspunt 12: Minder risicovolle chemie; werk aan preventie op het gebied van brand en explosie.*

- Uitgangspunt 2: de atoomeconomie voor de bereiding van NaSi uit de grondstoffen zand en zout is geen 100% (omdat zand bestaat uit  $SiO_2$  en zout uit NaCl, de grondstoffen  $O_2$  en Cl doen niet mee in de atoomeconomie, dit zijn de afvalproducten).
- Uitgangspunt 6: de vormingswarmten van  $SiO_2$  en NaCl zijn negatief, dus voor de bereiding van Na en Si is energie nodig: de reactie verloopt niet bij kamertemperatuur, pas bij 400 °C.
- Uitgangspunt 12: het tussenproduct Natrium is een heel reactieve stof en dus gevaarlijk. Waterstof is een explosief en brandbaar gas, dit brengt risico's met zich mee.

### Vraag 4

We moeten de E-factor berekenen van de reactie met aluminium en de reactie met calcium. De E-factor kun je berekenen met behulp van de volgende formule:



$$E - factor = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa gewenst product}}{\text{massa gewenst product}}$$

We hebben geen daadwerkelijke massa's, dus berekenen we eerst de molecuulmassa's of we zoeken deze op.

De molaire massa van V kunnen we opzoeken in het periodiek systeem, deze is 50,94 g/mol. De molaire massa van Al is 26,98 g/mol en de molaire massa van Ca is 40,08 g/mol.

De molaire massa van  $V_2O_5$  is 181,9 g/mol:

	Uit BINAS 99:	$V_2O_5$	
<b>Molaire massa V</b>	50,94 g/mol	$\cdot 2 =$	101,88 g/mol
<b>Molaire massa O</b>	16,00 g/mol	$\cdot 5 =$	80,00 g/mol
Totaal:			<b>181,9 g/mol</b>

$$E - factor \text{ aluminium} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa gewenst product}}{\text{massa gewenst product}}$$

$$= \frac{(3 \cdot 181,9 + 10 \cdot 26,98) - (6 \cdot 50,94)}{6 \cdot 50,94} = 1,668.$$

$$E - factor \text{ calcium} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa gewenst product}}{\text{massa gewenst product}}$$

$$= \frac{(181,9 + 5 \cdot 40,08) - (2 \cdot 50,94)}{2 \cdot 50,94} = 2,752.$$

Hoe lager de E-factor, hoe duurzamer de reactie. Hierdoor heeft de reactie met aluminium de voorkeur.

### Vraag 5

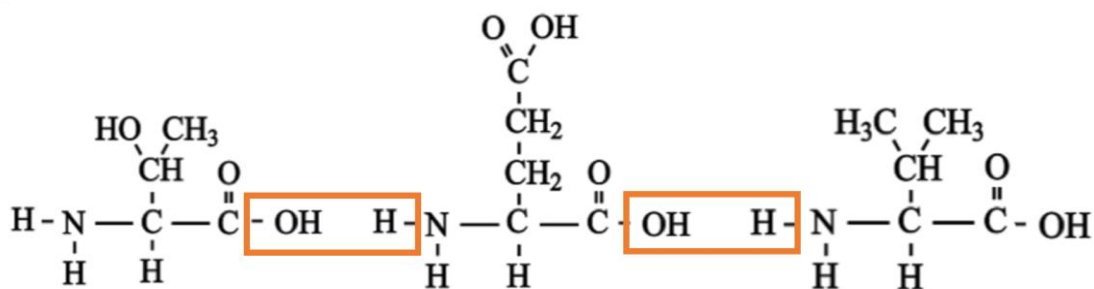
- a) Het kost minder energie om de bindingen in één molecuul glucose en zes moleculen zuurstof te verbreken, dan de energie die vrijkomt bij de vorming van de bindingen van zes moleculen water en zes moleculen koolstofdioxide. De bindingen zijn op microniveau, dit zorgt er op macroniveau voor dat er energie vrijkomt bij de verbranding van glucose.
- b) De grondstoffen glucose en zuurstof zijn hernieuwbare grondstoffen, in tegenstelling tot fossiele brandstoffen. Voor het opladen van het accuutje kan energie uit zonnepanelen of windmolens (of groene chemie) worden gebruikt. Dit is milieuvriendelijk, want er wordt geen gebruik gemaakt van schadelijke stoffen!

Daarnaast hoeft niet steeds een nieuw accuutje te worden gemaakt, omdat het batterijtje steeds opnieuw opgeladen kan worden: er worden niet steeds opnieuw grondstoffen gebruikt en dat is milieuvriendelijk.

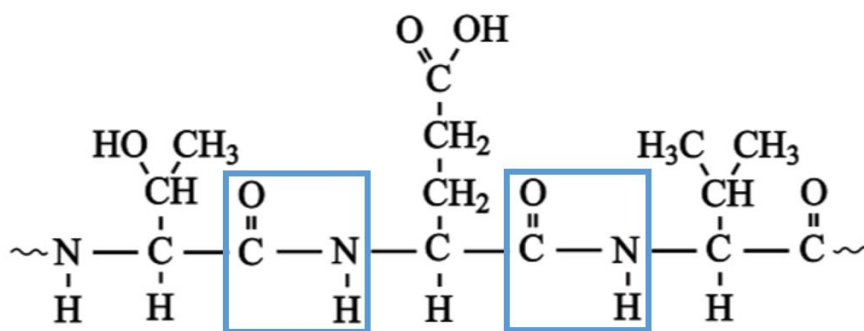
## Antwoorden domein G

### Vraag 1

We weten welke aminozuren aan elkaar gekoppeld worden, namelijk Thr – Glu – Val. De structuur van deze aminozuren zoek je allereerst op in BINAS 67H1. Het is dan handig om ze naast elkaar op te schrijven, bij alle drie de aminogroep naar dezelfde kant, en bij allemaal de zuurgroep naar dezelfde kant. Hieronder hebben wij dit ook gedaan!



Zoals gezegd in de tekst, zijn aminozuren verbonden door peptidebindingen. We hebben in voorgaande domeinen gezien dat peptidebindingen ontstaan door condensatie: afsplitsing van water. De OH van de zuurgroep en de H van de aminogroep vormen samen water ( $\text{H}_2\text{O}$ ), en zo vormt de peptidebinding (ook wel amidebinding). Dus als je twee keer een watermolecuul afsplitst (hierboven omkaderd), dan vormen zich twee peptidebindingen, en heb je de aminozuren aan elkaar gekoppeld. Hieronder zijn de peptidebindingen omkaderd:



Aan het begin en aan het eind teken je de bekende golfjes,  $\sim$ , om aan te geven dat het molecuul verder doorloopt!

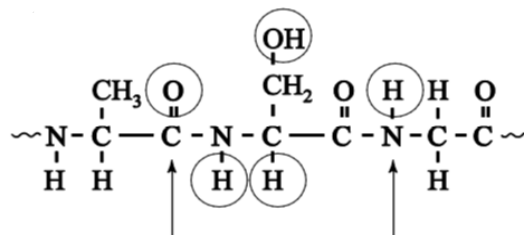
## Vraag 2

- We gaan op zoek naar het ontbrekende deeltje in de reactievergelijking. Voor de pijl staat fenylalanine, molecuulformule hiervan is  $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2$ . Na de pijl staat kaneelzuur. We kunnen de molecuulformule van kaneelzuur afleiden uit de structuur die is gegeven, namelijk  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_2$ . In kaneelzuur zijn er drie H-atomen en één N-atoom minder dan in fenylalanine. Het ontbrekende deeltje is dus  $\text{NH}_3$ . Want alles wat vóór de pijl aanwezig is, is ook na de pijl aanwezig!
- Net als in vraag 1 begin je met het opzoeken van de aminozuren Ala – Ser – Gly in BINAS 67H. Deze verbind je met elkaar door water af te splitsen en zo een peptidebinding te vormen.

In figuur 2 is de MIO-groep weergegeven. Je ziet dat de ring wordt gesloten doordat een C-atoom een binding aangaat met een N-atoom. Het is een vijfring, die bestaat uit twee N-atomen en drie C-atomen. Hieruit kunnen we concluderen dat het C-atoom en het N-atoom waarbij een pijl is gezet een binding met elkaar aangaan om zo de ring te sluiten.

Vervolgens moet je de O- en H-atomen die worden afgesplitst bij de ringsluiting omcirkelen. Dit doe je door figuur 2 en de aan elkaar gekoppelde aminozuren met elkaar te vergelijken. Het antwoord staat hieronder weergegeven:





- c) **Reden 1:** Door fenylalanine in te bouwen is in de restgroep geen OH groep meer aanwezig. Tyrosine is enigszins polair, want tyrosine heeft een OH-groep, terwijl fenylalanine apolair is. Zo kan de invloed van de polariteit worden onderzocht.

**Reden 2:** De restgroep van fenylalanine lijkt van alle aminozuren (ruimtelijk) het meest op tyrosine, ze zijn namelijk beide aromatisch. In BINAS 67H vind je ze ook allebei in de categorie aromatische aminozuren. Op deze manier wordt de vorm van het eiwit zo min mogelijk beïnvloed.

- d) In BINAS 71G kun je de coderende basen voor tyrosine en fenylalanine vinden. Bij actieve PAL is het aminozuur tyrosine ingebouwd, want dan wordt fenylalanine omgezet tot kaneelzuur. Bij inactieve PAL wordt het aminozuur fenylalanine ingebouwd, en is er geen omzetting.

	actieve PAL	inactieve PAL
base op coderende streng:	A	T
base op matrijsstreng:	T	A

De middelste base op het mRNA van tyrosine is een A en bij fenylalanine een U. De coderende streng heeft dezelfde basevolgorde als het mRNA, maar op de coderende streng komt een T voor in plaats van een U. De base bij tyrosine/actieve PAL is dus een A en bij fenylalanine/inactieve PAL een T. De matrijsstreng is complementair aan de coderende streng, dus op de matrijsstreng komt bij Tyr/actieve PAL een T voor en bij Phe/inactieve PAL een A.

- e) Van het codon met nummer 110 is het tweede basenpaar anders. De nummers van de basenparen op codon 110 zijn 328–329–330. Dus het nummer van de puntmutatie is 329.



## Antwoorden oefenexamens Eindexamen 2019-I

### Vraag 1 (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: berekening van de massa geconcentreerd zwavelzuur
- 1 punt voor: omrekening naar het volume in L geconcentreerd zwavelzuur

We moeten het volume geconcentreerd zwavelzuur per batch in L berekenen. Uit de tekst weten we dat één batch 200 kg reactiemengsel bevat, en dat hiervan 3,0 massa% zwavelzuur is. We kunnen dus allereerst het aantal kilo zwavelzuur in de batch berekenen. Dit doen we door 3,0% van 200 kg te berekenen.

$$200 \text{ kg} \cdot 0,03 = 6 \text{ kg} \text{ of } 200 \cdot \frac{3}{100} = 6 \text{ kg}$$

Er wordt om geconcentreerd zwavelzuur gevraagd. In de vraag staat gegeven dat geconcentreerd zwavelzuur 98 massa% zwavelzuur bevat. De gevonden 6 kg is dus 98%. We berekenen 100% als volgt:

6 kg	?
98 %	100 %

$$6 \text{ kg} \cdot \frac{100}{98} = 6,12 \text{ kg}$$

We hebben nu het benodigde antwoord in kilo gevonden. Het antwoord wordt gevraagd in L. We moeten hiervoor delen door de dichtheid van zwavelzuur, deze is gegeven.

$$\text{Volume (L)} = \frac{6,12 \text{ kg}}{1,832 \text{ kg L}^{-1}} = 3,3 \text{ L}$$

Per batch is er 3,3 L geconcentreerd zwavelzuur nodig.

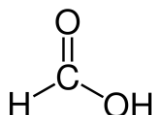
### Vraag 2 (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: links van de pijl  $C_{12}H_{22}O_{11}$
- 1 punt voor: rechts van de pijl  $C_5H_8O_3$ ,  $CH_2O_2/HCOOH$  en  $H_2O$ .
- 1 punt voor: de elementbalans juist in een vergelijking met uitsluitend de juiste formules

#### Stap 1 De beginstof is maltose.

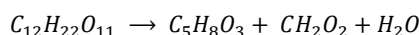
We kunnen de structuurformule van maltose vinden in BINAS 67F. Je kunt hier de verschillende atomen tellen om zo de juiste molecuulformule te krijgen. De juiste molecuulformule is  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

**Stap 2** De reactieproducten zijn levulinezuur, methaanzuur en water. De molecuulformule van levulinezuur is in de vraag gegeven, deze is  $C_5H_8O_3$ . De molecuulformule van water is  $H_2O$  en de molecuulformule van methaanzuur kunnen we achterhalen door eerst de structuurformule te tekenen. We hebben één C-atoom met daaraan een zuurgroep (methaanzuur):



De molecuulformule van methaanzuur is af te leiden uit de structuurformule, namelijk:  $CH_2O_2$  ( $HCOOH$  wordt ook goed gerekend!).

#### Stap 3



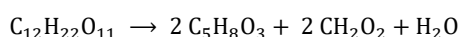


**Stap 4** Nu moeten we de reactie nog kloppend maken:

Atoomsoort	Voor de pijl	Na de pijl
<b>C</b>	12	2
<b>H</b>	22	12
<b>O</b>	11	6

Om de reactie kloppend te maken moeten we twee moleculen levulinezuur en twee moleculen methaanzuur hebben!

**Stap 5**



**Vraag 3** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: een relevant verschil in de moleculen van beide stoffen
- 1 punt voor: de soort binding die hiermee samenhangt
- 1 punt voor: een consequente conclusie

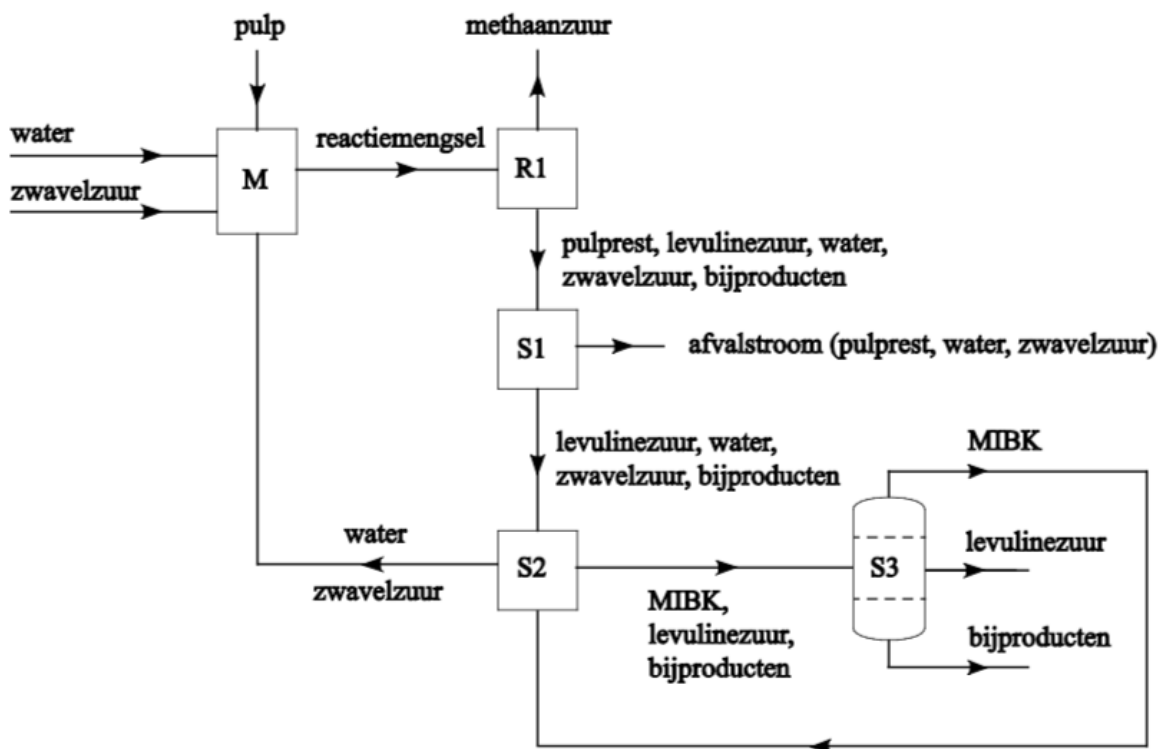
MIBK is 4-methyl-pentaaan-2-on (is gegeven). MIBK is dus een koolstofketen van vijf C-atomen lang, met een methylgroep op de vierde plek. Ook zit op de tweede plek een keton groep (uitgang -on), dit is een dubbelgebonden O.

Levulinezuur is ook een koolstofketen van vijf C-atomen lang. In een molecuul levulinezuur komt een OH-groep/COOH-groep voor. Moleculen levulinezuur kunnen hierdoor onderling waterstofbruggen vormen. Moleculen MIBK kunnen dit niet.

Waterstofbruggen zijn vrij sterk. Er moet meer energie, in de vorm van warmte, worden toegevoerd om deze verbindingen te verbreken. Hierdoor heeft levulinezuur een hoger kookpunt. Er werd gevraagd naar de stof met het laagste kookpunt: MIBK heeft dus het laagste kookpunt.

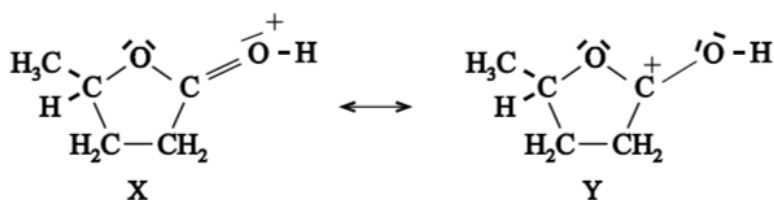
**Vraag 4** (maximumscore 4 punten)

- 1 punt voor: de stofstroom van methaanzuur juist
- 1 punt voor: de stofstroom van zwavelzuur en water juist
- 1 punt voor: de stofstromen van MIBK, levulinezuur en bijproducten juist
- 1 punt voor: de stofstromen uit S3 in de juiste volgorde van kookpunt aangegeven



**Vraag 5** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt per juiste structuur



**Vraag 6** (maximumscore 3 punten)

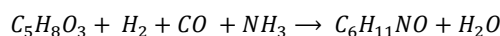
- 1 punt voor: links van de pijl  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  en  $\text{NH}_3$
- 1 punt voor: rechts van de pijl  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$
- 1 punt voor: de elementbalans juist in een vergelijking met uitsluitend de juiste formules

**Stap 1** We kijken hiervoor in de gegeven figuur. We beginnen met levulinezuur, vervolgens worden er waterstof, methaanzuur, ammoniak en koolmono-oxide toegevoegd. Methaanzuur wordt ook weer afgegeven, het reageert dus niet en hoort dus niet in de vergelijking. De beginstoffen zijn dus levulinezuur (dit is gegeven), waterstof, koolmono-oxide en ammoniak.

De molecuulformule van levulinezuur is  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_3$ . Waterstof, koolstofmono-oxide en ammoniak zijn respectievelijk  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  en  $\text{NH}_3$ .

**Stap 2** De reactieproducten zijn caprolactam en water. De molecuulformule van caprolactam is af te leiden uit de gegeven structuur, deze is  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ . De molecuulformule van water is  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Stap 3**



**Stap 4** Nu moeten we de reactie nog kloppend maken:



Atoomsoort	Voor de pijl	Na de pijl
<b>C</b>	6	6
<b>H</b>	13	13
<b>O</b>	4	2
<b>N</b>	1	1

Om de reactie kloppend te maken moeten we drie moleculen waterstof voor de pijl en drie moleculen water na de pijl hebben!

### Stap 5



### Vraag 7 (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: juiste waarden van molaire massa's
- 1 punt voor: verwerking van de coëfficiënten en de rest van de berekening

De formule van de atomeconomie is:

$$Atoomeconomie = \frac{\text{Massa gewenst product}}{\text{Massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\%$$

In de tekst staat gegeven dat je de massa's in de formule in molecuulmassa's invult. Bij het invullen moet je wel rekening houden met de coëfficiënten! We moeten dus eerst de molecuulmassa's bepalen.

Het gewenste product is caprolactam. De molecuulformule is  $C_6H_{11}NO$ . Met behulp van BINAS 99 bepalen we de molaire massa.

Atoomsoort	Per atoom	Totaal
<b>C</b>	$12,01 \cdot 6 =$	72,06 g/mol
<b>H</b>	$1,008 \cdot 11 =$	11,088 g/mol
<b>O</b>	$16,00 \cdot 1 =$	16,00 g/mol
<b>N</b>	$14,01 \cdot 1 =$	14,01 g/mol
	<i>Totaal:</i>	113,158 g/mol

De beginstoffen zijn levulinezuur, waterstof, koolstofmono-oxide en ammoniak. De molecuulmassa van koolstofmono-oxide en ammoniak vinden we in BINAS 98.

- Koolstofmono-oxide, CO: 28,01 g/mol
- Ammoniak,  $NH_3$ : 17,031 g/mol

De molecuulmassa van waterstof,  $H_2$ , is  $2 \cdot 1,008 = 2,016$  g/mol.

De molecuulmassa van levulinezuur,  $C_5H_8O_3$ , kunnen we berekenen met behulp van BINAS 99:

Atoomsoort	Per atoom	Totaal
<b>C</b>	$12,01 \cdot 5 =$	60,05 g/mol
<b>H</b>	$1,008 \cdot 8 =$	8,064 g/mol
<b>O</b>	$16,00 \cdot 3 =$	48,00 g/mol
	<i>Totaal:</i>	116,114 g/mol

$$Atoomeconomie = \frac{113,158}{3 \cdot 2,02 + 28,01 + 17,031 + 116,114} \cdot 100\% = 67,7\%$$

### Vraag 8 (maximumscore 2 punten)

- 1 punt per juist argument

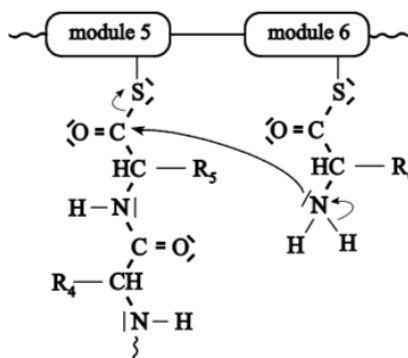


Voorbeelden van juiste argumenten zijn:

- Bij punt 7: Behalve afvalhout zijn ook zwavelzuur/waterstof/ammoniak/CO nodig. Dat zijn geen hernieuwbare grondstoffen.
- Bij punt 8: Uit de figuur blijkt dat de productie veel tussenstappen heeft.
- Bij punt 12: Eén van de beginstoffen is het gevaarlijke zwavelzuur/H<sub>2</sub>/CO. En het brandbare methanol wordt gebruikt.

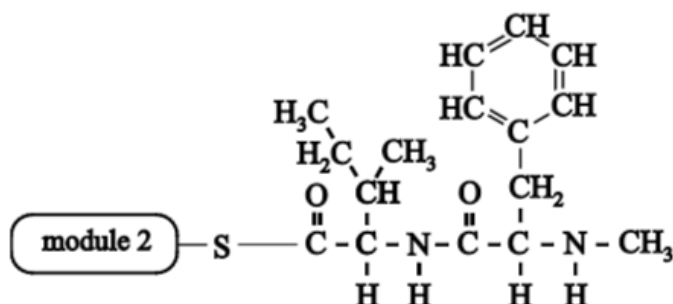
**Vraag 9** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: de niet-bindende elektronenparen juist
- 1 punt voor: de pijlen juist



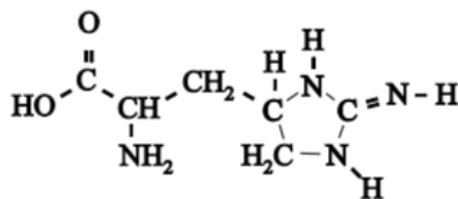
**Vraag 10** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: de juiste restgroepen
- 1 punt voor: de volgorde van de aminozuureenheden juist én de peptidegroep juist
- 1 punt voor: het uiteinde van het fragment juist weergegeven en de rest van de structuurformule juist



**Vraag 11** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: arginine
- 1 punt voor: de amino- en de carboxylgroep juist
- 1 punt voor: de restgroep en de rest van de structuurformule juist

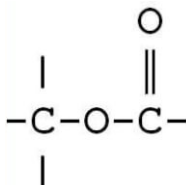


**Vraag 12** (maximumscore 3 punten)

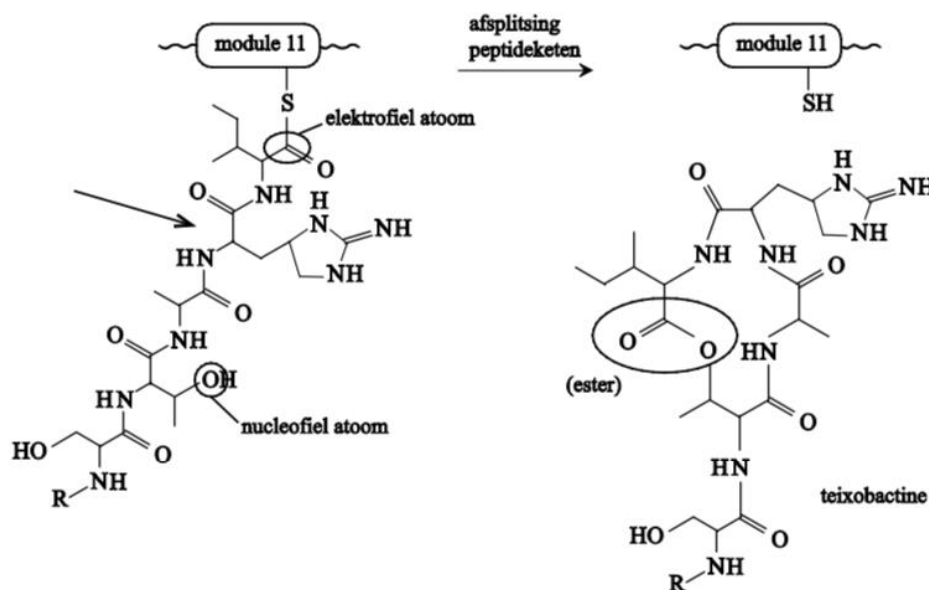
- 1 punt voor: rechts van de pijl de estergroep omcirkeld met bijschrift
- 1 punt voor: links van de pijl het juiste O-atoom omcirkeld en aangegeven als nucleofiel (atoom)
- 1 punt voor: links van de pijl het juiste C-atoom omcirkeld en aangegeven als elektrofiel (atoom)



De karakteristieke estergroep is een koolstofatoom, waaraan een dubbelgebonden O-atoom én een O-atoom aan verbonden zit. Dit ziet er zo uit:



In de onderstaande figuur is de estergroep omcirkeld.



Elektrofiel betekent letterlijk 'houdt van elektronen', dit kun je terugvinden in de theorie. Een C-atoom waaraan een dubbelgebonden O-atoom verbonden zit is zo'n elektrofiel atoom. Ook dit kun je terugvinden in de theorie.

Een nucleofiel atoom is het negatieve deel van een dipoolmolecuul. Een OH-molecuul is een dipool, het O-atoom is de negatieve kant van deze dipool en hiermee een nucleofiel atoom.

Ook de nucleofiel en elektrofiel zijn omcirkeld in bovenstaande figuur.

### Vraag 13 (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: berekening van de chemische hoeveelheid van beide stoffen
- 1 punt voor: omrekenen naar de verhouding

We maken gebruik van de PD-50. De PD-50 is voor zowel vancomycine als teixobactine gegeven. De PD-waarde is gegeven in mg per kg. Van deze beide stoffen is ook de molaire massa gegeven, in g per mol. Als we deze gegevens combineren, dan kunnen we het aantal mol vancomycine en het aantal mol teixobactine berekenen.

$$\text{De PD-50 van vancomycine is } 2,75 \text{ mg kg}^{-1} = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ mg g}^{-1}$$

$$\text{Aantal mol vancomycine} = \frac{2,75 \cdot 10^{-3} \text{ mg g}^{-1}}{1,45 \cdot 10^3 \text{ g mol}^{-1}} = 1,90 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$\text{De PD-50 van teixobactine is } 0,20 \text{ mg kg}^{-1} = 0,20 \cdot 10^{-3} \text{ mg g}^{-1}$$



$$\text{Aantal mol teixobactine} = \frac{0,20 \cdot 10^{-3} \text{ mg g}^{-1}}{1,24 \cdot 10^3 \text{ g mol}^{-1}} = 1,61 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

Nu we het aantal mol van beide stoffen berekend hebben, kunnen we bepalen hoeveel moleculen vancomycine nodig zijn om net zo effectief te zijn als 1 molecuul teixobactine.

$$\frac{1,90 \cdot 10^{-6} \text{ mol}}{1,61 \cdot 10^{-7} \text{ mol}} = 12 \text{ moleculen vancomycine per molecuul teixobactine}$$

**Vraag 14** (maximumscore 1 punt)

- 1 punt voor een juist antwoord

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Het is niet nodig om de hoeveelheid kaliloog nauwkeurig te weten, omdat de overmaat kaliloog de verdere reacties niet stoort.
- Het is niet nodig om de hoeveelheid kaliloog nauwkeurig te weten, omdat het toevoegen van extra kaliloog niet zorgt voor het ontstaan van extra ammoniak/ $\text{NH}_3$ .
- Het is niet nodig om de hoeveelheid kaliloog nauwkeurig te weten, omdat de kaliloog alleen wordt gebruikt voor de omzetting van  $\text{NH}_4^+$  tot  $\text{NH}_3$  / in stap 2.

**Vraag 15** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: berekening van de chemische hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die is toegevoegd
- 1 punt voor: omrekenen naar de massa stikstof (N) in het monster
- 1 punt voor: omrekenen naar het massapercentage eiwit

We willen eerst weten hoeveel mL  $\text{H}_3\text{O}^+$  er is toegevoegd. We berekenen dit door de beginstand van de eindstand af te trekken:  $7,84 - 2,25 = 5,59$  mL.

De concentratie van  $\text{H}_3\text{O}^+$  is 0,102 M (= gegeven). M staat voor mol/L of mmol/mL.

$$\text{Aantal mmol } \text{H}_3\text{O}^+ = 5,59 \text{ ml} \cdot 0,102 \text{ mmol/ml} = 0,5702 \text{ mmol}$$

$$0,5702 \text{ mmol} = 5,702 \cdot 10^{-4} \text{ mol } \text{H}_3\text{O}^+$$

De verhouding  $\text{H}_3\text{O}^+$  en N is 1 : 1. Dus we hebben ook  $5,702 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  stikstof.

We moeten een massapercentage berekenen, dus we moeten eerst de massa stikstof berekenen. Hiervoor moeten we vermenigvuldigen met de molaire massa.

$$5,702 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 14,01 = 7,988 \cdot 10^{-3} \text{ g stikstof}$$

We kunnen nu het massapercentage stikstof in het monster berekenen:

$$\text{Massapercentage} = \frac{7,988 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{0,505 \text{ g}} \cdot 100\% = 1,58\%$$

In de tekst is gegeven dat het massapercentage stikstof gelijk is aan het massapercentage eiwit door te vermenigvuldigen met 6,38.

$$1,58\% \cdot 6,38 = 10,1\%$$

**Vraag 16** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: berekening van de massa eiwit die moet worden aangevuld
- 1 punt voor: omrekenen naar de chemische hoeveelheid stikstof (N)





- 1 punt voor: omrekening naar de massa in g melamine

We willen weten hoeveel melamine de handelaar heeft toegevoegd. Ten eerste berekenen we hoeveel stikstof het eiwit bevat.

Het gehalte was voldoende om  $7,5 \cdot 10^3$  L melk te kunnen bereiden, er werd  $5,0 \cdot 10^3$  L bereid. Het gaat hier om een verschil van  $7,5 \cdot 10^3 - 5,0 \cdot 10^3 = 2,5 \cdot 10^3$  L melk.

De hoeveelheid melamine bevat evenveel stikstof als  $2,5 \cdot 10^3$  L melk. Gegeven is dat 100 mL melk 3,3 gram eiwit bevat. 100 mL is gelijk aan 0,1 L.

Volume melk	100 mL	1000 mL = 1 L	$2,5 \cdot 10^3$ L
Massa eiwit	3,3 gram	33 gram	$8,25 \cdot 10^4$ g

In  $2,5 \cdot 10^3$  L melk zit  $8,25 \cdot 10^4$  g eiwit.

Nu we de massa eiwit weten, kunnen we de hoeveelheid stikstof bepalen. Er was gegeven dat de massa stikstof gelijk is aan het massapercentage eiwit, door te delen door 6,38.

$$\frac{8,25 \cdot 10^4 \text{ g}}{6,38} = 1,29 \cdot 10^4 \text{ g stikstof}$$

Om de hoeveelheid stikstof om te rekenen naar melamine hebben we de chemische hoeveelheid stikstof in mol nodig. In BINAS 99 vinden we dat de molaire massa van stikstof gelijk is aan 14,0 g/mol. Door het aantal gram stikstof te delen door 14,0 kunnen we het aantal mol stikstof bepalen.

$$\frac{1,29 \cdot 10^4 \text{ g}}{14,0} = 9,24 \cdot 10^2 \text{ mol stikstof}$$

In melamine zitten zes N-atomen. Elke mol melamine bevat dus zes keer zoveel stikstof als het eiwit. Hiervoor moeten we het gevonden getal delen door 6, omdat we dan minder melamine nodig hebben voor dezelfde hoeveelheid stikstof.

$$\frac{9,24 \cdot 10^2}{6} = 154 \text{ mol stikstof}$$

Om om te rekenen naar het aantal gram melamine hebben we de molaire massa van melamine nodig. De molecuulformule van melamine kunnen we afleiden uit de gegeven structuur, deze is  $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ .

Atoomsort	Per atoom	Totaal
<b>C</b>	$12,01 \cdot 3 =$	36,03 g/mol
<b>H</b>	$1,008 \cdot 6 =$	6,048 g/mol
<b>N</b>	$14,01 \cdot 6 =$	84,06 g/mol
	<i>Totaal:</i>	126,138 g/mol

Om het aantal gram melamine te krijgen moeten we vermenigvuldigen met de molaire massa van melamine, deze is 126,138 g/mol.

$$154 \text{ mol stikstof} \cdot 126,138 \text{ g/mol} = 1,94 \cdot 10^4 \text{ g melamine}$$

We moeten het antwoord geven in twee significante cijfers, dus  $1,9 \cdot 10^4$  g melamine.

### Vraag 17 (maximumscore 2 punten)

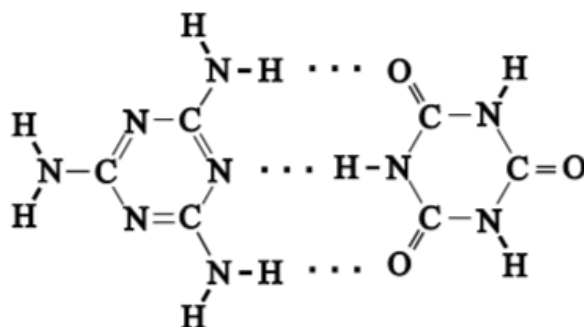
- 1 punt voor: de structuurformule van cyaanzuur weergegeven en één waterstofbrug juist
- 1 punt voor: de andere waterstofbruggen juist



De structuurformules van cyaanzuur en melamine zijn gegeven in de vraag. Er wordt aangegeven in de vraag dat er drie waterstofbruggen mogelijk zijn. Waterstofbruggen zijn mogelijk tussen polaire groepen. De eerste gaat van het H-atoom van de NH-groep naar het O-atoom van de C=O-groep.

De tweede waterstofbrug gaat van een NH-groep naar de N van melamine. Deze is iets minder bekend, maar door de dubbele binding is het N-atoom een beetje elektronegatief, hierdoor kan er een waterstofbrug worden gevormd.

Ten slotte is er nog een waterstofbrug mogelijk van de NH-groep van melamine naar het O-atoom van de C=O-groep van cyaanzuur.



**Vraag 18** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: notie dat een molecuul melamine meerdere GG's kan binden
- 1 punt voor: rest van de uitleg

Een molecuul melamine heeft drie/meerdere  $\text{NH}_2$ -groepen die elk aan het uiteinde van een andere GGN gebonden kunnen worden. De betrokken GGN's kunnen vervolgens met de overige R-groepen weer moleculen melamine binden (waardoor er een netwerk ontstaat).

**Vraag 19** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: notie dat in eiwitten  $\text{NH}_2$ -groepen aanwezig zijn in de restgroepen van aminozuren.
- 1 punt voor: de afstand tussen de GGN's is te groot (waardoor er geen kleur ontstaat)

In eiwitketens bevinden zich aminozuureenheden (Arg/Lys/Asn/Gln) met een  $\text{NH}_2$ -groep in de restgroep. Omdat deze aminozuureenheden willekeurig door de eiwitketen zijn verspreid, zijn de afstanden tussen de GGN's te groot.

**Vraag 20** (maximumscore 4 punten)

- 1 punt voor: de afgelezen waarde ligt tussen 0,38 (massa-ppm) en 0,40 (massa-ppm)
- 1 punt voor: berekening van de massa geconsumeerde melk per dag
- 1 punt voor: omrekening naar de dosis melamine
- 1 punt voor: berekening van de toegestane dosis melamine (eventueel impliciet) en consequente conclusie

In deze vraag gaan we berekenen of een baby te veel melamine binnenkrijgt. De grenswaarde is gegeven en deze is 0,50 mg per kg lichaamsgewicht. De baby is 5,0 kg.

De toegestane dosis:  $5,0 \cdot 0,50 = 2,5 \text{ mg}$  melanine per dag.

Het gemeten signaal bedroeg 0,68. In de grafiek kunnen we aflezen dat hierbij een waarde van 0,39 massa-ppm N in melanine bijhoort.

Per dag drinkt een baby 750 mL melk. We moeten de massa van deze melk berekenen. Dit doen we met behulp van de dichtheid, deze is gegeven en is  $1,02 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .



$$750 \text{ mL melk} = 750 \text{ cm}^3 \text{ melk} = 750 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ melk per dag}$$

We kunnen de massa van de melk berekenen door te vermenigvuldigen met de dichtheid van melk.

$$750 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ melk} \cdot 1,02 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 0,765 \text{ kg melk per dag}$$

De grenswaarde is weergegeven in mg, dus:  $0,765 \text{ kg melk} = 0,765 \cdot 10^6 \text{ mg melk}$ . Van deze melk is 0,39 massa-ppm melanine.

$$0,765 \cdot 10^6 \text{ mg} \cdot 0,39 \cdot 10^{-6} = 0,29835 \text{ miligram N per dag}$$

De molaire massa van stikstof is 14,01 mg/mmol (BINAS 99), dus we kunnen het aantal mol stikstof berekenen door dit te delen door de massa.

$$\frac{0,29835}{14,01} = 0,02129 \text{ mmol N per dag}$$

Er zit 6 mol N per 1 mol melanine in, dus we moeten dit delen door 6.

$$\frac{0,02129}{6} = 0,00355 \text{ mmol melanine per dag}$$

De molaire massa van melanine hebben we berekend in vraag 16, deze is 126,38 mg/mmol. We kunnen het aantal miligram melanine bepalen door te vermenigvuldigen met de molaire massa.

$$0,00355 \text{ mmol} \cdot 126,38 = 0,45 \text{ mg melanine per dag}$$

De grenswaarde wordt niet overschreden, de baby krijgt 0,45 miligram melanine per dag binnen en de grenswaarde is 2,5 mg melanine per dag.

**Vraag 21** (maximumscore 2 punten)

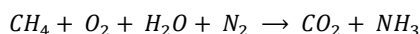
- 1 punt voor: juiste formules links en rechts van de pijl
- 1 punt voor: de elementenbalans juist in de vergelijking met uitsluitend de juiste formules

**Stap 1** Gegeven is dat methaan, zuurstof, water en stikstof de beginproducten zijn.

In BINAS 66B vinden we dat methaan  $\text{CH}_4$  is. Water is  $\text{H}_2\text{O}$ , zuurstof is  $\text{O}_2$  en stikstof is  $\text{N}_2$ .

**Stap 2** De reactieproducten zijn koolstofdioxide,  $\text{CO}_2$ , en ammoniak,  $\text{NH}_3$ . Deze molecuulformules vind je terug in BINAS 66B.

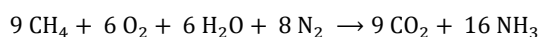
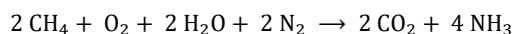
**Stap 3**



**Stap 4** Nu moeten we de reactie kloppend maken.

Atoomsoort	Voor de pijl	Na de pijl
<b>C</b>	1	1
<b>H</b>	6	3
<b>O</b>	3	2
<b>N</b>	2	1

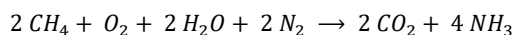
Deze reactie kan op twee manieren kloppend gemaakt worden, beide worden goed gerekend.



**Vraag 22** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: juiste absolute waarden van de vormingswarmten
- 1 punt voor: verwerking van de coëfficiënten
- 1 punt voor: rest van de berekening

We gaan de reactiewarmte per mol ammoniak berekenen. We gebruiken hierbij onderstaande reactievergelijking.



We zoeken in BINAS 57.

**Reactieproducten:**

$$\text{CO}_2: -3,94 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

$$\text{NH}_3: -0,459 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

**Beginstoffen:**

$$\text{CH}_4: -0,75 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

$$\text{O}_2: 0$$

$$\text{H}_2\text{O}: -2,86 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$$

$$\text{N}_2: 0$$

We berekenen de reactiewarmte met behulp van de volgende formule (zie domein C6), we houden rekening met de coëfficiënten in de reactievergelijking:

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

$$\Delta E = (2 \cdot -3,94 \cdot 10^5 + 4 \cdot -0,459 \cdot 10^5) - (2 \cdot -0,75 \cdot 10^5 + 2 \cdot -2,86 \cdot 10^5) = -2,496 \cdot 10^5$$

$$-2,496 \cdot 10^5 \text{ Joule per 4 mol ammoniak}$$

$$\frac{-2,496 \cdot 10^5}{4} = -0,624 \cdot 10^5 \text{ Joule per mol ammoniak}$$

We moeten het antwoord in twee significante cijfers geven, dus:

$$-0,62 \cdot 10^5 \text{ Joule per mol ammoniak.}$$

**Vraag 23** (maximumscore 1 punt)

- 1 punt als twee of meer juist.

Voorbeelden van juiste biologische macromoleculen zijn:

- Eiwitten/enzymen
- DNA
- RNA

Lees nog eens terug in domein G!

**Vraag 24** (maximumscore 3 punten)

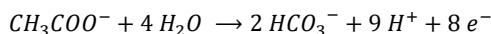
- 1 punt voor: links van de pijl  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  en rechts van de pijl  $\text{HCO}_3^-$ , en de C-balans in je vergelijking juist
- 1 punt voor: links  $\text{H}_2\text{O}$  en de O-balans in de vergelijking juist
- 1 punt voor: rechts van de pijl  $\text{H}^+$  en  $\text{e}^-$  en de ladingsbalans in de vergelijking juist

*Stap 1* Aanwezige deeltjes:  $\text{H}_2\text{O}$  (l),  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  (wordt omgezet naar  $\text{HCO}_3^-$ , zie figuur),  $\text{NH}_4^+$ .

*Stap 2* We moeten de reactie bij de negatieve elektrode opstellen, dit is een reductiereactie. In de figuur kunnen we zien dat bij de negatieve elektrode  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  wordt omgezet naar  $\text{HCO}_3^-$ . Deze vergelijking vinden we niet in BINAS, en moeten we dus zelf opstellen.



**Stap 3** We weten dat  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  voor de pijl, en  $\text{HCO}_3^-$  na de pijl komen.  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  reageert met water, en hierbij komen positieve elektronen vrij ( $\text{H}^+$ ). Als reactieproduct krijgen we dan evenveel elektronen als positieve ionen, om de ladingbalans kloppend te houden. Nu moeten we de reactie nog kloppend maken.



**Vraag 25** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: notie dat per  $\text{OH}^-$ -ion dat ontstaat, één positief deeltje het membraan moet passeren (om de elektroneutraliteit te herstellen)
- 1 punt voor:  $\text{NH}_4^+$ -ionen en  $\text{H}^+$ -ionen reageren met  $\text{OH}^-$ -ionen en conclusie

(Bij de halfreactie van zuurstof in water bij de positieve elektrode ontstaan  $\text{OH}^-$ -ionen.) Per  $\text{OH}^-$ -ion dat ontstaat moet één positief deeltje het membraan passeren (om de elektroneutraliteit te herstellen). Wanneer  $\text{NH}_4^+$ -ionen of  $\text{H}^+$ -ionen het membraan passeren, reageren deze met  $\text{OH}^-$ -ionen (waardoor de pH gelijk blijft).

**Vraag 26** (maximumscore 1 punt)

Salpeterzuur/ $\text{HNO}_3$

**Vraag 27** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: een juiste techniek genoemd
- 1 punt voor: toelichting hoe de gebruikte techniek leidt tot een bepaling van de hoeveelheid ammoniak

Mogelijke antwoorden:

1. De onderzoekers leidden de lucht met  $\text{NH}_3$  in water / een zure oplossing. (Om de zoveel tijd hebben ze de ontstane oplossing vervangen door vers water / een verse oplossing.) De ontstane oplossingen van  $\text{NH}_3$  hebben ze getitreerd met een geschikte oplossing.
2. De onderzoekers leidden de lucht met  $\text{NH}_3$  in water. Ze volgden het verloop van de pH tijdens het experiment (waardoor ze het gehalte konden berekenen).
3. De onderzoekers namen (op regelmatige tijdstippen) een monster van de lucht met  $\text{NH}_3$  en brachten dat in een gaschromatograaf. Vervolgens hebben ze het piekoppervlak / de piekhoogte van de  $\text{NH}_3$  gemeten (en vergeleken met een referentie).
4. De onderzoekers namen (op regelmatige tijdstippen) een monster van de lucht met  $\text{NH}_3$  en brachten dat in een massaspectrometer. Vervolgens hebben ze de piekhoogte van de  $\text{NH}_3$  gemeten (en vergeleken met een referentie).
5. De onderzoekers namen (op regelmatige tijdstippen) een monster van de lucht met  $\text{NH}_3$  en koelden dat sterk af. Vervolgens bepaalden ze de massa van het gecondenseerde  $\text{NH}_3$ .

**Vraag 28** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: de afgelezen waarde ligt tussen  $1,5 \cdot 10^3 \text{ C}$  en  $1,7 \cdot 10^3 \text{ C}$  en de berekening van de chemische hoeveelheid  $\text{NH}_4^+$  (is gelijk aan chemische hoeveelheid  $\text{NH}_3$ )
- 1 punt voor: omrekening naar de massa in g van ammoniak

Gegeven is het totale ladingstransport  $3,0 \cdot 10^3 \text{ C}$ . In de grafiek kunnen we de daar bijbehorende waarde van het ladingstransport  $\text{NH}_4^+$  aflezen. Deze waarde is  $1,6 \cdot 10^3 \text{ C}$  (tussen  $1,5 \cdot 10^3 \text{ C}$  en  $1,7 \cdot 10^3 \text{ C}$  is goed!). 1 mol  $\text{NH}_4^+$  heeft een lading van tussen  $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$ . We kunnen dus het aantal mol  $\text{NH}_4^+$  berekenen:



$$\frac{1,6 \cdot 10^3 C}{9,65 \cdot 10^4 C} = 1,658 \cdot 10^{-2} \text{ mol } NH_4^+$$

Het aantal mol  $NH_4^+$  is gelijk aan het aantal mol  $NH_3$ , ammoniak, dat door het membraan passeert.

$$1,658 \cdot 10^{-2} \text{ mol } NH_4^+ = 1,658 \cdot 10^{-2} \text{ mol } NH_3$$

We moeten de massa ammoniak berekenen. Uit BINAS 98 kunnen we het molecuulgewicht van ammoniak halen, namelijk 17,031 g/mol.

$$1,658 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 17,031 \text{ g/mol} = 0,282 \text{ g ammoniak}$$

In juiste aantal significante cijfers: 0,28 gram ammoniak.



## Eindexamen 2019-II

### Vraag 1 (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: de Lewisstructuur van het fragment
- 1 punt voor: de vier groepen rondom het S-atoom zijn verschillend, S is dus een asymmetrisch atoom (en conclusie)

### Stap 1 Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

S-atoom heeft zes valentie-elektronen

Totaal: 6 elektronen

### Stap 2 Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

S-atoom: 8 elektronen

Totaal: 8 elektronen

### Stap 3 De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

$$\text{Elektronentekort} = 8 - 6 = 2 \text{ elektronen}$$

$$\text{Aantal bindende elektronenparen: } \frac{2 \text{ elektronen tekort}}{2 \text{ elektronen per binding}} = 1 \text{ elektronenpaar}$$

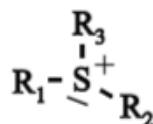
### Stap 4 Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven. Lees nog even de alinea net boven deze vraag. Je leest dat in een Lewisstructuur de valentie-elektronen worden weergegeven als groepjes van twee stippen. Dit zijn de niet-bindende elektronen. Daar zijn we dus naar op zoek.

Totaal aantal elektronen is 8, dat zijn 4 paren (stap 1)

Aantal bindende elektronenparen is 3

Er blijven  $4 - 3 = 1$  elektronenparen over.

### Stap 5 Teken de Lewisstructuur. Het streepje bij stelt een elektronenpaar voor.



### Vraag 2 (maximumscore 1 punt)

- 1 punt voor een juist antwoord

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

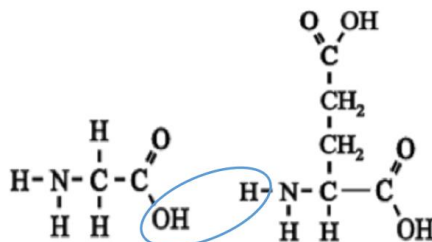
- SAM-synthetase werkt (kennelijk) stereospecifiek.
- De vorm van het actieve centrum van SAM-synthetase is (kennelijk) zodanig dat maar één stereoisomeer wordt gevormd.

### Vraag 3 (maximumscore 3 punten)

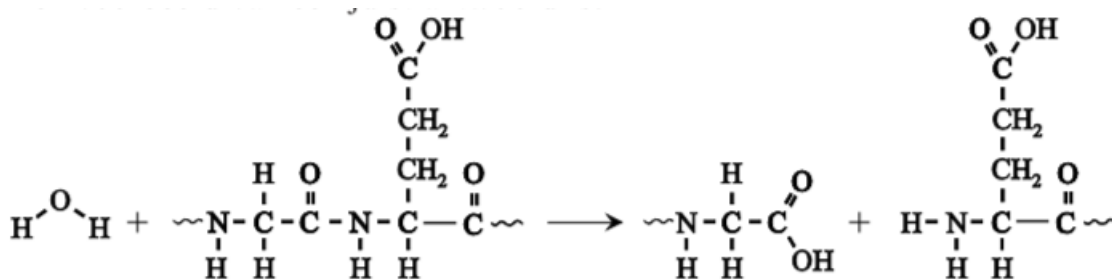
- 1 punt voor: links van de pijl de peptidegroep juist
- 1 punt voor: links van de pijl H<sub>2</sub>O en rechts van de pijl de gevormde carboxyl- en aminogroep juist
- 1 punt voor: de restgroepen juist en alle uiteindes van de peptideketens juist weergegeven, met ~, en de rest van de structuurformules juist



Allereerst moeten we het stukje  $\sim\text{Gly-Glu}\sim$  tekenen. De structuur van de aminozuren glycine en glutaminezuur vind je in BINAS 67H1. Het is handig om de structuur van de aminozuren naast elkaar te tekenen, zoals hieronder. Als aminozuren aan elkaar worden gemaakt, wordt er water afgesplitst. Dit wordt ook wel condensatie genoemd. Het watermolecuul dat afgesplitst wordt, is blauw omcirkeld. Het C- en N-atoom zullen aan elkaar worden verbonden, dit heet ook wel een peptidebinding.



We moeten uiteindelijk de hydrolyse van dit peptidestukje in structuurformules in een reactievergelijking weergeven. Hydrolyse is een reactie waarbij water de peptidebinding verbreekt. Hierdoor staan water en het peptidestukje voor de pijl, en de twee losse aminozuren glycine en glutaminezuur na de pijl.



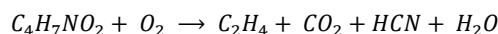
**Vraag 4** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: links van de pijl  $\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}_2$  en  $\text{O}_2$  en na de pijl  $\text{C}_2\text{H}_4$
- 1 punt voor: rechts van de pijl  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  en elementbalans gelijk

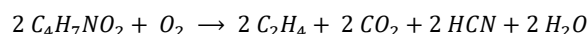
**Stap 1** Beginstoffen: ACC ( $\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}_2$ ) wordt omgezet door ACC-oxidase. Een oxidase is een enzym dat zuurstof bindt, voor de pijl moet ook zuurstof ( $\text{O}_2$ ) staan.

**Stap 2** Reactieproducten: ACC wordt omgezet tot één molecuul etheen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) en nog andere stoffen. Er ontstaat ook  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  en  $\text{HCN}$ .

**Stap 3** In vergelijking:



**Stap 4** Nu moeten we de reactie kloppend maken:

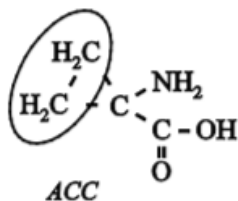
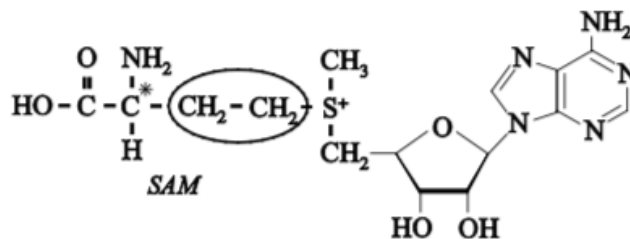
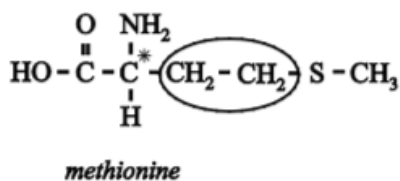


**Vraag 5** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: de juiste atomen omcirkeld in ACC
- 1 punt voor: de atomen in SAM en methionine omcirkeld die overeenkomen met de in ACC omcirkelde atomen

Pak de uitwerkbijlage erbij en kijk welke moleculen in methionine, SAM en ACC overeenkomen. Dit zijn de atomen die uiteindelijk etheen zullen vormen. Dit is hieronder weergegeven:





**Vraag 6** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: het ACC-gehalte in groep 2 is hoger dan in groep 1
- 1 punt voor: ACC hoopt zich op en consequente conclusie

Het ACC-gehalte is in groep 2 hoger dan in groep 1. ACC hoopt zich dus op. Er wordt dus (vergeleken met de controlegroep/groep 1) meer ACC gevormd dan er wordt afgebroken. De activiteit van de ACC-oxidase wordt dus meer geremd dan van de ACC-synthase.

**Vraag 7** (maximumscore 4 punten)

- 1 punt voor: berekening van de maximale opbrengst aan zetmeel per hectare per jaar
- 1 punt voor: omrekenen naar de chemische hoeveelheid ethanol die kan worden gevormd
- 1 punt voor: omrekenen naar massa ethanol
- 1 punt voor: omrekenen naar het volume in L ethanol

We moeten het volume ethanol dat per jaar uit één hectare aardappelen geproduceerd kan worden, berekenen. We weten uit de tekst dat ethanol wordt geproduceerd uit zetmeel van aardappelen. We moeten dus eerst weten wat de maximale opbrengst zetmeel per hectare per jaar is.

De gemiddelde opbrengst aardappelen per hectare per jaar is  $4,5 \cdot 10^4 \text{ kg}$ . Aardappelen bevatten 19 massa% zetmeel.

$$\text{Max opbrengst zetmeel per hectare p.j.: } 4,5 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \frac{19}{100} = 8,55 \cdot 10^3 \text{ kg} = 8,55 \cdot 10^6 \text{ g}$$

Dit wordt omgezet tot glucose. Per mol glucose wordt er twee mol ethanol gevormd.

$$\text{Aantal mol ethanol dat kan worden gevormd: } \frac{8,55 \cdot 10^6 \text{ g}}{162} \cdot 2 = 1,06 \cdot 10^5 \text{ mol ethanol}$$

Via de molaire massa van ethanol, 46,069 g/mol (BINAS 98), kunnen we het aantal gram ethanol dat is gevormd berekenen.

$$\text{Massa ethanol: } 1,06 \cdot 10^5 \text{ mol} \cdot 46,069 \text{ g/mol} = 4,88 \cdot 10^6 \text{ gram ethanol}$$

In BINAS 11 kun je de dichtheid van ethanol vinden. Deze is  $0,80 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . Via de dichtheid kunnen we het volume ethanol berekenen. Hiervoor moeten we wel eerst het aantal gram ethanol omzetten naar het aantal kilogram ethanol:

$$4,88 \cdot 10^6 \text{ g ethanol} = 4,88 \cdot 10^3 \text{ kg ethanol}$$



$$\text{Volume ethanol} = \frac{4,88 \cdot 10^3}{0,80 \cdot 10^3} = 6,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

We moesten het antwoord in liter geven. Het aantal liter is gelijk aan het aantal  $\text{dm}^3$ .

$$6,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3 = 6,1 \text{ m}^3 = 6,1 \text{ L}$$

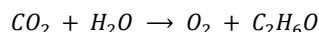
**Vraag 8** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: links van de pijl uitsluitend  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$
- 1 punt voor: rechts van de pijl  $\text{O}_2$  en  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  en de elementenbalans juist

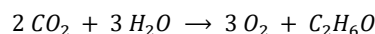
**Stap 1** Beginstoffen: De beginstoffen zijn  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ . Dit zijn de producten die oorspronkelijk zijn toegevoegd.

**Stap 2** Reactieproducten: De reactieproducten zijn alleen  $\text{O}_2$  en  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . Er ontstaat ook glucose, maar dit wordt in de tweede reactie ook weer gebruikt en is dus geen reactieproduct.

**Stap 3** In vergelijking:



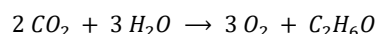
**Stap 4** Nu moeten we de reactie kloppend maken:



**Vraag 9** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: juiste absolute waarden van de vormingswarmten van alle stoffen
- 1 punt voor: verwerking van de coëfficiënten en rest van de berekening

We gaan de reactiewarmte per mol ammoniak berekenen. We gebruiken hierbij onderstaande reactievergelijking.



We zoeken in BINAS 57.

**Beginstoffen:**

$\text{CO}_2$ :  $-3,935 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$   
 $\text{H}_2\text{O}$ :  $-2,86 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$

**Reactieproducten:**

$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  (ethanol):  $-2,78 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$   
 $\text{O}_2$ : 0 (elementaire stof!)

We berekenen de reactiewarmte met behulp van de volgende formule (zie domein C6), we houden rekening met de coëfficiënten in de reactievergelijking:

$$\Delta E = \text{vormingswarmte}_{\text{reactieproducten}} - \text{vormingswarmte}_{\text{beginstoffen}}$$

$$\Delta E = (-2,78 \cdot 10^5) - (2 \cdot -3,935 \cdot 10^5 + 3 \cdot -2,86 \cdot 10^5) = -13,68 \cdot 10^5 \text{ Joule per mol ethanol}$$

**Vraag 10** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: links van de pijl  $\text{CO}$  en rechts van de pijl  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  en de C-balans juist
- 1 punt voor: links van de pijl  $\text{H}_2\text{O}$  en rechts van de pijl  $\text{OH}^-$  en de O-balans juist
- 1 punt voor: links van de pijl  $\text{e}^-$  en de H-balans en ladingsbalans juist

**Stap 1** We moeten de halfreactie van de vorming van ethanol geven. Gegeven is dat  $\text{CO}$  via elektrolyse wordt omgezet tot ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ). Ook weten we dat er acht elektronen worden opgenomen per molecuul ethanol dat wordt gevormd. Ze worden opgenomen, dus dat betekent dat de elektronen

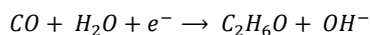


voor de pijl staan. In figuur 2 zien we dat er in de rechter halfcel ook  $H_2O$  en  $OH^-$  aanwezig zijn. Er staat een ingaand pijltje bij  $H_2O$ , en daarom is deze een beginstof.

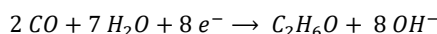
Beginstoffen:  $CO$ ,  $H_2O$ ,  $e^-$

**Stap 2** Er wordt ethanol geproduceerd,  $C_2H_6O$ . Ook wordt er  $OH^-$  gevormd.

**Stap 3**



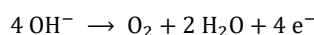
**Stap 4** Nu moeten we de reactie kloppend maken (elementbalans en ladingsbalans!). Ook zorgen we ervoor dat er acht elektronen per molecuul ethanol ontstaan.



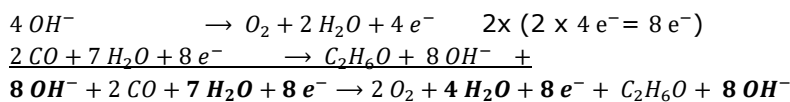
**Vraag 11** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: juiste vergelijking voor de halfreactie van  $OH^-$
- 1 punt voor: beide vergelijkingen van de halfreacties juist gecombineerd en juist wegstrepen van  $OH^-$  en  $H_2O$

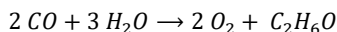
Linkerhalfcel:



Totaal reactie: de reactie van linker- en rechterhalfcel bij elkaar optellen.



De dikgedrukte moleculen komen zowel voor als na de pijl voor. We mogen deze dus tegen elkaar wegstrepen. Dan ontstaat de volgende reactie:



**Vraag 12** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: berekening van de chemische hoeveelheid ethanoaat en ethanol
- 1 punt voor: berekening van de chemische hoeveelheid waterstof
- 1 punt voor: omrekening van de gevonden chemische hoeveelheden naar de verhouding

Ethanoaat:  $CH_3COO^-$  (reactie gegeven:  $2 CO + 3 H_2O + 4 e^- \rightarrow CH_3COO^- + 3 OH^-$ )

Ethanol:  $C_2H_6O$  (reactie uit vraag 10:  $2 CO + 7 H_2O + 8 e^- \rightarrow C_2H_6O + 8 OH^-$ )

Waterstof:  $H_2$  (reactie gegeven:  $2 H_2O + 2 e^- \rightarrow H_2 + 2 OH^-$ )

Gegeven:

- 13% van de toegevoerde elektronen werd gebruikt voor productie van ethanoaat.
- 43% van de toegevoerde elektronen werd gebruikt voor productie van ethanol.

Met deze gegevens kunnen we het volgende berekenen:

$100 - 13 - 43 = 44\%$  van de toegevoerde elektronen werd gebruikt voor productie van waterstof.

In de vergelijking van ethanoaat staan vier elektronen, in de vergelijking van ethanol staan acht elektronen en in de vergelijking van waterstof staan twee elektronen (dikgedrukt). Als we willen weten hoeveel ethanoaat, ethanol en waterstof er gemaakt worden, moeten we dit eerst gelijk maken.

- Ethanoaat:  $\frac{13}{4} = 3,25 \text{ mol ethanoaat}$



- Ethanol:  $\frac{43}{8} = 5,38 \text{ mol ethanol}$
- Waterstof:  $\frac{44}{2} = 22,0 \text{ mol waterstof}$

De verhouding ethanoaat : ethanol : waterstof is dus 3,25 : 5,38 : 22,0.

Er werd gevraagd om de verhouding ethanoaat : ethanol : waterstof = 1,0 : ... : ....

We moeten het dus nog omrekenen, door te delen door 3,25.

De verhouding ethanoaat : ethanol : waterstof = 1,0 : 1,7 : 6,8.

**Vraag 13** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: juiste waarden van de reactiewarmtes voor de verbranding van een mol waterstof en van de verbranding van een mol ethanol
- 1 punt voor: rest van de berekening en conclusie

In BINAS 56 zoeken we de verbrandingswarmte van ethanol op, deze is  $-13,66 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$ . Voor de verbrandingswarmte van een mol waterstof gebruiken we de vormingswarmte van water (l). Deze kun je vinden in BINAS 57 en is  $-2,86 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$ .

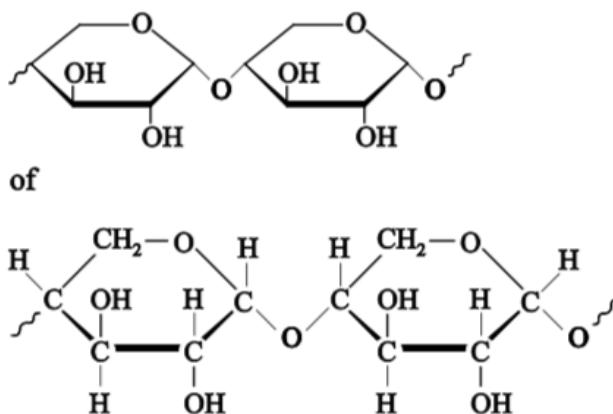
Deze waarden geven de energie per mol weer. We moeten de verhouding meenemen in onze berekening. We hebben dit bij vraag 12 berekend, dus:

- Ethanol:  $-13,66 \cdot 10^5 \cdot 1,7 = -2,3 \cdot 10^6 \text{ J}$
- Waterstof:  $-2,86 \cdot 10^5 \cdot 6,8 = -1,9 \cdot 10^6 \text{ J}$

Er komt meer energie vrij bij de verbranding van ethanol, deze waarde is groter.

**Vraag 14** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: juiste weergave van de structuur rondom het C-atoom met nummer 5 van de xylose-eenheid
- 1 punt voor: juiste koppeling twee eenheden xylose
- 1 punt voor: rest van de structuurformule, inclusief uiteinden, juist



**Vraag 15** (maximumscore 4)

- 1 punt voor: berekening van het gehalte xylose-oligomeren
- 1 punt voor: omrekening naar de molariteit van de xylose-eenheden
- 1 punt voor: omrekening naar de  $[\text{H}_3\text{O}^+]$
- 1 punt voor: omrekening naar de pH

De pH wordt berekend met de volgende formule:

$$pH = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$



We moeten dus de concentratie  $\text{H}_3\text{O}^+$  bepalen.

We bepalen allereerst het gehalte xylose-oligomeren, we weten namelijk het gehalte 2,1 massa% is:

$$1,08 \cdot 10^3 \cdot 0,021 \left( \frac{2,1}{100} \right) = 22,7 \text{ g L}^{-1}$$

Als we delen door de molaire massa (132 g/mol) van een xylose-eenheid, dan kunnen we de concentratie xylose-eenheden bepalen:

$$\frac{22,7}{132} = 0,172 \text{ mol L}^{-1}$$

De  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  is gelijk aan de molariteit van HCL, dus  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,172 \text{ mol L}^{-1} \cdot 3,1 = 0,533 \text{ mol L}^{-1}$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (0,533) = 0,27$$

**Vraag 16** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: in moleculen THF zijn polaire C-O-bindingen aanwezig
- 1 punt voor: door de vorm zijn de THF-moleculen polair/hebben ze een dipoolmoment, hierdoor zou THF oplosbaar zijn in water
- 1 punt voor: in moleculen THF is een vrij groot apolair/hydrofoob deel aanwezig (waardoor de oplosbaarheid laag is)

In moleculen THF zijn polaire C–O-bindingen aanwezig. Door de vorm is een molecuul THF polair / heeft een molecuul THF een netto dipoolmoment. (Watermoleculen zijn ook polair, waardoor THF oplosbaar is in water.) In moleculen THF is ook een groot apolair/hydrofoob gedeelte aanwezig (waardoor de oplosbaarheid van THF in water laag is).

**Vraag 17** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: de niet-bindende elektronenparen juist
- 1 punt voor: de pijlen juist

**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

C-atom heeft vier valentie-elektronen  
 H-atom heeft één valentie-elektron  
 O-atom heeft zes valentie-elektronen  
 Totaal:  $8 \cdot 4 + 11 \cdot 1 + 4 \cdot 6 = 67$  elektronen

**Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

C-atom: 8 elektronen  
 H-atom: 2 elektronen (uitzondering)  
 O-atom: 8 elektronen  
 Totaal:  $8 \cdot 8 + 11 \cdot 2 + 4 \cdot 8 = 118$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit 2 elektronen.

$$\text{Elektronentekort} = 118 - 67 = 51 \text{ elektronen}$$

$$\text{Aantal bindende elektronenparen: } \frac{51 \text{ elektronen tekort}}{2 \text{ elektronen per binding}} = 26 \text{ elektronenparen}$$

**Stap 4**

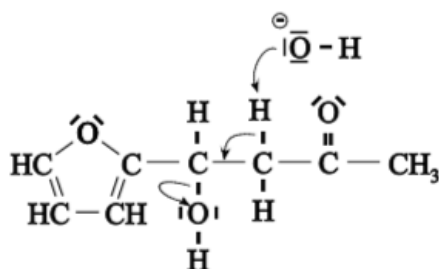
Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven. Lees nog even de alinea net boven deze vraag. Je leest dat in een Lewisstructuur de valentie-elektronen worden weergegeven als groepjes van twee stippen. Dit zijn de niet-bindende elektronen. Daar zijn we dus naar op zoek.

Totaal aantal elektronen is 67, dat zijn 33 paren (*stap 1*)

Aantal bindende elektronenparen is 26

Er blijven  $67 - 26 = 9$  elektronenparen over.

*Stap 5* Teken de Lewisstructuur met negen niet-bindende elektronenparen. Het streepje bij O stelt een elektronenpaar voor.

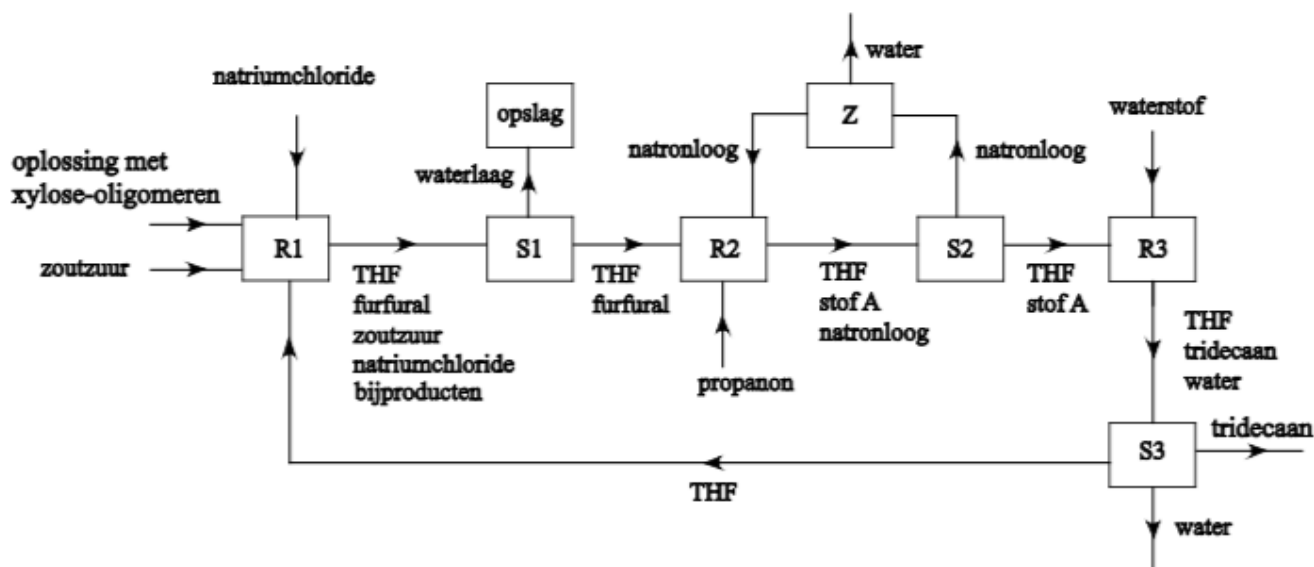
**Vraag 18** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: notie dat in R2 water ontstaat, waardoor de concentratie NaOH daalt
- 1 punt voor: de rest van de uitleg

In R2 ontstaat water, waardoor de concentratie NaOH daalt. Om de omstandigheden in R2 constant te houden, moet de concentratie NaOH worden verhoogd. Dit kan worden bereikt door in ruimte Z (zuiver/geconcentreerd) NaOH aan de vloeistof toe te voegen. Om ophoping te voorkomen, moet dan ook een deel van de oplossing worden afgetapt. Ook kan de concentratie NaOH worden verhoogd door het natronloog in ruimte Z in te dampen (één van de twee oplossingen is voldoende).

**Vraag 19** (maximumscore 4)

- 1 punt voor: een stroom van zoutzuur/HCl en natriumchloride/NaCl van buiten naar R1 aangegeven en de stroom van R1 naar S1 juist
- 1 punt voor: uitsluitend THF en furfural bij de stroom uit S1 naar R2 aangegeven en de stroom van propanon van buiten naar R2 aangegeven en uitsluitend THF, stof A en natronloog/NaOH bij de stroom van R2 naar S2 aangegeven
- 1 punt voor: uitsluitend THF en stof A bij de stroom van S2 naar R3 aangegeven en een stroom van waterstof van buiten naar R3 aangegeven
- 1 punt voor: uitsluitend THF, tridecaan en water bij de stroom uit R3 naar S3 aangegeven en een stroom van water van S3 naar buiten aangegeven en de recycling van THF van S3 naar R1 juist aangegeven



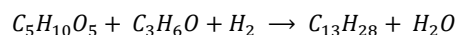
**Vraag 20** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: links van de pijl  $C_5H_{10}O_5$  en  $C_3H_6O$
- 1 punt voor: links van de pijl  $H_2$  en rechts van de pijl  $C_{13}H_{28}$  en  $H_2O$
- 1 punt voor: de elementenbalans juist in een vergelijking met uitsluitend de juiste stoffen

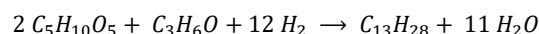
**Stap 1** Beginstoffen: In R3 wordt tridecaan gevormd uit stof A en waterstof. In R2 wordt stof A gevormd uit furfural ( $C_5H_4O_2$ ) en propanon ( $C_3H_6O$ ). In R1 wordt furfural gevormd uit xylose ( $C_5H_{10}O_5$ ). We moeten de totaalreactie geven. De drie beginstoffen zijn dus: xylose, propanon en waterstof!

**Stap 2** Reactieproducten: tridecaan wordt gevormd, dit is gegeven. De molecuulformule van tridecaan is ook gegeven, deze is  $C_{13}H_{28}$ . Er is gegeven dat er naast tridecaan ook water,  $H_2O$ , ontstaat.

**Stap 3** In vergelijking:



**Stap 4** Kloppend maken:



**Vraag 21** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: juiste waarden van de molaire massa's
- 1 punt voor: verwerking van de coëfficiënten en de rest van de berekening

We berekenen de atomeconomie als volgt:

$$\text{Atomeconomie} = \frac{\text{Massa gewenst product}}{\text{Massa van alle beginstoffen}} \cdot 100\%$$

Er is ook gegeven dat je de molecuulmassa's in de formule moet invullen. Bij het invullen moet je ook rekening houden met de coëfficiënten!

We berekenen eerst de molaire massa van het gewenste product, tridecaan ( $C_{13}H_{28}$ ).



Atoomsoort	$C_{13}H_{28}$	Totaal
<b>C</b>	$12,01 \cdot 13 =$	156,13 g/mol
<b>H</b>	$1,008 \cdot 28 =$	28,224 g/mol
	<i>Totaal:</i>	184,354 g/mol

Ook berekenen we de molaire massa's van de beginstoffen op deze manier:

- Xylose ( $C_5H_{10}O_5$ ): 150,13 g/mol
- Propanon ( $C_3H_6O$ ): 58,078 g/mol
- Waterstof ( $H_2$ ): 2,016 g/mol

$$\text{Atoomeconomie} = \frac{184,354}{2 \cdot 150,13 + 58,016 + 12 \cdot 2,016} \cdot 100\% = 48,2\%$$

**Vraag 22** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: notie dat de vorming van NO een evenwicht is
- 1 punt voor: notie dat het een endotherm proces is, en dat het evenwicht dus naar rechts verschuift bij hogere temperatuur

De vorming van NO is een evenwicht (BINAS 51). Het evenwicht verschuift naar rechts bij hogere temperatuur omdat de vorming van NO endotherm is (BINAS 57A). Het evenwicht verschuift naar rechts bij hogere temperatuur omdat  $K$  groter wordt (BINAS 51).

**Vraag 23** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: in beide grensstructuren een N=O-binding
- 1 punt voor: in beide grensstructuren de niet-bindende elektronen weergegeven
- 1 punt voor: de formele ladingen weergegeven

**Stap 1** Bepaal het aantal valentie-elektronen met behulp van BINAS 99.

O-atoom heeft zes valentie-elektronen

N-atoom heeft vijf valentie-elektronen

*Totaal:*  $6 + 5 = 11$  elektronen

**Stap 2** Bereken hoeveel elektronen er nodig zijn om alle atomen te laten voldoen aan de octetregel.

O-atoom: 8 elektronen

N-atoom: 8 elektronen

*Totaal:*  $8 + 8 = 16$  elektronen

**Stap 3** De elektronen die de atomen **tekortkomen** om te voldoen aan de octetregel, krijgen de atomen door elektronen met elkaar te delen. Dit doen ze als ze een **binding** met elkaar aangaan. Een binding bestaat uit twee elektronen.

$$\text{Elektronentekort} = 16 - 11 = 5 \text{ elektronen}$$

$$\text{Aantal bindende elektronenparen: } \frac{5 \text{ elektronen tekort}}{2 \text{ elektronen per binding}} = 2 \text{ elektronenparen}$$

**Stap 4** Bereken hoeveel niet-bindende elektronen er over blijven. Lees nog even de alinea net boven deze vraag. Je leest dat in een Lewisstructuur de valentie-elektronen worden weergegeven als groepjes van twee stippen. Dit zijn de niet-bindende elektronen. Daar zijn we dus naar op zoek.

Totaal aantal elektronen is 11, dat zijn 5 paren (*stap 1*)

Aantal bindende elektronenparen is 2 (*stap 3*)

Er blijven  $5 - 2 = 3$  elektronenparen over.





**Stap 5** Teken de Lewisstructuur.



**Vraag 24** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: de piek met  $m/z = 30$  wordt veroorzaakt door het fragment  $\text{NO}^+$
- 1 punt voor: dit fragment kan zowel uit  $\text{NOO}$  als  $\text{ONO}$  zijn ontstaan

De piek met  $m/z = 30$  wordt veroorzaakt door het fragment  $\text{NO}^+$ . Dit fragment kan zowel uit  $\text{NOO}$  als uit  $\text{ONO}$  zijn ontstaan.

**Vraag 25** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor:  $\text{O}_2^+$  aangemerkt als fragment dat wel uit  $\text{NOO}$  kan worden gevormd, maar niet uit  $\text{ONO}$
- 1 punt voor: de  $m/z$ -waarde van de piek die bij dat fragment hoort

Het fragment  $\text{O}_2^+$  kan wel uit  $\text{NOO}$  worden gevormd, maar niet uit  $\text{ONO}$ . Dit fragment heeft massa 32 u. Dus uit het ontbreken van een piek bij  $m/z = 32$  kan worden afgeleid dat (de volgorde  $\text{NOO}$  niet voorkomt en dus dat) de volgorde  $\text{ONO}$  juist is.

**Vraag 26** (maximumscore 2 punten)

- 1 punt voor: noemen van twee metingen waaruit volgt dat de reactiesnelheid vier keer zo groot wordt wanneer  $[\text{NO}]$  twee keer zo groot wordt (dus de reactiesnelheid is evenredig met  $[\text{NO}]^2$ )
- 1 punt voor: noemen van twee metingen waaruit volgt dat de reactiesnelheid recht evenredig is met  $[\text{O}_2]$

Uit (bijvoorbeeld) de metingen 1.1 en 1.3 volgt dat wanneer  $[\text{NO}]$  twee keer zo groot wordt, de reactiesnelheid vier keer zo groot wordt. (Dus de reactiesnelheid is evenredig met  $[\text{NO}]^2$ .) Uit (bijvoorbeeld) de metingen 1.1 en 2.2 volgt dat de reactiesnelheid recht evenredig is met  $[\text{O}_2]$ . (Dus is de reactiesnelheid evenredig met  $[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$ .)

**Vraag 27** (maximumscore 3 punten)

- 1 punt voor: aanname dat reactie 2 de snelheidsbepalende stap is
- 1 punt voor: de snelheid van de hele reactie is gelijk aan  $k_2 [\text{N}_2\text{O}_2] [\text{O}_2]$
- 1 punt voor: uitleg dat  $k_2 [\text{N}_2\text{O}_2] [\text{O}_2] = k_2 K [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$  en conclusie

Als wordt aangenomen dat reactie 2 de snelheidsbepalende stap is, dan wordt de snelheid van de gehele reactie weergegeven door  $s_2 = k_2 [\text{N}_2\text{O}_2] [\text{O}_2]$ . Uit de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 volgt  $[\text{N}_2\text{O}_2] = K [\text{NO}]^2$ . Dus  $k_2 K [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$ .

Deze vergelijking is in overeenstemming met snelheidsvergelijking 1 (en dus is het reactiemechanisme ook in overeenstemming met snelheidsvergelijking 1).