

# examentraining scheikunde havo



Examen HAVO  
**2021**

tijdvak 1  
maandag 31 mei  
13.30 - 16.30 uur



**scheikunde**

**[www.scheikundehavovwo.nl](http://www.scheikundehavovwo.nl)**

## Inhoud

<b>Samenvatting examenstof scheikunde HAVO</b> .....	3
Atomen en bindingen .....	3
Moleculaire stoffen .....	5
Zouten.....	7
Waterstofbruggen .....	9
Scheidingsmethoden.....	14
Zuren en basen .....	16
Redox .....	18
Koolstofchemie .....	22
Groene chemie.....	29
Oefenopgaven stoffen en materialen .....	30
Oefenopgaven zouten.....	42
Oefenopgaven rekenen .....	45
Oefenopgaven koolstofchemie .....	57
Oefenopgaven redox .....	66
Oefenopgaven zuren en basen.....	72
Oefenopgaven groene chemie .....	75
Oefenopgaven industrie en energie .....	80
Begrippenlijst scheikunde havo .....	97
Binastabellen .....	104

## Samenvatting examenstof scheikunde HAVO

In deze samenvatting staat alles heel kort omschreven. Als je de QR codes scant, of op de linkjes klikt, kom je bij een uitlegfilmpje van het betreffende onderwerp. Met alleen lezen en filmpjes kijken kom je er niet. [Hier](#) staan tien tips voor een goede voorbereiding op je examen. Oefen alles goed en kijk je antwoorden steeds kritisch na. Zie [scheikundehavovwo.nl](http://scheikundehavovwo.nl) voor oefenopgaven, antwoorden en meer uitleg. Veel oefenen loont altijd bij scheikunde, al moet je soms even geduld hebben voor je resultaat ziet. Nu even flink doorzetten en dan ga je straks vrolijk een hele lange zomervakantie in! [Hier staat de videosamenvatting.](#)




## Atomen en bindingen

Er zijn drie groepen stoffen:

1. moleculaire stoffen: bestaan uit niet-metaalatomen en zijn opgebouwd uit moleculen of losse atomen.
2. metalen: bestaan uit metaalatomen
3. zouten: bestaan uit metaalatomen en niet-metaalatomen en zijn opgebouwd uit ionen.

In de volgende tabel staan de belangrijkste verschillen tussen deze groepen:

	moleculaire stoffen	metalen	zouten
<b>bestaan uit</b>	alleen niet-metaalatomen	alleen metaalatomen	metaalatomen en niet-metaalatomen
<b>opgebouwd uit</b>	moleculen of losse atomen	positieve metaalionen bij elkaar gehouden door vrije elektronen	ionen
<b>Bindingen</b> 	*atoombinding, tussen atomen binnen een molecuul (sterk) *Vanderwaalsbinding, tussen moleculen, bij vaste stoffen en vloeistoffen *waterstofbrug, tussen moleculen met –OH of –NH groep (vrij sterk) in vaste stoffen en vloeistoffen	metaalbinding (sterk)	ionbinding (sterk)
<b>stroomgeleiding</b>	niet	in vaste of vloeibare fase	in vloeibare fase of opgelost in water
<b>stroomgeleiding door:</b>	niet van toepassing	vrije elektronen	vrije ionen
<b>soort formule</b>	molecuulformule en structuurformule	symbool van het metaal	verhoudingsformule bv $K_2S$ .
<b>smeltpunt/kookpunt</b>	relatief laag	hoog	hoog
<b>oplosbaarheid</b>	wisselend (zie bij waterstofbruggen)	onoplosbaar	sommige zouten zijn oplosbaar in water, tabel 45A
<b>rooster</b>	molecuulrooster	metaalrooster	ionrooster

Als je wilt onderzoeken of iets een moleculaire stof, metaal of zout is kun je kijken naar stroomgeleiding: metalen geleiden in vaste vorm wel stroom en zouten en moleculaire stoffen niet. Bij fase-overgangen, oplossen en chemische reacties worden bindingen verbroken en/of nieuwe bindingen gevormd.

### Micro-, meso- en macroniveau

Je moet bij het examen vaak dingen uitleggen “met behulp van begrippen op microniveau”. Dat is het niveau van moleculen/metaalatomen/ionen en van de bindingen tussen deze deeltjes: metaalbinding, ionbinding, atoombinding, vanderwaalsbinding en waterstofbrug. Het mesoniveau wordt gevormd door een aantal deeltjes op microniveau: bijvoorbeeld een aantal moleculen van koolhydraten die door waterstofbruggen aan elkaar binden. Vezels bestaan uit meerdere moleculen en zijn een voorbeeld van mesostructuur. Het macroniveau is het niveau van stoffen en materialen.



Bij het verhitten van suiker zonder dat er (veel) lucht bij kan, komt waterdamp vrij en ontstaat koolstof (dat is macroschaal). De uitspraak dat in een molecuul suiker koolstof-, zuurstof- en waterstofatomen aanwezig zijn, is micro schaal.

### **Voorbeelden:**

Leg uit welke bindingen gevormd worden bij het condenseren van waterdamp.

*Water is een moleculaire stof. In de vloeibare fase zijn er vanderwaalsbindingen aanwezig tussen de moleculen, in de gasfase zijn er geen vanderwaalsbindingen. Water kan dankzij de –O-H groepen ook waterstofbruggen vormen. Waterstofbruggen komen niet voor in de gasfase en wel in de vloeibare fase. Bij het condenseren van waterdamp worden dus vanderwaalsbindingen en waterstofbruggen gevormd. Er zijn ook atoombindingen aanwezig (tussen H-O) maar die worden hier niet verbroken of gevormd.*

Leg uit welke bindingen verbroken worden bij het oplossen van vloeibaar 2-chloorbutaan in pentaan. *2-chloorbutaan is een moleculaire stof, de moleculen zitten aan elkaar gebonden met vanderwaalsbindingen. Bij het oplossen gaan de moleculen van 2-chloorbutaan uit elkaar en mengen zich met pentaanmoleculen. Hierbij worden dus vanderwaalsbindingen tussen 2-chloorbutaan moleculen onderling en tussen pentaanmoleculen onderling verbroken.*

Leg uit welke bindingen gevormd worden bij het verbranden van magnesiumpoeder.

*Bij het verbranden van magnesium ontstaat magnesiumoxide. Dit is een zout omdat dit het metaal Mg en het niet-metaal ) bevat. Er worden dus ionbindingen (tussen magnesiumionen en oxide-ionen) gevormd.*

Leg met behulp van begrippen op microniveau uit waarom een oplossing van natriumfluoride de stroom geleidt.

*In een oplossing van natriumfluoride komen natriumionen en fluoride-ionen voor. Deze ionen kunnen in de oplossing vrij bewegen en daardoor zorgen voor stroomgeleiding.*

[Hier kun je een bindingenquiz doen.](#)





## Atomen

Atomen zijn opgebouwd uit drie soorten deeltjes: [protonen, neutronen en elektronen](#).

deeltje	plaats in atoom	lading	Massa
proton	Kern	1 +	1 u
neutron	Kern	0	1 u
elektron	elektronenwolk	1 -	verwaarloosbaar

Elk atoomsoort heeft zijn eigen aantal protonen, dit aantal protonen noem je het atoomnummer. Het atoomnummer kun je vinden in tabel 40A en 99. In het periodiek zijn de elementen oplopend op atoomnummer gesorteerd. Elementen met vergelijkbare eigenschappen staan in het periodiek systeem onder elkaar. Drie groepen uit het periodiek systeem moet je kennen, groep 1 (behalve waterstof) zijn de alkali-metalen, groep 17 de halogenen en groep 18 de edelgassen.

In een atoom is het aantal elektronen gelijk aan het aantal protonen (bij een ion niet!!).

**massagetal = aantal protonen + aantal neutronen**

**bij atomen geldt: er zijn evenveel elektronen als protonen.**

De elektronenwolk is opgebouwd uit verschillende schillen. De eerste is de **K-schil**, daarin zitten maximaal 2 elektronen, daarna volgt de **L-schil** met daarin maximaal 8 elektronen. Het aantal elektronen in de buitenste schil bepaalt bijvoorbeeld het aantal bindingen dat een atoom kan maken.

**Ionen (zie tabel 40A en 66B)**

Ionen zijn geladen deeltjes. Het aantal protonen wordt ook bij ionen bepaald door het atoomnummer. Het aantal elektronen volgt uit de lading, als een ion  $2^-$  is heeft het twee elektronen meer dan protonen. Als de ionlading  $3^+$  is heeft het drie elektronen minder dan protonen.

Let op sommige metaalionen kunnen verschillende ladingen hebben, zo heb je  $\text{Fe}^{2+}$  en  $\text{Fe}^{3+}$ . Of het in een zout om  $\text{Fe}^{2+}$  of  $\text{Fe}^{3+}$  gaat kun je in de naam zien aan het Romeinse cijfer II of III. In de naam van een zout komt altijd eerst de naam van het positieve ion, dan eventueel een Romeins cijfer en dan de naam van het negatieve ion.  $\text{FeCl}_3$  is dus ijzer(III)chloride. In een formule gebruik je nooit Romeinse cijfers.

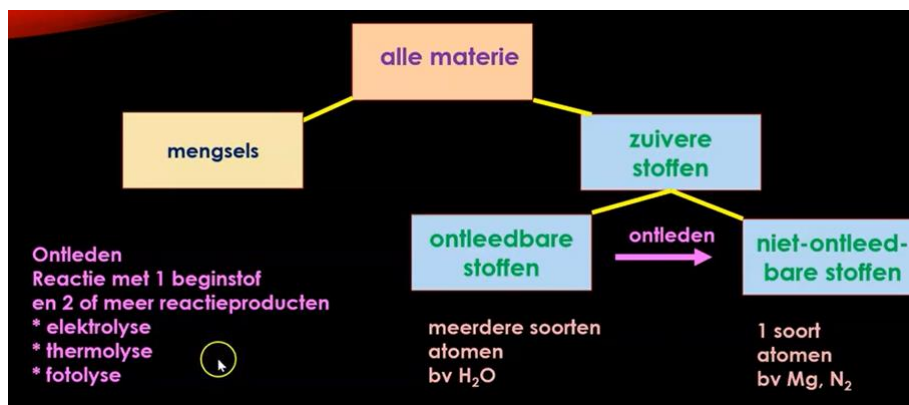


## Moleculaire stoffen

[Moleculaire stoffen](#) bestaan uit alleen niet-metaal atomen en zijn opgebouwd uit moleculen of losse atomen.

Er zijn twee soorten moleculaire stoffen: ontleedbare stoffen en niet-ontleedbare stoffen. Ontleedbare stoffen bestaan uit twee of meer atoomsoorten, terwijl niet-ontleedbare stoffen uit slechts één soort atomen.





### Niet-ontleedbare stoffen

De meeste niet-ontleedbare stoffen hebben als formule het symbool van het element, bijvoorbeeld He (g), Al (s) en K (s). Er zijn 7 uitzonderingen, dit zijn elementen die **als niet-ontleedbare stof** met z'n tweetjes zijn: Br<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, een ezelsbruggetje hiervoor is **Britt Organiseert Feest In Het Nieuwe Clubhuis**. Dit staat ook in tabel 40A van binas.

Als je een stof wilt ontleden is daarvoor energie nodig, ontledingsreacties zijn endotherme reacties. Er zijn drie soorten ontledingsreacties, genoemd naar de vorm van energie die ervoor nodig is:

- elektrolyse (elektrische energie is nodig) bijvoorbeeld de elektrolyse van water:  
 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
- thermolyse (energie in de vorm van warmte is nodig), bijvoorbeeld kraken.
- fotolyse (energie in de vorm van licht is nodig), bijvoorbeeld de ontleding van zilverchloride op fotopapier:  $2 \text{AgCl} \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cl}_2$

Omdat energie geen stof is komt de (soort) energie niet in de reactievergelijking voor.

Van moleculaire stoffen kun je een structuurformule tekenen. Hierbij is het belangrijk dat elk atoomsoort altijd een vast aantal bindingen aangaat.

Covalentie 1 : H, F, Cl, Br, I

Covalentie 2: O, S, Se

Covalentie 3: N, P

Covalentie 4: C, Si

Soms hebben twee stoffen dezelfde molecuulformule maar een verschillende structuurformule (bijvoorbeeld propaan-1-ol en propaan-2-ol). Dit zijn dan twee verschillende stoffen. Zulke stoffen noem je isomeren.

De streepjes in de structuurformules stellen atoombindingen voor, dit is een gemeenschappelijk elektronenpaar wat de atomen aan elkaar bindt. De atoombinding is sterk, het verbreken van atoombindingen kost (veel) energie.

Tussen moleculen zijn er vanderwaalsbindingen. Hoe groter de moleculen, hoe sterker de vanderwaalsbindingen zijn. Het verbreken van bindingen tussen de moleculen gebeurt als je van de vloeibare fase naar de gasfase gaat, dus bij verdampen. Stoffen met grotere moleculen hebben een hoger kookpunt omdat het veel energie kost de vanderwaalsbindingen tussen de moleculen te verbreken. Ook waterstofbruggen hebben invloed op het kookpunt, zie verder op.

### Metalen

Metalen geleiden stroom in de vaste en vloeibare fase. Metalen bestaan uit alleen metaalatomen. In tabel 99 kun je zien welke atomen metaalatomen zijn. Metalen hebben bijna altijd een hoog smeltpunt (zie tabel 40A). Kwik is een uitzondering, dat is vloeibaar bij kamertemperatuur. Een legering is een mengsel van twee of meer metalen. In het metaalrooster van een legering zitten verschillende atoomsoorten van metalen door elkaar heen.

## Zouten

Zouten zijn opgebouwd uit ionen. Bijna alle zouten bestaan uit metaalatomen en niet-metaalatomen. De ammoniumzouten, bijvoorbeeld ammoniumchloride, zijn een uitzondering hierop. Deze zouten bestaan alleen uit niet-metaalatomen. Net als alle andere zouten zijn ze natuurlijk wel opgebouwd uit ionen.

Ionen zijn geladen deeltjes. Ze hebben een lading omdat het aantal protonen niet gelijk is aan het aantal elektronen. Positieve ionen hebben een of meer elektronen te weinig. Negatieve ionen hebben een of meer elektronen te veel.

Voorbeeld 1: hoeveel protonen en elektronen heeft het calciumion,  $\text{Ca}^{2+}$ ?

Calcium heeft atoomnummer 20 en dus 20 protonen. De nettolading is  $2+$ , er zijn dus  $20 - 2 = 18$  elektronen.

Voorbeeld 2: hoeveel protonen en elektronen heeft het nitraation,  $\text{NO}_3^-$ ?

N heeft atoomnummer 7 dus 7 protonen en 7 elektronen.

O heeft atoomnummer 8 dus 8 protonen en 8 elektronen, 3 O-atomen hebben dus 24 protonen en 24 elektronen.

Totaal zijn er dus  $7 + 24 = 31$  protonen. De nettolading is  $1-$ , er is dus 1 elektron extra, er zijn dus 32 elektronen.

Bij dit soort vragen leid je dus uit de lading het aantal elektronen af, het aantal protonen verandert niet.

De volgende ionen moet je kennen, een deel hiervan staat in tabel 66B. Hydroxide ( $\text{OH}^-$ ) en sulfide ( $\text{S}^{2-}$ ) kun je niet vinden in binas.

Positieve ionen:

1+  $\text{Na}^+$  (natriumion),  $\text{K}^+$  (kaliumion),  $\text{Ag}^+$  (zilverion),  $\text{NH}_4^+$  (ammoniumion)

2+  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  (ijzer(II)ion),  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  en de meeste andere metaal ionen.

3+  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  (ijzer(III)ion)

Let op sommige metaalionen kunnen verschillende ladingen hebben, zo heb je  $\text{Fe}^{2+}$  en  $\text{Fe}^{3+}$ . Of het in een zout om  $\text{Fe}^{2+}$  of  $\text{Fe}^{3+}$  gaat kun je in de naam zien aan het Romeinse cijfer II of III. In de naam van een zout komt altijd eerst de naam van het positieve ion, dan eventueel een Romeins cijfer en dan de naam van het negatieve ion.  $\text{FeCl}_3$  is dus ijzer(III)chloride.

Negatieve ionen, zie ook binas 40A en 66B:

1-  $\text{F}^-$  (fluoride-ion),  $\text{Cl}^-$  (chloride-ion),  $\text{Br}^-$  (bromide-ion),  $\text{I}^-$  (jodide-ion),  $\text{OH}^-$  (hydroxide-ion),  $\text{NO}_3^-$  (nitraation),  $\text{NO}_2^-$  (nitrietion),  $\text{HCO}_3^-$  (waterstofcarbonaation),  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  (ethanoaation of acetaation)

2-  $\text{O}^{2-}$  (oxide-ion),  $\text{S}^{2-}$  (sulfide-ion),  $\text{CO}_3^{2-}$  (carbonaation),  $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfaation),  $\text{SO}_3^{2-}$  (sulfietion),  $\text{SiO}_3^{2-}$  (silicaation)

3-  $\text{PO}_4^{3-}$  (fosfaation)

Als je de lading van een ion bent vergeten kan tabel 45A goede diensten bewijzen.

Let op chloor is  $\text{Cl}_2$ , heeft geen lading en is geen ion. Chloride is  $\text{Cl}^-$  en is wel een ion.

Een zout is altijd elektrisch neutraal, dat wil zeggen dat er evenveel positieve lading als negatieve lading aanwezig is.



Voorbeelden:

- \* aluminiumbromide:  $\text{AlBr}_3$
- \* natriumoxide:  $\text{Na}_2\text{O}$
- \* ijzer(II)sulfaat:  $\text{FeSO}_4$
- \* ijzer(III)sulfaat:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  (haakjes zijn hier nodig anders staat er 1 keer S en 43 keer O ipv 2 keer  $\text{SO}_4$ )

Voorbeeldvraag: Wat is de lading van het ijzerion in  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ?

Het zout is neutraal, het is  $\text{SO}_4^{2-}$ , er is dus een totale min lading van  $2 \times 2 = 4$ . Er moet dus in totaal ook  $4+$  zijn.  $\text{NH}_4^+$  heeft een positieve lading van  $1+$ . Het moet dus wel  $\text{Fe}^{3+}$  zijn.

In tabel 45A kun je zien of een zout goed oplosbaar is, de g in deze tabel staat voor goed oplosbaar, de m voor matig oplosbaar en de s voor slecht oplosbaar. Als een zout in water oplost, valt het uit elkaar in losse ionen. In de oplossing komen dus vrije ionen voor, een oplossing van een zout kan dus stroom geleiden. Het [oplossen van een zout kun je in een reactievergelijking](#) weergeven:

Het oplossen van natriumchloride:  $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

Het oplossen van ijzer(III)nitraat:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3 \text{NO}_3^-$

Het oplossen van calciumchloride:  $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$

Let op: een notatie als  $\text{CaCl}_2(\text{aq})$  kan NOOIT, een oplossing van calciumchloride noteer je als:  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$ .



Er zijn drie oplossingen van zouten die je moet leren (zie tabel 66A):

- natronloog:  $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- kaliloog:  $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- kalkwater:  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$

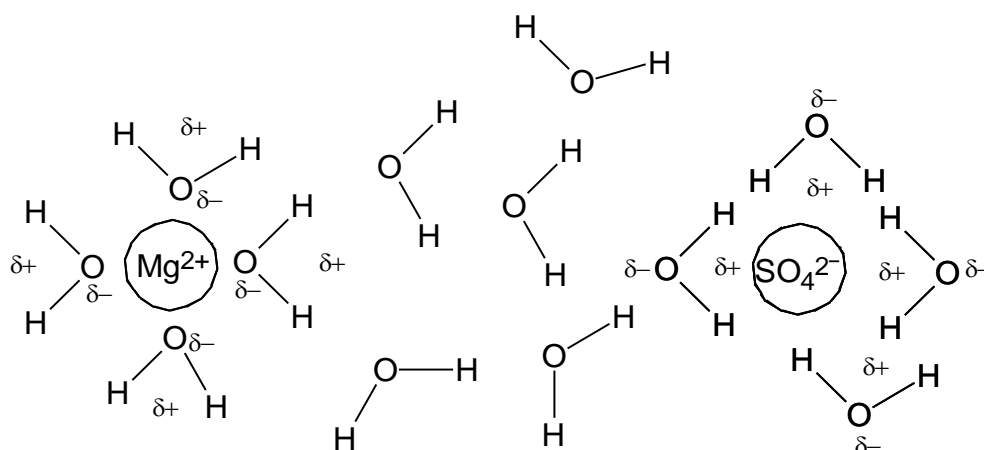
De bindingen tussen H en O in watermoleculen zijn [polaire atoombindingen](#). De O-atomen trekken wat harder aan de elektronen die de binding tussen H en O vormen dan de H-atomen. De O-atomen zijn een beetje negatief geladen en de H-atomen zijn een beetje positief geladen.

Of zouten op kunnen lossen in water kun je vinden in tabel 45A. De ionen worden gehydrateerd in oplossing, omgeven door watermoleculen. De zuurstofkant van een watermolecuul is een beetje negatief geladen en richt zich dus op de positieve ionen. De waterstofkant van watermoleculen is een beetje positief geladen en richt zich op de negatief geladen ionen.

Een N-H binding is ook een polaire atoombinding, de N is een beetje negatief geladen en de O een beetje positief.

Een oplossing van magnesiumsulfaat in water ziet er dus zo uit:





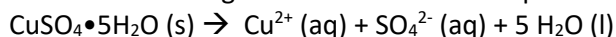
In een ionrooster van een zout zitten de positief en negatief geladen om en om, elk positief ion heeft links, rechts, onder, boven, voor en achter een negatief ion als buur.

Sommige zouten hebben ook in het rooster watermoleculen tussen de ionen zitten.

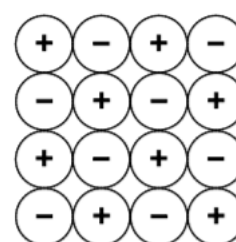
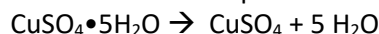
Zo'n zout wordt een [hydraat](#) genoemd. Een voorbeeld hiervan is blauw koper(II)sulfaat:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . De systematische naam van blauw kopersulfaat is koper(II)sulfaatpentahydraat. Penta is Grieks voor 5, dit wordt ook gebruikt in pentaan. Hier maak je gebruik van bij het aantonen water. Wit kopersulfaat,  $\text{CuSO}_4$ , wordt blauw als je water toevoegt:



Als je veel water toevoegt dan lost het blauwe kopersulfaat op:

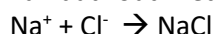


Kristalwater kun je verwijderen door te verhitten, zo kun je van blauw kopersulfaat weer wit kopersulfaat maken:



van

Indampen van een zoutoplossing is eigenlijk het omgekeerde van een zout oplossen in water. De reactievergelijking van indampen is dus het omgekeerde van de reactievergelijking van het oplossen van dat zout. Het indampen van een keukenzout (natriumchloride) oplossing noteer je dus zo:



Kleuren van ionen en ionen die door water zijn gehydrateerd (zie boven) vind je in tabel 65B.

De gevaren en risico's bij het gebruiken van stoffen kun je vinden in binas tabel 97A.

## Waterstofbruggen

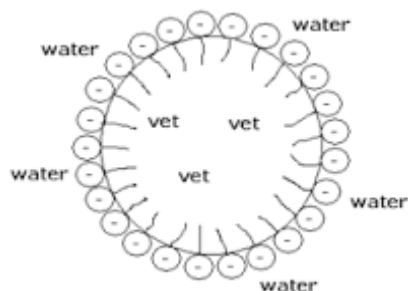
Watermoleculen kunnen onderling [waterstofbruggen](#) vormen, de O-atomen die een beetje negatief geladen zijn worden aangetrokken door H-atomen van andere moleculen, de H-atomen zijn een beetje positief geladen. De O-atomen zijn een beetje negatief geladen omdat de kern van O harder aan de elektronen van de binding trekt dan de kern van H. Zo'n waterstofbrug geven we met een gestippelde lijn aan. Moleculen met een -O-H groep en/of een -N-H groep



kunnen onderling waterstofbruggen vormen. Dat komt omdat de O-H binding een polaire atoombinding is, de O is een beetje negatief geladen en de H een beetje positief.

**Een H-atoom dat aan een C vast zit doet nooit mee met een waterstofbrug.** Stoffen die uit dit soort moleculen bestaan lossen goed in elkaar op. Moleculaire stoffen waarvan de moleculen geen waterstofbruggen kunnen vormen lossen slecht op in water maar lossen goed op in elkaar (soort zoekt soort). Dit zijn hydrofobe stoffen. Hexaan lost dus slecht op in water maar lost wel goed op in pentaan.

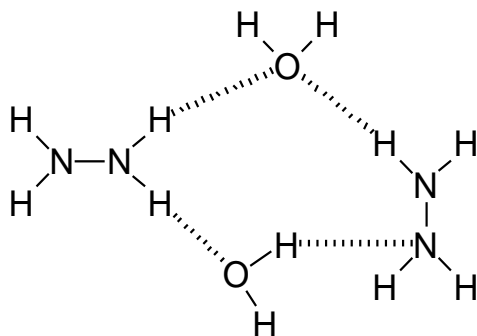
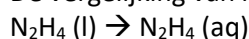
Een zeep bestaat uit moleculen met een kop die goed oplost in water (hydrofiel) en een staart die slecht oplost in water (hydrofoob). De staart kan vetdeeltjes binden, hierbij worden micellen gevormd:



Op deze manier kun je met water met zeep vetvlekken verwijderen.

Voorbeeld: de raketbrandstof hydrazine,  $N_2H_4$  is goed oplosbaar in water omdat de moleculen dankzij de  $-N-H$  en  $-O-H$  groepen waterstofbruggen met elkaar kunnen vormen. Als hydrazine oplost in water worden de waterstofbruggen en vanderwaalsbindingen tussen de hydrazine moleculen verbroken en er worden nieuwe vanderwaalsbindingen en waterstofbruggen gevormd tussen hydrazinemoleculen en watermoleculen.

De vergelijking van het oplossen van vloeibaar hydrazine in water is:



De waterstofbrug is een sterkere binding dan de vanderwaalsbinding. Water is een klein molecuul maar heeft toch een vrij hoog kookpunt, dit komt omdat bij het koken van een stof de bindingen tussen de moleculen verbroken moeten worden en het veel energie kost de sterke waterstofbruggen tussen de watermoleculen te verbreken.

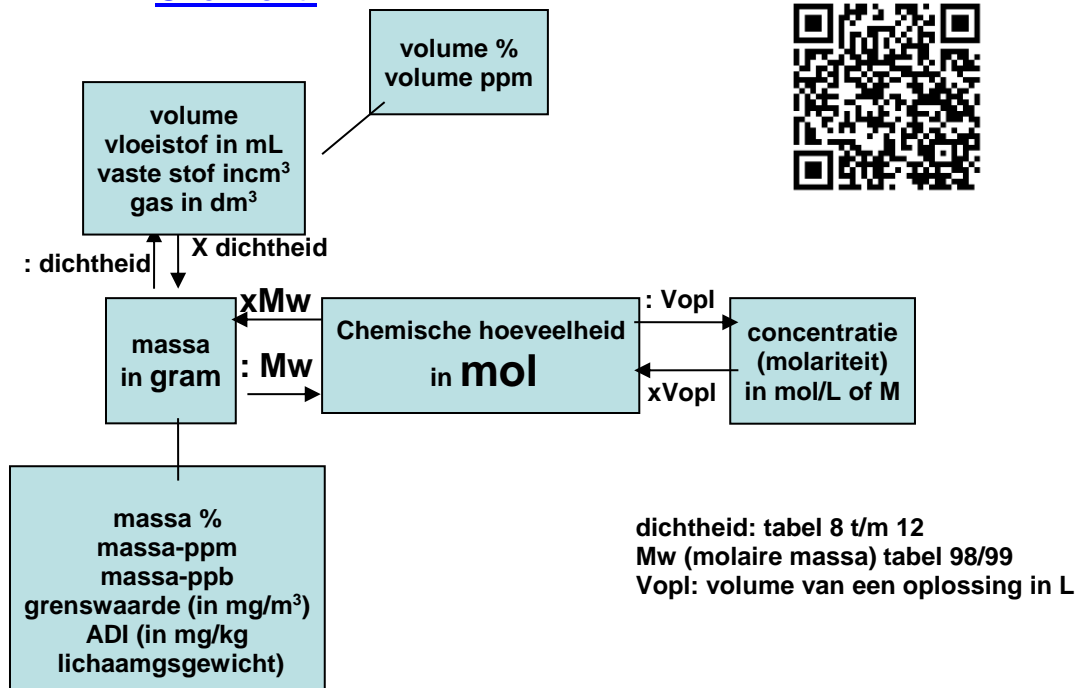
Voorbeeld: rangschik de volgende stoffen oplopend naar kookpunt: pentaan, propaan, propaan-1-ol

propaan-1-ol kan waterstofbruggen vormen omdat het een  $-OH$  groep heeft, propaan-1-ol heeft dus een hoger kookpunt dan propaan en pentaan.

Pentaan bestaat uit grotere moleculen dan propaan, de vanderwaalsbindingen tussen de moleculen zullen dus sterker zijn en het kookpunt zal hoger zijn.

De volgorde is dus van laag naar hoog: propaan, pentaan, propaan-1-ol.

## Overzicht chemisch rekenen



De dichtheid van vaste stoffen en vloeistoffen staat in binas (tabel 8 t/m 11) in 10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup> dit is hetzelfde als g/mL of g/cm<sup>3</sup>.  
 De dichtheid van gassen staat in tabel 12 in kg/m<sup>3</sup>, dat is hetzelfde als g/dm<sup>3</sup> of g/L. Je gebruikt de dichtheid alleen bij zuivere stoffen en niet bij oplossingen. Bij oplossingen reken je met de [molariteit](#).

[dichtheid](#) = massa/volume

[aantal mol](#) = [aantal gram](#) / [molaire massa](#)



Molariteit is de concentratie in mol/L en gebruik je bij oplossingen.  
 molariteit = aantal mol / aantal L  
 eenheid mol/L = mmol/mL = M (M is de afkorting van molair)



Vaak moet je rekenen aan reacties. Dat kan met de volgende stappen.

1. Geef de reactievergelijking.
2. Bereken het aantal mol van de stof waarvan je een hoeveelheid weet.
3. Bereken met de molverhouding uit de reactievergelijking het aantal mol van de gevraagde stof.
4. Reken het aantal mol gevraagde stof om naar de gevraagde eenheid.
5. Controleer je antwoord. Let op de juiste eenheid en juiste [significantie](#).

Oefen hier goed mee, zie de volgende filmpjes:



[Rekenen aan reacties](#) [voorbeelden](#) [meer voorbeelden](#) [voorbeelden met molariteit](#)

Grenswaarde (tabel 97A). Maximale concentratie van een stof die in de lucht aanwezig mag zijn, uitgedrukt in mg/m<sup>3</sup>.

ADI: aanvaardbare dagelijks inname van stoffen in eten in mg/kg lichaamsgewicht, tabel **95B2**.

volume procent: aantal mL stof/totaal aantal mL x 100 %

massa procent: aantal gram stof/totaal aantal gram x 100 %

LD-50 dosis van een stof (in µg per kg lichaamsgewicht) waarbij 50 % van de proefdieren overlijdt. 1

µg = 1x10<sup>-6</sup> g (zie binas tabel 2)

rendement = (werkelijke opbrengst/ theoretisch maximale opbrengst) x 100%.

pH = -log [H<sup>+</sup>] [ ] betekent concentratie in mol/L

[H<sup>+</sup>] = 10<sup>-pH</sup>

pOH = -log[OH<sup>-</sup>]

[OH<sup>-</sup>] = 10<sup>-pOH</sup>

pH + pOH = 14,00.



Controleer bij elke rekenvraag je antwoord:

- staat de juiste eenheid erbij (en werd er naar deze eenheid gevraagd)?
- klopt de significantie?
- zou dit antwoord kunnen kloppen of is het een onzin antwoord (bv een rendement van 2,3x10<sup>6</sup> %)?

### Overmaat

Als je twee stoffen met elkaar laat reageren, dan kan het zijn dat er te veel van een van de twee stoffen is. Deze stof is dan in overmaat. Met de molverhouding kun je berekenen hoeveel stof er kan reageren en hoeveel er van welke stof in overmaat aanwezig is. De molverhouding waarin de stoffen reageren heet ook wel de stoichiometrische verhouding. De stof die niet in overmaat is (dus in ondermaat is) bepaalt hoeveel er van het reactieproduct kan ontstaan.

### Massapercentage, massa-ppm en massa-ppb

Dit is het percentage van een bepaald element in een stof, het massapercentage koolstof van een stof is hoeveel gram van het element koolstof 100 gram van die stof bevat.

Voorbeeld: bereken het massapercentage koolstof in propaanzuur.

De molecuulformule van propaanzuur is: C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub> (teken eventueel voor jezelf de structuurformule).

De molaire massa van één molecuul propaanzuur is 3x12,01+6x1,008+2x16,00= 74,08 u.

De massa van de C-atomen in één molecuul propaanzuur is 3x12,01=36,03 u.

Het massapercentage C is (36,03/74,08)x100% = 48,64 % (4 significante cijfers, alle meetgegevens zijn in 4 significante cijfers gegeven!).



Bij stoffen die in kleine hoeveelheden voorkomen, gebruiken we massa-ppm. Ppm is een afkorting voor parts per million. Bij procent is het per honderd en bij ppm is het per miljoen. Ppb betekent parts per billion, billion is Engels voor miljard.

Massa-ppm = massa deel/ massa geheel x 10<sup>6</sup>.

Massa-ppb = massa deel / massa geheel x 10<sup>9</sup>.

Let er wel op dat de massa's steeds in dezelfde eenheid staan, bijvoorbeeld in gram.



## Reactiewarmte en vormingswarmte

De *vormingswarmte* van een verbinding is de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij, of nodig is voor het vormen van één mol van de verbinding uit de elementen.

De *vormingswarmte van een element* (bijvoorbeeld zuurstof) is nul.

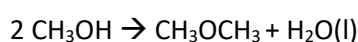
De *reactiewarmte* van een reactie bereken je met behulp van de reactievergelijking en de vormingswarmten van alle stoffen uit de reactievergelijking.

Gebruik tabel 57 (A en B) van binas bij opgaven over vormingswarmten.

Bij de stoffen links van de pijl moet je het teken omdraaien (- wordt + en + wordt -),



Voorbeeld: Bereken de reactiewarmte van de reactie waarbij methoxymethaan ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) wordt gevormd uit methanol. Bereken de reactiewarmte in J/mol methoxymethaan. Er ontstaat ook water bij deze reactie ( $T=298\text{ K}$ ).

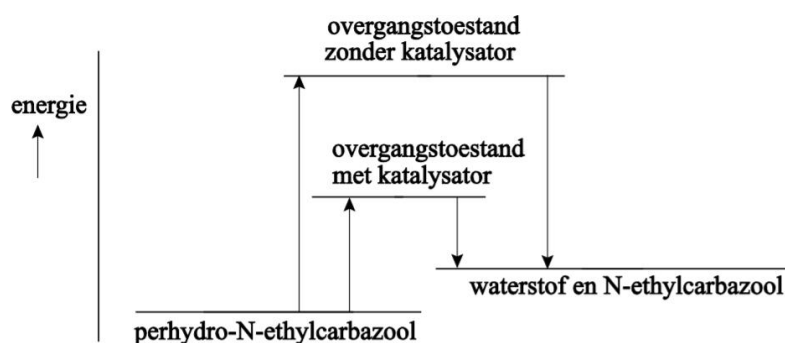


stof	vormingswarmte (J per mol)	aantal mol in vergelijking	warmte per aantal mol in reactievergelijking (J)	aangepaste warmte per aantal mol in reactievergelijking (J) + of - teken bij beginstoffen omdraaien
$\text{CH}_3\text{OH}$	$-2,39 \cdot 10^5$	2	$2 \times -2,39 \cdot 10^5 =$ $-4,78 \cdot 10^5$	$+4,78 \cdot 10^5$
$\text{CH}_3\text{OCH}_3$	$-1,84 \cdot 10^5$	1	$-1,84 \cdot 10^5$	$-1,84 \cdot 10^5$
$\text{H}_2\text{O}$ (l)	$-2,86 \cdot 10^5$	1	$-2,86 \cdot 10^5$	$-2,86 \cdot 10^5$
Reactiewarmte $+0,080 \cdot 10^5\text{ J}$				

De reactiewarmte is een positief getal, dus deze reactie is endotherm. Water staat als vloeistof en als waterdamp in tabel 57. In dit voorbeeld staat  $T=298\text{ K}$ , dan is water een vloeistof. Als er in een opgave staat dat er waterdamp is,  $\text{H}_2\text{O(g)}$ , dan gebruik je natuurlijk de vormingswarmte van waterdamp.

## Energiediagrammen

Bij een endotherme reactie ligt het energieniveau van de reactieproducten boven dat van de beginstof(fen), zoals in het volgende energiediagram:



Een katalysator zorgt ervoor dat het niveau van de geactiveerde toestand lager wordt, de activeringsenergie kleiner wordt en de reactie dus sneller verloopt.

Bij een exotherme reactie ligt het energieniveau van de reactieproducten onder dat van de beginstoffen.

### Reagentia

Een reagens is een stof waarmee je een andere stof aan kunt tonen. Je ziet aan het reagens dat de andere stof aanwezig is doordat het reagens bijvoorbeeld van kleur verandert. De volgende reagentia moet je kennen:

Stof	Reagens	Waarneming
water	wit kopersulfaat	wordt blauw
koolstofdioxide	kalkwater	wordt troebel
zwaveldioxide	joodwater	wordt kleurloos
waterstof	vlam	“karakteristiek blafje”
zuurstof	gloeiende houtspaander	gaat fel gloeien
onverzadigde koolwaterstof	broomwater	wordt kleurloos

## Scheidingsmethoden

Met een [scheidingsmethode](#) kun je een mengsel scheiden in zuivere stoffen. Scheidingen zijn geen chemische reacties! Er ontstaan namelijk geen nieuwe stoffen bij. De volgende scheidingsmethoden moet je kennen:

methode	toepasbaar bij	berust op verschil in....
filtreren	suspensies	deeltjesgrootte
centrifugeren	suspensies en emulsies	dichtheid
extraheren (wassen)	mengsels van vaste stoffen	oplosbaarheid in het extractiemiddel (bv water)
destilleren	oplossingen	kookpunt
indampen	oplossingen	kookpunt
adsorberen	oplossingen	aanhechtingsvermogen aan adsorptiemiddel (bv norit)
chromatografie	mengsels van kleurstoffen	aanhechtingsvermogen aan papier of dunne laag en oplosbaarheid in de loopvloeistof.

Begrippen die horen bij de scheidingsmethoden:

**Chromatogram:** het resultaat van chromatografie, waarop je de vlekken ziet.

**Destillaat:** stof die na afkoelen is gecondenseerd bij destilleren, dit is de stof met het laagste kookpunt.

**Emulsie:** fijn verdeelde vloeistof in een andere vloeistof (is troebel).

**Filtraat:** dit is wat door het filter heen gaat bij filtreren

**Oplossing:** gas, vaste stof of vloeistof opgelost in een oplosmiddel (helder)

**Residu:** dit is wat in het filter achter blijft bij filtreren of extraheren en wat in de destillatiekolf achterblijft bij destilleren.

**Suspensie:** fijn verdeelde vaste stof in een vloeistof (is troebel).



## Ontleding

Scheiden is dus geen chemische reactie, ontleden wel.

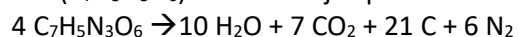


Ontledingsreacties zijn vrijwel altijd endotherme reacties, afhankelijk van de soort energie die wordt toegevoerd noemen we de reactie elektrolyse, thermolyse of fotolyse.

Uit één stof ontstaan twee of meer nieuwe stoffen. Een ontleding is iets anders dan een scheiding. Bij een scheiding wordt een mengsel gescheiden, hierbij ontstaan geen nieuwe stoffen. Een ontleding is dus wel een chemische reactie en een scheiding niet.

Voorbeeld:

TNT ( $C_7H_5N_3O_6$ ) ontleedt bij explosie in water, koolstofdioxide, koolstof en stikstof



## Reactiesnelheid

De snelheid van een reactie wordt beïnvloed door:

- de soorten stoffen die reageren
- de temperatuur
- de concentratie van de stoffen
- de verdelingsgraad (bij vaste stoffen)
- de aanwezigheid van een katalysator (enzym)



Behalve de katalysator kun je dit verklaren met het botsende deeltjesmodel, het aantal effectieve botsingen per seconde bepaalt de reactiesnelheid. Een katalysator versnelt een reactie door het niveau van de geactiveerde toestand te verlagen (zie energiediagram op blz 11). Hierdoor wordt de energie barrière/activeringsenergie (het verschil in energie tussen de beginstoffen en de geactiveerde toestand) kleiner.

Enzymen zijn eiwitten die als katalysator voor een bepaalde reactie werken. Een enzym werkt specifiek, dat betekent dat het maar één bepaalde reactie kan versnellen. Enzymen hebben een pH-optimum en een temperatuur-optimum. Dus bij een bepaalde pH en een bepaalde temperatuur werkt een enzym het beste.

De eenheid van reactiesnelheid is  $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$ .

## Zuren en basen

Een **zuur** is een deeltje dat  $\text{H}^+$  af kan staan.

Een **base** is een deeltje dat  $\text{H}^+$  op kan nemen.



Zuren vallen in water uit elkaar in ionen. Deze **zuren** moet je kennen:

Zoutzuur*	$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
Zwavelzuur	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
Salpeterzuur	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
Koolzuur	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow (\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2)$

Koolzuur is niet stabiel, het valt uit elkaar in  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CO}_2$

Fosforzuur  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Let goed op bij zwavelzuur: als je bijvoorbeeld 1,0 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in 1,0 liter water oplost is de concentratie  $\text{H}^+$  in de oplossing 2,0 mol/liter.



**\*Je noteert sterke zuren in opgesplitste vorm. Zoutzuur noteer je dus als:  $\text{H}^+ + \text{Cl}^-$ .  $\text{HCl}$  is een gas en heet waterstofchloride, zoutzuur is de naam van een oplossing. Dit geldt ook voor geconcentreerd of verdund zwavelzuur en geconcentreerd of verdund salpeterzuur.**

De volgende **basen** moet je kennen:

$\text{OH}^-$	hydroxide
$\text{HCO}_3^-$	waterstofcarbonaat (dit kan ook als zuur reageren als je een sterke base toevoegt)
$\text{CO}_3^{2-}$	carbonaat
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	ethanoaat (of acetaat)
$\text{O}^{2-}$	oxide
$\text{NH}_3$	ammoniak
$-\text{NH}_2$ groep	amino-groep, deze wordt een $-\text{NH}_3^+$ groep als hij $\text{H}^+$ opneemt.

$\text{HCO}_3^-$  reageert als base als je een zuur erbij doet:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$   
(het  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dat ontstaat valt uit elkaar in  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CO}_2$ )

$\text{HCO}_3^-$  reageert als zuur als je een base erbij doet:  $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$

Een zure oplossing is een oplossing die  $H^+$  bevat, de pH is kleiner dan 7.

Een basische oplossing is een oplossing die  $OH^-$  bevat, de pH is groter dan 7.

Bij het verdunnen van een zure of basische oplossing gaat de pH richting 7, de concentratie van het zuur of de base wordt kleiner.

### pH berekenen

In zure oplossingen ( $pH < 7$ ) reken je met  $H^+$ :

**$pH = -\log [H^+]$**   $[H^+]$  is de concentratie  $H^+$  in mol/liter.

Voorbeeld 1: Sjakie lost 0,40 mol HCl op in 500 mL water. Bereken de pH.

HCl valt in water uit elkaar in  $H^+$  en  $Cl^-$ .

$[H^+] = 0,40 \text{ mol} / 0,500 \text{ liter} = 0,80 \text{ mol/liter}$ .

$pH = -\log [H^+] = -\log 0,80 = 0,10$ .



Voorbeeld 2: Bereken de concentratie waterstofionen in maagzuur van  $pH = 2,1$ .

$pH = -\log [H^+] = 2,1$

$[H^+] = 10^{-2,1} = 8 \times 10^{-3} \text{ mol/liter}$

gebruik inverse log op je rekenmachine, let op het minteken.

Bij pH (en pOH) waarden tellen alleen de cijfers achter de komma als significante cijfers. 2,1 heeft dus 1 significant cijfer, daarom geef je antwoord in 1 significant cijfer.

Voorbeeld 3: Bereken de pH van 20 mL 4,0 M salpeterzuur.

$[H^+] = 4,0 \text{ M}$ . Het gaat om de concentratie, het doet er niet toe dat er 100 mL van de oplossing is.

$pH = -\log 4,0 = -0,60$ .

De pH kan dus een negatief getal zijn.

In basische oplossingen ( $pH > 7$ ) reken je met  $OH^-$ :

Hierbij reken je eerst de pOH uit, daarmee kun je de pH berekenen.

**$pOH = -\log [OH^-]$**  (zie ook binas tabel 38A)

**$pH + pOH = 14,00$**

Voorbeeld 1: Bereken de pH van natronloog van 0,20 mol/liter.

Natronloog is een oplossing van natriumhydroxide in water (tabel 66A), dus  $Na^+ (aq) + OH^- (aq)$ . Dus  $[OH^-] = 0,20 \text{ mol/liter}$ .

$pOH = -\log 0,20 = 0,70$ .

$pH + pOH = 14,00$ . Dus  $pH = 14,00 - 0,70 = 13,30$ .

Voorbeeld 2: Bereken  $[OH^-]$  in een oplossing van  $pH = 11,0$ .

Het is een basische oplossing dus we gaan rekenen met de pOH.

$pOH = 14,00 - 11,0 = 3,0$ .

$pOH = -\log [OH^-]$  dus  $[OH^-] = 10^{-pOH}$ .

$[OH^-] = 10^{-3,0} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol/liter}$ .

Let op: bij pOH-waarden is net als bij pH-waarden het aantal decimalen (cijfers achter de komma) het aantal significante cijfers.

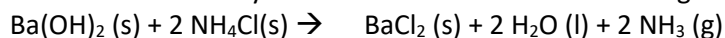
### **Indicatoren**

Om de pH van een oplossing te meten kun je een pH-meter gebruiken. Ook kun je universeelindicator, op pH-papier gebruiken. Je kunt ook een idee van de pH krijgen met indicatoren. Zie tabel 52A. Kijk bijvoorbeeld naar broomthymolblauw. Als de pH lager dan 6,0 is, is deze indicator geel. Is de pH hoger dan 7,6 dan is de indicator blauw. Als de pH tussen 6,0 en 7,6 in ligt ontstaat een mengkleur, hier is dat groen. Je kunt de pH ook meten met een pH-meter. Lakmoes is ook een bekende indicator, kijk in binas tabel 52A.

## Zuur-base reacties

Bij een zuur-base reactie reageert een zuur met een base. Het zuur staat  $H^+$  af aan de base.

Voorbeeld: Bariumhydroxide en ammoniumchloride reageren met elkaar volgens:



Leg uit welk deeltje als zuur reageert en welk deeltje als base reageert.

De  $NH_4^+$  (ammonium) ionen in ammoniumchloride staan  $H^+$  af en reageren dus als zuur.

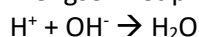
De  $OH^-$  (hydroxide) ionen in bariumhydroxide nemen  $H^+$  op en reageren dus als base.

Een bekende zuur-base reactie is die tussen calciumcarbonaat en een zuur:



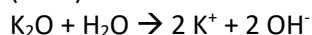
De base  $CO_3^{2-}$  neemt 2  $H^+$  op, er ontstaat  $H_2CO_3$  dat uit elkaar valt in  $H_2O$  en  $CO_2$ .

Een bekende zuur base reacties is de neutralisatiereactie. Als je bv natronloog en zoutzuur bij elkaar doet ontstaat water. Als je zoutzuur en natronloog in de juiste verhouding mengt, ontstaat een mengsel met  $pH=7$ . Gebruik je een overmaat zuur, dan blijft  $H^+$  over en is de  $pH < 7$ .



## Zuur-base reacties herkennen

Een zuur-base reactie kun je herkennen aan het feit dat er voor de pijl een deeltje (zuur) staat dat een  $H^+$  afgeeft aan een andere deeltje voor de pijl (base).



Dit is een zuur-base reactie omdat  $H_2O$  als zuur een  $H^+$  afstaat aan de base  $O^{2-}$ .  $O^{2-}$  (het oxide-ion) reageert dus als base omdat het  $H^+$  opneemt. Het gaat er dus niet om dat er een base ontstaat, het gaat erom dat er een deeltje is dat een  $H^+$  opneemt.



## Redox (binas tabel 48)

Oxidator: deeltje dat elektronen opneemt.

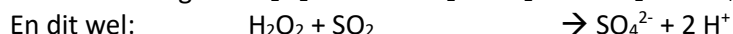
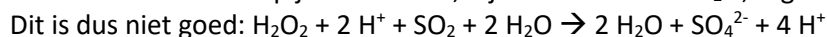
Reductor: deeltje dat elektronen afstaat.

Een redoxreactie is een reactie waarbij elektronenoverdracht plaatsvindt van een reductor, die de elektronen afstaat naar een oxidator, die de elektronen opneemt.

In een halfreactie van een oxidator staan de elektronen links van de pijl.

In een halfreactie van een reductor staan de elektronen rechts van de pijl.

In een totale redoxreactie komen nooit elektronen voor. De oxidator neemt altijd evenveel elektronen op als de reductor afstaat. Let er bij het optellen van halfreacties op dat je deeltjes die links en rechts van de pijl voorkomen, bijvoorbeeld  $H^+$  en  $H_2O$ , tegen elkaar wegstreept.



Let er bij elke halfreactie en totale reactie op dat de totale lading links van de pijl gelijk is aan de totale lading rechts van de pijl.

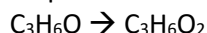
De oxidator voor de pijl is altijd sterker dan de oxidator na de pijl. Ook de reductor voor de pijl is altijd sterker dan de reductor na de pijl. Een redoxreactie vindt alleen spontaan plaats als de halfreactie van de oxidator in tabel 48 boven de halfreactie van de reductor staat.

Soms staat een halfreactie niet in binas, maar moet je die [zelf opstellen](#). De stoffen staan dan al in de vraag gegeven. Je maakt de reactievergelijkingen kloppend. Als extra en laatste stap zorg je ervoor dat de lading links en rechts van de pijl gelijk is door het juiste aantal elektronen erbij te zetten. Let er wel op dat alle deeltjes in de halfreactievergelijking wel aanwezig moeten zijn,  $H^+$  is alleen aanwezig in zuur milieu. Een vergelijking met  $H^+$  voor de pijl kan dus niet plaatsvinden in neutraal of basisch milieu.

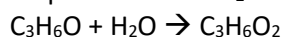


Voorbeeld propanal ( $C_3H_6O$ ) wordt in oplossing omgezet in propaanzuur. In de halfreactie komt ook water en  $H^+$  voor.

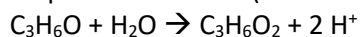
Stap 1 Noteer de formules van propanal en propaanzuur aan de juiste kant van de pijl:



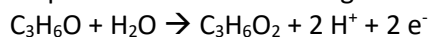
Stap 2 maak met  $H_2O$  de zuurstofbalans in orde.



Stap 3 maak met  $H^+$  (of in basisch milieu met  $OH^-$  of  $H_2O$ ) de waterstofbalans in orde.



Stap 4 Maak met  $e^-$  de lading aan beide kanten van de pijl gelijk.



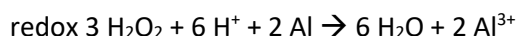
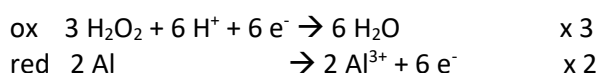
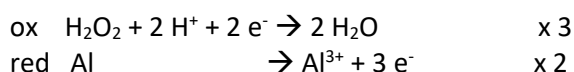
De formules van bekende stoffen bij redoxreacties zoals het permanganaat ( $MnO_4^-$ ), het dichromaat ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) en waterstofperoxide ( $H_2O_2$ ) kun je vinden in tabel 66B. Als een oplossing aangezuurd is kun je ook een halfreactie uit tabel 48 nemen met  $H^+$  erin, dat kan niet als de oplossing neutraal of basisch is want dan is er geen  $H^+$ .



Bij redoxreacties in oplossing doen  $Na^+$  en  $K^+$  nooit mee, dit zijn dus tribunen en die komen niet in de reactievergelijking.

Let op ijzer,  $Fe^{2+}$  kan een oxidator zijn, dan wordt het  $Fe$ .  $Fe^{2+}$  kan ook een reductor zijn dan wordt het  $Fe^{3+}$ .

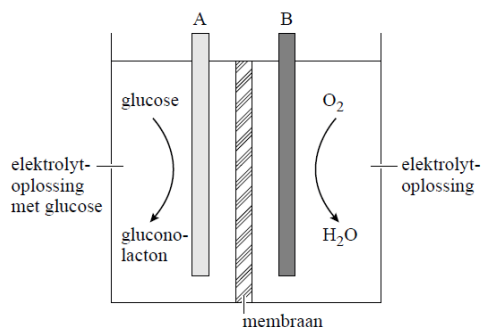
Voorbeeld: een aangezuurde waterstofperoxide-oplossing wordt gemengd met aluminium.



### [Elektrochemische cel/batterij/brandstofcel](#)

Bij een elektrochemische cel hebben de oxidator en reductor niet rechtstreeks contact met elkaar, de elektronen gaan van de reductor naar de oxidator via de elektroden en een draad. De redoxreactie verloopt spontaan, er is geen spanningsbron nodig. De elektrochemische cel levert energie. De oxidator staat in tabel 48 boven de reductor. Als de oxidator en reductor in verschillende bekers zitten is er een zoutbrug nodig om een gesloten stroomkring te krijgen. In plaats van twee bekers en een zoutbrug kun je ook een bak met twee ruimten die door een membraan zijn gescheiden nemen. Soms kan de elektrode ook mee doen, bijvoorbeeld koper kan als reductor reageren aan de negatieve elektrode. Elektroden van koolstof en platina doen niet mee, dat zijn onaantastbare elektroden.





Bij de positieve elektrode reageert de oxidator, bij de negatieve elektrode reageert de reductor. De elektronen gaan door de draad van de negatieve naar de positieve elektrode. De elektroden en verbindingsdraad zijn gemaakt van metalen, vrije elektronen zorgen voor stroomgeleiding. In de



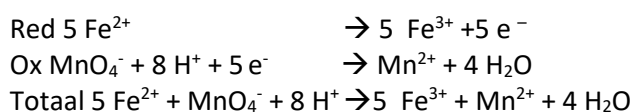
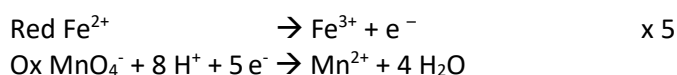
oplossing zorgen ionen voor stroomgeleiding.

Een batterij is een elektrochemische cel. Bij het opladen van een batterij vinden de omgekeerde halfreacties plaats vergeleken met de situatie waarin de batterij stroom levert. [Hier staan meer voorbeelden](#) van elektrochemische cellen.



Voorbeeld:

Je maakt een elektrochemische cel met aan de ene kant een ijzer(II)nitraatoplossing en aan de andere kant een aangezuurde kaliumpermanganaatoplossing. De elektroden zijn gemaakt van koolstof. Geef de halfreacties en totaalreactie. Aanwezige deeltjes:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{C}$ .



De koolstofelektrode die in de aangezuurde kaliumpermanganaatoplossing staat is de positieve elektrode, omdat daar de oxidator reageert. De elektronen stromen van reductor naar oxidator, dus vanaf de elektrode in de ijzer(II)nitraatoplossing naar de elektrode in de aangezuurde kaliumpermanganaatoplossing.

Stel dat er  $2,0 \times 10^{-4}$  mol elektronen per seconde door deze elektrochemische cel gaat. Bereken dan hoeveel mol  $\text{Mn}^{2+}$  er na 10 minuten is ontstaan.

$$600 \text{ s} \times 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol/s} = 0,12 \text{ mol elektronen}$$

In de halfreactie kun je zien dat de verhouding is  $5 \text{ mol e}^- : 1 \text{ mol Mn}^{2+}$

Dus  $0,12/5 = 0,024 \text{ mol Mn}^{2+}$  is dan ontstaan.

### Brandstofcel

De brandstofcel is een elektrochemische cel waarbij in de ene halfcel zuurstof als oxidator reageert en in de andere halfcel een brandstof als reductor reageert. Dit is dus een verbrandingsreactie op afstand. Omdat de temperatuur lager is dan in een verbrandingsmotor worden er geen giftige stikstofoxiden gevormd. Waterstof en methanol worden hierbij vaak als brandstof gebruikt.



Edele metalen reageren niet met zuurstof en zijn zwakke reductoren. Onedele metalen reageren met zuurstof uit de lucht, dat noem je corrosie. Bij ijzer noem je corrosie roesten. Bij aluminium ontstaat dan aluminiumoxide, het oxidelaagje beschermt het aluminium dat er onder zit tegen verdere corrosie.





Je kunt [een reactie herkennen als redoxreactie](#) als er deeltjes zijn die van lading veranderen.

Voorbeeld:  $2 \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 2 \text{NaI} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NaNO}_3 + \text{I}_2$

Dit is een redoxreactie,  $\text{Fe}^{3+}$  wordt  $\text{Fe}^{2+}$  en was dus oxidator,  $\text{I}^-$  wordt  $\text{I}_2$  en was dus reductor.

Nog een voorbeeld:



Dit is geen redoxreactie, er zijn geen deeltjes die van lading veranderen, het is een zuur base reactie omdat  $\text{NH}_4^+$  een  $\text{H}^+$  overdraagt aan  $\text{OH}^-$ .

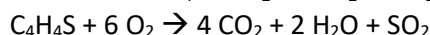
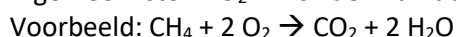
### Verbranding

Een verbranding is een reactie met zuurstof. De brandstof is de reductor en zuurstof is de oxidator. Hierbij ontstaan de oxiden van de elementen van de brandstof.

### Volledige verbranding

Bij volledige verbranding reageren de elementen met het maximale aantal zuurstofatomen: koolstof tot koolstofdioxide, waterstof tot water, enz.

Algemeen:  $\text{stof} + \text{O}_2 \rightarrow \text{oxiden van de elementen}$



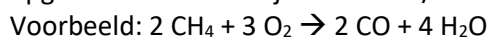
Bij metalen moet je kijken naar de lading van het metaalion om de formule van het metaaloxide te berekenen, natriumoxide is  $\text{Na}_2\text{O}$ , calciumoxide  $\text{CaO}$  en ijzer(III)oxide  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . De lading van ionen vind je in tabel 40A.

Verbrandingen zijn exotherme reacties, bij deze reacties komt netto energie vrij. Je moet er een beetje energie instoppen om het aan te steken (de ontbrandingstemperatuur te bereiken), maar er komt veel meer energie vrij dan je erin stopt.

In bijvoorbeeld vuurwerk kan een stof aanwezig zijn die zuurstofleverancier is, bijvoorbeeld  $\text{KNO}_3$ . De brandstof kan daarmee reageren in plaats van met zuurstofmoleculen uit de lucht.

### Onvolledige verbranding

Bij onvolledige verbranding is er niet genoeg zuurstof. Er ontstaat dan bijvoorbeeld koolstofmonoxide (kan je dood van gaan!) en roet (C, te herkennen aan zijn zwarte kleur). In de opgave staat er dan bij of er CO en/of C ontstaat.



## Koolstofchemie

Koolstofchemie houdt zich bezig met moleculaire stoffen met het element C.

### Alkanen

De algemene formule voor de alkanen is  $C_nH_{2n+2}$ , met  $n=1,2,3,4$  etc.

De eerste zes alkanen zijn belangrijk: methaan ( $CH_4$ ), ethaan ( $C_2H_6$ ), propaan ( $C_3H_8$ ), butaan  $C_4H_{10}$ , pentaan ( $C_5H_{12}$ ) en hexaan ( $C_6H_{14}$ ). Zie ook binas 66D.

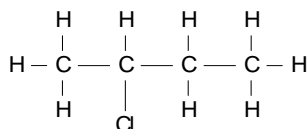
Alkanen zijn onvertakte koolwaterstoffen. Alkanen zijn verzadigde koolwaterstoffen, dat wil zeggen dat het maximale aantal H-atomen is gebonden, er zijn dus geen dubbele bindingen aanwezig.

### Zijgroepen

Methyl:  $-CH_3$  en ethyl  $-CH_2CH_3$ . Een zijgroep zit aan de hoofdketen (langste keten) vast.

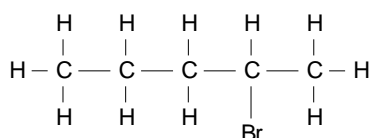
### Systematische naamgeving

Voor koolstofverbindingen worden vaak systematische namen gebruikt. Hoe bepaal je de naam van de stof met de volgende structuurformule?



- kijk eerst naar het aantal C-atomen, dat zijn er 4, de stamnaam wordt dus butaan (binas 66D).
- kijk of er een karakteristieke groep is (een zijgroep die geen H-atoom is), dat is hier chloor, het wordt dus iets met chloorbutaan
- kijk daarna naar de plaats van de karakteristieke groep, dat is hier C-atoom nummer 2, de volledige naam is dus 2-chloorbutaan.

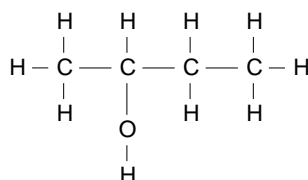
Let op: de karakteristieke groep moet een zo laag mogelijk nummer krijgen, je mag aan de linkerkant beginnen te tellen, maar soms moet je het rechter C-atoom nummer 1 noemen.



Is bijvoorbeeld 2-broompentaan.

### Alkanolen

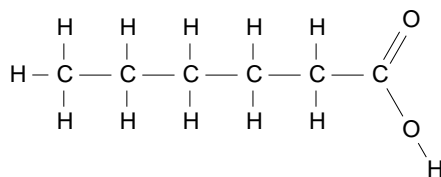
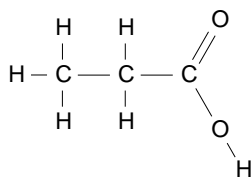
Alkanolen zijn alkanen waarbij 1 H-atoom door een OH –groep is vervangen. De OH-groep is een karakteristieke groep en krijgt het achtervoegsel –ol.



Deze stof heet butaan-2-ol.

### Carbonzuren

Carbonzuren zijn alkanen waarbij aan het uiteinde een  $-COOH$  groep zit. Tel het aantal C-atomen, zoek de bijbehorende stamnaam en zet er zuur achter. Je moet wel alle C-atomen meetellen, ook die van de  $COOH$ -groep. Hier staan propaanzuur en hexaanzuur:

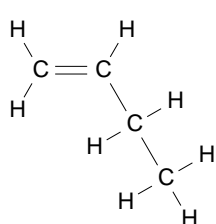
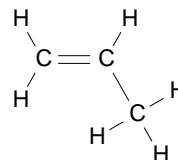


## Alkenen

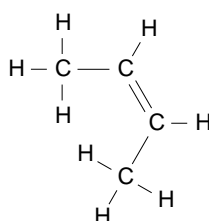
Alkenen zijn onverzadigde koolwaterstoffen met één dubbele binding, C=C. De algemene formule voor de alkenen is  $C_nH_{2n}$ .

De naamgeving is hetzelfde als bij de alkanen, het eindigt nu alleen op –een ipv op –aan. De stof rechts heet propene.

Bij grotere alkenen dan propene geef je met een nummer aan waar de dubbele binding zit, het nummer slaat dan op het C-atoom waar de dubbele binding begint:



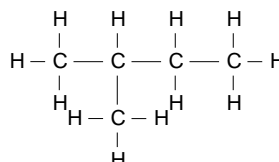
but-1-een



but-2-een

## Isomeren

Dit zijn twee verschillende stoffen met dezelfde molecuulformule, maar een verschillende structuurformule (zie boven). Pentaan is bijvoorbeeld een isomeer van de vertakte alkaan 2-methylbutaan:

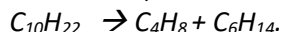


## Kraken

Dit is een ontledingsreactie waarbij grote alkaanmoleculen worden gesplitst in kleinere moleculen, hierbij ontstaan verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen. Dit wordt in de industrie toegepast om benzine uit aardolie te maken.

Voorbeeld: Decaan is een alkaan met 10 C-atomen. Dit wordt gekraakt tot but-1-een en één ander molecuul. Geef de reactievergelijking.

Voor de formule van decaan vul je  $n=10$  in de formule  $C_nH_{2n+2}$  in, decaan is dus  $C_{10}H_{22}$ . but-1-een is  $C_4H_8$  (teken eventueel de structuurformule)



De andere stof die ontstaat is dus hexaan (of een isomeer van hexaan).

Omdat we warmte gebruiken als energie om deze endotherme reactie te laten plaats vinden is kraken een vorm van thermolyse.

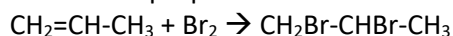
Behalve door kraken kun je benzine uit ruwe aardolie verkrijgen door gefractioneerde destillatie. Dit is een scheidingsmethode. Het mengsel ruwe aardolie wordt gescheiden in fracties. Fracties zijn hier mengsels van stoffen met kookpunten die dicht bij elkaar liggen. Destillatie is geen chemische reactie, omdat er geen nieuwe stoffen ontstaan.

### Additiereactie

Bij een additiereactie verdwijnt een C=C binding, deze binding klapt open. Stoffen die met C=C kunnen reageren zijn Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>, HBr, HCl, H<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O

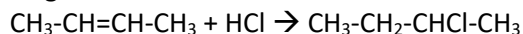


Voorbeeld: propen + broomwater



De gele kleur van het broomwater verdwijnt omdat de gele stof Br<sub>2</sub> weg reageert. Op deze manier kun je de aanwezigheid van onverzadigde koolwaterstoffen aantonen.

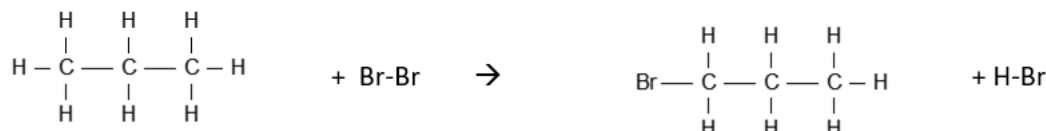
Nog een voorbeeld: but-2-een + waterstofchloride



Let op: soms kunnen er twee verschillende reactieproducten ontstaan: als but-1-een reageert met water ontstaan twee verschillende reactieproducten: butaan-1-ol en butaan-2-ol.

### Substitutiereactie

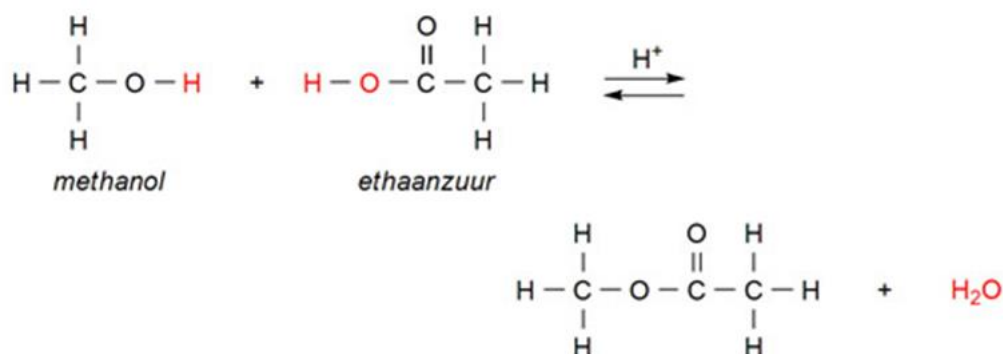
Hierbij reageert een alkaan met chloor of broom tot een broomalkaan en waterstofbromide of een chlooralkaan en waterstofchloride. Voor een substitutiereactie is licht nodig.



Let op: er kan ook 2-broompropaan ontstaan.

### Esters

Een alcohol en een carbonzuur kunnen (in aanwezigheid van een geschikte katalysator) reageren tot een ester en water. Dit is een veresteringsreactie.

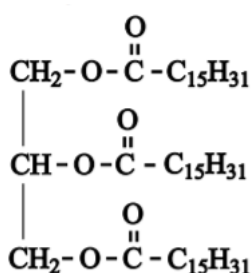


H<sup>+</sup> is hier een katalysator. Een katalysator wordt niet verbruikt en komt dus niet voor in de reactievergelijking. Soms wordt de formule van de katalysator boven de pijl te staan.

Hydrolyse is de omgekeerde reactie: een ester reageert met water tot een carbonzuur en een alcohol.



Vetten en oliën zijn een speciale soort esters. Hierbij reageert glycerol met drie vetzuren, daarbij ontstaat een stof met daarin drie esterbindingen. Dit staat omschreven in tabel 67G1 van binas. In tabel 67G2 van binas staan de namen en structuurformules van de bekendste vetzuren. In een vet



komen alleen verzadigde vetzuren (zonder C=C) voor, in een olie komen onverzadigde vetzuren (met C=C) voor. Meervoudig onverzadigd betekent dat er minimaal 2 C=C bindingen in de vetzuurstaart voorkomen. De staart van een verzadigd vetzuur voldoet aan de formule  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ .

Dit vet is gemaakt van palmitinezuur. Palmitinezuur is een verzadigd vetzuur,  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}$  voldoet aan de formule  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ .

### Vergisting

Uit glucose kan door vergisting alcohol ontstaan:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$ . Hiervan wordt gebruik gemaakt bij het brouwen van bier en het maken van bio-ethanol. Als je bio-ethanol verbrandt komt er  $\text{CO}_2$  vrij, dit  $\text{CO}_2$  is eerder door middel van fotosynthese door de plant opgenomen en omgezet in glucose. Zo ontstaat een koolstofkringloop.

De vergelijking van fotosynthese is  $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$

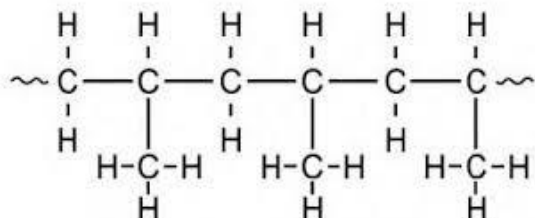
Andere gisten kunnen biogas (methaan) produceren. Bio-ethanol en biogas zijn voorbeelden van biobrandstoffen.

### Polymeren

Bij [polyadditie](#) reageren monomeren die een C=C binding hebben met elkaar. In de polymeer zijn de C=C bindingen omgezet in C-C bindingen, vandaar de naam polyadditie. Om deze reactie op gang te brengen zijn initiatormoleculen nodig. De reactie kan ook door Uv straling op gang gebracht worden.

Alleen de C-atomen waar de C=C tussen zat komen in de polymeerketen.

Polypropreen is bijvoorbeeld:



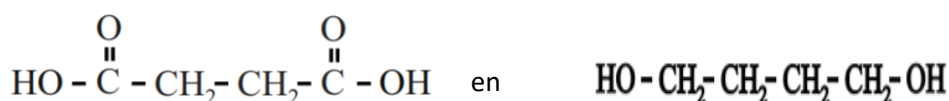
Bij [polycondensatie](#) ontstaat er naast het polymeer ook een klein molecuul, meestal is dit water. Polyesters zijn polycondensatiepolymeren. Bij het maken van een polyester reageren een zuurgroep en een alcoholgroep met elkaar.

Dat kan op twee manieren:

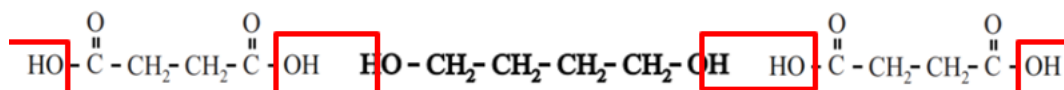
- Je hebt een monomeer dat zowel een zuurgroep als een alcoholgroep heeft
- Je hebt twee monomeren: een dizuur en een diol. Deze monomeren komen om en om te zitten in het polymeer.



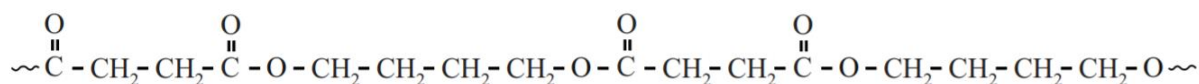
Voorbeeld: deze twee monomeren



reageren met elkaar:

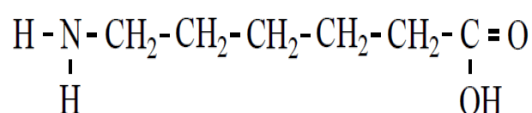
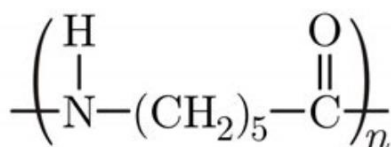


Hierbij ontstaat water en dit polymeer:



Een polymeer dat is opgebouwd uit twee verschillende monomeren noem je een copolymeer.

Bij de vorming van een polyamide reageert een zuurgroep met een aminogroep. Daarbij wordt een amide-binding (C=O-NH) gevormd. Deze binding komt ook voor in eiwitten en wordt ook wel een peptidebinding genoemd.



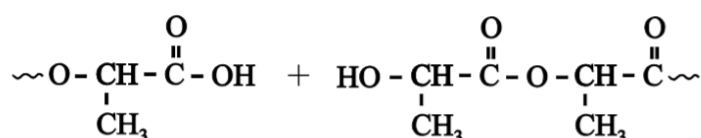
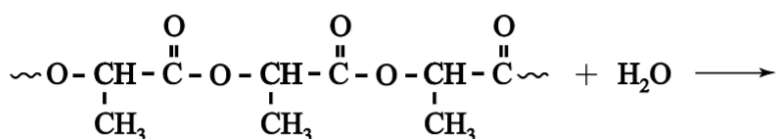
Nylon, een voorbeeld van een polyamide

het monomeer van deze soort nylon.

In deze notatie staat de repeterende eenheid tussen haakjes, het polymeer bestaat uit n monomeereenheden. Als je weet wat de gemiddelde massa van de polymeerketens is, kun je uitrekenen uit hoeveel monomeereenheden een gemiddelde keten bestaat, dus hoe groot n is. Het aantal monomeereenheden per keten heet de polymerisatiegraad.

Stel dat de gemiddelde massa van een keten van dit soort nylon  $2,4 \cdot 10^4$  u is. Een monomeereenheid ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ ) heeft een massa van  $6 \times 12,01 + 11 \times 1,008 + 14,01 + 16,00 = 113,16$  u. De polymerisatiegraad is dan  $2,4 \cdot 10^4 / 113,16 = 2,1 \cdot 10^2$ .

Door hydrolyse (reactie met water) kunnen polyesters en polyamiden weer in hun monomeren worden omgezet. Soms moet je tekenen hoe een esterbinding in een polyester verbreekt via hydrolyse:



Thermoplasten worden zacht als je ze verwarmt, voorwerpen die gemaakt zijn van thermoplasten kun je dus smelten en dus ook recyclen. Thermoharders blijven hard als je ze verwarmt. Dat komt omdat de polymeerketens aan elkaar gebonden zijn tot een netwerk. Een voorwerp dat gemaakt is van een thermoharder, kan je dus niet smelten. Bij het maken van een thermoharder moet je het polymeriseren dus laten plaatsvinden in een mal.

Daarnaast zijn er ook nog elastomeren. Rubber is daarvan het bekendste voorbeeld. Bij elastomeren zijn er ook dwarsverbindingen tussen de ketens, maar niet zo veel als bij thermoharders. Aan rubber wordt vaak zwavel toegevoegd om crosslinks te maken, dit heet vulkaniseren.

De dwarsverbindingen tussen polymeerketens kunnen verbroken worden door uv-stralen. Het gevolg hiervan is dat de kunststof bros wordt en dus minder stevig.

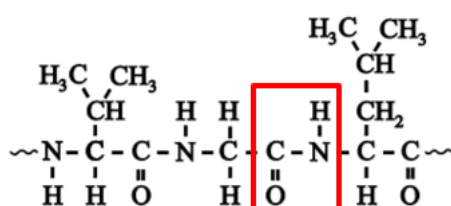
Composieten bestaan uit meerdere materialen, bijvoorbeeld kunststoffen waaraan vezels zijn toegevoegd om ze steviger te maken.

Vaak worden weekmakers toegevoegd aan kunststoffen. De weekmakermoleculen gaan tussen de polymeerketens van thermoplasten zitten, hierdoor wordt de kunststof soepeler.

Polymeren met daarin C=C bindingen zijn gevoelig voor UV licht en breken dus af in zonlicht.

### Natuurlijke polymeren: eiwitten en koolhydraten.

**Eiwitten** zijn opgebouwd uit aminozuren, zie binas 67H. Sommige aminozuren moet je via je voeding binnenkrijgen omdat je deze niet zelf kunt maken, dat zijn de essentiële aminozuren. In binas 67H1 kun je zien welke aminozuren essentieel zijn.



Dit is de structuurformule van ~Val-Gly- Leu~

De ~tekens geven aan dat er voor en na dit stukje nog meer aminozuureenheden komen in het eiwit.

Het stukje in de rechthoek is een peptidebinding.

Eiwitten worden in je lichaam d.m.v. hydrolyse afgebroken tot aminozuren. Van aminozuren kunnen weer nieuwe eiwitten gevormd worden, aminozuren kunnen ook afgebroken worden tot o.a. ureum. Enzymen zijn eiwitten die een specifieke reactie versnellen. Voor de structuur van eiwitten zijn zwavelbruggen belangrijk. Dat is een atoombinding tussen zwavelatomen die afkomstig zijn van twee cysteïne-eenheden van een eiwit.

Aminozuren die een -NH<sub>2</sub> in de zijgroep hebben (bijvoorbeeld lysine) kunnen in zuur milieu een H<sup>+</sup> opnemen, dan wordt de -NH<sub>2</sub> groep een -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> groep.

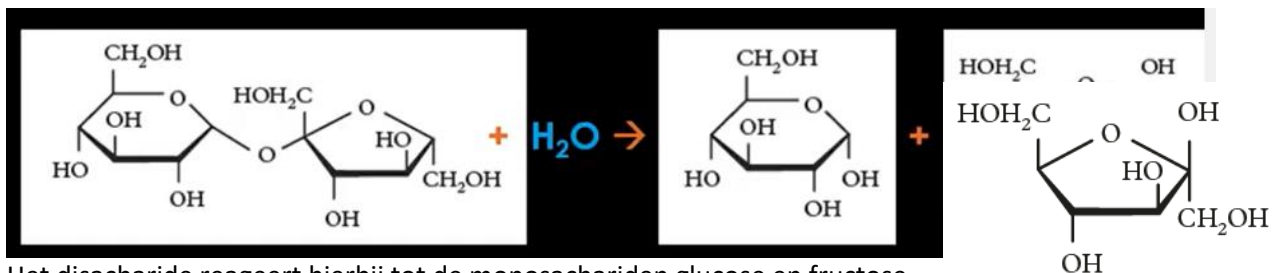
Aminozuren die een -COOH in de zijgroep hebben (bijvoorbeeld asparaginezuur) kunnen in basisch milieu een H<sup>+</sup> afstaan, de COOH groep wordt dan een -COO<sup>-</sup> groep.

### Koolhydraten

Je hebt monosachariden (1 suikerring), disachariden (2 suikerringen) en polysachariden (veel suikerringen). Zie binas tabel 67F. Een binding tussen twee suikerringen kan verbroken worden door een reactie met water: hydrolyse.

De vergelijking van de hydrolyse van sacharose is:





Polysachariden bestaan uit een heleboel aan elkaar gekoppelde monosachariden. Zetmeel en cellulose (celwanden van planten, katoen) zijn de bekendste polysachariden, zie binas 67F3. Zetmeel kun je noteren als  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

De hydrolyse van zetmeel in molecuulformules noteer je als:  $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$   
 Koolhydraten hebben -OH groepen en kunnen daarom goed waterstofbruggen vormen met bijvoorbeeld water.



## Groene chemie



De formules in de [groene chemie](#) vind je in tabel 37H en 97F.

De volgende dingen kun je berekenen in de groene chemie:

[Atoomeconomie](#) = massa gewenste product / massa beginstoffen x 100 %.

[Rendement](#) = werkelijke opbrengst / theoretische opbrengst x 100 %

[E-factor](#) = 
$$\frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa werkelijke opbrengst van het product}}{\text{massa werkelijke opbrengst van het product}}$$



De E-factor is dus geen percentage, de atoomeconomie en het rendement wel. Bij de E-factor heb je het rendement nodig om de werkelijke opbrengst te berekenen.

Bij de atoomeconomie kijk je puur in theorie, je gebruikt de reactievergelijking en houdt geen rekening met het rendement van de reactie. Anders gezegd: je gaat uit van een rendement van 100%.

Cradle to cradle is een manier om producten te ontwerpen, het betekent letterlijk “van wieg tot wieg”. Bij het ontwerpen wordt er al rekening mee gehouden hoe de verschillende onderdelen in de toekomst hergebruikt kunnen worden.

Broeikasewffect: de opwarming van de aarde door uitstoot van stoffen als CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> (methaan). Een brandstof met een grote C/H verhouding levert relatief meer CO<sub>2</sub> op bij de verbranding en versterkt het broeikasewffect dus meer. C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> levert naar verhouding bijvoorbeeld meer CO<sub>2</sub> op dan CH<sub>4</sub>.

SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> zorgen voor zure depositie. SO<sub>2</sub> ontstaat door zwavel dat in brandstoffen als diesel voorkomt. SO<sub>2</sub> kan omgezet worden in zwavelzuur. NO<sub>x</sub> ontstaat doordat bij de hoge temperatuur in een motor stikstof en zuurstof uit de lucht met elkaar kan reageren, NO<sub>x</sub> kan omgezet worden in salpeterzuur. Bij verbranding van fossiele brandstoffen kan ook smogvorming ontstaan door fijnstof, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, C en CO.

Eutrofiëring is dat door een overmaat van voedingsstoffen (bijvoorbeeld uit kunstmest) bepaalde organismen, bijvoorbeeld algen, zo sterk groeien dat ze ander leven verdringen. De kwaliteit van het water wordt dan minder.

In binas tabel 97F staan de uitgangspunten van de groene chemie. Uitgangspunt 7 is bijvoorbeeld dat grondstoffen zo veel mogelijk hernieuwbaar moeten zijn. Daarom hebben plastics die gemaakt zijn met glucose als grondstof de voorkeur boven plastics die gemaakt zijn met aardolie als grondstof. Planten kunnen namelijk steeds opnieuw glucose maken via fotosynthese.

In tabel 97E van binas staan de gevarensinnen, dit noem je ook wel het GHS systeem. Dit hoef je niet uit je hoofd te kennen, maar kun je via het register in binas opzoeken.



## Industrie



In een [blokschema](#) wordt een industrieel proces schematisch weergegeven. Zie binas 38B. Via een warmtewisselaar kun je energie die vrijkomt bij een exotherm proces ergens anders in het proces gebruiken. Stoffen worden zoveel mogelijk gerecicleerd. Let er op dat van alle beginstoffen een ingaande pijl het systeem in moet gaan en van alle reactieproducten een uitgaande pijl. Bij het tekenen van

blokschema's moet je vaak heel precies lezen en daar moet je mee oefenen. Er zijn twee soorten processen:

- Continu proces: het product wordt voortdurend gemaakt, er is constante aanvoer van beginstoffen en afvoer van reactieproducten en afval. Dit is vooral handig als je van een stof grote hoeveelheden moet produceren (bulkchemie).
- Batch proces: er wordt steeds een portie van een stof gemaakt en daarna worden alle vaten etc weer schoongemaakt.

## Oefenopgaven stoffen en materialen

Dit zijn de opgaven van de examens van 2015 t/m 2017 over stoffen en materialen. De opgaven uit 2018 en 2019 staan er niet bij, zodat je die (her)examens als heel examen kunt oefenen. De antwoorden staan in het antwoordenboek op <https://scheikundehavovwo.nl> en via het linkje/de QR code kunt je een uitlegfilmpje per vraag bekijken.

[Samenvatting voor vlak voor het examen](#)



[Uitlegfilmpjes](#) over bindingen, waterstofbruggen en polaire



protonen, micro, meso, macro, atoombinding

### 2015 voorbeeldexamen

#### De structuur van gluten

- Als van bloem en water een deeg wordt gekneed, hechten de glutenine-eiwitten zich met de uiteinden aan elkaar en vormen ze lange, samengestelde glutenmoleculen. Deeg is elastisch omdat de
- 5 glutenmoleculen spiralen en veel kronkels vertonen. Als een deegmassa wordt uitgerekt, worden de kronkels rechtgetrokken, worden de spiralen uitgerekt en worden de eiwitten langer (onderste deel van de figuur hierboven). Als de spanning van het uitrekken wegvalt, nemen veel kronkels en spiralen hun oude vorm weer aan, wordt de eiwitmassa korter
- 10 en krimpt het deeg tot zijn oorspronkelijke vorm.

*bron: Over eten en koken; Harold McGee*

In het tekstfragment worden begrippen op microniveau en begrippen op macroniveau gebruikt.

- 2p 4 Wordt 'eiwitten' in regel 3 op microniveau of op macroniveau gebruikt? Geef een verklaring voor je antwoord.

#### Het bakken

Als het deeg voldoende is gerezen, wordt het gebakken in een oven bij een temperatuur van circa 230 °C. Tijdens het rijzen van het deeg is alcohol ontstaan, maar in gebakken brood is geen alcohol aanwezig.

- 2p 9 Leg uit, aan de hand van een gegeven uit Binas, waarom in gebakken brood geen alcohol aanwezig is. Vermeld ook het gebruikte gegeven.

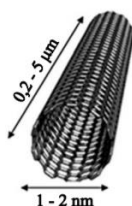
[Uitlegfilmpje](#)



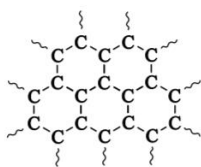
In het organische oplosmiddel waarmee het papier is doordrenkt, is de stof  $\text{LiPF}_6$  opgelost.  $\text{LiPF}_6$  bestaat uit twee soorten ionen:  $\text{Li}^+$  ionen en één soort negatieve ionen.

- 2p 12 Geef een beschrijving op microniveau van de geleiding van de elektrische stroom door de oplossing waarmee het papier is doordrenkt.

figuur 3A



figuur 3B



Koolstof-nanobuisjes geleiden de elektrische stroom doordat ze zogenoemde vrije (beweeglijke) elektronen bevatten. Elektronen die zijn betrokken bij de in figuur 3B getekende atoombindingen, kunnen zich niet als vrije elektronen gedragen. Ook de elektronen die voorkomen in de K-schil van een C atoom kunnen zich niet als vrije elektronen gedragen.

- 2p 13 Leg uit, aan de hand van figuur 3B, hoeveel vrije elektronen elk C atoom (behalve de C atomen aan de uiteinden van de nanobuisjes) heeft.

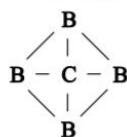
[Uitlegfilmpje](#)



Boorcarbide ( $B_4C$ ) is één van de hardste stoffen die bestaan. Ook heeft de stof een uitzonderlijk hoog smeltpunt van 3036 K.

De extreme hardheid en het hoge smeltpunt van boorcarbide hebben de interesse gewekt van Michiel en Huib. Zij gaan op zoek naar informatie over de microstructuur van boorcarbide.

Michiel vindt in diverse bronnen de volgende structuurformule:



Huib vindt de volgende beschrijving:

Boorcarbide is een keramisch materiaal waarin de atomen elkaar in een driedimensionaal netwerk bijhouden met covalente bindingen.

Zij discussiëren over de verklaring van de macroscopische eigenschappen (grote hardheid en hoog smeltpunt) van boorcarbide aan de hand van de informatie die zij hebben gevonden. Samen komen zij tot de conclusie dat deze verklaring niet gegeven kan worden met Michiels informatie, maar wel met Huibs informatie.

- 2p 23 Leg uit dat de verklaring niet gegeven kan worden met Michiels informatie.

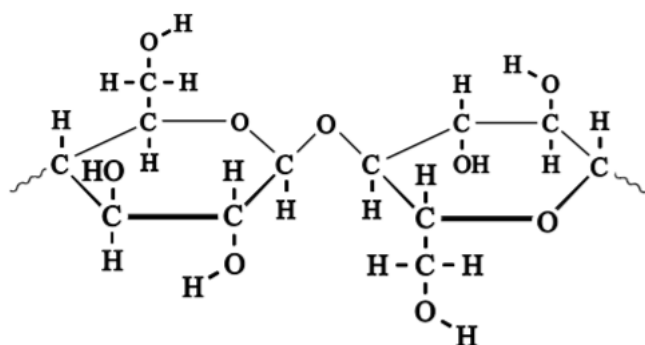
- 1p 24 Leg uit dat de verklaring wel gegeven kan worden met Huibs informatie.

[uitlegfilmpje](#)



- 2p 26 Teken op de uitwerkbijlage twee ethanolmoleculen die elk met één of meer waterstofbruggen aan het cellulosemolecuul zijn gebonden.
- Gebruik structuurformules voor de ethanolmoleculen.
  - Geef de waterstofbruggen weer met  $\cdots$ .



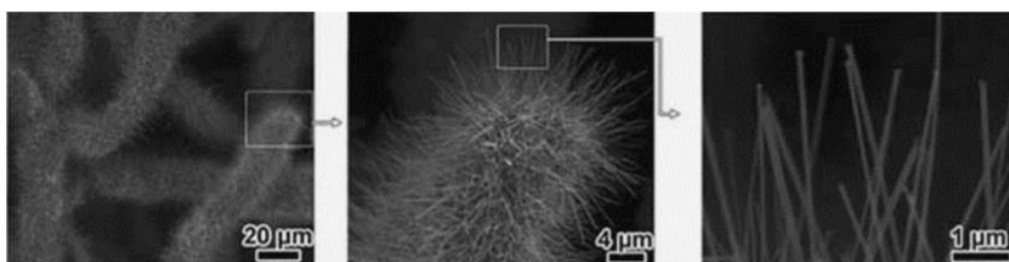


Uiteindelijk ontstaan in stap 3 vast koolstof, vast boorcarbide, koolstofmonoïxide en waterdamp. De koolstofmonoïxide en waterdamp die bij deze reacties ontstaan, worden afgevoerd met de argonstroom.

- 2p 27 Leg uit waarom men geen lucht gebruikt, maar argon om de gasvormige producten af te voeren die in stap 3 ontstaan. Noteer je antwoord als volgt:
- men gebruikt geen lucht, omdat ...
  - men gebruikt argon, omdat ...

Het materiaal dat na stap 3 ontstaat, is nog steeds vervormbaar. Deze vervormbaarheid wordt verklaard doordat de koolstof die bij de ontleding van de cellulose ontstaat dezelfde vezelstructuur heeft als de oorspronkelijke cellulose. Bovendien wordt het boorcarbide gevormd in de vorm van zogenoemde nanovezels die als het ware uit de koolstofvezels naar buiten steken.

In onderstaande figuren staan opnames die met een elektronenmicroscop zijn gemaakt van deze structuur.



links: een opname van een deel van het oppervlak van het behandelde stukje T-shirt;  
 midden: een uitvergroting van het uiteinde van een vezel, met daaruit stekend de nanovezels;  
 rechts: een opname van de nanovezels.

- 2p 28 Wordt in de bovenstaande verklaring van de vervormbaarheid gebruik gemaakt van begrippen op microniveau? Geef een verklaring voor je antwoord.

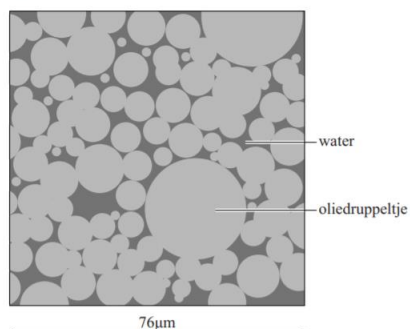
[Uitlegfilmpje](#)



2015 -I

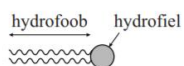
Mayonaise is een stabiele emulsie van olie in water. Figuur 1 toont een tekening die is gemaakt van een microscoop-opname van mayonaise.

figuur 1



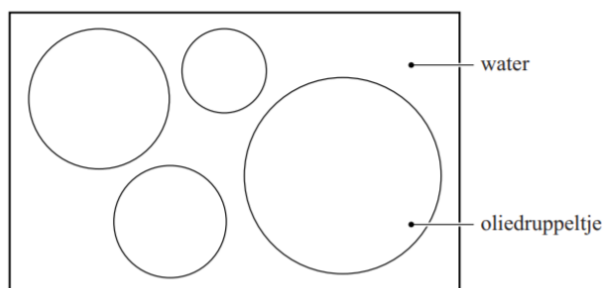
- 2p 2 Leg uit of de weergave in figuur 1 een menging voorstelt op microniveau.

Een emulgator is een stof die ervoor zorgt dat een emulsie stabiel blijft. Eidooier bevat de emulgator fosfatidylcholine. Een molecuul fosfatidylcholine, dat een hydrofoob en een hydrofiel deel bevat, is hieronder schematisch weergegeven.



In de uitwerkbijlage bij dit examen is een deel van figuur 1 schematisch en vergroot weergegeven.

- 2p 3 Teken op de uitwerkbijlage drie moleculen fosfatidylcholine zodanig dat uit de tekening de emulgerende werking van fosfatidylcholine blijkt. Teken de moleculen fosfatidylcholine op eenzelfde manier als hierboven.

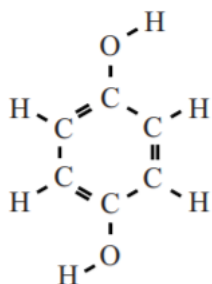


[uitlegfilmpje](#)

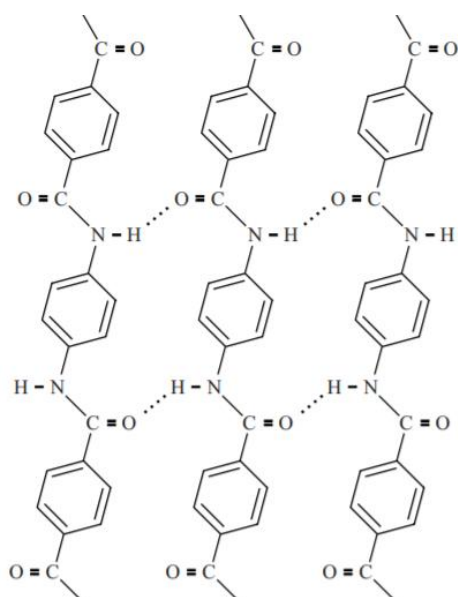


- 2p 7 Geef het aantal protonen en elektronen in een  $\text{C}_2^{2-}$  ion. Noteer je antwoord als volgt:  
aantal protonen: ...  
aantal elektronen: ...

- 3p **14** Geef op de uitwerkbijlage weer hoe zowel een watermolecuul als een waterstofperoxidemolecuul aan het hydrochinonmolecuul kunnen binden door middel van waterstofbruggen. Teken daarbij het watermolecuul en het waterstofperoxidemolecuul in structuurformules en geef de waterstofbruggen weer met stippellijntjes (•••).



[uitlegfilmpje](#)



Met name deze bindingen geven Twaron zijn bijzondere mechanische eigenschappen. Behalve de waterstofbruggen zijn er nog twee andere bindingstypen aanwezig in Twaron.

- 2p **34** Noem deze twee bindingstypen.

## 2015 II

De hoeveelheid brandstof die een auto verbruikt is onder meer afhankelijk van de weerstand die de banden ondervinden wanneer ze over de weg rollen. Als deze 'rolweerstand' groter is, gebruikt de auto meer brandstof om te rijden. Het is hierbij belangrijk dat de banden de juiste spanning hebben. Autobanden worden meestal gevuld met lucht. Als gevolg van de microstructuur van rubber, kan lucht echter uit een autoband ontsnappen. De druk in de band neemt dan geleidelijk af, waardoor de rolweerstand toeneemt.

- 2p 5 Beschrijf op microniveau wat er gebeurt bij het ontsnappen van lucht uit een band.

[Uitlegfilmpje](#)



Helium-3 is een isotoop van het element helium. Een atoom helium-3 heeft massagetal 3.

- 2p 8 Geef met een tekening de bouw van een helium-3 atoom weer. Teken de kern en de schil(len) van de elektronenwolk en geef de plaats van elk proton, neutron en elektron aan door middel van de notaties  $p$ ,  $n$  en  $e$ .

[Uitlegfilmpje](#)



Tijdens het oplossen van suiker (sacharose) in water worden de aanwezige bindingen tussen de suikermoleculen verbroken. De structuurformule van sacharose staat in Binas-tabel 67F2.

- 2p 14 Geef de vergelijking in molecuulformules voor het oplossen van sacharose in water. Vermeld ook de toestandsaanduidingen.
- 2p 15 Geef de namen van de twee typen bindingen die verbroken worden tussen de suikermoleculen bij het oplossen van sacharose.

[Uitlegfilmpje](#)

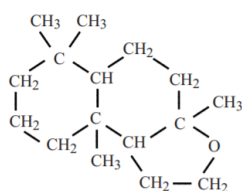


## 2016 I

De geur van ambergrijs ontstaat door een combinatie van verschillende stoffen. Om deze geurstoffen te isoleren wordt in een laboratorium van een parfumbabriek een stuk ruw ambergrijs in een mortier zo fijn mogelijk gemaakt en in een geschikt oplosmiddel gebracht. Het verkregen mengsel wordt gefiltreerd en het filtraat wordt verder opgewerkt.

- 2p 1 Leg uit waardoor per seconde meer geurstof oplost wanneer het ambergrijs wordt fijngemaakt, dan wanneer het niet zou worden fijngemaakt. Gebruik in je antwoord minstens één begrip op microniveau.

Eén van de karakteristieke geurstoffen in ambergrijs is ambrox. De structuurformule van ambrox is hieronder weergegeven:





De meeste geurstoffen zijn hydrofoob.

- 2p 2 Leg uit, aan de hand van de bovenstaande structuurformule, of ambrox een hydrofobe stof is.

[uitlegfilmpje](#)



**tekstfragment 1**

Een fabrikant van airbags voor de auto-industrie heeft een nieuw milieuvriendelijk concept ontwikkeld. Het systeem maakt gebruik van de gassen waterstof en zuurstof in combinatie met argon om de airbag op te blazen wanneer een botsing plaatsvindt. Door middel van een ontstekingsmechanisme vindt er een chemische reactie plaats. Na de reactie is de airbag gevuld met een mengsel van waterdamp en argon. Het nieuwe systeem is in 2012 in productie gegaan voor een Europese autofabrikant.

naar: [www.autoliv.com](http://www.autoliv.com)

Argon staat in groep 18 van het periodiek systeem.

- 1p 5 Geef de algemene naam van de elementen die in groep 18 van het periodiek systeem staan.
- 2p 6 Geef de vergelijking van de reactie die in tekstfragment 1 wordt beschreven.

[uitlegfilmpje](#)



**tekstfragment 1**

"Elke reactie waaruit energie vrijkomt, wordt wel ergens door een bacterie benut", stelt de Nijmeegse wetenschapper prof. Mike Jetten. Hij ontdekte een bacteriesoort die zuurstof vrijmaakt uit stikstofoxiden, om daar vervolgens methaan mee te verbranden. Deze soort heeft de naam *Methylobacterium oxyfera* ('zuurstofmakende methaangoochelaar') gekregen. Volgens Jetten vind je deze bacterie in de zuurstofarme modder van bijna elke boerensloot. Zeker als daar een stevig met nitraat bemeste akker naast ligt. De bacterie blijkt enzymen te bezitten voor de stapsgewijze omzetting van  $\text{NO}_3^-$  via  $\text{NO}_2^-$  tot NO. Volgens Jetten moet de bacterie een nog onbekend enzym bevatten dat NO omzet tot  $\text{N}_2$  en  $\text{O}_2$ . Dit blijkt uit experimenten waarbij de bacteriën verschillende stoffen toegediend kregen die gemerkt waren met  $^{15}\text{N}$  atomen. Er komt geen zuurstof vrij want dit wordt meteen gebruikt voor de reactie met methaan, dat ook voorkomt in zuurstofarme modder.

naar: C2W Life Sciences

Bij de reactie van methaan met zuurstof (regels 13-15) ontstaan dezelfde reactieproducten als bij de volledige verbranding van methaan. De ontleding van NO (regel 11) en de daaropvolgende reactie van methaan met zuurstof kunnen in één reactievergelijking worden weergegeven.

- 3p 23 Geef deze reactievergelijking.
- 2p 24 Hoeveel protonen en hoeveel neutronen bevat een  $^{15}\text{N}$  atoom? Noteer je antwoord als volgt:  
aantal protonen: ...  
aantal neutronen: ...



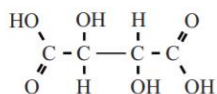
Bij de experimenten met gemerkte verbindingen (regels 12 en 13) werd gebruikgemaakt van nitrietionen waarvan de N atomen  $^{15}\text{N}$  atomen waren. Ook nitrietionen met  $^{14}\text{N}$  atomen die in de natuur verreweg het meest voorkomen, werden in hetzelfde experiment gebruikt. De  $\text{N}_2$  moleculen die bij het experiment ontstonden, bleken drie verschillende massa's te hebben.

2p 25 Geef de molecuulmassa's in u van deze drie soorten  $\text{N}_2$  moleculen.

[uitlegfilmpje](#)



2016 II

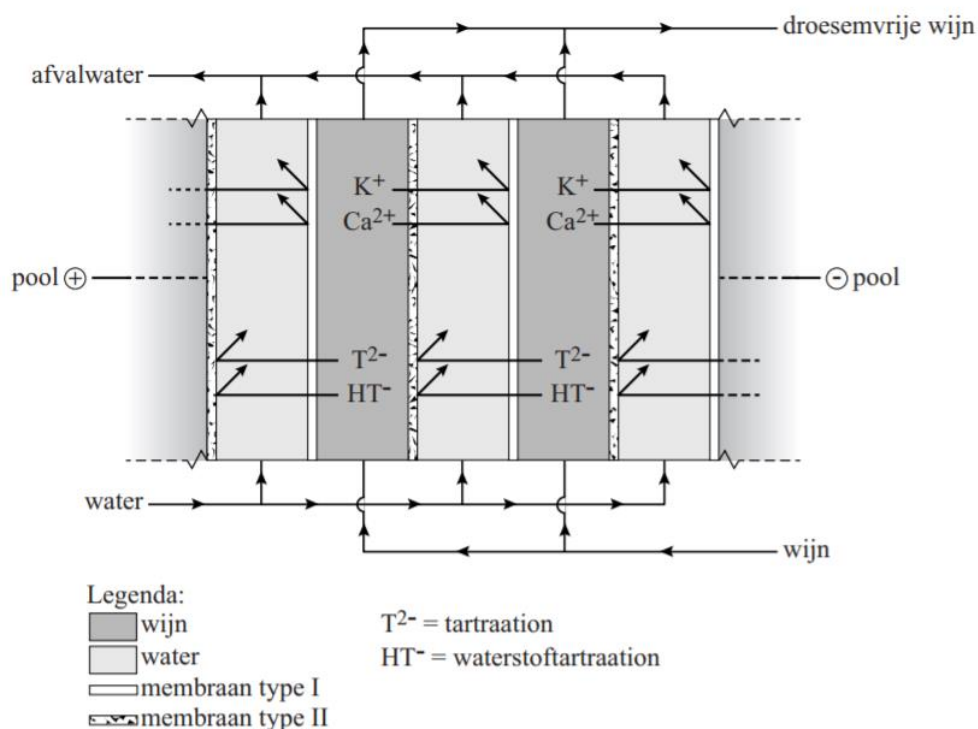


2p 5 Geef aan, aan de hand van de structuurformule van wijnsteenzuur, dat wijnsteenzuur goed oplosbaar is in water. Licht je antwoord toe op microniveau.

In wijn kan bij lage temperaturen een bezinksel ontstaan dat 'droesem' wordt genoemd. Droesem bestaat voornamelijk uit onopgeloste zouten zoals kaliumwaterstoftartraat en calciumtartraat. Deze stoffen worden gevormd uit wijnsteenzuur ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ ) dat in de wijn aanwezig is. De structuurformule van wijnsteenzuur is weergegeven in figuur 1. Een molecuul wijnsteenzuur kan in oplossing achtereenvolgens twee  $\text{H}^+$  ionen afstaan, waarbij eerst het waterstoftartraation en vervolgens het tartraation ontstaat.

Om droesemvorming te voorkomen, moeten de ionen waaruit de droesem kan ontstaan, worden verwijderd uit de wijn. Hiervoor kan men de wijn behandelen door middel van elektrolyse. Bij dit proces stroomt de wijn tussen twee typen membranen, terwijl aan de andere kant van elk membraan water stroomt. Een membraan is een dun vlies dat twee ruimtes van elkaar scheidt. Haaks op de stroomrichting van de vloeistof is een verschil in spanning aangelegd. Hierdoor verplaatsen de ionen zich door de membranen vanuit de wijn naar het water zoals vereenvoudigd is weergegeven in figuur 2. In deze figuur is een gedeelte uit het midden van een lange serie aaneengeschaalde cellen weergegeven.

figuur 2



- 2p 8 Leg uit aan de hand van figuur 2 dat de twee typen membranen niet identiek kunnen zijn.

Tijdens de elektrodialyse volgt men het proces door regelmatig het geleidingsvermogen van de wijn te meten. Wanneer daaruit blijkt dat droesemvorming voldoende is voorkomen, stopt men de elektrodialyse.

- 2p 9 Leg uit waarom de afname van het elektrisch geleidingsvermogen aangeeft dat minder droesemvorming zal plaatsvinden.

[Uitlegfilmpje](#)

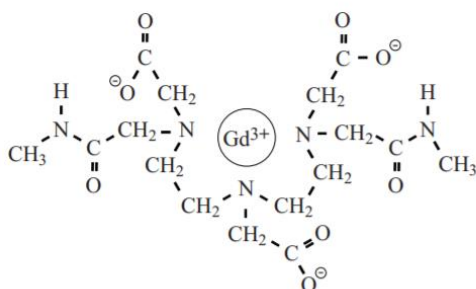


2017 I

- 3p 1 Hoeveel protonen, neutronen en elektronen bevat een  $Gd^{3+}$  ion met massagetal 158? Noteer je antwoord als:  
aantal protonen: ... aantal neutronen: ... aantal elektronen: ...

In een gadodiamide-deeltje is een  $Gd^{3+}$  ion ingekapseld door een organisch deeltje. Zie figuur 2 voor een structuur van een gadodiamide-deeltje.

figuur 2



Gadodiamide is goed oplosbaar in water. De gadodiamide-deeltjes blijven in de oplossing intact en vallen niet uiteen tot ionen.

- 2p 2 Leg uit op microniveau, aan de hand van figuur 2, dat gadodiamide goed oplosbaar is in water.

[Uitlegfilmpje](#)

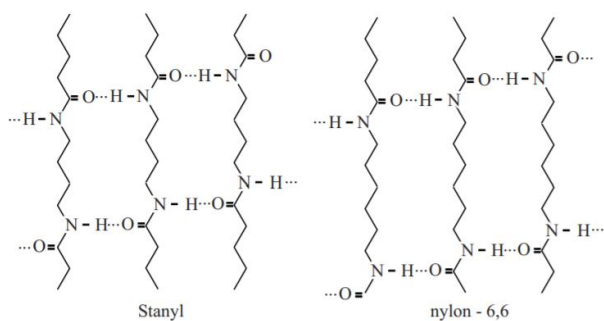


Bij het oplossen van calciumchloride worden ionbindingen verbroken. Er worden ook nieuwe bindingen gevormd.

- 2p 14 Tussen welke deeltjes worden nieuwe bindingen gevormd bij het oplossen van calciumchloride?  
Noteer je antwoord als volgt:  
Er worden nieuwe bindingen gevormd tussen ..... en .....

[Uitlegfilmpje](#)

figuur 1



- 2p 27 Leg uit aan de hand van figuur 1, waarom Stanyl een hogere smelttemperatuur heeft dan nylon-6,6.  
Ga ervan uit dat Stanyl en nylon-6,6 dezelfde gemiddelde ketenlengte hebben.

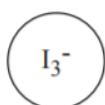
[uitlegfilmpje](#)



## 2017 II

Jood is slecht oplosbaar in water. Maar doordat er ook jodide-ionen aanwezig zijn, worden  $I_3^-$  ionen gevormd. De  $I_3^-$  ionen worden door watermoleculen gehydrateerd. Hierdoor lost het jood beter op. Op de uitwerkbijlage is schematisch een  $I_3^-$  ion weergegeven.

- 2p 1 Verklaar waarom jood slecht oplosbaar is in water. Licht je antwoord toe op microniveau.
- 2p 2 Teken op de uitwerkbijlage, in structuurformule, drie watermoleculen die het  $I_3^-$  ion hydrateren.



[Uitlegfilmpje](#)



De elektrodes van de brandstofcel zijn gemaakt van grafiet. Grafiet bestaat uit lagen koolstof van één atoom dik. Binnen één laag zijn de koolstofatomen met elkaar verbonden door covalente bindingen. Deze covalente bindingen worden gevormd door elektronen uit de L-schillen van de koolstofatomen. De elektronen uit de L-schillen die niet betrokken zijn bij een covalente binding zorgen voor het elektrisch geleidingsvermogen van grafiet.

- 3p 11 Leg uit hoeveel elektronen per koolstofatoom betrokken zijn bij het elektrisch geleidingsvermogen van grafiet. Betrek in je antwoord het aantal elektronen in de L-schil van een koolstofatoom en ga uit van:
- de afbeelding van (gelaagd) grafiet in Binas-tabel 67E of ScienceData-tabel 11.1f;
  - een koolstofatoom in het midden van een laag in grafiet.

[Uitlegfilmpje](#)

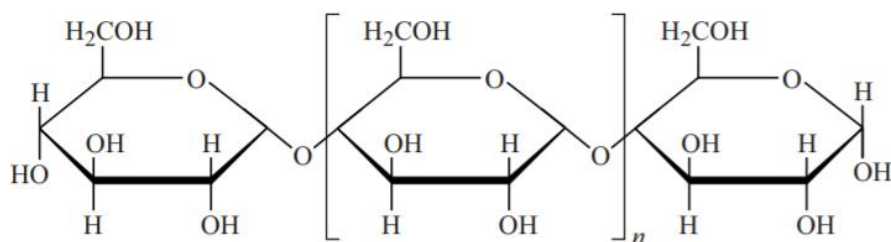




In veel recepten voor gebak wordt bakpoeder gebruikt als rijsmiddel. Het actieve bestanddeel van bakpoeder is het waterstofcarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Door de aanwezigheid van waterstofcarbonaationen ontstaat tijdens de bereiding koolstofdioxide. Doordat het deeg een deel van het koolstofdioxide vasthoudt, rijst het baksel.

- 2p 31 Beredeneer op macroniveau waarom het ontstaan van koolstofdioxide ervoor zorgt dat het baksel rijst.

Wijnsteenzuurbakpoeder bevat zetmeel, dat is toegevoegd omdat dit water uit de lucht bindt. Zetmeel bestaat voornamelijk uit amylose. De formule van amylose is hieronder weergegeven:



- 2p 35 Geef een beschrijving op microniveau hoe water bindt aan zetmeel. Neem hierbij aan dat zetmeel volledig bestaat uit amylose.

[uitlegfilmpje](#)



## Oefenopgaven zouten

Hier staan de examenvragen van 2015 t/m 2017 over zouten. De uitlegfilmpjes met daarin de antwoorden (linkje en QR code) staan erbij. Op <https://scheikundehavovwo.nl> kun je ook een bestand met de antwoorden vinden. Er staan geen opgaven uit 2018 en 2019 zodat je de examens en herexamens uit die jaren als heel examen kunt oefenen.



[Wikiwijsarrangement](#) met alles over zouten.

### 2015 voorbeeldexamen

In het organische oplosmiddel waarmee het papier is doordrenkt, is de stof  $\text{LiPF}_6$  opgelost.  $\text{LiPF}_6$  bestaat uit twee soorten ionen:  $\text{Li}^+$  ionen en één soort negatieve ionen.

1p 11 Geef de formule van deze negatieve ionen.

### 2015-I

Betonnen vloeren worden vaak afgewerkt met een laag zandcement. Zandcement, een mengsel van zand, cement en water, wordt kort na het mengen uitgegoten op de ruwe betonvloer en gladgestreken. Na verloop van tijd wordt de zandcementlaag hard door reacties tussen het water en de zouten waaruit cement bestaat. Eén van deze zouten kan worden weergegeven met de formule  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ . Als het zout  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  met water reageert, ontstaat het zouthydraat  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

2p 6 Leg uit, aan de hand van de formules van de betrokken stoffen, of het zouthydraat  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  het enige reactieproduct is van de reactie tussen  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  en water.

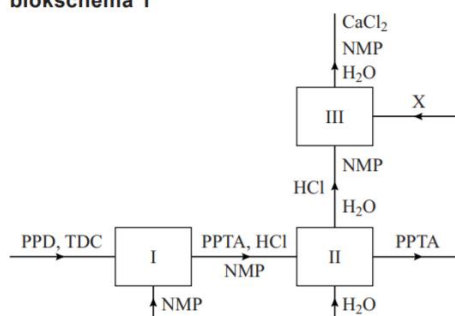
[Uitlegfilmpje](#)



#### Het polymerisatieproces tot PPTA

Hieronder is het polymerisatieproces vereenvoudigd weergegeven. In ruimte I worden de monomeren PPD en TDC, via condensatiepolymerisatie, omgezet tot het copolymeer PPTA. Deze reactie vindt plaats in het watervrije oplosmiddel NMP.

blokschema 1



In ruimte II wordt de gevormde vaste stof PPTA gewassen en gescheiden van de vloeistofstroom. De vloeistofstroom die ruimte II verlaat, bevat zoutzuur. Deze vloeistofstroom wordt op pH 7 gebracht door de toevoer van stof X in ruimte III. Hierdoor treedt in ruimte III een zuur-basereactie op. Stof X is een calciumzout. Het oplosmiddel NMP reageert niet.

2p 32 Geef de naam van een calciumzout dat als stof X kan worden gebruikt.

[Uitlegfilmpje](#)



2016-I

2p 11 Geef de formule van vanadium(III)sulfaat.

2016-II

In wijn kan bij lage temperaturen een bezinksel ontstaan dat 'droesem' wordt genoemd. Droesem bestaat voornamelijk uit onopgeloste zouten zoals kaliumwaterstoftartraat en calciumtartraat. Deze stoffen worden gevormd uit wijnsteenzuur ( $C_4H_6O_6$ ) dat in de wijn aanwezig is. De structuurformule van wijnsteenzuur is weergegeven in figuur 1. Een molecuul wijnsteenzuur kan in oplossing achtereenvolgens twee  $H^+$  ionen afstaan, waarbij eerst het waterstoftartraation en vervolgens het tartraation ontstaat.

1p 6 Geef de verhoudingsformule van calciumtartraat.

3p 7 Leg uit aan de hand van een berekening dat calciumtartraat behoort tot de slecht oplosbare zouten. Gebruik hierbij de informatie over het begrip 'slecht oplosbaar' uit Binas-tabel 45A. Neem aan dat de oplosbaarheid van calciumtartraat  $0,38 \text{ g L}^{-1}$  is.

[Uitlegfilmpje](#)



2p 18 Leid af wat de lading is van de nikkellionen in  $NiO(OH)$ .  
Neem aan dat  $NiO(OH)$  bestaat uit nikkellionen en twee soorten negatieve ionen.

[Uitlegfilmpje](#)

## 2017-I

Olieverf wordt al eeuwen gebruikt voor het maken van schilderijen. Olieverf wordt gemaakt door pigmentkorrels te mengen met een vloeibaar bindmiddel. Pigmentkorrels geven kleur aan de verf. Loodwit,  $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ , is een wit pigment dat vroeger veel werd gebruikt. Loodwit kan worden opgevat als een mengsel van de zouten lood(II)carbonaat en lood(II)hydroxide. Uit de formule van loodwit kan de molverhouding van deze twee loodzouten worden afgeleid.

- 2p 8 Geef de formules van deze twee loodzouten en geef de molverhouding waarin ze voorkomen in loodwit.  
Noteer je antwoord als volgt:  
formule lood(II)carbonaat: ...  
formule lood(II)hydroxide: ...  
molverhouding lood(II)carbonaat : lood(II)hydroxide = ... : ...

[Uitlegfilmpje](#)



Bij het oplossen van natriumalginaat in water komen natriumionen en alginaationen vrij.

- 3p 15 Geef de vergelijking voor het oplossen van natriumalginaat in water. Gebruik de formule  $\text{Na}_n(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6)_n$  voor natriumalginaat en de formule  $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6)_n^{n-}$  voor alginaationen.

[Uitlegfilmpje](#)



## 2017 II

Wijnsteenzuurbakpoeder bevat behalve natriumwaterstofcarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ) ook wijnsteenzuur ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ ) en een beetje zetmeel. Voor het maken van gebak met behulp van dit bakpoeder is water nodig, zodat de volgende reactie (reactie 1) kan plaatsvinden:



Bij reactie 1 ontstaat een opgelost zout.

- 1p 33 Geef de formule van dit zout.



[uitlegfilmpje](#)



## Oefenopgaven rekenen

[Korte overzicht van rekenvragen op het examen](#) voor vlak voor het examen.



[Wikwijsarrangement](#) met uitlegfilmpjes en voorbeelden over de verschillende rekenonderdelen.



De rekenopgaven van de examens van 2015 en 2017 staan hieronder. De opgaven van 2018 en 2019 staan er niet bij, zodat je die (her)examens als heel examen kunt oefenen. Opgaven over atomeconomie en E-factor staan niet hier, maar bij het onderdeel groene chemie. Via de link/QR code kom je per opgave op een uitlegfilmpje met daarin de antwoorden. Let ook steeds op de significantie!

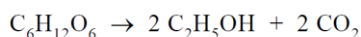
[Videosamenvatting rekenen](#)



### 2015 voorbeeldexamen

#### Het rijzen

Na het kneden laat men het deeg rijzen. Tijdens het rijzen wordt glucose onder invloed van gist omgezet tot ethanol (alcohol) en het gas koolstofdioxide:



Het ontstane koolstofdioxide zorgt voor belletjes in het deeg. Door de glutenstructuur houdt het deeg de belletjes vast, zodat het gerezen deeg niet meer in elkaar zakt.

- 4p 8 Bereken hoeveel gram glucose minstens is omgezet voor de vorming van de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  als het gerezen deeg een volume van  $2,7 \text{ dm}^3$  heeft. Ga er bij je berekening van uit dat:
- het volumepercentage  $\text{CO}_2$  in het deeg 75% is;
  - het volume van een mol  $\text{CO}_2$   $25,4 \text{ dm}^3$  is.



[Uitlegfilmpje](#)

Boorcarbide ( $\text{B}_4\text{C}$ ) is één van de hardste stoffen die bestaan. Ook heeft de stof een uitzonderlijk hoog smeltpunt van 3036 K.

Boorcarbide wordt gemaakt door bij zeer hoge temperatuur koolstof te laten reageren met diboortrioxide ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ).

Deze reactie is endotherm. Behalve boorcarbide ontstaat uitsluitend koolstofmonoïoxide.

- 2p 21 Geef de vergelijking van deze reactie.
- 3p 22 Bereken de reactiewarmte van deze reactie in J per mol boorcarbide (bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ ).  
Maak hierbij gebruik van:
- Binas-tabel 57;
  - de vormingswarmte van diboortrioxide:  $-12,74 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ ;
  - de vormingswarmte van boorcarbide:  $-0,715 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ .

Boorcarbide ( $B_4C$ ) wordt vanwege zijn uitzonderlijke eigenschappen vaak toegepast in kogelwerende kleding, bijvoorbeeld kogelwerende vesten. Deze vesten worden gemaakt door er platen van boorcarbide in te verwerken. De vesten zijn daardoor zwaar en verlenen weinig bewegingsvrijheid. Onderzoekers aan de universiteit van South-Carolina hebben een methode ontwikkeld om katoen te versterken met boorcarbide. Zo zou je van een katoenen T-shirt kleding kunnen maken dat kogelwerende eigenschappen heeft en toch licht en vervormbaar (flexibel) is.



platen van boorcarbide

Bij het ontwikkelen van die methode gingen de onderzoekers als volgt te werk:

- 1 een stukje van een katoenen T-shirt met een massa van 15 g werd gedurende 2 uur geschud in een suspensie van 80 mL ethanol en (onder andere) 10 g boor;
  - 2 daarna werd het stukje katoen uit de suspensie gehaald en in een oven gedurende 5 minuten gedroogd bij 70 °C en vervolgens 3 uur verhit op 105 °C;
  - 3 ten slotte werd het materiaal in een andere oven gedurende 4 uur verhit op een temperatuur van 1160 °C, waarbij continu argon werd overgeleid om de vrijkomende gassen af te voeren.
- 3p **25** Bereken hoeveel gram boorcarbide in het beschreven experiment maximaal kan ontstaan. Neem aan dat alle boor wordt omgezet tot boorcarbide.

[Uitlegfilmpje](#)



Het theoretisch maximum per jaar voor de vorming van melkzuur via het Photanol proces is 250 ton (1 ton is  $1 \cdot 10^3$  kg) melkzuur per fabriek. In de proeffabriek wil men minstens 40 procent van de maximale opbrengst bereiken.

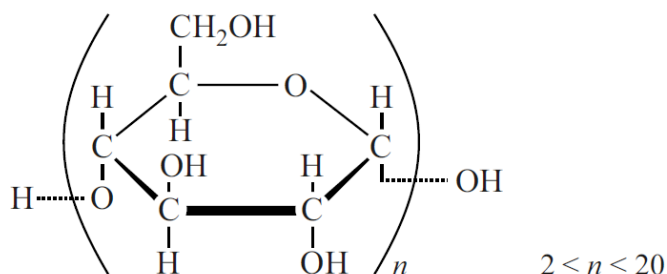
- 2p **35** Bereken hoeveel ton koolstofdioxide wordt gebonden bij de productie van 100 ton melkzuur. Ga ervan uit dat drie mol koolstofdioxide nodig is voor de vorming van één mol melkzuur.

[Uitlegfilmpje](#)



**2015 I**

De algemene structuurformule van maltodextrine is weergegeven in figuur 2.

**figuur 2**

Maltodextrine kan drie keer zijn eigen massa aan water opnemen. Zo kan 10 g maltodextrine 30 g water binden. De maltodextrine-water gel die dan ontstaat, kan gebruikt worden als vetvervanger voor de productie van mayonaise-light.

- 3p **4** Bereken hoeveel watermoleculen gebonden zijn per molecuul maltodextrine met  $n = 5$ . Gebruik het gegeven dat deze maltodextrine drie keer zijn eigen massa aan water opneemt.

**tabel 1**

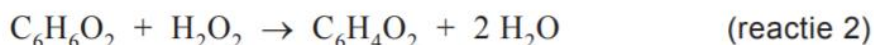
voedingsstof	energiewaarde (kJ g <sup>-1</sup> )
vetten/oliën	38
koolhydraten	17
eiwitten	17
water	0

De energiewaarde van de maltodextrine-water gel is bijna negen keer zo klein als van een hoeveelheid olie met dezelfde massa.

- 2p **5** Laat dit met een berekening zien. Maak hierbij onder andere gebruik van tabel 1.

[Uitlegfilmpje](#)





- 3p 15 Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol waterstofperoxide (bij 298 K en  $p = p_0$ ). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57 en ga ervan uit dat  $\text{H}_2\text{O}$  als vloeistof ontstaat.

[Uitlegfilmpje](#)



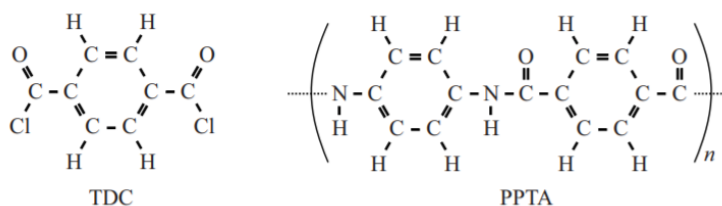
De maximale molariteit van de mierenzuuroplossing die in het onderzoek is bereikt, bedraagt 1,7 M. De afstand die met een tank mierenzuuroplossing zou kunnen worden gereden, is niet groot.

- 3p 26 Bereken hoeveel km een auto kan rijden op 50 L 1,7 M mierenzuuroplossing. Ga ervan uit dat alle mierenzuur wordt omgezet tot waterstof en dat 115 km kan worden gereden per kg waterstof.

[Uitlegfilmpje](#)



De structuurformules van TDC en PPTA zijn hieronder weergegeven:



Bij Teijin Aramid wordt per jaar  $2,2 \cdot 10^4$  ton PPTA geproduceerd.

- 3p 33 Bereken hoeveel ton TDC minstens nodig is voor de productie van  $2,2 \cdot 10^4$  ton PPTA ( $1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ).

Maak bij de berekening gebruik van de volgende gegevens:

- de gemiddelde molaire massa van PPTA is  $1,7 \cdot 10^4 \text{ g mol}^{-1}$ ;
- de molaire massa van TDC is  $203,0 \text{ g mol}^{-1}$ ;
- een molecuul PPTA bestaat gemiddeld uit  $70 [\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}]$  eenheden.



[Uitlegfilmpje](#)

## 2015 II

Om autobanden meer stevigheid te geven, wordt roet als vulstof aan het rubber toegevoegd. Een nadeel daarvan is dat het de rolweerstand verhoogt. Tegenwoordig wordt ook silica als vulstof gebruikt. Bij gebruik van silica wordt de rolweerstand van een autoband verlaagd ten opzichte van een 'roet-band'. Dit levert een brandstofbesparing op van 3,0%. Als tijdens een bepaalde rit minder brandstof wordt verbrand, is het negatieve effect op de luchtkwaliteit kleiner.

Een bepaalde auto met 'roet-banden' verbruikt gemiddeld 6,1 liter benzine per 100 km.

- 2p 6 Bereken hoeveel liter benzine wordt bespaard op een rit van 650 km met deze auto bij gebruik van een 'silica-band' ten opzichte van een 'roet-band'.

[Uitlegfilmpje](#)



- 2p 9 Bereken hoeveel ton maanbodem die 0,01 massa-ppm helium-3 bevat, nodig is om 100 ton helium-3 te winnen. Neem aan dat alle helium-3 wordt gewonnen.

[Uitlegfilmpje](#)

zoetstof	molaire massa (g mol <sup>-1</sup> )	zoetkracht t.o.v. sacharose op gewichtsbasis*
fructose	180,2	173
glucose	180,2	74,3
sacharose	342,3	100

\* Dit betekent dat 1,00 gram glucose 0,743 maal zo zoet smaakt als 1,00 gram sacharose.

- 3p 18 Bereken, op basis van bovenstaande informatie, hoeveel maal zo zoet de ijsthee is geworden, vergeleken met de ijsthee waarin geen omzetting heeft plaatsgevonden.

Neem aan dat:

- in beide kopjes een gelijk volume thee aanwezig is;
- in beide kopjes evenveel (41 gram) sacharose is gedaan;
- er slechts in één kopje sacharose is omgezet, en deze omzetting volledig heeft plaatsgevonden;
- de zoetkracht van fructose, glucose en sacharose elkaar niet beïnvloeden.



[Uitlegfilmpje](#)



Als vuistregel wordt aangenomen dat bij een (gemiddelde) volwassene één glas alcoholische drank (10 gram alcohol) in 1,4 uur wordt afgebroken. Alcohol heeft een molaire massa van  $46,1 \text{ g mol}^{-1}$ .

- 2p 27 Bereken de gemiddelde snelheid waarmee de alcohol wordt afgebroken in mol alcohol per L lichaamsvocht per seconde. Ga ervan uit dat de volwassene 45 L lichaamsvocht heeft en alle alcohol uit de drank is opgenomen.

[Uitlegfilmpje](#)



## 2016 I

Door één keer te spuiten met de huisparfum is  $5,7 \cdot 10^{-4} \text{ g}$  ambrox in de woonkamer aanwezig.

- 2p 3 Laat dit zien met een berekening aan de hand van de volgende gegevens:
- Eén keer spuiten komt overeen met 0,085 mL vloeistof;
  - de huisparfum bevat 0,72 volumeprocent ambrox;
  - de dichtheid van ambrox is  $0,939 \text{ g mL}^{-1}$ .
- 3p 4 Laat met een berekening zien of na één keer spuiten in de woonkamer de geurdrempel van ambrox ( $= 3 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$ ) overschreden wordt. Maak hierbij gebruik van de volgende gegevens:
- De molecuulformule van ambrox is  $\text{C}_{16}\text{H}_{28}\text{O}$ ;
  - 1,0 mol damp heeft een volume van  $2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ ;
  - het volume van de woonkamer is  $140 \text{ m}^3$ ;
  - alle ambrox is verdampt.

[Uitlegfilmpje](#)



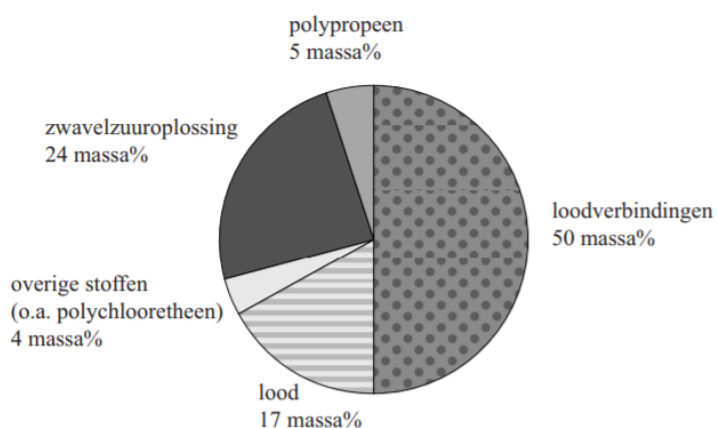
Uit de warmte die bij de reactie vrijkomt, kan worden berekend hoeveel gram waterdamp wordt gevormd.

- 3p 7 Geef deze berekening. Maak hierbij gebruik van:
- een gegeven uit Binas-tabel 57A;
  - het gegeven dat bij de reactie  $9,5 \cdot 10^3 \text{ J}$  aan warmte vrijkomt (omgerekend naar  $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ ).

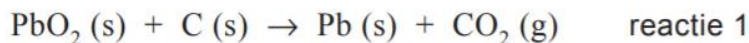


[uitlegfilmpje](#)

De samenstelling van deze accu's is hieronder weergegeven.



- 3p 16 Bereken het totale aantal kg Pb (zowel in het metaal lood als in loodverbindingen) dat een loodaccu van 17,2 kg bevat. Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- De gemiddelde molaire massa van de loodverbindingen is  $293 \text{ g mol}^{-1}$ ;
  - één mol loodverbindingen bevat één mol Pb.



- 2p 18 Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol Pb (bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ ). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57A.

[Uitlegfilmpje](#)



2016 II

Verbruik	$\text{CO}_2$
<b>4,0</b>	<b>92</b>
L/100 km	g/km

- 4p 17 Laat door middel van een berekening zien, dat deze waarden met elkaar overeenkomen. Gebruik voor benzine de formule  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ , en ga uit van de volgende gegevens:
- de dichtheid van benzine is  $0,72 \text{ kg per liter}$ ;
  - per mol benzine ontstaat  $7 \text{ mol CO}_2$ .

[Uitlegfilmpje](#)





- 3p 24 Bereken voor deze methanisering de reactiewarmte in J per mol  $\text{H}_2$  (bij 298 K en  $p = p_0$ ). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57.

[Uitlegfilmpje](#)



Spinazie is een bladgroente met een donkergroene kleur. Deze kleur wordt vooral veroorzaakt door vier pigmenten: chlorofyl-a, chlorofyl-b,  $\beta$ -caroteen en luteïne. Verse spinazie bevat 93,0 massaprocent water. Het overige deel is 'drooggewicht'. Het gehalte chlorofyl-a is 6,48 gram per 1,00 kilogram drooggewicht.

- 3p 28 Bereken het massa-ppm chlorofyl-a in verse spinazie.

Tijdens stap 1 gaan de cellen in de spinazie kapot en komt de celinhoud vrij. Deze celinhoud bestaat voornamelijk uit water dat met het magnesiumsulfaat reageert tot het zouthydraat  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

- 3p 31 Laat met een berekening zien dat 0,50 gram watervrij magnesiumsulfaat voldoende is om al het water te binden dat in 0,50 gram verse spinazie aanwezig is.

[uitlegfilmpje](#)



## 2017 I

Vrije  $\text{Gd}^{3+}$  ionen zijn giftig voor mens en dier. De LD50 voor muizen is  $42 \text{ mg kg}^{-1}$ .  $\text{Gd}^{3+}$  ionen in gadodiamide-deeltjes zijn veel minder giftig. De LD50 van  $\text{Gd}^{3+}$  ionen in gadodiamide verschilt een factor 100 met de LD50 van vrije  $\text{Gd}^{3+}$  ionen.

- 2p 4 Geef de LD50 (voor muizen) van  $\text{Gd}^{3+}$  ionen in gadodiamide.

Voor de mens wordt als veilige dosering van gadodiamide de grens van 0,1 mmol per kg lichaamsgewicht aangehouden. Hierop is de onderstaande doseringskaart voor OMNISCAN<sup>TM</sup> gebaseerd.

### doseringskaart voor volwassenen

lichaamsgewicht (kg)	50	60	70	80	90	100
volume (mL)	10	12	14	16	18	20



Met een berekening kan worden aangetoond dat bij een dosering die op de doseringskaart is vermeld, de veiligheidsgrens niet wordt overschreden.

- 3p 5 Geef de berekening voor een persoon van 60 kg.  
Maak hierbij gebruik van:
- de molaire massa van gadodiamide is  $574 \text{ g mol}^{-1}$ ;
  - informatie uit het etiket in figuur 1.



[Uitlegfilmje](#)

#### Recept molecuulair koken: limonadekaviaar

1. Los 3,0 gram calciumchloride op in 130 mL water.
2. Los 4,0 gram natriumalginaatpoeder op in 120 mL water.
3. Meng de natriumalginaatoplossing met limonadesiroop in de volumeverhouding 1 : 2.
4. Zuig een deel van het mengsel op met een pipet en druppel het in de calciumchloride-oplossing.
5. Schep na ongeveer 30 seconden de 'kaviaar' eruit.

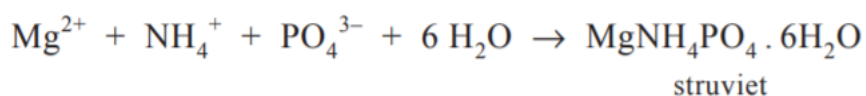


*Naar: [moleculairkoken.net/kooktechnieken-kaviaar](http://moleculairkoken.net/kooktechnieken-kaviaar)*

Marije leest op internet dat calciumchloride een beetje bitter smaakt en dat in plaats van calciumchloride ook het smaakloze calciumlactaat gebruikt kan worden. Calciumlactaat heeft de formule  $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ .

- 3p 17 Bereken hoeveel gram calciumlactaat Marije in 130 mL water moet oplossen om een oplossing te krijgen waarin de molariteit van de calciumionen hetzelfde is als in het recept. Neem hierbij aan dat het volume van beide oplossingen 130 mL is.

[Uitlegfilmje](#)



reactie 1

Het slib bevat voldoende  $\text{NH}_4^+$  en water om alle fosfaat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) om te zetten tot struviet. In een bepaalde RWZI wordt 2,5 ton struviet per dag gevormd volgens reactie 1.

- 3p 24 Bereken hoeveel kg magnesiumchloride-oplossing minstens per dag moet worden toegevoegd aan slib om het aanwezige fosfaat volledig om te zetten tot 2,5 ton struviet volgens reactie 1.  
Maak gebruik van de volgende gegevens:
- Een ton is  $10^3$  kg.
  - De molaire massa van struviet is  $245,41 \text{ g mol}^{-1}$ .
  - De magnesiumchloride-oplossing bevat 32 massaprocent magnesiumchloride.
  - De hoeveelheid  $\text{Mg}^{2+}$  die in slib voorkomt, mag worden verwaarloosd.

[uitlegfilmpje](#)



## 2017 II

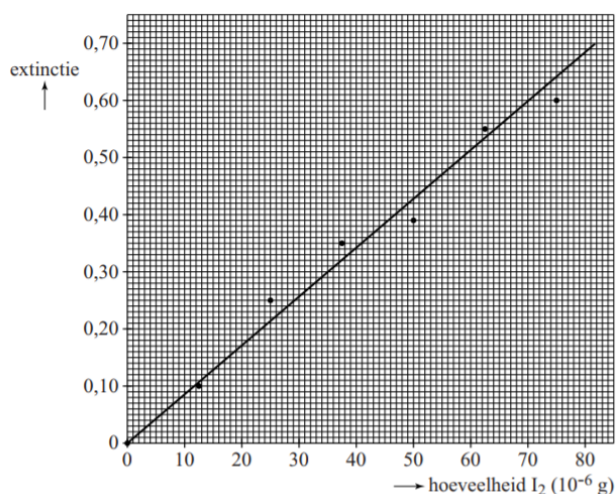
Het flesje dat Hannah heeft gevonden is al een paar jaar oud. Daarom onderzoekt ze of het joodgehalte dat op het etiket staat nog juist is. Ze gebruikt daarvoor een standaardoplossing die  $12,5 \text{ mg I}_2$  per liter bevat en een zetmeeloplossing. Wanneer een joodoplossing en een zetmeeloplossing worden samengevoegd, ontstaat een blauw gekleurde oplossing. Met behulp van beide oplossingen en water maakt ze een reeks oplossingen, waarvan ze de extinctie (een maat voor de kleurintensiteit) meet. Haar resultaten zijn in onderstaande tabel weergegeven:

buis	standaard-oplossing (mL)	zetmeel-oplossing (mL)	water (mL)	extinctie
0	0,00	1,00	9,00	0,00
1	1,00	1,00	8,00	0,10
2	2,00	1,00	7,00	0,25
3	3,00	1,00	6,00	0,35
4	4,00	1,00	5,00	0,39
5	5,00	1,00	4,00	0,55
6	6,00	1,00	3,00	0,60

Hannah berekent voor elke buis de massa jood die hierin aanwezig is.

- 2p 3 Bereken hoeveel gram jood de oplossing in buis 4 bevat.

Van haar resultaten maakt Hannah een ijklijn, die hieronder is weergegeven.



Vervolgens doet Hannah 1,00 mL van de jodiumtinctuur uit de verbanddoos in een maatkolf en vult deze aan met water tot 1,00 L. Van deze verdunde jodiumtinctuur doet ze 4,00 mL in een reageerbuis, en voegt er 1,00 mL zetmeeloplossing en 5,00 mL water aan toe. Ze mag aannemen dat alle jood in dit mengsel aanwezig is als  $I_2$ . Ze meet de extinctie van het mengsel, deze blijkt 0,51 te zijn.

- 3p 4 Bereken met behulp van de ijklijn het aantal mg  $I_2$  in 1,00 mL van de onverdunde tinctuur. Geef je antwoord in twee significante cijfers.



[Uitlegfilmpje](#)

Groene planten zetten tijdens de fotosynthese lichtenergie om tot chemische energie. De vergelijking van deze reactie is hieronder weergegeven:



- 3p 6 Bereken hoeveel joule lichtenergie nodig is voor de vorming van een mol glucose (bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ ). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2 en gebruik voor de vormingswarmte van glucose  $-12,74 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ .
- 2p 13 Bereken het aantal vierkante meter begroeiing dat nodig is om onder optimale omstandigheden een gemiddeld Nederlands huishouden van elektrische stroom te voorzien met het proces van Plant-e. Ga er bij de berekening van uit dat:
- de zon in Nederland circa  $3,6 \cdot 10^9$  joule per vierkante meter per jaar levert;
  - planten 5,0% van deze lichtenergie omzetten tot chemische energie;
  - een gemiddeld Nederlands huishouden per jaar  $1,2 \cdot 10^{10}$  joule elektrische energie verbruikt.



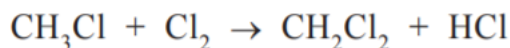
[uitlegfilmpje](#)



Tot slot van de zuurstofbepaling wordt de hoeveelheid jood die is gevormd, bepaald door titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat. De benodigde hoeveelheid natriumthiosulfaat is een maat voor de hoeveelheid zuurstof. Voor 150 mL zeewater, dat op deze wijze werd onderzocht, was 14,70 mL 0,0105 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

- 3p 17 Bereken het aantal gram zuurstof per L onderzocht zeewater. Gebruik bij de berekening het gegeven dat de molverhouding van het benodigde natriumthiosulfaat en de aanwezige zuurstof 4 : 1 is.

[Uitlegfilmpje](#)



De fabriek verbruikt  $3,7 \cdot 10^4$  ton  $\text{CH}_3\text{Cl}$  per jaar. De netto-opbrengst aan  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  bedraagt  $5,0 \cdot 10^4$  ton per jaar ( $1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ).

- 3p 24 Bereken het rendement van het beschreven productieproces als percentage van de theoretisch maximale opbrengst per jaar.

[uitlegfilmpje](#)



# Oefenopgaven koolstofchemie

[Samenvatting](#) klik [hier](#) als je vlak voor je examen kort een samenvatting van koolstofchemie wilt bekijken



[Wikiwijsarrangement](#) met filmpjes over alle onderwerpen die koolstofchemie.



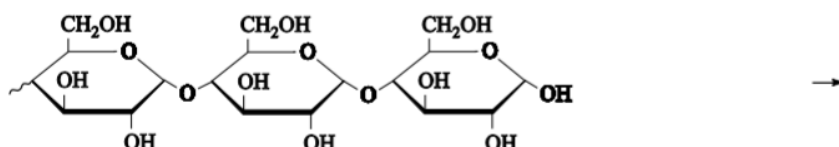
horen bij

Dit zijn de opgaven over koolstofchemie (inclusief polymeren) uit de examens van 2015 t/m 2017. Die van 2018 en 2019 staan er niet bij, zodat je die examens als heel examen kunt oefenen. Bij elke opgave staat een linkje naar een uitlegfilmpje en een QR code voor als je dit op papier maakt.

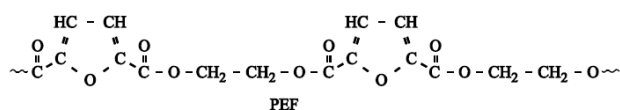
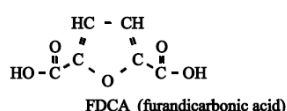
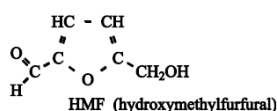
## 2015 voorbeeldexamen

Het hoofdbestanddeel van tarwemeel is amylose (zetmeel). Amylose bestaat uit lange ketens die zijn opgebouwd uit glucose-eenheden (zie Binas-tabel 67F3). Amylosemoleculen zijn niet allemaal even groot. Er zijn amylosemoleculen die bestaan uit enkele honderden glucose-eenheden, maar er zijn ook amylosemoleculen die uit vele duizenden glucose-eenheden bestaan. Een bepaalde amylosesoort heeft een gemiddelde molaire massa van  $2,5 \cdot 10^5 \text{ g mol}^{-1}$ .

- 2p 1 Bereken het gemiddelde aantal glucose-eenheden in de moleculen van deze amylosesoort.
- 3p 2 Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking voor de afsplitsing van een molecuul maltose. Ga daarbij uit van de al gegeven structuurformule en noteer de reactieproducten in vergelijkbare structuurformules.



[Uitlegfilmpje:](#)



PEF is een polyester die wordt gevormd uit het monomeer FDCA en nog een ander monomeer X.

- 2p 18 Geef de structuurformule van monomeer X.

Frisdrankflessen die van PEF zijn gemaakt, kunnen worden gerecycled. Dit kan worden verklaard aan de hand van de structuurformule van PEF.

- 2p 19 Geef deze verklaring.

- 2p 20 Beargumenteer of PEF een biogebaseerd polymeer mag worden genoemd.

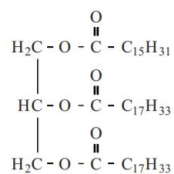


[Uitlegfilmpje](#)

2015-I

van ene en twee.

Olie (vet) bestaat voornamelijk uit glyceryltri-esters: esters van glycerol en vetzuren. Een vereenvoudigde structuurformule van een glyceryltri-ester die in mayonaise voorkomt is:

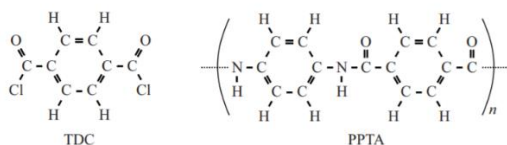


Hierin zijn verschillende typen vetzuren veresterd.

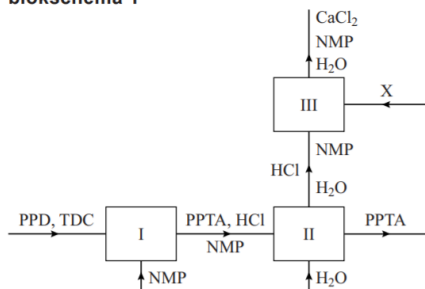
Vetzuren kunnen worden onderverdeeld in de volgende typen: verzadigd, enkelvoudig onverzadigd en meervoudig onverzadigd.

- 2p 1 Beredeneer welk type of welke typen veresterde vetzuren in de hierboven gegeven structuurformule aanwezig zijn.

[Uitlegfilmpje:](#)



**blokschema 1**



Uit de structuurformules van TDC en van PPTA en uit blokschema 1 kan de structuurformule van PPD worden afgeleid.



- 2p 31 Geef de structuurformule van het monomeer PPD.

[Uitlegfilmpje:](#)

## 2015-II

Om de eigenschappen van het materiaal waaruit autobanden bestaan te beïnvloeden, worden in dit materiaal diverse stoffen verwerkt. Daarmee wordt bijvoorbeeld ook het brandstofverbruik van een auto beïnvloed. Het basismateriaal van een autoband is rubber. Rubber is een natuurproduct en kan beschouwd worden als het additiepolymeer van isopreen. De molecuulformule van isopreen is  $C_5H_8$ . Poly-isopreen kan worden weergegeven met de formule  $(C_5H_8)_n$ .

- 2p 1 Geef een mogelijke structuurformule van een molecuul isopreen. Hierin komt tweemaal een dubbele binding voor tussen koolstofatomen in de hoofdketen. Ook bevat het molecuul één  $CH_3$  zijgroep.
- 1p 2 Neem je antwoord op vraag 1 over en omcirkel de bindingen die verbroken kunnen worden bij de additiepolymerisatie van isopreen.

[Uitlegfilmpje:](#)



Tot Annemiekes verbazing smaken de twee kopjes ijsthee niet even zoet. De ijsthee waarin suiker is gedaan toen de thee nog heet was, smaakt zoeter dan de andere ijsthee. Dit komt doordat in heet water de sacharose niet alleen oplost, maar ook wordt omgezet. Hierbij ontstaan per mol sacharose 1 mol glucose en 1 mol fructose. Deze reactie vindt nauwelijks plaats in koud water.

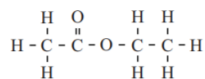
- 1p 16 Geef de naam van dit type reactie waarbij sacharose wordt omgezet tot glucose en fructose. Maak eventueel gebruik van Binas-tabel 67F.
- 2p 17 Geef een verklaring voor het gegeven dat deze omzetting van sacharose wel optreedt in heet water maar nauwelijks in koud water. Gebruik in je antwoord het botsende-deeltjes-model.

[Uitlegfilmpje:](#)



DCM heeft nadelen, daarom wordt tegenwoordig gebruikgemaakt van andere oplosmiddelen. Het meest gebruikt wordt de ester ethylacetaat (zie figuur 1). Maar ook warm water (80 °C) wordt als oplosmiddel toegepast.

figuur 1



ethylacetaat

- 2p 22 Geef de structuurformules van de twee stoffen waaruit door verestering ethylacetaat wordt gevormd.

[Uitlegfilmpje:](#)

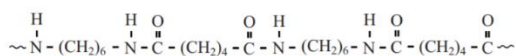




## 2016-I

De vrijgekomen warmte wordt opgenomen door het airbagkussen dat gemaakt is van de kunststof nylon-6,6 HT. De aanduiding HT staat voor High Tenacity (= hoge sterkte).

Hieronder is een fragment van de structuurformule van nylon-6,6 weergegeven:



- 2p 8 Geef de structuurformules van de twee monomeren waaruit nylon-6,6 is gevormd.

Uit de toevoeging HT bij nylon-6,6 blijkt dat er verschillende kunststoffen op basis van nylon-6,6 bestaan. De overeenkomst tussen deze kunststoffen is dat ze nylon-6,6 bevatten.

- 2p 9 Noem twee mogelijke verschillen tussen verschillende kunststoffen op basis van nylon-6,6.

- 2p 10 Noem twee stoffeigenschappen die gewenst/noodzakelijk zijn voor de kunststof op basis van nylon-6,6 die voor airbags wordt gebruikt en leg uit waarom deze stoffeigenschappen voor airbags van belang zijn. Noteer je antwoord als volgt:

stoffeigenschap	uitleg

[Uitlegfilmpje:](#)



- 2p 30 Verklaar met behulp van begrippen op microniveau waardoor de polysaccharideketens een groot waterbindend vermogen geven aan mucinemoleculen.

De eiwitketens van mucinemoleculen bestaan uit delen waarin het aminozuur cysteïne veel voorkomt en uit delen waar de aminozuren serine, threonine en proline veel voorkomen. Het fragment ~Ser-Thr-Pro~ komt regelmatig voor in mucinemoleculen.

- 4p 31 Geef de structuurformule van dit fragment. Neem aan dat geen polysaccharideketens zijn gebonden aan dit fragment. Maak gebruik van Binas-tabel 67H.

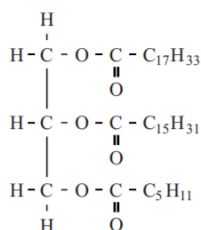
[Uitlegfilmpje:](#)



## 2016-II

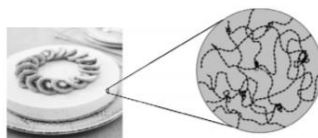
In dit molecuul is een molecuul glycerol veresterd met een molecuul oliezuur, een molecuul palmitinezuur en één ander molecuul.

figuur 1



- 2p 1 Geef de systematische naam van het andere molecuul.
- 2p 2 Licht toe dat in slagroom, behalve water en vet, een stof aanwezig is die ontmengten voorkomt. Geef je toelichting op macroniveau met behulp van de begrippen hydrofiel, hydrofoob en het begrip dat voor dit type stof gebruikt wordt.

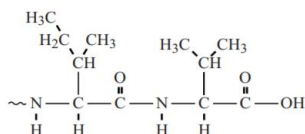
De taartmix bevat gelatine. Gelatine is in water oplosbaar en bestaat uit eiwitten. Bij dalende temperatuur vormen de eiwitmoleculen met behulp van waterstofbruggen een netwerkachtige structuur. Daarbij worden andere stoffen in het kwarkmengsel ingesloten en ontstaat een stevig geheel.



De fabrikant van het kant-en-klaarpakket waarschuwt dat verse kiwi niet door het kwarkmengsel moet worden geroerd. De taart kan dan niet opstijven en zal bovendien bitter gaan smaken. Kiwi bevat namelijk het enzym actinidase, dat vrijkomt wanneer verse kiwi wordt gesneden of gepureerd. Dit enzym verbreekt peptidebindingen in eiwitten.

- 2p 3 Leg uit dat actinidase ervoor zorgt dat de taart niet opstijft.

Kwark en slagroom bevatten eiwitten, zoals het eiwit caseïne. Daaruit kunnen door actinidase aminozuren worden afgesplitst. Sommige aminozuren, zoals valine, hebben een bittere smaak. In figuur 2 is de structuurformule van het uiteinde van een molecuul caseïne weergegeven. In dit eiwitfragment komen de aminozuren isoleucine en valine voor. Bij de hydrolyse van de peptidebinding tussen deze twee aminozuren ontstaat het bitter smakende valine.

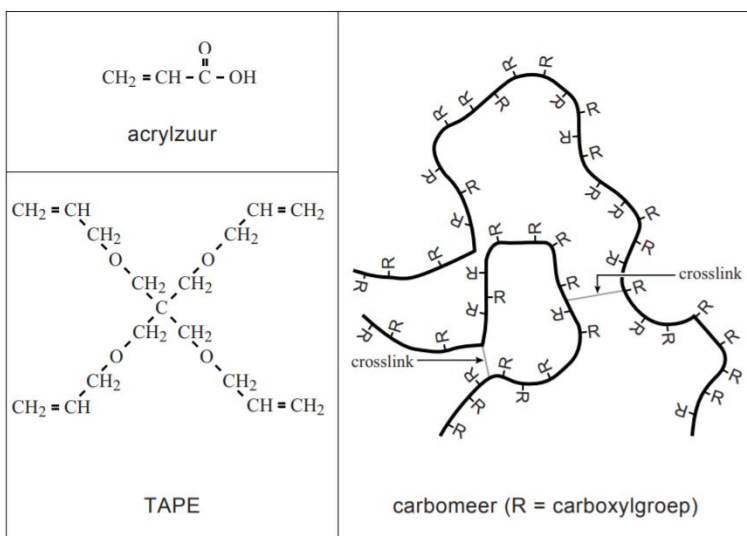


Op de uitwerkbijlage is dit eiwitfragment nogmaals weergegeven.

- 3p 4 Maak op de uitwerkbijlage de vergelijking af van de hydrolyse waarbij uitsluitend het bitter smakende valine wordt afgesplitst. Gebruik daarbij structuurformules voor de organische verbindingen.

[Uitlegfilmpje:](#)





- 3p 10 Geef in structuurformule een gedeelte weer van een additiepolymeer van acrylzuur. Het weergegeven gedeelte moet komen uit het midden van de polymeerketen en moet bestaan uit drie acrylzuureenheden.
- 2p 11 Leg uit dat crosslinks ontstaan wanneer polymerisatie optreedt in een mengsel van acrylzuur en TAPE.

[Uitlegfilmpje:](#)



## 2017-I

Een veelgebruikt bindmiddel in olieverf is lijnolie. Lijnolie is een vloeibaar mengsel van triglyceriden. Triglyceriden zijn tri-esters van glycerol en vetzuren. De koolwaterstofgedeeltes van de vetzuren in lijnolie bevatten veel C=C bindingen. In tabel 1 staat de gemiddelde vetzuursamenstelling van lijnolie.

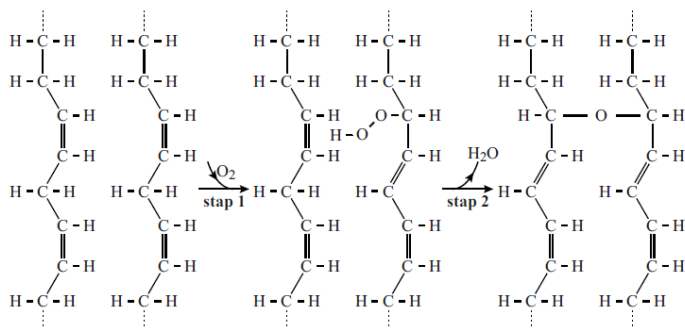
tabel 1

gemiddelde vetzuursamenstelling van lijnolie		
vetzuur	koolwaterstof-gedeelte	aantal per 100 vetzuurmoleculen
palmitinezuur	$-\text{C}_{15}\text{H}_{31}$	5
stearinezuur	$-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$	2
oliezuur	$-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$	16
linolzuur	$-\text{C}_{17}\text{H}_{31}$	15
$\alpha$ -linoleenzuur	$-\text{C}_{17}\text{H}_{29}$	62

- 2p 9 Geef de structuurformule van het triglyceride waarin uitsluitend het vetzuur  $\alpha$ -linoleenzuur is veresterd. Geef het koolwaterstofgedeelte van het vetzuur weer zoals in tabel 1.
- 3p 10 Bereken het gemiddelde aantal C=C bindingen per triglyceridemolecuul in lijnolie.  
Maak hierbij gebruik van:
- tabel 1;
  - Binas-tabel 67G2 of ScienceData-tabel 13.2 g.

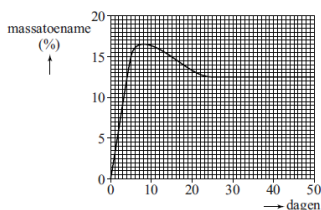
Het uitharden van olieverf wordt ook wel 'drogen' genoemd. Onder invloed van (uv-)licht reageren hierbij C=C bindingen met zuurstof. Bij dit proces ontstaan geleidelijk steeds meer crosslinks. In figuur 1 is de uitharding schematisch weergegeven.

figuur 1



Het volledig uitharden van verf die op basis van lijnolie is gemaakt, kan een flink aantal dagen duren. Een producent van olieverf heeft onderzoek gedaan aan de uitharding. Bij dat onderzoek werd onder andere de verandering van de massa van lijnolie tijdens het uitharden gevolgd. In diagram 1 is het resultaat weergegeven van een onderzoek aan een laagje olieverf met een dikte van 0,254 mm. Deze olieverf was samengesteld uit lijnolie en het witte pigment titaan(IV)oxide. Dit pigment wordt tegenwoordig gebruikt in plaats van het giftige loodwit.

diagram 1

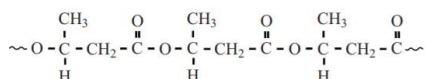


- 2p 11 Leg uit dat het toenemen van de massa in de eerste acht dagen én het afnemen van de massa in de volgende dagen verklaard kunnen worden met behulp van het uithardingsproces dat in figuur 1 is weergegeven.
- 2p 12 Laat met behulp van een berekening zien dat op dag 50 de massa per mol triglyceriden 109 g groter is dan de massa op dag 0.
- Maak gebruik van diagram 1.
  - De gemiddelde molaire massa van de triglyceriden bedraagt  $873 \text{ g mol}^{-1}$ .
  - De massa van titaan(IV)oxide mag worden verwaarloosd.
- 2p 13 Bereken het aantal mol crosslinks per mol triglyceriden op dag 50. Ga ervan uit dat:
- op dag 50 de massa per mol triglyceriden 109 g groter is dan de massa op dag 0;
  - er geen andere reacties optreden dan in figuur 1;
  - stap 1, waarin zuurstof reageert, en stap 2, waarin water ontwijkt, volledig verlopen;
  - er op dag 0 geen crosslinks aanwezig waren.



[Uitlegfilmpje:](#)

PHB is een polyester. De structuurformule van een fragment van PHB is hieronder weergegeven:



PHB kan worden beschouwd als een condensatiepolymeer dat is gevormd uit het monomeer  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$ .

- 2p 21 Geef de structuurformule van het monomeer  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$ .

Voor de omzetting van PHB tot koolstofdioxide en water is zuurstof nodig.

- 3p 22 Geef de vergelijking in molecuulformules van deze omzetting. Gebruik de formule  $(C_4H_6O_2)_{1000}$  voor PHB.

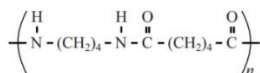
[Uitlegfilmpje:](#)



Stanyl is een copolymeer dat ontstaat door polycondensatie van twee soorten monomeren.

Een van deze twee is butaan-1,4-diamine,  $H_2N-(CH_2)_4-NH_2$ .

Hieronder is de structuurformule van Stanyl schematisch weergegeven:



Bij de vorming van Stanyl via polycondensatie ontstaat water als bijproduct.

- 2p 25 Geef de structuurformule van het andere monomeer waaruit Stanyl wordt gevormd via de hierboven beschreven polymerisatie.
- Het fragment dat in de structuurformule van Stanyl (zie hierboven) tussen de grote haken staat, wordt de repeterende eenheid genoemd.
- De eigenschappen van een polymeer worden mede bepaald door de gemiddelde molecuulmassa van het polymeer. Een veelgebruikte Stanyl-soort heeft de gemiddelde molecuulmassa  $2,0 \cdot 10^4$  u.
- 2p 26 Bereken hoeveel repeterende eenheden gemiddeld voorkomen in een molecuul van deze Stanyl-soort.

[Uitlegfilmpje:](#)



## 2017-II

Povidonjodium bestaat uit additiepolymeren van vinylpyrrolidon waaraan jood is gebonden. Deze binding is niet covalent. De structuurformule van vinylpyrrolidon is hieronder weergegeven:



- 3p 5 Geef de structuurformule van een fragment van het polymeer van vinylpyrrolidon. Dit fragment moet komen uit het midden van het polymeermolecuul en bestaan uit drie monomeereenheden.

[Uitlegfilmpje:](#)



Glucose wordt door planten gebruikt als brandstof en als bouwstof voor allerlei organische verbindingen. Zo wordt het polymeer cellulose gevormd door polycondensatie van glucose. Hierbij ontstaat ook water.

- 2p 7 Geef de vergelijking van deze polycondensatie in molecuulformules. Gebruik voor cellulose de formule  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

[Uitlegfilmpje:](#)



Ons voedsel bestaat voornamelijk uit vetten, koolhydraten en eiwitten. Deze eiwitten kunnen van dierlijke of plantaardige oorsprong zijn. Een voorbeeld van een plantaardig eiwit is rubisco, dat aanwezig is in bladeren van planten, zoals suikerbiet en spinazie. In ons lichaam wordt rubisco afgebroken. De hydrolyseproducten worden vervolgens omgezet tot nieuwe eiwitten.

- 1p 26 Geef aan welke functie eiwitten in het lichaam hebben.

In de eiwitketens van rubiscomoleculen komt het volgende fragment voor:

~Val-Gly-Leu~

- 3p 27 Geef de structuurformule van dit fragment. Maak gebruik van Binas-tabel 67H1 of ScienceData-tabel 13.7c.

Het natriumthiosulfaat (stap b) wordt toegevoegd om de ruimtelijke structuur van de rubiscomoleculen te behouden. Eiwitketens zijn opgevouwen tot een driedimensionale structuur door middel van onder meer waterstofbruggen, vanderwaalsbindingen en crosslinks. Als eiwitmoleculen in contact komen met zuurstofmoleculen kan deze driedimensionale structuur worden verbroken en ontstaan uitgevouwen eiwitmoleculen. In figuur 1 worden schematisch een opgevouwen en een uitgevouwen eiwitmolecuul weergegeven.

figuur 1



opgevouwen eiwitmolecuul      uitgevouwen eiwitmolecuul

Wanneer rubiscomoleculen zijn uitgevouwen, kunnen de moleculen van sommige opgeloste stoffen uit het plantensap aan de rubiscomoleculen binden. Deze moleculen zijn grotendeels apolair. Het eiwit krijgt door deze moleculen een onaangename smaak en geur. Om dit te voorkomen wordt bij stap b) natriumthiosulfaat toegevoegd dat met zuurstof reageert.

- 1p 28 Geef een verklaring voor het gegeven dat de moleculen van de stoffen die een onaangename smaak en geur veroorzaken, gemakkelijker binden wanneer de rubiscomoleculen zijn uitgevouwen.

[Uitlegfilmpje:](#)





## Oefenopgaven redox

Dit zijn de opgaven uit de examens van 2015 t/m 2017 over redox. De vragen van 2018 en 2019 staan er niet bij, zodat je deze examens als heel examen kunt oefenen. Bij elke vraag staat een linkje naar een uitlegfilmpje of een QR code die je kunt scannen als je dit op papier maakt.

[Video overzicht examenopgaven redox en zuren en basen](#)



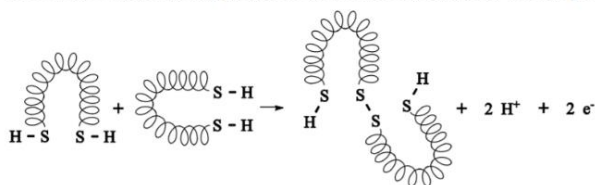
[Wikiwijsarrangement](#) met samenvatting, meer opgaven en uitleg over de verschillende onderdelen.

[Videosamenvatting redox](#)



## 2015 voorbeeldexamen

De vergelijking van de halfreactie van de vorming van een zwavelbrug tussen twee moleculen glutamine is hieronder schematisch weergegeven:



Om deze omzetting te laten plaatsvinden, is zuurstof nodig. Dat komt tijdens het kneden in het deeg terecht.

- 2p 6 Reageert zuurstof bij de vorming van de zwavelbruggen als oxidator of als reductor? Motiveer je antwoord aan de hand van de bovenstaande halfreactie.

- 1p 7 Tot welk type binding behoren de zwavelbruggen?



## Uitlegfilmpje

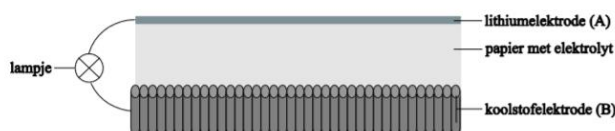
De batterij in figuur 1 is amper groter dan een postzegel en ongeveer zo dik als een blaadje papier. Toch kan deze nieuwe batterij van papier voldoende energie leveren om een klein lampje te laten branden. Hoe werkt deze batterij?

figuur 1



In figuur 2 is een schematische voorstelling van de batterij tijdens stroomlevering te zien. Eén pool is gemaakt van lithium, de andere van koolstof. Tussen de polen bevindt zich papier dat doordrenkt is met een geleidende vloeistof.

figuur 2

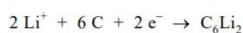


Aan elektrode A vindt de volgende halfreactie plaats:  
 $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$

- 2p 10 Is elektrode A de positieve of de negatieve elektrode? Licht je antwoord toe.



In de koolstof-nanobuisjes worden twee Li atomen per zes koolstofatomen gebonden volgens de volgende halfreactie:



De stroomlevering stopt als voor de koolstofelektrode geldt dat per zes koolstofatomen twee Li atomen zijn gebonden.

Aan de andere elektrode is dan nog steeds lithium aanwezig.

De capaciteit van een batterij kan worden gedefinieerd als de hoeveelheid elektronen die deze batterij kan leveren.

Voor de papieren lithiumbatterij wordt de capaciteit bepaald door het aantal koolstofatomen in de koolstofelektrode.

- 2p 14 Bereken hoeveel mol elektronen een papieren lithiumbatterij met een koolstofelektrode van 210 mg maximaal kan leveren.

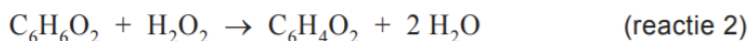
De in deze opgave beschreven batterij is oplaadbaar.

- 3p 15 Geef van het opladen van de batterij de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

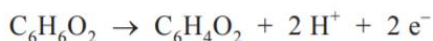


[Uitlegfilmpje:](#)

### 2015-I



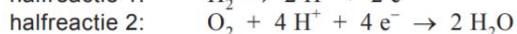
Reactie 2 is een redoxreactie. De halfreactie voor de omzetting van hydrochinon bij deze reactie is hieronder weergegeven:



- 2p 16 Is waterstofperoxide in reactie 2 de oxidator of de reductor? Motiveer je antwoord.

[Uitlegfilmpje](#)

De halfreacties die plaatsvinden in de brandstofcel, zijn hieronder weergegeven.



- 2p 22 Vindt halfreactie 1 plaats aan de positieve of aan de negatieve elektrode? Motiveer je antwoord.

- 2p 23 Leid met behulp van de halfreacties 1 en 2 de vergelijking af van de totale reactie die plaatsvindt in de brandstofcel.

[Uitlegfilmpje](#)



## 2015-II

Rijden onder invloed van alcohol (ethanol) is gevaarlijk en verboden. Daarom voert de politie controles uit en meet daarbij het alcoholgehalte in de adem van de bestuurder. Als een bestuurder een overtreding heeft begaan, kan een rechter oordelen dat een 'alcoholslot' in de auto van deze bestuurder moet worden aangebracht. Een alcoholslot is een startonderbreker in de auto. Voor het weggrijden moet de bestuurder in het pijpje van het alcoholslot blazen. Wanneer de bestuurder te veel alcohol heeft genuttigd, start de auto niet.



Het alcoholslot bevat een soort brandstofcel. Als de uitgeademde lucht alcohol bevat, reageert de alcohol als reductor aan de 'actieve' elektrode van de cel. De vergelijking van deze halfreactie is:



Aan de andere elektrode reageert zuurstof als oxidator in zuur milieu.

- 3p 28 Geef de vergelijking van de halfreactie van de oxidator en de vergelijking van de totale reactie in deze brandstofcel. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 48.

De stroom die door de brandstofcel loopt is een maat voor het alcoholgehalte in de uitgeademde lucht. Het alcoholgehalte in lucht en het alcoholgehalte in vocht zijn met een vaste omrekeningsfactor aan elkaar gerelateerd. Een gehalte van 0,44 mg per L lucht komt overeen met 1,0 g per L lichaamsvocht. Als het alcoholgehalte in het lichaamsvocht van de bestuurder hoger is dan 0,02 massaprocent, start de auto niet.

Bij een bepaalde bestuurder passeren  $50 \cdot 10^{-6}$  mol elektronen per L uitgeademde lucht de actieve elektrode.

- 2p 29 Bereken het aantal gram alcohol in 1,0 L uitgeademde lucht, wanneer het alcoholpercentage in lichaamsvocht 0,02 massaprocent is. Neem aan dat de dichtheid van het lichaamsvocht 1,1 kg per L is.
- 2p 30 Laat met een berekening zien of de auto zal starten. Ga ervan uit dat er geen elektronenstroom is als de adem geen alcohol bevat.

[Uitlegfilmpje:](#)



IJzer is een veelgebruikt metaal dat echter door reactie met zuurstof en water gemakkelijk wordt omgezet tot roest. De formule van roest is  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (s). De omzetting van ijzer tot roest is een redoxreactie

- 2p 33 Leid af, aan de hand van de ladingsverandering van de ijzerdeeltjes, of de stof ijzer bij het omzetten tot roest de oxidator of de reductor is.

Noteer je antwoord als volgt:

de lading van de ijzerdeeltjes in ijzer: ...

de lading van de ijzerdeeltjes in roest: ...

de stof ijzer is dus: .....

[Uitlegfilmpje:](#)



## 2016-I

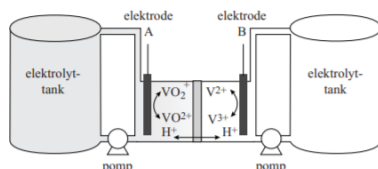
### De fotonenboer

Een type batterij dat tegenwoordig weer in de belangstelling staat, is de zogenoemde flow-batterij.

Een voorbeeld hiervan is de vanadium-redox-flow-batterij. Deze oplaadbare batterij wordt afgekort als VRFB (V is het symbool van het element vanadium).

In figuur 1 is deze batterij schematisch weergegeven. Met de formules bij de elektroden zijn de omzettingen zowel bij het opladen als bij de stroomlevering weergegeven.

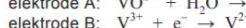
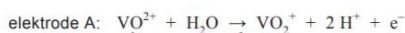
figuur 1



In de VRFB kan elektrische energie worden opgeslagen die wordt geproduceerd door bijvoorbeeld zonnecellen. De twee halfcellen in de VRFB zijn verbonden met relatief grote opslagtanks die zijn gevuld met een zwavelzuuroplossing waarin ook vanadiumverbindingen zijn opgelost. De elektrolyt wordt rondgepompt ('flow') langs de elektroden. De elektroden reageren zelf niet mee in de redoxreacties.

Beide halfcellen zijn van elkaar gescheiden door een membraan dat alleen  $H^+$  ionen kan doorlaten.

Tijdens het opladen van de batterij vinden aan de elektroden de volgende halfreacties plaats:



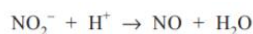
Zowel tijdens het opladen als tijdens de stroomlevering bewegen  $H^+$  ionen in de VRFB van de ene naar de andere halfcel.

- 2p 12 Bewegen de  $H^+$  ionen tijdens de stroomlevering van elektrode A naar elektrode B of omgekeerd? Licht je antwoord toe.

De opslagtanks bevatten elk  $3,0 \text{ m}^3$  elektrolytoplossing. Een belangrijke eigenschap van flow-batterijen is de zogenoemde energiedichtheid van de elektrolytoplossing. Dit is de hoeveelheid energie die per kg elektrolytoplossing kan worden geleverd. De energiedichtheid wordt uitgedrukt in  $\text{Wh kg}^{-1}$  (wattuur per kg).

- 4p 13 Bereken de energiedichtheid van de elektrolytoplossing van de VRFB. Gebruik de volgende gegevens:
- De VRFB is volledig opgeladen, waarbij  $[V^{2+}] = 1,6 \text{ mol L}^{-1}$  en  $[VO_2^+] = 1,6 \text{ mol L}^{-1}$ ;
  - $V^{2+}$  en  $VO_2^+$  worden volledig omgezet bij stroomlevering;
  - de dichtheid van beide oplossingen bedraagt  $1,2 \text{ kg L}^{-1}$ ;
  - 1 mol elektronen komt overeen met 38 Wh.

[Uitlegfilmpje:](#)



- 2p 26 Neem deze onvolledige vergelijking over, zet  $e^-$  aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

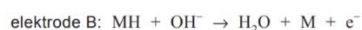
[Uitlegfilmpje:](#)



## 2016-II

In de Toyota Prius is de batterij een nikkel-metaalhydride-batterij, afgekort NiMH-batterij. De ene elektrode (A) van de NiMH-batterij is gemaakt van nikkel-oxhydroxide,  $NiO(OH)$ . De andere elektrode (B) bestaat uit een metaalhydride. Het metaalhydride wordt weergegeven met MH.

De elektrolyt in een NiMH-batterij is een KOH-oplossing. Wanneer de batterij stroom levert, vinden in de NiMH-batterij de volgende halfreacties plaats:



- 2p 19 Is elektrode B de positieve of de negatieve elektrode van de NiMH-batterij? Motiveer je antwoord.

In een handleiding van de Toyota Prius staat onder andere de volgende informatie:

Bij afnemende snelheid, zoals bij afremmen, zet de auto bewegingsenergie om in elektrische energie waarmee de batterij wordt opgeladen.

- 2p 20 Geef de vergelijking van de totale reactie die optreedt tijdens het opladen van de NiMH-batterij.

[Uitlegfilmpje](#)



## 2017-I bruin worden van appels

De bruinkleuringsreactie vindt plaats doordat bij het snijden van appels plantencellen kapot gaan. Nathalie zoekt naar methodes om de bruinkleuring te voorkomen. Deze methodes berusten onder andere op de remming van de enzymwerking of het 'wegnemen' van zuurstof. Zo is Ze voert twee eenvoudige experimenten uit en trekt daaruit de conclusie dat vitamine C de bruinkleuring volledig remt en dat citroenzuur de bruinkleuring niet remt.

Nathalie leest op internet dat vitamine C reageert met zuurstof. Dat is een redoxreactie, net als reactie 1. In reactie 1 reageert polyfenol als reductor. Ze begrijpt nu waarom vitamine C de bruinkleuring kan remmen.

- 2p 34 Is vitamine C een reductor of een oxidator? Motiveer je antwoord.

- 2p 35 Verklaar waarom vitamine C de bruinkleuring kan remmen.

[Uitlegfilmpje:](#)



## 2017-II

Planten geven via de wortels een aanzienlijk deel van hun organische verbindingen af aan de bodem. Bodembacteriën breken deze verbindingen vervolgens af, waarbij elektronen en  $H^+$  ionen worden overgedragen. Het bedrijf Plant-e heeft een brandstofcel ontwikkeld die met behulp van deze deeltjes elektrische stroom kan produceren. Deze brandstofcel is in figuur 1 schematisch en vereenvoudigd weergegeven. Hierbij staat  $C_6H_{12}O_6$  symbool voor alle organische verbindingen die door de plantenwortels worden afgegeven. De grond die wordt gebruikt in de brandstofcel is nat en licht zuur.

Het proces in de brandstofcel kan als volgt met halfreacties worden weergegeven:

bij elektrode A:  $C_6H_{12}O_6 + 6 H_2O \rightarrow 6 CO_2 + 24 H^+ + 24 e^-$

bij elektrode B:  $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O$

- 2p 8 Is elektrode A de positieve of de negatieve elektrode? Licht je antwoord toe.

Naima leidt met behulp van bovenstaande vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt in de brandstofcel. Ze concludeert dat de zuurgraad van de bodem als gevolg van het proces in de brandstofcel niet verandert. Meron beweert echter aan de hand van de opgestelde totale vergelijking dat de zuurgraad van de bodem wel verandert.

- 2p 9 Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt in de brandstofcel.

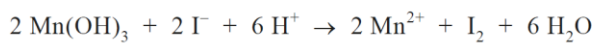
- 2p 10 Geef voor beiden een argument om hun bewering te ondersteunen. Noteer je antwoord als volgt:  
argument voor Naima: ...



[Uitlegfilmpje:](#)

Als het gevormde mangaan(III)hydroxide is bezonken, wordt verdund zwavelzuur toegevoegd. In het ontstane zure milieu vindt een redoxreactie plaats tussen mangaan(III)hydroxide en de jodide ionen uit de eerder toegevoegde kaliumjodide-oplossing.

De totale vergelijking van deze redoxreactie is:



- 2p **16** Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij mangaan(III)hydroxide met waterstofionen wordt omgezet tot mangaan(II)ionen en water.

[Uitlegfilmpje:](#)





## Oefenopgaven zuren en basen

Dit zijn de opgaven over zuren en basen uit de (her)examens van 2015 t/m 2017. De opgaven van 2018 en 2019 staan er niet bij, zodat je die examens als heel examen kunt oefenen. Bij elke opgave staat de link naar een uitlegfilmpje of een QR code voor als je dit op papier maakt.



[Hoe worden examenvragen gesteld over redox en zuren en basen?](#)

[Wikiwijsarrangement](#) met alles over zuren en basen

[Videosamenvatting zuren en basen](#)



### 2015 voorbeeldexamen

Om melkzuur uit de melkzuuroplossing te verkrijgen wordt hieraan eerst kalkmelk (= een suspensie van calciumhydroxide) toegevoegd. Er vindt dan een zuur-basereactie plaats waarbij de vaste stof calciumlactaat,  $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ , ontstaat. Daarna wordt calciumlactaat omgezet tot melkzuur. De reactie van melkzuur met kalkmelk kan met de volgende reactievergelijking worden weergegeven:



- 2p 34 Leg uit, aan de hand van de bovenstaande reactievergelijking, hoeveel  $\text{H}^+$  ionen per melkzuurmolecuul bij deze reactie worden afgestaan.

[uitlegfilmpje](#)  
2015 I



Uit de laatste zin van de handleiding kan worden afgeleid dat men voorzichtig moet zijn bij het verwijderen van het poeder. Er moet bijvoorbeeld worden vermeden dat stofdeeltjes van calciumhydroxide in de ogen terechtkomen. Er ontstaat dan namelijk een basische oplossing en die is schadelijk voor de ogen.

- 2p 13 Geef de formule van de deeltjes die ervoor zorgen dat een basische oplossing ontstaat wanneer calciumhydroxide in aanraking komt met oogvocht. Motiveer je antwoord aan de hand van Binas-tabel 45A.

[Uitlegfilmpje](#)



- 2p 21 Bereken de  $[\text{H}^+]$  in  $\text{mol L}^{-1}$  van de oplossing met pH 3,5.

[uitlegfilmpje](#)



**HG roestoplosser**

- Verwijdert roest zonder schuren.
- Heeft bovendien een roestwerende werking.
- Het metaal kan na behandeling direct gelakt worden.

**Gebruiksaanwijzing:**

Verdun 1 fles HG "roestoplosser" (0,5 liter) met 2,5 liter water. Leg het voorwerp in de oplossing, zodat het geheel ondergedompeld is. Afhankelijk van de hoeveelheid roest 10 minuten tot enige uren laten inwerken. Vervolgens goed naspoelen met veel water.

**Attentie:**

Gebruik rubber/plastic handschoenen.

Bevat: Fosforzuur ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

Mads merkt op dat de aanduiding roestoplosser op het etiket tussen aanhalingstekens staat. Kennelijk lost roest niet op in de roestoplosser. Matthijs zegt dat roest reageert met de roestoplosser.

- 2p 34 Onderbouw de uitspraak van Matthijs aan de hand van de formule van roest en de informatie op het etiket.

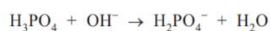
Op een ander deel van het etiket staat een gevarenpictogram. Bij dit gevarenpictogram hoort een bepaald GHS-nummer.

- 2p 35 Leg uit met behulp van Binas-tabel 97B welk GHS-nummer past bij de op het etiket hierboven gegeven informatie.

Matthijs doet vervolgens 141 mg onverdunde roestoplosser in 10,0 mL water. De verkregen oplossing titreert hij met natronloog. De molariteit van de natronloog is 0,108 M.

- 2p 37 Bereken de pH van de gebruikte natronloog.

Na toevoeging van 8,04 mL natronloog heeft het fosforzuur volledig gereageerd met de natronloog volgens de vergelijking:



- 3p 38 Bereken het massapercentage fosforzuur in "HG roestoplosser". Neem hierbij aan dat fosforzuur het enige zuur is dat tijdens de titratie reageert.

De pH van de oplossing is na het toevoegen van 8,04 mL natronloog ongeveer 4.

- 2p 39 Geef een beschrijving op microniveau waaruit duidelijk wordt waardoor deze lage pH wordt veroorzaakt.



[uitlegfilmpje](#)

**2016 I**

- 2p 27 Bereken de  $[\text{OH}^-]$  in  $\text{mol L}^{-1}$  in een oplossing met  $\text{pH} = 7,3$  ( $T = 298 \text{ K}$ ).

[Uitlegfilmpje](#)



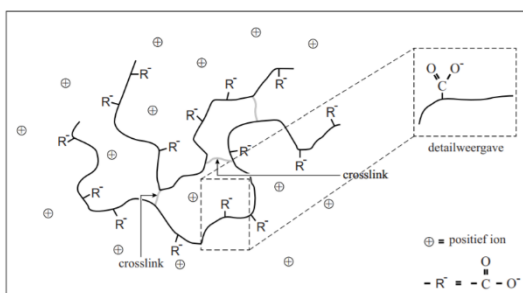
## 2016-II

Een bepaald soort kunsttranen wordt gemaakt uit een mengsel dat voornamelijk uit water en een klein beetje carbomeer bestaat. Dit mengsel heeft echter een te hoge concentratie  $H^+$  ionen ( $pH=3,7$ ) om in de ogen te druppelen. Daarom is aan het mengsel ook natriumhydroxide toegevoegd, zodat de  $pH$  van de kunsttranen gelijk is aan de  $pH$  van natuurlijk traanvocht ( $pH=7,3$ ).

- 1p 12 Geef een reden waarom natriumhydroxide geschikt is voor gebruik in deze kunsttranen.
- 2p 13 Bereken de  $[H^+]$  in een vloeistof met  $pH=3,7$ .

Bij  $pH=7,3$  is het merendeel van de carboxylgroepen omgezet tot 'carboxylaat'groepen ( $R^-$ ). Het carbomeer zwelt daardoor op. Het waterbindend vermogen van het geïoniseerde carbomeer is hoger dan wanneer dit carbomeer carboxylgroepen bevat. In figuur 2 is een gedeelte van een geïoniseerd carbomeerdeeltje in een zoutoplossing schematisch weergegeven.

figuur 2



In het opgezwollen carbomeer zijn de carboxylaatgroepen gehydrateerd. Op de uitwerkbijlage is de detailweergave uit figuur 2 nogmaals weergegeven.

- 2p 14 Teken op de uitwerkbijlage hoe een carboxylaatgroep gehydrateerd wordt door twee watermoleculen. Geef elk watermolecuul in structuurformule weer.

14



- 2p 15 Leg uit of een carbomeer minder, evenveel of meer zal opzwellen bij  $pH=7,3$  wanneer bij een gelijkblijvende hoeveelheid acrylzuur meer crosslinker is gebruikt.

[uitlegfilmpje](#)



Behalve verse spinazie is ook diepvriesspinazie te koop. Diepvriesspinazie wordt gemaakt door verse spinazie direct na de oogst te wassen, te verhitten en in te vriezen. Hierbij kan (een deel van) de spinazie verkleuren doordat chlorofyl-a en chlorofyl-b omgezet worden tot feofytine-a en feofytine-b. De kleurverandering hangt af van de temperatuur en de duur van de warmtebehandeling, maar ook van de  $pH$ .

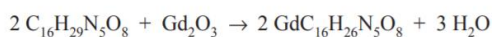
- 3p 30 Leg uit met behulp van het botsende-deeltjes-model of spinazie sneller verkleurt bij  $pH=6,8$  dan bij  $pH=5,5$ .

[Uitlegfilmpje](#)



## 2017 I

Gadodiamide kan worden bereid uit gadolinium(III)oxide via de volgende reactie:



- 2p 3 Leg uit, aan de hand van formules in de reactievergelijking, of deze reactie een zuur-basereactie is.

[Uitlegfilmpje](#)



## 2017 II

2p 14 Bereken de pH van een 12 M kaliumhydroxide-oplossing bij  $T = 298\text{ K}$ .

[uitlegfilmpje](#)



2p 32 Leg uit, aan de hand van de formules in de vergelijking van reactie 1, dat deze reactie een zuur-basereactie is.

[uitlegfilmpje](#)

## Oefenopgaven groene chemie

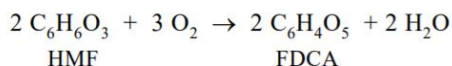
Dit zijn de opgaven over groene chemie uit de examens 2015 t/m 2017. De vragen van 2018 en 2019 staan er niet bij zodat je die (her)examens als heel examen kunt oefenen. Dit [filmpje](#) geeft een overzicht van wat je over dit onderwerp op het examen kunt verwachten.



### 2015 voorbeeldexamen

Een bekende biogebaseerde brandstof (biobrandstof) is bio-ethanol. Dit kan worden geproduceerd uit sacharose (een disacharide) die wordt gewonnen uit suikerbieten of suikerriet. Het op grote schaal produceren van bio-ethanol uit biet- en/of rietsuiker heeft echter een belangrijk maatschappelijk bezwaar.

2p 16 Leg uit wat dit maatschappelijke bezwaar is.



Uit het onderzoek blijkt dat de ontdekte bacteriesoort HMF met een zeer hoog rendement (97%) omzet tot FDCA. Ook de atomeconomie van deze omzetting is hoog.

3p 17 Bereken de atomeconomie van de omzetting van HMF tot FDCA.

Gegeven:

- de molaire massa van HMF is  $126,1\text{ g mol}^{-1}$ ;
- de molaire massa van FDCA is  $156,1\text{ g mol}^{-1}$ .



[Uitlegfilmpje](#)

## Photanol® proces

Een onderzoeksgroep van de UvA (Universiteit van Amsterdam) heeft een nieuwe manier gevonden om met koolstofdioxide en zonlicht allerlei nuttige producten te maken.

In dit zogenoemde Photanol proces worden twee processen gecombineerd:

- de fotosynthese van glucose;
- de zogenoemde fermentatie: glucose wordt omgezet tot fermentatieproducten zoals ethanol, butanol en melkzuur.

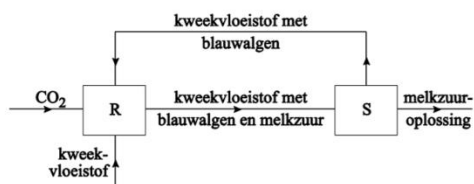
Bij het Photanol proces wordt gebruikgemaakt van blauwalgen (bacteriën). Deze zorgen voor de fotosynthese én voor de fermentatie. De blauwalgen zijn genetisch gemodificeerd: hun erfelijke eigenschappen zijn veranderd, waardoor ze andere stoffen kunnen produceren dan ze van nature doen.

In 2012 is aan de UvA een proeffabriek gestart voor de productie van melkzuur, dat onder andere veel wordt gebruikt in de voedingsmiddelenindustrie.

De blauwalgen die worden gebruikt in de proeffabriek bezitten bepaalde enzymen die zo functioneren dat alleen melkzuur wordt gevormd en geen ander fermentatieproduct.

1p 32 Met welk begrip wordt deze functie van enzymen aangeduid?

Het Photanol proces kan met het volgende vereenvoudigde blokschema worden weergegeven:



De reactor, bestaande uit een groot aantal doorzichtige buizen, wordt gevuld met een zogenoemde kweekvloeistof: een oplossing van een aantal zouten die nodig zijn voor de groei en de stofwisseling van de blauwalgen. Aan de kweekvloeistof worden de blauwalgen toegevoegd. In scheidingsruimte S wordt een melkzuuroplossing afgescheiden die ook nog opgeloste zouten bevat. De scheiding vindt plaats door middel van een membraan dat een deel van de oplossing doorlaat.

De informatie in deze opgave over het Photanol proces kan vergeleken worden met de uitgangspunten van de groene chemie die in Binas-tabel 97F zijn vermeld.

3p 36 Licht toe dat de uitgangspunten met de nummers 5, 7 en 9 van toepassing zijn op het Photanol proces.

Noteer je antwoord als volgt:

nr. 5: ...

nr. 7: ...

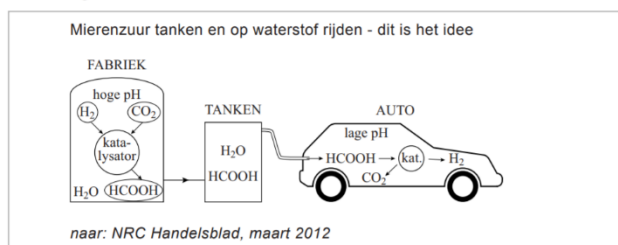
nr. 9: ...

[Uitlegfilmpje](#)



## 2015 I

figuur 1





De duurzaamheid van de methode 'rijden op mierenzuur' die in deze opgave is beschreven, hangt onder andere af van de invloed op het (versterkte) broeikaseffect.

Hierbij spelen de volgende factoren een rol:

- De reacties in de fabriek en in de auto (zie figuur 1);
- de manier waarop waterstof wordt geproduceerd.

Wanneer alléén wordt gekeken naar de reactievergelijkingen van de reacties in de fabriek en in de auto, zou de conclusie kunnen worden getrokken dat 'rijden op mierenzuur' geen invloed heeft op het (versterkte) broeikaseffect.

2p **24** Leg dit uit. Laat hierbij de manier waarop waterstof wordt geproduceerd buiten beschouwing.

Stel je de volgende opzet voor:

- De waterstof die de fabriek nodig heeft, wordt geproduceerd door de elektrolyse van water.
- De elektriciteit die daarvoor nodig is, wordt opgewekt in een gasgestookte elektriciteitscentrale.
- Als gas kan daarbij worden gekozen voor aardgas of voor biogas afkomstig uit plantaardig afval uit de landbouw.

3p **25** Beredeneer, gelet op de hoeveelheid koolstofdioxide die netto wordt geproduceerd bij de waterstofproductie, welk soort gas (aardgas of biogas) de voorkeur verdient. Ga er hierbij vanuit dat zowel aardgas als biogas volledig uit methaan bestaan.

[Uitlegfilmpje](#)



**2015 II**

2p **7** Noem twee stoffen die ontstaan bij het verbranden van benzine in een automotor, en geef van elke stof een negatief effect op de luchtkwaliteit.

Noteer je antwoord als volgt:

stof 1: ... negatief effect stof 1: ...

stof 2: ... negatief effect stof 2: ...

In onderstaande tabel staat een aantal gegevens per oplosmiddel.

gegeven	oplosmiddel		
	DCM (20 °C)	ethylacetaat (20 °C)	water (80 °C)
oplosbaarheid van cafeïne in oplosmiddel (g per 100 mL)	8	2	35-40
lost uit de koffiebonen alleen cafeïne op in het oplosmiddel?	ja	ja	nee
molaire massa (g mol <sup>-1</sup> )	84,93	88,10	18,02
grenswaarde* (mg m <sup>-3</sup> )	350	550	-
kookpunt (K)	313	350	373

\* TGG (= tijd-gewogen-gemiddelde) in 8 uur

2p **23** Geef aan de hand van de gegevens in de tabel een voordeel van het gebruik van ethylacetaat ten opzichte van het gebruik van DCM. Geef ook het daarbij behorende uitgangspunt uit Binas-tabel 97F.

Noteer je antwoord als volgt:

voordeel: ...

uitgangspunt: ...

[Uitlegfilmpje](#)



**2016 I**

Helaas hebben loodaccu's een beperkte levensduur. Kapotte accu's worden op grote schaal gerecycled. Het metaal lood dat uit de accu's wordt teruggewonnen, is niet alleen afkomstig uit het lood maar ook uit de loodverbindingen. Het terugwinnen van lood uit accu's levert geld op, want lood is een waardevol metaal.

2p **15** Geef twee andere redenen om het lood terug te winnen uit accu's.

- 2p 19 Noem twee ongewenste effecten van zwaveldioxide en/of waterstofchloride op de kwaliteit van lucht en/of water en/of bodem. Vermeld bij elk effect door welk gas (zwaveldioxide of waterstofchloride) het wordt veroorzaakt.  
Noteer je antwoord als volgt:  
ongewenst effect 1: ..... veroorzaakt door .....  
ongewenst effect 2: ..... veroorzaakt door .....



[Uitlegfilmpje](#)

## 2016 II

Hybrideauto's zijn uitgerust met zowel een benzine- als een elektromotor. Afhankelijk van de rijomstandigheden wordt de auto aangedreven door de elektromotor, door de benzinemotor of door beide motoren tegelijkertijd. De benzinemotor wordt aangedreven door de verbranding van benzine. Een batterij levert de elektrische energie die nodig is om de elektromotor aan te drijven. De combinatie van deze twee motoren zorgt ervoor, dat het benzineverbruik van een hybrideauto lager is dan van een benzineauto. Hierdoor is de uitstoot van CO<sub>2</sub> door de hybrideauto lager en komen er ook minder andere ongewenste stoffen vrij.

- 2p 16 Noem twee andere ongewenste stoffen die kunnen ontstaan bij de verbranding van benzine in de benzinemotor.

Bij de methanisering (regels 3 tot en met 5) wordt waterstof exotherm omgezet tot methaan volgens:



- 3p 25 Bereken de E-factor voor deze methanisering. Neem aan dat een rendement van 80% wordt behaald.

Bij het power-to-gas-proces wordt waterstof omgezet tot methaan. Beide gassen kunnen dienen als brandstof. Men kan zich afvragen of de methanisering in de context van duurzaamheid wel zinvol is voor de opslag van energie.

- 2p 27 Pia stelt dat het duurzamer is om de overtollige energie vast te leggen als H<sub>2</sub> gas. Koen zegt dat het duurzamer is om het H<sub>2</sub> gas te methaniseren. Geef voor allebei een (ander) argument om hun uitspraak te ondersteunen.  
Noteer je antwoord als volgt:  
– argument voor Pia: ...  
– argument voor Koen: ...

[uitlegfilmpje](#)



## 2017 I

Te veel fosfaat in oppervlaktewater leidt tot een afname van de waterkwaliteit. Een van de oorzaken is het uitspoelen van (kunst)mest vanaf landbouwgrond.

- 1p 18 Geef de naam van de vakterm waarmee deze afname van de waterkwaliteit wordt aangeduid.

## 2017 II



- 2p 20 Bereken de atoomeconomie voor de vorming van dichloormethaan volgens reactie 1. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7 en geef je antwoord in gehele procenten.



[Uitlegfilmpje](#)

Rubisco is een waardevol eiwit, omdat het alle essentiële aminozuren bevat. Het kan worden gebruikt in vleesvervangers, net als eiwitten uit melk, ei en soja. In Nederland kan theoretisch ongeveer  $7,5 \cdot 10^7$  kg eiwit per jaar uit suikerbietenblad worden geïsoleerd. Dit blad blijft normaal gesproken, na het oogsten van de suikerbieten, achter op het land. Rubisco kan ook uit spinazie of andere planten worden gewonnen. Bietenblad heeft echter de voorkeur.

- 1p 30 Geef een voordeel van het gebruik van bietenblad in vergelijking met het gebruik van spinazie als bron voor rubisco.



## Oefenopgaven industrie en energie

Dit zijn de opgaven uit de examens van 2015 t/m 2017. Die van 2018 en 2019 staan er niet bij, zodat je die (her)examens als heel examen kunt oefenen.

[Hier](#) staat een filmpje over deze onderwerpen voor vlak voor het examen.

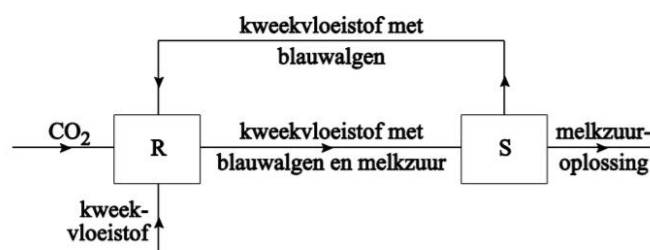
Hier staat de [videosamenvatting](#).



### 2015 voorbeeldexamen

Het Photanol proces kan met het volgende vereenvoudigde blokschema worden weergegeven:

[uitlegfilmpje](#)



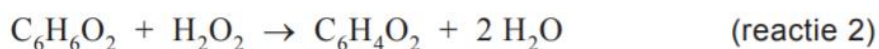
De reactor, bestaande uit een groot aantal doorzichtige buizen, wordt gevuld met een zogenoemde kweekvloeistof: een oplossing van een aantal zouten die nodig zijn voor de groei en de stofwisseling van de blauwalgen. Aan de kweekvloeistof worden de blauwalgen toegevoegd. In scheidingsruimte S wordt een melkzuuroplossing afgescheiden die ook nog opgeloste zouten bevat. De scheiding vindt plaats door middel van een membraan dat een deel van de oplossing doorlaat.

- 2p 33 Geef de naam van de scheidingsmethode die in S wordt gebruikt en verklaar waarom deze scheidingsmethode in dit proces kan worden gebruikt.

Wanneer de bombardeerkever door een vijand wordt aangevallen, richt hij twee kleine buisjes in zijn achterlijf op zijn belager. Er volgt een piepkleine explosie die klinkt als een schot. Een gloeiend hete, bijtende vloeistof schiet naar buiten en veroorzaakt pijnlijke brandwonden (zie figuur 1). De kever bezit klieren die hydrochinon ( $C_6H_6O_2$ , zie figuur 2) en waterstofperoxide ( $H_2O_2$ ) produceren. Deze stoffen worden gemengd tot een zeer geconcentreerde oplossing van 10 massaprocent hydrochinon en 25 massaprocent waterstofperoxide. Dit mengsel wordt in een verzamelblaas bewaard en bij gevaar naar een zogenoemde explosiekamer geperst. Daar worden enzymen aan het mengsel toegevoegd waarna direct de explosie volgt.

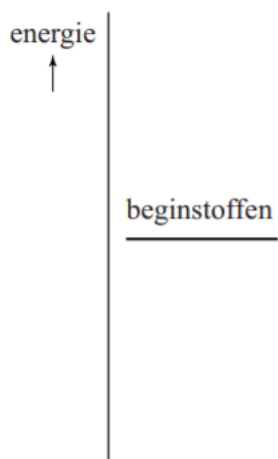
De explosie wordt veroorzaakt doordat tegelijkertijd twee exotherme reacties plaatsvinden: de ontleding van waterstofperoxide (reactie 1) en de reactie van hydrochinon met waterstofperoxide (reactie 2).

De vergelijkingen van beide reacties zijn hieronder weergegeven:



Op de uitwerkbijlage is het energiediagram van reactie 2 voor de situatie in de explosiekamer nog onvolledig weergegeven. In dit energiediagram ontbreken het niveau van de geactiveerde toestand en het niveau van de reactieproducten.

- 2p 17 Maak op de uitwerkbijlage het energiediagram van reactie 2 af door de ontbrekende energieniveaus weer te geven met de bijbehorende bijschriften.



- 2p 18 Leg uit, aan de hand van het energiediagram en gegevens uit tekstfragment 1, dat reactie 2 niet plaatsvindt in de verzamelblaas maar wel in de explosiekamer.

De vloeistof in de verzamelblaas bevat meer waterstofperoxide dan nodig is voor de reactie met hydrochinon (reactie 2).

- 2p 19 Beredeneer dit onder andere aan de hand van reactie 2 en van getalsgegevens uit tekstfragment 1.

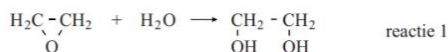


[Uitlegfilmpje](#)

### Monoëthyleenglycol

Monoëthyleenglycol (afgekort als MEG) wordt veel gebruikt als antivries en als grondstof voor PET, het materiaal waarvan frisdrankflessen en fleeeckleding wordt gemaakt.

MEG wordt op grote schaal in de industrie geproduceerd volgens het zogenoemde MASTER-proces. Hierbij laat men in een continu proces etheenoxide met water reageren (reactie 1).

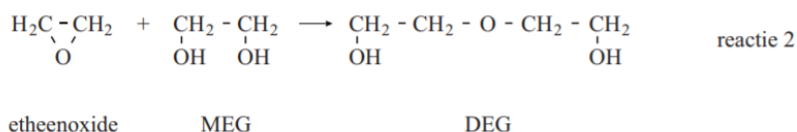


etheenoxide

MEG



Als belangrijkste bijproduct ontstaat hierbij diëthyleenglycol (DEG) door de volgende reactie (reactie 2):



Om de vorming van DEG te beperken wordt etheenoxide met een grote overmaat water in een reactor gebracht. De massaverhouding etheenoxide : water is 1 : 9. Het rendement van de omzetting van etheenoxide tot MEG bedraagt dan 90%.

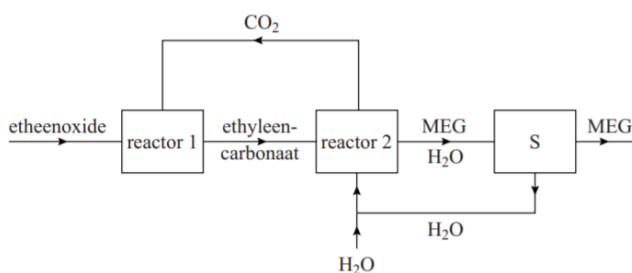
- 3p **27** Leg uit, met behulp van het botsende-deeltjes-model, wat er gebeurt met de snelheid van reactie 2 bij het gebruik van een grote overmaat water.

De overmaat water en het gevormde DEG worden door middel van destillatie verwijderd uit het mengsel dat de reactor verlaat. Het water wordt teruggevoerd in het proces. Het DEG wordt opgeslagen en verkocht. De fabrieksinstallaties die nodig zijn voor de scheiding en de opslag vormen een belangrijke financiële kostenpost.

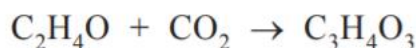
- 2p **28** Noem nog een financiële kostenpost die de scheiding met zich meebrengt. Licht je antwoord toe.

Sinds enige jaren wordt in enkele nieuwe fabrieken MEG geproduceerd volgens een continu proces waarbij geen grote overmaat water nodig is. De massaverhouding etheenoxide : water bedraagt slechts 1 : 1. Het rendement van de omzetting van etheenoxide tot MEG bedraagt meer dan 99%. Een vereenvoudigd blokschema van dit zogenoemde OMEGA-proces is hieronder weergegeven.

**blokschema**



In reactor 1 wordt uitsluitend ethyleencarbonaat ( $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ ) gevormd volgens de volgende reactie:



In scheidingsruimte S vindt een destillatie plaats.

De informatie over het MASTER-proces en het OMEGA-proces in deze opgave kan vergeleken worden volgens de twaalf uitgangspunten die gehanteerd worden in de groene chemie. Op enkele punten valt deze vergelijking in het voordeel uit van het OMEGA-proces.

De atomeconomie behoort niet tot deze punten.

- 2p 29 Leg uit dat de atoomeconomie niet behoort tot de bedoelde punten.
- 2p 30 Noem twee uitgangspunten die gehanteerd worden in de groene chemie en in het voordeel uitvallen van het OMEGA-proces.
- Maak gebruik van Binas-tabel 97F.
  - Licht elk genoemd uitgangspunt toe.

[Uitlegfilmpje:](#)



## 2015 II

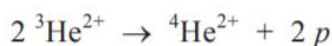
“Juist die nabijheid van de maan maakt dat hij van onschatbare waarde is”, zegt Gerald Kulcinski van het Fusion Technology Institute aan de universiteit van Wisconsin-Madison. “Daardoor kun je gemakkelijk op en neer om helium-3 te halen. Helium-3 vormt de perfecte brandstof voor de derde generatie kernfusiereactoren. Op aarde hebben we er niet meer dan tweehonderd kilogram van. Maar op de maan, waar geen atmosfeer is, ‘regent’ het voortdurend neer uit de zonnewind. Uit bodemonsters weten we dat het bovenste laagje van de maanbodem minstens een miljoen ton helium-3 bevat. Eén ton helium-3 levert dezelfde hoeveelheid energie als ontstaat bij het verstoken van 130 miljoen vaten olie. Met honderd ton helium-3 heb je een jaar lang energie voor de hele wereld. Daarvoor hoeft je maar vijf vrachtautoren ter grootte van de spaceshuttle naar de maan te sturen.”

In de bovenste meters van de maanbodem is het gehalte helium-3 gemiddeld 0,01 massa-ppm. Voor het winnen van helium-3 wil men een speciaal ontworpen bulldozer inzetten die de bovenste laag van de maanbodem afgraaft, zeft en verwerkt. De gezeefde bodemdeeltjes worden vermalen en sterk verhit. De gassen die daarbij vrijkomen, waaronder helium-3, worden onder druk opgeslagen. De energie voor deze processen zal worden gehaald uit zonne-energie.

Op de maan kan het temperatuurverschil tussen dag en nacht wel een paar honderd graden Celsius zijn. Dit temperatuurverschil zou kunnen worden gebruikt om het gasmengsel dat ontstaat bij het verhitten van de korrels maanbodem, te scheiden.

- 2p 10 Geef aan welk verschil in stofeigenschap dan wordt gebruikt om het gasmengsel te scheiden. Licht je antwoord toe.

Helium-3 zou in de toekomst kunnen worden gebruikt in kernfusiereactors. In de reactor laat men de kernen van helium-3 met hoge snelheid op elkaar botsen, waardoor deze kunnen 'fuseren'. Bij deze fusiereactie van twee helium-3 kernen ontstaan één helium-4 kern en twee protonen ( $p$ ). Deze reactie kan als volgt worden weergegeven:



Net als bij een chemische reactie is ook bij een kernreactie sprake van een energie-effect. Het energieverloop van de reactie kan weergegeven worden in een energiediagram. De activeringsenergie van de reactie wordt bij kernreacties de 'energiebarrière' of 'Coulomb-barrière' genoemd.

- 1p 11 Geef aan de hand van de formule van een helium-3 kern aan waarom deze energiebarrière bij de fusie-reactie (relatief) hoog is.

- 3p 12 Geef het energiediagram van de fusie-reactie. Noteer daarin, met de bijbehorende bijschriften:
- het energieniveau van de beginstoffen;
  - het energieniveau van de overgangstoestand;
  - het energieniveau van de reactieproducten;
  - de energiebarrière.

Er is discussie mogelijk over het winnen van helium-3 op de maan en het inzetten ervan voor energieproductie op aarde. Een centrale vraag daarbij is of het totale proces om energie te produceren, zoals dat beschreven is in deze opgave, netto energie oplevert of uiteindelijk juist energie kost.

- 2p 13 Geef twee aspecten van dit (totale) proces die een rol spelen bij deze afweging. Deze aspecten moeten betrekking hebben op benodigde of vrijkomende energie.



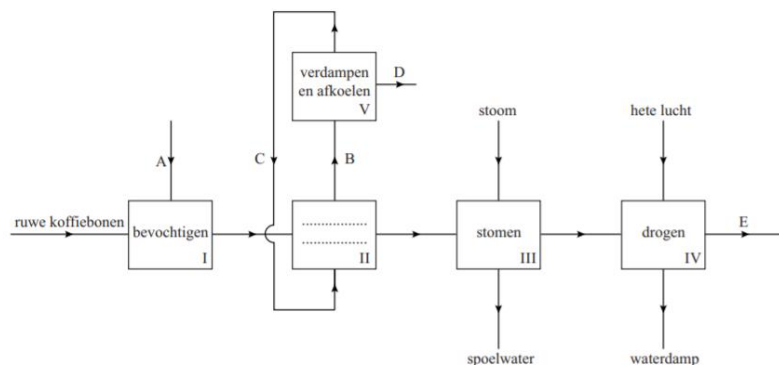
[uitlegfilmpje](#)



## Cafeïne uit koffie verwijderen

Cafeïne is een oppeppende stof die voorkomt in onder meer koffie(bonen) en chocolade(producten). Cafeïne kan uit koffiebonen worden verwijderd. Dit proces wordt decafeïneren genoemd. Een manier daarvoor is een behandeling met dichloormethaan (DCM). Dit proces is hieronder in een vereenvoudigd en onvolledig blokschema weergegeven.

### blokschema



Eerst worden de ruwe koffiebonen vochtig gemaakt met water (ruimte I). Daarna worden de bonen geweekt in DCM, waarin de cafeïne oplost (ruimte II). Elk half uur vindt er een meting van het cafeïnegehalte in de bonen plaats. Het weken in DCM wordt herhaald totdat het cafeïnegehalte in de koffiebonen voldoende is afgenomen. In ruimte II worden de bonen afgescheiden. De bonen worden daarna gestoomd (ruimte III) en vervolgens gedroogd met hete lucht (ruimte IV). De overgebleven vloeistof uit ruimte II gaat naar ruimte V, waar deze wordt verwarmd. Hierbij verdampt het DCM, dat na condensatie wordt hergebruikt.

In het blokschema ontbreken de namen van de scheidingsmethodes die in ruimte II worden gebruikt. Ook ontbreken bij de stofstromen A tot en met E de namen van de volgende stoffen:

- cafeïne
- cafeïnevrije koffiebonen
- DCM
- water.

2p 19 Geef aan welke twee scheidingsmethodes in ruimte II worden gebruikt.

2p 20 Geef de namen van de stoffen die bij de letters A tot en met E in het blokschema moeten worden vermeld. Let op:

- sommige stoffen moeten bij meer dan één stofstroom worden vermeld;
- bij één van de stofstromen moet meer dan één stof worden vermeld.

Noteer je antwoord als volgt:

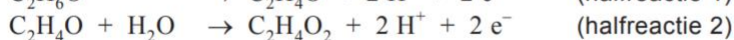
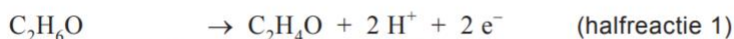
A:  
B:  
C:  
D:  
E:

2p 21 Leg met behulp van bovenstaande informatie uit of het decafeïneren een continu proces of een batchproces is.

[Uitlegfilmpje](#)



Wanneer iemand een alcoholische drank heeft gedronken, verdeelt de alcohol (ethanol) zich over de waterige vloeistoffen, zoals bloed, in het lichaam. Na verloop van tijd wordt de alcohol door het lichaam afgebroken. Hierbij verlopen onder meer de volgende twee halfreacties:



Beide halfreacties worden enzymatisch gekatalyseerd.

- 2p 25 Geef aan welke invloed de katalyse door enzymen heeft op het energieverloop van de reactie. Kies uit: *wordt hoger, wordt lager of blijft gelijk.*

Noteer je antwoord als volgt:

De (netto) reactiewarmte ...

De activeringsenergie ...

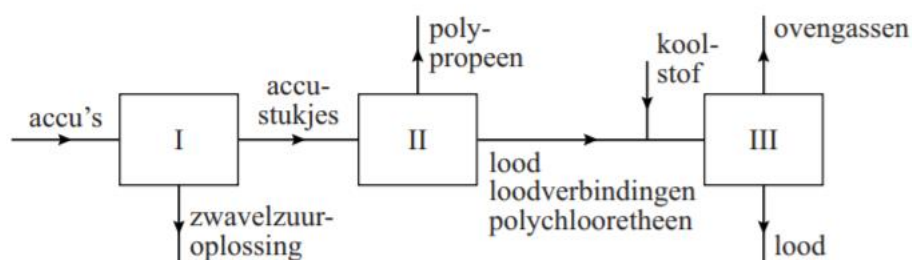
- 2p 26 Leg uit waarom halfreactie 1 door een ander soort enzym wordt gekatalyseerd dan halfreactie 2.

## 2016 I

Deze opgave gaat over het recyclen van loodaccu's

Hieronder is het blokschema weergegeven van het recycleproces.

### blokschema



In ruimte I worden de accu's in kleine stukjes gemalen en wordt de zwavelzuuroplossing verwijderd. Ruimte II is een grote bak met water. Het polypropyleen drijft op het water en wordt van het oppervlak afgeschoven. De andere materialen (lood, loodverbindingen en polychlooretheen) zakken naar de bodem. Deze materialen worden naar een oven (ruimte III) overgebracht en daar samen met koolstof verhit tot 1400 °C. In deze oven smelt het lood en treden verschillende reacties op. Bij deze reacties ontstaan zogenoemde overgangsgassen. Koolstofdioxide, zwaveldioxide en waterstofchloride vormen de hoofdbestanddelen van deze overgangsgassen. In ruimte III ontstaat ook vloeibaar lood uit de loodverbindingen.

- 2p 17 Wat is de naam van de scheidingsmethode die wordt toegepast in ruimte II? Geef ook aan op het verschil in welke stoffeigenschap deze methode berust.

Noteer je antwoord als volgt:

De scheidingsmethode is ..... en deze methode berust op het verschil in .....



Zwavedioxide en waterstofchloride worden uit de ovengassen verwijderd. Op de uitwerkbijlage is het blokschema uitgebreid met de ruimtes IV tot en met VII. Met behulp van dat uitgebreide blokschema kan de verwijdering van zwavedioxide en waterstofchloride uit de ovengassen worden weergegeven.

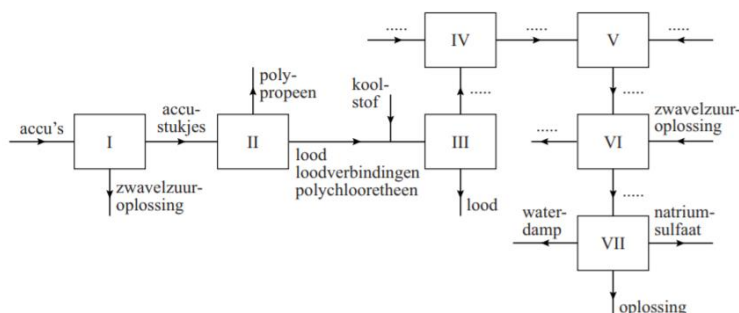
De verwijdering van zwavedioxide en waterstofchloride verloopt als volgt:

- In ruimte IV worden de ovengassen in contact gebracht met een overmaat natronloog. Hierbij ontstaan opgelost natriumsulfiet, opgelost natriumchloride en opgelost natriumcarbonaat.
- In ruimte V worden de sulfietionen met behulp van zuurstofmoleculen omgezet tot sulfaationen.
- In ruimte VI wordt zoveel zwavelzuuroplossing toegevoegd dat alle hydroxide-ionen worden omgezet tot watermoleculen en alle carbonaationen worden omgezet tot koolstofdioxidemoleculen.
- In ruimte VII wordt de oplossing gedeeltelijk ingedampd. Het natriumsulfaat dat daarbij uitkristalliseert, kan worden gebruikt bij het maken van glas of wasmiddel.

- 4p **20** Noteer in het blokschema op de uitwerkbijlage letters van de onderstaande stoffen bij de juiste pijlen. Houd er rekening mee dat sommige letters bij meer dan één pijl kunnen voorkomen.

- A koolstofdioxide
- B natronloog
- C opgelost natriumcarbonaat
- D opgelost natriumchloride
- E opgelost natriumsulfaat
- F opgelost natriumsulfiet
- G waterstofchloride
- H zuurstof
- I zwavedioxide

20



- 2p 21 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt in ruimte V.
- 2p 22 Geef twee redenen waarom in ruimte VI een zwavelzuuroplossing wordt toegevoegd en niet een oplossing van salpeterzuur. Maak hierbij onder andere gebruik van het blokschema op de uitwerkbijlage.

[uitlegfilmpje](#)



“Elke reactie waaruit energie vrijkomt, wordt wel ergens door een bacterie benut”, stelt de Nijmeegse wetenschapper prof. Mike Jetten. Hij ontdekte

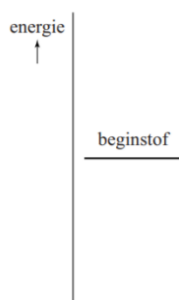
- 2p 28 Kan de uitspraak van Jetten in de regels 1 en 2 slaan op de ontleding van NO? Motiveer je antwoord met behulp van Binas-tabel 57A.

## 2016 II

### tekstfragment

1 Met behulp van (groene) stroom kan water worden ontleed tot zuurstof en  
2 waterstof. Waterstof is een grondstof voor de chemische industrie en kan  
3 dienen als energiebron voor brandstofcelvoertuigen. Ook kan waterstof  
4 door reactie met koolstofdioxide worden omgezet tot methaan. Deze  
5 reactie wordt methanisering genoemd. Het geproduceerde methaan kan  
6 worden ingevoerd in het aardgasnet of – in vloeibare of samengeperste  
7 vorm – worden gebruikt als brandstof voor bijvoorbeeld auto's.  
8 De zuurstof die bij de elektrolyse ontstaat, kan worden gebruikt in een  
9 vergassingsinstallatie, waarin biomassa wordt vergast tot 'synthesegas':  
10 een mengsel van koolstofmonoïoxide en waterstof. Hierbij ontstaat ook  
11 een beperkte hoeveelheid koolstofdioxide, die wordt gebruikt voor de  
12 methanisering. Synthesegas is een waardevolle grondstof voor de  
13 chemische industrie.

- 2p 21 Geef de reactievergelijking van deze elektrolyse (regels 1 en 2).
- 2p 22 Geef aan of elektrolyse een endotherm of een exotherm proces is. Licht je antwoord toe aan de hand van een gegeven in het tekstfragment.
- 2p 23 Maak op de uitwerkbijlage het energiediagram van de elektrolyse af. Noteer daarin, met de bijbehorende bijschriften, het energieniveau van de geactiveerde toestand en het energieniveau van de reactieproducten.

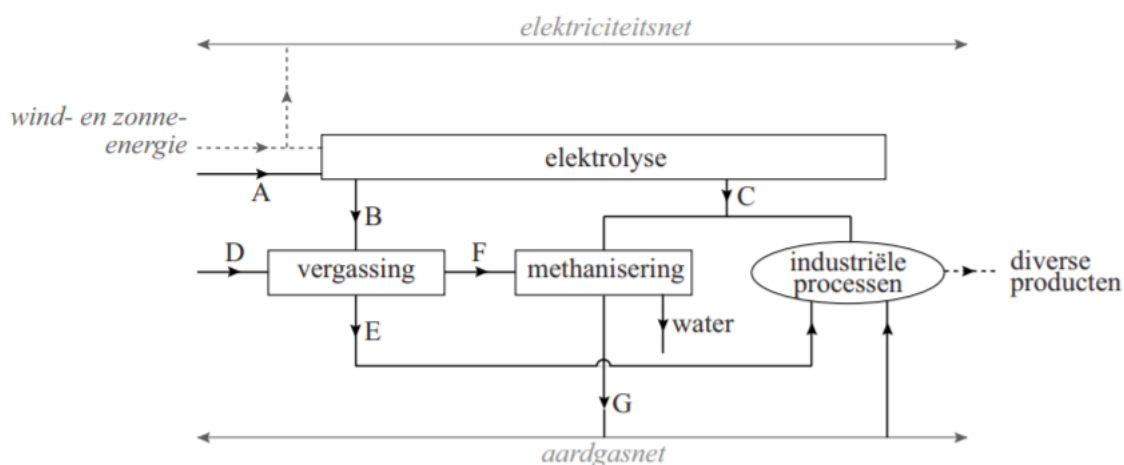


Bij de methanisering (regels 3 tot en met 5) wordt waterstof exotherm omgezet tot methaan volgens:



Bij de vergassing (regels 8 tot en met 10) wordt vaste biomassa bij hoge temperatuur omgezet tot voornamelijk synthesegas. Dit kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de productie van vloeibare koolwaterstoffen.

Hieronder zijn de processen die zijn beschreven in het tekstfragment, schematisch en vereenvoudigd weergegeven. Dit schema is onvolledig. Bij de stofstromen A t/m G ontbreken de namen.



3p **26** Geef de ontbrekende namen.

Noteer je antwoord als volgt:

A: ... E: ...

B: ... F: ...

C: ... G: ...

D: ...



[Uitlegfilmpje](#)



Hieronder is een voorschrift weergegeven waarmee door middel van dunne-laag-chromatografie de aanwezigheid van de pigmenten kan worden onderzocht.

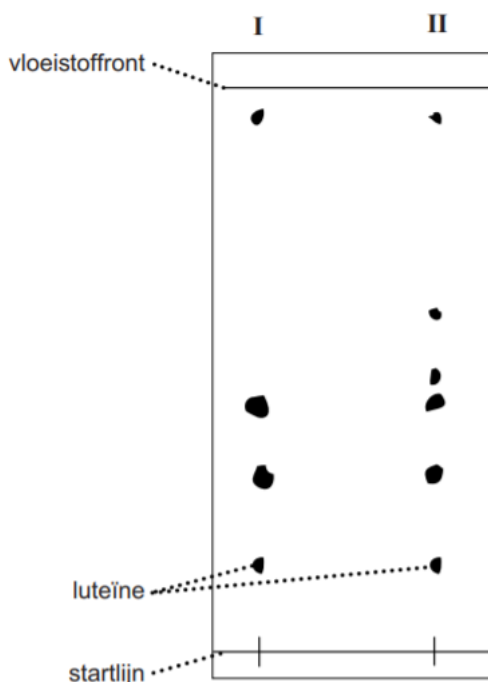
- stap 1 Wrijf een mengsel van 0,50 gram spinazie, 0,50 gram watervrij magnesiumsulfaat en 1,0 gram zand zo fijn mogelijk.
- stap 2 Doe dit mengsel in een reageerbuis. Voeg 2,0 mL aceton toe en schud stevig.
- stap 3 Wacht tot de vaste stof naar de bodem is gezakt.
- stap 4 Breng met een pipet een klein beetje van de heldere, groene vloeistof aan op de startlijn van een dunne-laagplaat.
- stap 5 Plaats de dunne-laagplaat in een afsluitbare bak met een laagje loopvloeistof. Gebruik hiervoor een mengsel van petroleumether cyclohexaan, ethylacetaat, aceton en methanol. Sluit de bak.
- stap 6 Haal na verloop van tijd de dunne-laagplaat uit de bak en geef direct met een potlood aan waar het vloeistoffront is gekomen.

Bij stap 2 en bij stap 3 wordt een scheidingsmethode gebruikt.

- 2p **32** Noem deze scheidingsmethodes.  
Noteer je antwoord als volgt:  
stap 2: ...  
stap 3: ...

Nick en Simon voeren het voorschrift uit. Ze gebruiken zowel verse spinazie als diepvriesspinazie. Nadat ze van beide een beetje vloeistof hebben aangebracht op de startlijn, verkrijgen ze het chromatogram. Dit chromatogram is afgebeeld in figuur 2. Hierbij zijn de startlijn, het vloeistoffront en de vlekken van luteïne aangegeven.

**figuur 2**



- 2p **33** Leg uit dat het deel van het chromatogram onder II hoort bij diepvriesspinazie.

Bij dunne-laagchromatografie wordt het begrip  $R_f$ -waarde gebruikt. Onder de  $R_f$ -waarde wordt verstaan:

$$R_f = \frac{\text{de door de stof afgelegde afstand}}{\text{afstand tussen startlijn en vloeistoffront}}$$

Simon berekent met behulp van het chromatogram de  $R_f$ -waarde van luteïne. Deze  $R_f$ -waarde verschilt van de  $R_f$ -waarde in Binas-tabel 73. Dat verbaast Simon helemaal niet. Hij zegt: "De oplosbaarheid van luteïne in de loopvloeistof is bij onze proef anders." Nick zegt: "Dat hoeft niet zo te zijn, de  $R_f$ -waarde kan ook anders zijn doordat een andere stofeigenschap verschilt."

- 1p **34** Geef een argument dat Simon kan gebruiken om zijn uitspraak te ondersteunen.
- 2p **35** Geef aan welk verschil Nick bedoelt en licht je antwoord toe.  
Noteer je antwoord als volgt:  
verschil: ...  
toelichting: ...



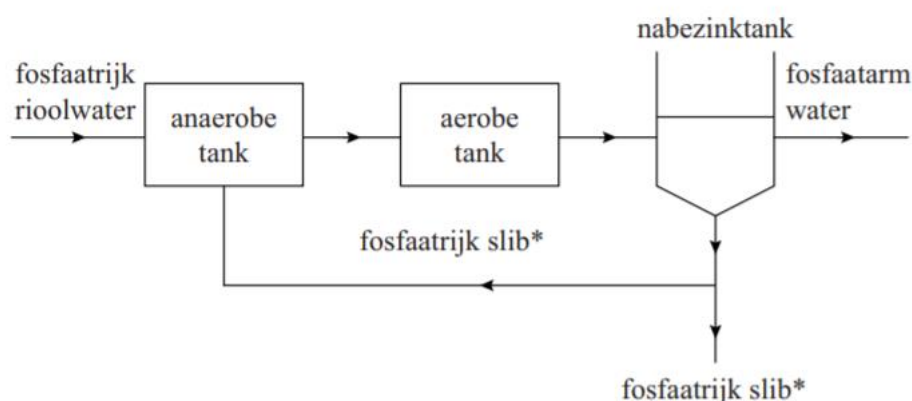


[Uitlegfilmpje](#)

2017 I

Rioolwater bevat ook fosforverbindingen die veelal worden aangeduid als fosfaat. In een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) wordt rioolwater gezuiverd. De gezuiverde uitstroom van een RWZI wordt geloosd op het oppervlaktewater. In steeds meer RWZI's wordt fosfaat biologisch verwijderd met het zogenoemde Bio-P proces. In figuur 1 is dit continuproces schematisch weergegeven.

**figuur 1**



\* slib = waterige biomassa, bestaande uit o.a. bacteriën

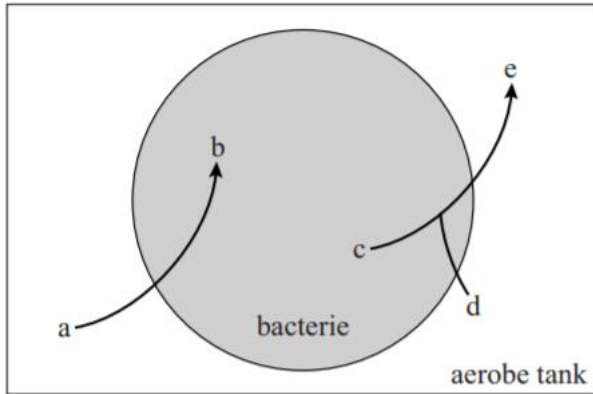
In het Bio-P proces wordt gebruikgemaakt van speciale bacteriën. Deze zetten fosfaat om tot polyfosfaat dat zij opslaan als energievoorraad. In het Bio-P proces zijn afwisselend anaerobe (zuurstofloze) en aerobe (zuurstofrijke) omstandigheden nodig.

In de anaerobe tank nemen de bacteriën koolstofverbindingen op uit het rioolwater, zetten die om tot polyhydroxybutyraat (PHB) en slaan het PHB op. Voor de omzetting van koolstofverbindingen tot PHB is energie nodig. De bacteriën halen deze energie uit de afbraak van polyfosfaat tot fosfaat. Het fosfaat wordt uitgescheiden en komt weer in het water terecht.

In de aerobe tank zetten de bacteriën PHB om tot koolstofdioxide en water. De energie die hierbij vrijkomt, gebruiken ze om zich te vermeerderen. Daardoor neemt het aantal bacteriën toe en dus ook de hoeveelheid slib.

De bacteriën in de aerobe tank nemen fosfaat op en zetten dit om tot polyfosfaat. De hoeveelheid fosfaat die hierbij wordt opgenomen, is veel groter dan door de bacteriën in de anaerobe tank is afgegeven.

De omzettingen die in de bacteriën in de aerobe tank plaatsvinden, zijn hieronder schematisch vereenvoudigd weergegeven:



- 2p 19 Geef de namen van de stoffen die bij de letters a tot en met e geplaatst moeten worden.

Maak een keuze uit:

fosfaat, koolstofdioxide + water, polyfosfaat, PHB, zuurstof.

Noteer je antwoord als volgt:

a: ...

b: ...

c: ...

d: ...

e: ...

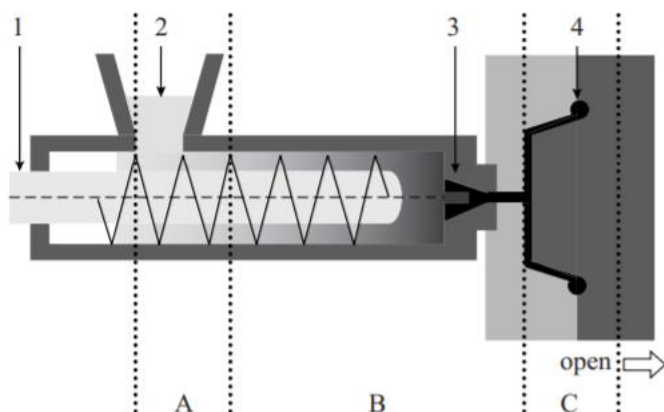
- 2p 20 Leg uit, aan de hand van de informatie over het Bio-P proces, of de omzetting van polyfosfaat tot fosfaat een endotherm of een exotherm proces is.

[Uitlegfilmpje](#)



Voorwerpen van Stanyl worden geproduceerd met behulp van de techniek spuitgieten. In figuur 2 is een schematische tekening weergegeven van een machine waarmee deze techniek wordt uitgevoerd.

**figuur 2**



Bij de vultrechter (2) worden Stanylkorrels in de spuitgietmachine gebracht. Deze korrels worden verwarmd en de ronddraaiende schroef (1) zorgt voor verplaatsing van Stanyl. Via de spuitmond (3) wordt Stanyl in een mal (4) geperst zodat het voorwerp in de gewenste vorm stolt.

De producent van Stanyl adviseert bepaalde temperaturen voor de drie zones die in figuur 2 zijn aangegeven.

Bij die temperaturen verloopt het spuitgieten optimaal.

De producent geeft de volgende temperatuurtrajecten voor de drie zones:

- 80 - 120 °C
- 280 - 320 °C
- 305 - 335 °C

Met behulp van het smeltpunt van Stanyl (295 °C) kan worden afgeleid welk temperatuurtraject bij welke zone hoort.

2p 28 Geef aan welk temperatuurtraject bij welke zone hoort.

Noteer je antwoord als:

zone A: ...

zone B: ...

zone C: ...



[Uitlegfilmpje](#)

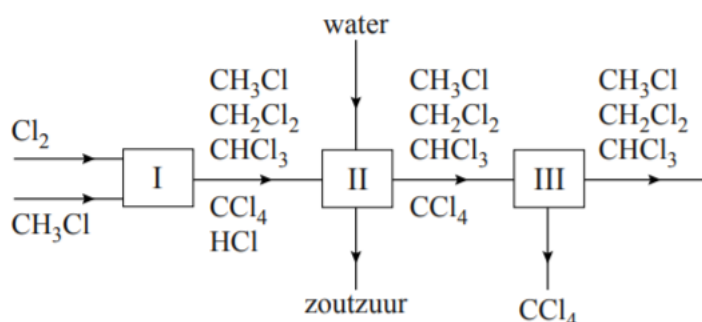
2017 II

## De productie van dichloormethaan

Dichloormethaan ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) wordt onder meer gebruikt als oplosmiddel en toegepast als verfabijsmiddel en ontvettingsmiddel. In een fabriek wordt dichloormethaan geproduceerd uit chloor en chloormethaan.

In blokschema 1 is een gedeelte van het productieproces van dichloormethaan vereenvoudigd weergegeven.

**blokschema 1**





In ruimte I treden drie reacties op.



Het gasmengsel dat is ontstaan in ruimte I wordt naar ruimte II geleid.  
In ruimte II vindt een eerste scheiding plaats. Het overgebleven gasmengsel wordt daarna in ruimte III door middel van destillatie verder gescheiden.

In tabel 1 staan gegevens van de stoffen in het gasmengsel dat in ruimte I ontstaat.

**tabel 1**

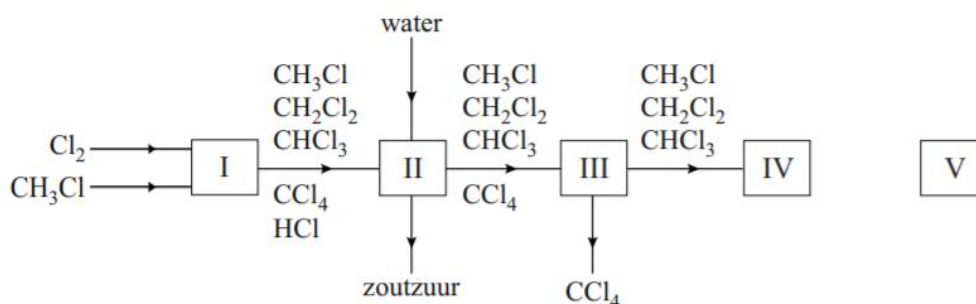
molecuulformule	molaire massa (g mol <sup>-1</sup> )	kookpunt (K bij $p = p_0$ )
CH <sub>3</sub> Cl	50,48	249
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	84,93	313
CHCl <sub>3</sub>	119,4	334
CCl <sub>4</sub>	153,8	350
HCl	36,46	188

- 1p **18** Geef de structuurformule van dichloormethaan.
- 2p **19** De reacties die optreden in ruimte I zijn van hetzelfde type. Welk type reactie is dat? Licht je antwoord toe.
- 2p **20** Bereken de atoomeconomie voor de vorming van dichloormethaan volgens reactie 1. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7 en geef je antwoord in gehele procenten.
- 2p **21** Leg uit aan de hand van blokschema 1 van welke scheidingsmethode gebruik wordt gemaakt in ruimte II.
- 2p **22** Geef de temperatuurgrenzen in Kelvin waarbinnen tetrachloormethaan nog als enige bestanddeel vloeibaar is, zodat het in ruimte III als residu afgescheiden kan worden. Neem aan dat voor de druk geldt dat  $p = p_0$ . Noteer je antwoord als volgt:  
ondergrens: net boven ...  
bovengrens: net onder ...

Op de uitwerkbijlage is blokschema 1 uitgebreid met ruimte IV en ruimte V. In ruimte IV wordt  $\text{CH}_3\text{Cl}$  gescheiden van het mengsel dat ruimte III verlaat en gerecirculeerd. In ruimte V wordt ten slotte het overgebleven mengsel van  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  en  $\text{CHCl}_3$  gescheiden.

- 2p **23** Geef in het blokschema op de uitwerkbijlage de ontbrekende stofstromen en de bijbehorende stoffen op de juiste wijze weer.

**23**



Sinds 2008 is het gebruik van dichloormethaan door particulieren verboden. Verpakkingen met dichloormethaan bevatten het gevaarsymbool dat hiernaast is weergegeven.



- 1p **25** Geef een reden om het gebruik van dichloormethaan door particulieren te verbieden. Maak gebruik van Binas-tabel 97B of ScienceData-tabel 38.1.

[uitlegfilmpje](#)





## Begrippenlijst scheikunde havo

Via de linkjes kom je op een filmpje waarin het begrip verder wordt uitgelegd.

**actieve site** / actieve plaats de plek van een enzym waar een substraat bindt.

**activeringsenergie** verschil in energie tussen de geactiveerde toestand en het energieniveau van de beginstoffen, hoe groter de activeringsenergie, hoe langzamer een reactie verloopt.

**additie** reactie waarbij een C=C binding een C-C binding wordt en 2 stoffen reageren tot 1 stof.

**additiepolymeer** polymeer dat ontstaan is door dubbele bindingen die openklappen. Het monomeer is een alkeen, in het polymeer zitten geen C=C bindingen, de naam van het polymeer eindigt op -een.

**ADI-waarde** (binas 95) Aanvaardbare Dagelijkse Inname in mg per kg lichaamsgewicht

**adsorberen** aanhechten, **scheidingsmethode** die gebruikt maakt van een verschil in aanhechtingsvermogen

**aflopende reactie** reactie die geen evenwichtsreactie is, uiteindelijk worden alle beginstoffen die kunnen reageren omgezet

**aggregatietoestand** (fase) vast (s) vloeibaar (l) gas (g) of opgelost in water (aq)

**alkanen** (binas 66D)  $C_nH_{2n+2}$  verzadigde koolwaterstoffen

**alkenen** (binas 66D)  $C_nH_{2n}$  onverzadigde koolwaterstoffen, bevatten 1 C=C binding

**alkanol** alkaan waarbij 1 H vervangen is door een -OH groep.

**amine** (binas 66D) koolstofverbinding met een -NH<sub>2</sub> groep

**apolaire stof** hydrofobe stof, lost slecht op in water

**atomaire massa eenheid** eenheid die gebruikt wordt voor molecuulmassa, massa van een proton/neutron uitgedrukt in u

**atoombinding** (=covalente binding), binding tussen twee niet-metaalatomen, ook aanwezig in de gasfase

**atoomeconomie** (binas 37H en 97F) de massa van het gewenste product/ massa van de beginstoffen x 100 %

**atoomrooster** (= covalent netwerk) stof waarin alle atomen met elkaar verbonden zijn met atoombinding, hierdoor is de stof heel stevig, bijvoorbeeld diamant (binas 67 E)

**base** deeltje dat H<sup>+</sup> opneemt, bekende basen zijn NH<sub>3</sub>, OH<sup>-</sup>, O<sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, zie verder binas 49

**batchproces** proces waarbij de reactor telkens na de reactie leeggehaald wordt

**bezinken** scheidingsmethode waarmee je door een verschil in dichtheid emulsies en suspensies kunt scheiden

**bijproduct** ongewenst product dat ontstaat door een nevenreactie, dat is een andere reactie dan de gewenste reactie

**biobrandstof** brandstof die gemaakt is van planten, de CO<sub>2</sub> die vrij komt bij het verbranden is kort daarvoor door de plant opgenomen via fotosynthese

**biodegradeerbaar** stof die door micro-organismen afgebroken kan worden zoals bio-plastic

**biodiesel** biobrandstof die ontstaat door omestering van een olie met methanol

**bioethanol** ethanol gemaakt door vergisting van suikers

**biogas** gas dat gemaakt wordt van planten, als je dit verbrandt komt er in theorie evenveel CO<sub>2</sub> vrij als de planten via fotosynthese hebben opgenomen, het is dan CO<sub>2</sub> neutraal.

**biogebaseerd** stof die gemaakt is van hernieuwbare grondstoffen zoals zetmeel of cellulose die door planten worden gemaakt.

**blokschema** (binas 38B) schema waarin een industrieel proces wordt weergegeven, de pijlen geven stofstromen aan en de blokken een reactor/scheiding/opslagen/verwarmen/afkoelen.

**brandstofcel** elektrochemische cel waarbij zuurstof als oxidator reageert en de brandstof als reductor

**broeikaseffect** gasen als CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> houden de warmte-uitstraling van de aarde tegen, waardoor deze opwarmt.

**carbonzuur** (binas 66D) Zuur met daarin minimaal 1 -COOH groep. Bijvoorbeeld ethaanzuur CH<sub>3</sub>COOH.

**C/H verhouding** verhouding tussen de elementen C en H in een brandstof, hoe meer C er naar verhouding is, hoe meer CO<sub>2</sub> er wordt uitgestoten, dus hoe meer het broeikaseffect wordt versterkt.  
**chromatografie** scheidingsmethode waarmee (kleur)stoffen worden gescheiden door een verschil in aanhechtingsvermogen en een verschil in oplosbaarheid in de loopvloeistof.

**concentratiebreuk** onderdeel van de evenwichtsvoorwaarde, de concentraties van de stoffen na de pijl staan rechts en die van voor de pijl links. Alleen stoffen met de fase (aq) of (g) komen in de evenwichtsvoorwaarde en de coëfficiënten zie je terug als machten.

**condensatiereactie** reactie waarbij doordat OH groepen met OH of NH groepen reageren onder afsplitsing van water

**condensatiepolymeer** bij het vormen van een condensatiepolymeer ontstaat naast het polymeer ook een stof met kleine moleculen, meestal water. Polyesters en polyamiden zijn condensatiepolymeren.

**composiet** materiaal dat bestaat uit twee of meer bestanddelen, bijvoorbeeld gewapend beton.

**continu proces** proces in een fabriek waarbij de beginstoffen continu aangevoerd worden en de reactieproducten continu afgevoerd worden.

**copolymeer** polymeer dat gemaakt is van twee verschillende monomeren

**corrosie** aantasting van een metaal bijvoorbeeld door een reactie met zuurstof en water, corrosie bij ijzer heet roesten

**covalente binding** (=atoombinding) binding tussen twee atomen in een molecuul

**covalentie** het aantal bindingen dat een atoomsoort kan maken. Je gebruikt dit alleen bij niet-metalen. Waterstof en de halogenen hebben covalentie 1. Zuurstof, zwavel en selenium covalentie 2. Stikstof en fosfor covalentie 3 en koolstof covalentie 4.

**cradle-to-cradle** in het Nederlands: van wieg tot wieg, het betekent dat bij het ontwerpen van een product rekening gehouden wordt met hergebruik.

**crosslink** (dwarsverbinding) verbinding (met atoombindingen) tussen polymeerketens. Je krijgt dan een netwerk, zulke polymeren zijn thermoharders.

**destillaat** de stof die bij destillatie het laagste kookpunt heeft en na condenseren weer een vloeistof is geworden

**destilleren** scheidingsmethode waarbij je een oplossing scheidt door een verschil in kookpunt.

**dichtheid** (binas 8 t/m 12) massa van 1 m<sup>3</sup> van een bepaalde stof, in binas 8 t/m 11 is de eenheid voor vaste stoffen en vloeistoffen g/cm<sup>3</sup> of g/mL. De dichtheid van gasen in tabel 12 is in g/L en geldt alleen bij T=273 K.

**dipool** (binas 55) molecuul waarvan de ene kant een beetje positief is geladen en de andere kant een beetje negatief

**dipool-dipool binding** aantrekkingskracht tussen dipoolmoleculen, de negatieve kant van het ene molecuul trekt de positieve kant van het andere molecuul aan.

**disaccharide** (binas 67F2) koolhydraat dat bestaat uit 2 ringstructuren, bijvoorbeeld maltose

**edelgasen** elementen uit groep 18 van het periodiek systeem, edelgasen reageren vrijwel nergens mee

**E-factor** (zie binas 37H en 97F voor de formule) hoeveel kg afval er ontstaat per kilogram gewenst product

**eiwit** (binas 67H) stof die is opgebouwd uit aminozuren die via peptidebindingen aan elkaar gebonden zijn

**elektrochemische cel** redoxreactie waarbij elektronen niet rechtstreeks maar via een draad van reductor naar oxidator gaan, waardoor je stroom krijgt. Een elektrochemische cel levert energie, chemische energie wordt omgezet in elektrische energie.

**elektrode** staafje dat gebruikt wordt bij een elektrochemische cel, bij een elektrochemische cel reageert de oxidator bij de positieve elektrode.

**elektrolyse** ontledingsreactie waarbij elektrische energie wordt gebruikt

**elektrolyt** stof/oplossing die de stroom geleidt, dit is bijvoorbeeld nodig voor een gesloten stroomkring in een elektrochemische cel

**elektrovalentie** (binas 40A helemaal rechts) de lading van een ion

**elementkringloop** (binas 93F,G) kringloop van een element dat steeds wordt ingebouwd in andere moleculen/ionen

**emulgator** stof die ervoor zorgt dat een hydrofobe en een hydrofiel stof toch kunnen mengen

**emulsie** mengsel van een hydrofobe en een hydrofiel vloeistof die slecht met elkaar mengen

**endotherm** Bij een endotherme reactie is voortdurend energie nodig, de reactiewarmte van een endotherme reactie is een positief getal.

**energiediagram** diagram waarin is het energie-effect van een reactie is af te lezen, het energieniveau van de beginstoffen, de geactiveerde toestand en de reactieproducten staan er in. Bij een endotherme reactie ligt het energieniveau van de reactieproducten boven dat van de beginstoffen. De geactiveerde toestand is altijd het hoogste energieniveau, een katalysator verlaagt het energieniveau van de geactiveerde toestand.

**energie effect** hoeveel warmte er nodig is/ontstaat bij een proces, bij een positief getal is het endotherm en bij een negatief getal exotherm

**enkelvoudig onverzadigd**: stof waar 1 x een C=C binding in voorkomt en verder alleen enkele bindingen tussen C-atomen.

**enzym** biologische katalysator, enzymen werken (stereo)specifiek, ze zetten maar 1 stof in 1 (stereoisomeer van) een andere stof. Enzymen werken het beste bij hun pH optimum en temperatuur optimum.

**enzymsubstraat complex** enzym dat gebonden is aan de stof die reageert (het substraat), het substraat is dan gebonden aan de actieve site van het enzym.

**essentieel aminozuur** (binas 67H1 voetnoot 2) aminozuren die mensen niet zelf kunnen aanmaken en die je dus via het voedsel binnen moet krijgen.

**ester** stof ontstaat bij de reactie tussen een alcohol en een carbonzuur, bevat -C-O-C=O . Bij de vorming

**eutrofiëring** door overbesteding bereiken meststoffen het grond- en oppervlaktewater waardoor bepaalde organismen(vaak algen) andere organismen verdringen

**evenwicht** Een evenwichtsreactie is een reactie waarbij de reacties naar links en rechts plaatsvinden. Als het evenwicht zich heeft ingesteld gaat de reactie naar links even snel als de reactie naar rechts, dat heet een dynamisch evenwicht.

**exotherm** bij een exotherm proces komt netto energie vrij, de reactiewarmte van een exotherme reactie is een negatief getal

**extraheren** scheidingsmethode waarbij je een mengsel van vaste stoffen scheidt dankzij een verschil in oplosbaarheid in het extractiemiddel, bijvoorbeeld thee zetten.

**fase-overgang** overgang van de ene fase naar de andere: smelten ( $s \rightarrow l$ ), stollen( $l \rightarrow s$ ), rijpen( $g \rightarrow s$ ), sublimeren( $s \rightarrow g$ ), condenseren ( $g \rightarrow l$ ) en verdampen ( $l \rightarrow g$ ). Fase-overgangen zijn geen chemische reacties.

**filtraat** vloeistof die door het filter is gegaan bij filtratie

**fosfolipide** (binas 67G3) bouwsteen van het celmembraan, het bestaat uit een hydrofiel kop met daarin een fosfaatgroep en hydrofobe staarten

**fossiele brandstof** brandstof die gedurende miljoenen jaren ontstaan is uit resten van planten en dieren, bijvoorbeeld steenkool, aardolie en aardgas.

**fotolyse** [ontledingsreactie](#) waarbij licht energie levert

**fotosynthese** vindt plaats in planten:  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$

**geactiveerde toestand** (ook wel overgangstoestand) hoogste energieniveau in een energiediagram, hoe groter het verschil tussen de beginstoffen en de geactiveerde toestand, hoe groter de activeringsenergie en hoe langzamer de reactie.

**gefractioneerde destillatie** destillatie waarbij geen zuivere stoffen ontstaan maar mengsel van stoffen met kookpunten die bij elkaar in de buurt liggen, ruwe aardolie wordt zo gescheiden in fracties.

**grenswaarde** (binas 97A) hoeveel er van een stof in de lucht aanwezig mag zijn in  $\text{mg/m}^3$ .

**halfreactie** (binas 48) helft van een redoxreactie, in een halfreactie staan altijd elektronen. Bij een oxidator staan de elektronen links van de pijl en bij een reductor rechts van de pijl.

**halogenen** elementen uit groep 17 van het periodiek systeem: F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub> en At<sub>2</sub>

**hydraat** zie zouthydraat

**hydratatie** omringd door water, bijvoorbeeld een positief ion waarbij de beetje negatief geladen O-kanten van watermoleculen zich aan binden.

**hydrofiel** stof die goed oplost in water, bevat vaak -OH of NH.

**hydrofoob** bang voor water, apolaire stof die slecht oplost in water

**hydrolyse** reactie waarbij een stof met water reageert waarbij kleinere stoffen ontstaan, bv eiwit+water → aminozuren, ester + water → alcohol + carbonzuur, polysacharide + water → monosachariden.

**indampen** scheidingsmethode waarbij je een oplossing verwarmt en de stof(fen) met het laagste kookpunt laat verdampen

**indicator** bij zuur-base indicatoren hangt de kleur af van de pH (binas 52A)

**insteltijd evenwicht** tijd die het duurt vanaf het moment van het bij elkaar voegen van de stoffen tot de concentraties van de stoffen niet meer veranderen en het evenwicht zich dus heeft ingesteld.

**ionbinding**: binding tussen een positief ion en een negatief ion in een vast of vloeibaar zout

**ion-dipoolbinding** aantrekkingskracht tussen een ion en een dipool, bijvoorbeeld de negatieve kant van een dipoolmolecuul (bv de O in H<sub>2</sub>O) wordt aangetrokken door een positief ion.

**ionrooster** rooster van een zout waarin de positieve ionen en negatieve ionen om en om gerangschikt zijn.

**isomeren** stoffen met dezelfde molecuulformule en een verschillende structuurformule, het zijn dus verschillende stoffen

**karakteristieke groep** (binas 66D) groep die voorkomt in de naamgeving van een koolstofverbindingen, bijvoorbeeld een zuurgroep, alcoholgroep of aminegroep.

**katalysator** stof die een bepaalde reactie versnelt zonder verbruikt te worden, komt niet voor in de reactievergelijking

**ketenlengte** (=polymerisatiegraad) het aantal monomeren dat in een polymeerketen aan elkaar gekoppeld is

**K, L- schil** Volgens het atoommodel komen elektronen voor in schillen, maximaal 2 elektronen in de K-schil, maximaal 8 in de L schil.

**koolhydraat** (binas 67F) stof die voldoet aan de formule C<sub>n</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>m</sub>, een koolhydraat bestaat uit 1 of meer "suikerringen". Glucose is een bekend monosacharide.

**koolstofkringloop** (binas 93F) kringloop waarin je ziet in hoe het element koolstof in telkens andere stoffen/ionen terug komt. Een korte kringloop is dat CO<sub>2</sub> via fotosynthese glucose wordt, glucose wordt omgezet in alcohol en alcohol verbrandt waarbij weer CO<sub>2</sub> ontstaat.

**koolwaterstof** stof die alleen uit de elementen C en H bestaat

**kraken** reactie waarbij grotere koolwaterstoffen worden omgezet in kleinere koolwaterstoffen

**kristalwater** water dat gebonden zit in een kristalrooster van een zout, genoteerd als •nH<sub>2</sub>O waarbij je voor n een getal invult. Koper(II)sulfaatpentahydraat is bijvoorbeeld CuSO<sub>4</sub>•nH<sub>2</sub>O.

**legering** mengsel van metalen

**lineaire structuur** polymeren die bestaan uit ketens die geen dwarsverbindingen met elkaar vormen hebben een lineaire structuur. Zulke polymeren zijn thermoplasten.

**loopvloeistof** vloeistof die gebruikt wordt bij chromatografie

**macroniveau** het niveau van stoffen

**massagetal**: de som van het aantal protonen en neutronen in een bepaald atoom

**meervoudig onverzadigd** stof waarin meerder C=C bindingen voorkomen, bijvoorbeeld linolzuur (zie binas 67G2)

**membraan** laagje dat alleen bepaalde deeltjes, bijvoorbeeld positieve ionen, door laat. Een membraan kan je gebruiken om twee halfcellen van elkaar te scheiden in een elektrochemische cel, zodat de oxidator en reductor niet rechtstreeks met elkaar in contact kunnen komen.

**mesoniveau** het niveau van groepen moleculen, bv vezels

**metaalbinding** binding tussen metaalatomen in een vast of vloeibaar metaal (zie binas 99)

**methyl** zijgroep -CH<sub>3</sub> die aan een langere koolstofketen zit. Uitleg: [systematische naamgeving](#)

**microniveau** het niveau van moleculen, ionen, atomen en bindingen

**mobiele fase** de vloeistof bij papierchromatografie

**mol** eenheid van chemische hoeveelheid,  $6,02 \cdot 10^{23}$  deeltjes

**molaire massa** (binas 98/99) de massa van 1 mol van een bepaalde stof, eenheid g/mol

**molariteit** de concentratie van een stof in een oplossing in molair (M)  $1 \text{ M} = 1 \text{ mol/L}$

**moleculaire stof** stof die is opgebouwd uit molecuul, die bestaan alleen uit niet-metaal atomen (zie binas 99)

**molecuulbinding** (=vanderwaalsbinding) binding tussen moleculen in een moleculaire stof die in de vaste of vloeibare fase is.

**monomeer** beginstof waarmee je een polymeer kunt maken

**monomeereenheid** (=repeterende eenheid) stukje in het polymeer dat zich steeds herhaalt en afkomstig is van 1 monomeer.

**monosacharide** (binas 67F1) koolhydraat dat bestaat uit 1 ringstructuur, bijvoorbeeld glucose

**neerslagreactie** (binas 45A) reactie waarbij een vaste stof ontstaat als je oplossingen bij elkaar voegt

**netwerkstructuur** polymeer waarbij er dwarsverbindingen tussen de ketens zitten, je krijgt zo een netwerk, deze polymeren zijn thermoharders

**nevenreactie** andere reactie die optreedt naast de gewenste reactie, een nebenreactie levert bijproducten op

**NO<sub>x</sub>** mengsel van NO en NO<sub>2</sub> dat ontstaat in een verbrandingsmotor doordat stikstof en zuurstof met elkaar reageren. NO<sub>x</sub> zorgt voor verzuring en smogvorming.

**olie** (binas 67G) triglyceride van onverzadigde vetzuren

**ondermaat** een stof die helemaal reageert bij een reactie omdat er genoeg is van de andere beginstoffen.

**ontleding** reactie waarbij uit 1 beginstof meerdere reactieproducten ontstaan

**opladen** bij het opladen van een batterij keren de halfreacties die plaatsvinden bij stroomlevering om. Aan de positieve elektrode vindt dus de omgekeerde halfreactie plaats van de halfreactie van de oxidator (bij stroom leveren) plaats, dus daar reageert de reductor. [Hier](#) staat uitleg.

**oplosvergelijking** Bij [zouten](#) valt het zout uit elkaar ion ionen, bv  $\text{CaCl}_2 (\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Cl}^{-} (\text{aq})$ . Bij moleculaire stoffen vallen de moleculen niet uit elkaar, bv  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} (\text{s}) \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} (\text{aq})$

**overmaat** als er te veel is van een van de beginstoffen om helemaal te reageren omdat er niet genoeg is van een van de andere beginstoffen

**oxidator** (binas 48) deeltje dat een of meer elektronen opneemt

**peptide** eiwit een dipeptide bestaat bijvoorbeeld uit 2 aminozuren

**peptidebinding** binding tussen twee aminozuren in een eiwit die is ontstaan uit de reactie tussen een COOH en een NH<sub>2</sub> groep, waarbij O=C-NH de peptidebinding wordt en ook water ontstaat.

**pH** zuurgraad [pH oplossing zwak zuur berekenen](#)

**pH-optimum** pH waarbij een enzym het beste werkt

**pOH**  $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^{-}]$  [OH<sup>-</sup>] is de concentratie OH<sup>-</sup> in mol/L zie binas 37F  $\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$  bij T=298 K

**polaire atoombinding** atoombinding tussen twee atomen waarbij het ene atoom een beetje positief en het andere atoom een beetje negatief is geladen. Het verschil in elektronegativiteit (binas 40A) tussen de atomen waar de bindingen tussen zit is minimaal 0,5.

**polaire stof** stof waarvan de ene kant een beetje positief is geladen en de andere kant een beetje negatief. Bijvoorbeeld stoffen met een -OH of NH groep. Polaire stoffen lossen goed op in andere polaire stoffen zoals water.

**polyamide** polymeer dat ontstaan is door reacties tussen zuurgroepen en amine-groepen, in een polyamide komen peptidebindingen voor

**polyester** polymeer dat ester bindingen bevat, gemaakt van een stof die een alcohol en een zuurgroep bevat of van een diol en een dizuur

**polysacharide** (binas 67F3) polymeer gemaakt van monosachariden

**polymerisatiegraad** het aantal monomeren dat gemiddeld in een polymeerketen aan elkaar gekoppeld is



**ppb** parts per billion, je hebt massa-ppm en volume-ppm, massa-ppm bereken je door de massa van het geheel te delen door de massa van het geheel en dan keer  $10^9$  te doen.

**ppm** parts per million, je hebt massa-ppm en volume-ppm, massa-ppm bereken je door de massa van het geheel te delen door de massa van het geheel en dan keer  $10^6$  te doen.

**principes (uitgangspunten) van de groene chemie** (binas 97F) 12 punten die in binas97F staan en waar je op moet letten om een product te duurzaam mogelijk te maken

**proton** (binas 40A) positief geladen kerndeeltje, het aantal protonen van een atoom of ion is gelijk aan het atoomnummer van het atoomsoort.

**Q-factor** (binas 97F) getal dat aangeeft hoe vervuilend een stof is, water heeft een Q-factor van 0.

**reactiesnelheid** snelheid van een reactie uitgedrukt in  $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$

**reactiewarmte** hoeveelheid energie die vrij komt of nodig is voor een reactie in J/mol. Je moet erbij zetten om welke stof het dan gaat. Een negatief getal betekent een exotherme reactie en een positief getal een endotherme reactie. Met vormingswarmte kun je de reactiewarmte berekenen.

**reagens** stof waar je een andere stof mee aantoonst, bv kalkwater voor koolstofdioxide en wit kopersulfaat voor water.

**recirculatie** het hergebruik van stoffen in een blokschema, let erop dat je niet dezelfde stof als bij een ingaande pijl en bij een uitgaande pijl uit het blokschema hebt staan

**recycling** een afvalproduct wordt tot grondstof verwerkt

**redoxreactie** (binas 48) reactie waarbij een reductor een of meer elektronen af staat aan een oxidator. Je moet redoxreacties kunnen **herkennen**.

**reductor** (binas 48) deeltje dat elektronen af staat

**rendement** (binas 37H) massa werkelijke opbrengst/massa theoretische opbrengst  $\times 100\%$

**repeterende eenheid** (monomeereenheid) stukje dat zich steeds herhaalt in een polymeer

**residu** wat bij filteren achter blijft in het filter en bij destilleren in de destillatiekolf (de stof met het hoogste kookpunt)

**retentietijd** tijd die een stof erover doet om door een gaschromatograaf te gaan, de retentietijd zegt iets over welke stof je hebt

**significante cijfers** cijfers die relevant zijn gezien de nauwkeurigheid van je meetinstrument, hierbij tellen nullen voor een ander cijfer niet mee en nullen op een eind van een getal wel. Bij pH en pOH waarden zijn alleen de getallen achter de komma (decimalen) significante cijfers

**smog** mist die vervuild is door luchtvervuiling, onder andere veroorzaakt door  $\text{NO}_x$ , roet, koolstofmonoxide en onverbrande koolwaterstoffen

**rooster** manier waarop atomen ionen of moleculen gerangschikt zijn in een vaste stof

**stationaire fase** het papier bij papierchromatografie en de kolom bij gaschromatografie

**stikstofkringloop** (binas 93G) overzicht hoe het element stikstof van de ene naar de andere stof/ion wordt omgezet

**stofstroom** lijn met een pijl in een blokschema die aangeeft hoe de stoffen door het systeem gaan

**stoichiometrische verhouding** molverhouding waarin stoffen reageren volgens de reactievergelijking

**stroomgeleiding** wordt bij metalen veroorzaakt door vrije elektronen en bij vloeibare en in water opgeloste zouten door vrije elektronen

**substitutie** reactie waarbij atomen of groepen atomen uitwisselen. Bijvoorbeeld ethaan en chloor reageren tot chloorethaan en waterstofchloride. Voor deze reactie is lucht nodig.

**substraat** stof die bindt aan een enzym en door een enzym wordt omgezet

**suspensie** mengsel van een vaste stof en een vloeistof die slecht met elkaar mengen

**temperatuuroptimum** temperatuur waarbij een enzym het beste werkt

**thermoharder** polymeer die een netwerkstructuur heeft een daardoor niet zacht wordt of vervormt bij verhitten.

**thermolyse** ontledingsreactie waarbij warmte de vorm van energie is die de reactie op gang houdt.

**thermoplast** polymeer dat bestaat uit ketens die niet onderling verbonden zijn, het heeft een lineaire structuur. Thermoplasten worden zacht als je ze verhit.

**triglyceride** (binas 67G1) ester gemaakt van glycerol en drie vetzuren

**triviale naam** (binas 66A) niet officiële naam van een stof, bijvoorbeeld natronloog, de rationele naam daarvan is een oplossing van natriumhydroxide in water.

**Uv straling** straling waar C=C bindingen in een polymeer gevoelig voor zijn en die een molecuul kan omzetten in radicalen.

**vanderwaalsbinding** (=molecuulbinding) binding tussen moleculen in een moleculaire stof die in de vaste of vloeibare fase is.

**verbrandingswarmte** (binas 56) Hoeveel energie er vrij komt bij de verbranding van 1 mol van een stof, in de tabel staat het in  $10^5$  J/mol.

**verdelingsgraad** hoe fijn verdeeld een vaste stof is, ijzerpoeder heeft een grotere verdelingsgraad dan een spijker en reageert daarom sneller. Het wordt ook wel contactoppervlak genoemd. Je gebruikt dit begrip alleen bij vaste stoffen

**vergisting** reactie waarbij dankzij een gist een suiker wordt in alcohol en koolstofdioxide

**verhoudingsformule** formule van een zout waarin met zo klein mogelijke getallen is aangegeven wat de verhouding tussen positieve en negatieve ionen is.

**vet** (binas 67G) triglyceride van verzadigde vetzuren

**vetzuur** (binas 67G2) carbonzuur met een lange staart

**volledige verbranding** verbranding waarbij genoeg zuurstof aanwezig is, het element koolstof wordt dan omgezet in  $\text{CO}_2$ .

**vormingswarmte** (binas 57) hoeveel energie vrij komt of nodig is voor de vorming van 1 mol van een stof uit niet-ontleedbare stoffen (elementen), in J/mol. Let op de  $10^5$  boven in de tabel.

**warmtewisselaar** in twee buizen vloeien twee vloeistoffen met verschillende temperaturen in tegenovergestelde richting. Zo kun je energie besparen in een fabriek waar gekoeld en verwarmd moet worden.

**waterstofbrug** in vaste en vloeibare stoffen waarvan de moleculen een -NH en/of -OH groep bevatten, aantrekkingskracht tussen de H van het ene molecuul met de O of N van een ander molecuul. Let op: de H moet aan een O of N vast zitten.

**weekmaker** stof die wordt toegevoegd aan plastic, zodat het plastic flexibeler wordt. De weekmaker gaat tussen de ketens zitten en maakt de vanderwaalsbindingen tussen de ketens zwakker.

**zoutbrug** U-vormige buis met daarin een gel waarin een zout is opgelost die zorgt voor een gesloten stroomkring bij een elektrochemische cel.

**Zouthydraat** Zout waar kristalwater aan de ionen is gebonden in het ionrooster, genoteerd als  $\bullet n\text{H}_2\text{O}$ . Natriumcarbonaatdecahydraat is bijvoorbeeld  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \bullet 10\text{H}_2\text{O}$ .

**zwavelbrug** binding tussen twee zwavelatomen (uit cysteïne zijketens) in de tertiaire structuur van een eiwit.

**zure depositie** verzuring veroorzaakt door  $\text{SO}_2$  en  $\text{NO}_x$ , wordt vaak zuren regen genoemd

**zuur** deeltje dat  $\text{H}^+$  af kan staan, sterke zuren staan in binas tabel 49 boven  $\text{H}_3\text{O}^+$  en zwakke daaronder. Een oplossing van een sterk zuur noteer je als  $\text{H}^+/\text{H}_3\text{O}^+ + \dots$

**zuur base reactie** reactie waarbij een zuur een of meer  $\text{H}^+$  af staat aan een base, je moet deze reacties ook kunnen **herkennen**

**zwak zuur** (binas 49) zuur dat in binas tabel 49 onder  $\text{H}_3\text{O}^+$  staat en boven  $\text{H}_2\text{O}$ , het vormt een evenwichtsreactie in water, waarbij het gedeeltelijk wordt omgezet in  $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}^+$ .

**zwakke base** (binas 49) base die in water slechts voor een klein deel  $\text{H}^+$  opneemt, het vormt een evenwichtsreactie met water, waarbij water wordt omgezet in  $\text{OH}^-$  Zwakke basen staan in tabel 49 boven  $\text{OH}^-$  en onder  $\text{H}_2\text{O}$ .

## Binastabellen

Gebruik ook het register

8-12 dichtheid (let op bij gassen is de dichtheid bij  $T=273\text{ K}$  gegeven)

37 formules pH en pOH

40A elementen, atoomnummers en ladingen

42 smeltpunten en kookpunten.

45A oplosbaarheid zouten in water

52A indicatoren

57 vormingswarmte

65B kleuren van stoffen

66A triviale namen

66B formules

66C+D naamgeving koolstofchemie

67F koolhydraten

67G vetten

67H eiwitten

95B ADI-waarde

97A grenswaarden

97F groene chemie

98 molaire massa's

99 periodiek systeem

Gebruik ook het register!

[Welk soort vragen kun je verwachten op het examen in 5 filmpjes:](#)



Kijk natuurlijk ook goed naar de examens van voorgaande jaren.



[Examen 2018-I](#)



[Examen 2018-II](#)



[Examen 2019-I + II](#)



En dan nog een [filmpje voor de laatste dag voor het examen](#):

Vergeet niet om het laatste kwartier van het examen al je antwoorden nog eens rustig langs te lopen. Heel veel succes!!! Heb je nog vragen: <http://scheikundehavovwo.nl>.