

# Periodiek systeem der elementen

Greep	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	H 1,008																	He 4,003		
2	Li 6,941	Be 9,012												B 10,811	C 12,011	N 14,007	O 15,999	F 18,998	Ne 20,180	
3	Na 22,990	Mg 24,305												Al 26,982	Si 28,086	P 30,974	S 32,06	Cl 35,453	Ar 39,948	
4	K 39,098	Ca 40,078	Sc 44,008											Ga 69,723	Ge 72,63	As 74,922	Se 78,96	Br 79,904	Kr 83,8	
5	Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,91											In 114,818	Sn 118,71	Sb 121,76	Te 127,6	I 126,905	Xe 131,29	
6	Cs 132,905	Ba 137,33	La <sup>1)</sup> 138,91											Tl 204,38	Pb 207,2	Bi 208,98	Po 209	At 210	Rn 222	
7	Fr 223	Ra 226	Ac <sup>2)</sup> 227																	

Alaomnummer	Symbol	element	rel. atoommassa
21	Sc		
22	Ti		
23	V		
24	Cr		
25	Mn		
26	Fe		
27	Co		
28	Ni		
29	Cu		
30	Zn		
31	Ga		
32	Ge		
33	As		
34	Se		
35	Br		
36	Kr		
37	Rb		
38	Sr		
39	Y		
40	Zr		
41	Nb		
42	Mo		
43	Tc		
44	Ru		
45	Rh		
46	Pd		
47	Ag		
48	Cd		
49	In		
50	Sn		
51	Sb		
52	Te		
53	I		
54	Xe		
55	Cs		
56	Ba		
57	La <sup>1)</sup>		
58	Ce		
59	Pr		
60	Nd		
61	Pm		
62	Sm		
63	Eu		
64	Gd		
65	Tb		
66	Dy		
67	Ho		
68	Er		
69	Tm		
70	Yb		
71	Lu		
72	Hf		
73	Ta		
74	W		
75	Re		
76	Os		
77	Ir		
78	Pt		
79	Au		
80	Hg		
81	Tl		
82	Pb		
83	Bi		
84	Po		
85	At		
86	Rn		
87	Fr		
88	Ra		
89	Ac <sup>2)</sup>		
90	Th		
91	Pa		
92	U		
93	Np		
94	Pu		
95	Am		
96	Cm		
97	Bk		
98	Cf		
99	Es		
100	Fm		
101	Md		
102	No		
103	Lr		

1)	Lanthaniden	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
		140,12	140,91	144,24	(145)	150,4	151,96	157,25	158,9	162,5	164,93	167,26	168,93	173,04	174,97
2)	Actiniden	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
		232,04	231	238,03	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(257)	(255)	(257)

(1) Synthetisch element

## paragraaf

## experimenten

## Site

### 3.1 Energie

- 3.2 Kenmerken van een chemische reactie
- 3.1 Hoe goed kun je waarnemen?
  - 3.2 Zijn deze reacties exotherm of endotherm?

- 3.3 Reactieomstandigheden
- 3.3 Wanneer sloopt een reactie?
  - 3.4 Verandert de totale massa tijdens een reactie?
  - 3.5 E Wat is het verband tussen reactietijd en reactiesnelheid?
  - 3.6 E Waar hangt de reactiesnelheid van af?
  - 3.7 E Geldt de wet van Lavoisier altijd (1)?
  - 3.8 E Geldt de wet van Lavoisier altijd (2)?
  - 3.9 E Gaaf het water kokken?

### 3.4 Formuletaal

### 3.5 Van reactieschema naar reactievergelijking

### 3.6 Verbrandingsreacties

- 3.10 Hoe kun je water aantonen?
- 3.11 Welke stof ontstaat er bij de verbranding van koolstof?
- 3.12 Welke stof ontstaat er bij de verbranding van zweller?
- 3.13 Wanneer kan aardgas opblazen?
- 3.14 E Wat zijn de verbrandingsproducten van aardgas?
- 3.15 E Wat zijn de verbrandingsproducten van een sigaret?
- 3.16 E Welke stoffen ademt je uit?
- 3.17 E Hoe bepaal je het zuurstofgehalte van lucht (1)?
- 3.18 E Hoe bepaal je het zuurstofgehalte van lucht (2)?
- 3.19 E Welke invloed heeft het zuurstofgehalte op de verbrandingsintensiteit?
- 3.20 E Kan ijzer aan de lucht ontbranden?

### 3.7 Rekenen met massaverhoudingen

### 3.8 Absorptie

## 3.1 Energie

▶ Tot nu toe zijn we voor onze energievoorziening nog erg afhankelijk van fossiele brandstoffen, maar er wordt veel onderzoek gedaan om op een meer duurzame manier energie op te wekken. Misschien werkt jouw mobiele telefoon (figuur 3.1a) in de toekomst wel op energie die is geproduceerd door algen in een vijver, zie figuur 3.1b.

### Energievoorziening

In hoofdstuk 1 heb je geleerd dat we uit aardolie brandstoffen halen, zoals benzine en diesel. Verbranding van deze producten levert behalve energie ook koolstofdioxide op, een gas dat het broeikas-effect versterkt. Door dat effect stijgt de temperatuur van de dampkring langzaam maar zeker. Als we daar niet snel wat aan doen, kunnen de gevolgen rampzalig zijn. Daarom bouwen we nu op grote schaal windmolenparken, maken we alle nieuwbouwhuizen heel energiezuinig en krijgen alle auto's en apparaten een energielabel. Er is nog veel onderzoek nodig naar het

### Energievoorziening

Je leert hier hoe we één van de grootste problemen van onze tijd duurzaam zouden kunnen oplossen.

### Test jezelf

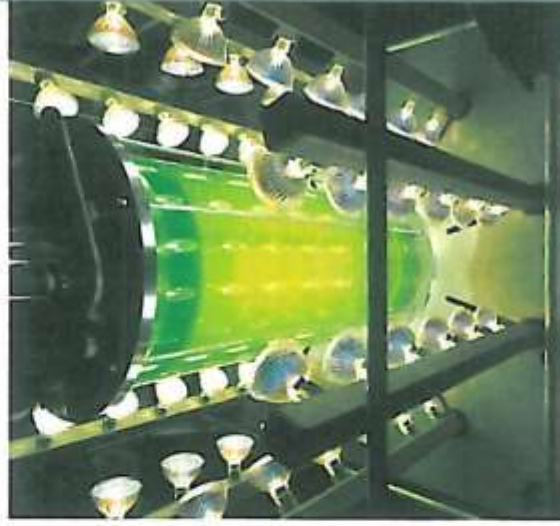
Controleer of je de stof van deze paragraaf begrijpt en kunt toepassen.

winnen van energie zonder dat daarbij koolstofdioxide ontstaat. Denk aan de verbetering van zonnecellen. Ook wordt er weer fel gediscussieerd over kernenergie.

Sommige reacties, zoals verbrandingsreacties, leveren energie. Voor andere reacties, zoals het wrinnen van ijzer uit ijzererts, is juist energie nodig. Niet alleen bij verbranding van brandstoffen, maar bij alle chemische reacties treedt een energie-effect op.



3.1a Belen dankzij de algen in deze vijver? Onzin of toekomstvisie?

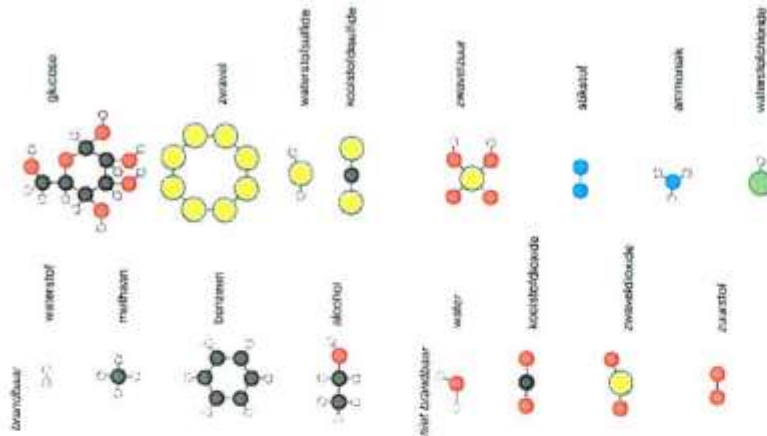


3.1b In deze proefopstelling van de universiteit van Wageningen wordt met algen en veel licht onderzoek gedaan naar de biologische productie van waterstofgas.

# Opdrachten

## B 1

- Noem drie voorbeelden van fossiele brandstoffen. Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat onder meer koolstofdioxide. Hierdoor neemt het broeikas-effect op aarde toe.
- Wat wordt bedoeld met de toename van het broeikas-effect?
- Wat kunnen de gevolgen zijn van de toename van het broeikas-effect?
- Windenergie en zonnenergie zijn vormen van duurzame energie.
- Wat wordt bedoeld met duurzame energie?



Gebruikmaken van duurzame energie vermindert het broeikas-effect.

- Leg uit hoe dit komt.

## C 2

- In figuur 3.2 staan molecuultekeningen van brandbare en niet-brandbare stoffen. Geef voor de volgende uitspraken aan of ze juist of onjuist zijn. Gebruik daarbij de gegevens van figuur 3.3. Licht je antwoorden toe.
- Stoffen die bestaan uit kleine moleculen zijn niet brandbaar.
  - Elementen zijn brandbaar.
  - Stoffen waarvan de moleculen O-atomen bevatten, zijn niet brandbaar.
  - Stoffen waarvan de moleculen uitsluitend zijn opgebouwd uit C- en/of H-atomen, zijn brandbaar.
  - Stoffen waarvan de moleculen C-atomen bevatten, zijn brandbaar.
  - Als je in de moleculen van een stof O-atomen doordat S-atomen vervangt, neemt de brandbaarheid toe.
  - Alle stoffen met moleculen waarin C-atomen aan andere C-atomen of H-atomen gebonden zijn, zijn brandbaar.
  - Stoffen die bestaan uit moleculen waarin S-atomen gebonden zijn aan andere atomen dan O-atomen, zijn brandbaar.

3.2 Molecuultekeningen van brandbare en niet-brandbare stoffen

atoommodel	naam atoomsoort	massa u	diameter nanometer
	waterstof	1,008	0,08
	koolstof	12,01	0,15
	stikstof	14,01	0,14
	zuurstof	16,00	0,13
	zwavel	32,06	0,21
	chlor	35,45	0,20

3.3 Atoommodellen

## B 3 Site

Lees de volgende tekst over aquarelverf en beantwoord de onderstaande vragen.

### Aquarelverf

Een populaire schildertechniek is aquarelleren. Tabletjes aquarelverf bestaan uit onoplosbare pigmenten (kleurstoffen) en het bindmiddel E-414. Bij het toevoegen van water lost alicen het bindmiddel op en ontstaat een gekleurd mengsel. Een van de pigmenten die vroeger werden gebruikt voor het maken van gele verf, was het giftige lood(II)chromaat (PbCrO<sub>2</sub>). Tegenwoordig wordt daarvoor het minder giftige cadmiumsulfiide (CdS) gebruikt.

- Is het soort mengsel dat in zin 3 is beschreven een emulsie, een oplossing of een suspensie? Licht je antwoord toe.
- Geef de naam van het bindmiddel E-414 dat in de aquarelverf wordt gebruikt (zin 2). Maak daarbij gebruik van internet.
- Welk van de pictogrammen van figuur 3.4 moet volgens de tekst op het etiket van een pot lood(II) chromaat staan (zin 4)?



3.4

Om bij het aquarelleren het papier op bepaalde plaatsen wit te kunnen houden, kan een zogenaamde maskerveelstuf worden gebruikt. Tijdens het aanbrengen van deze vloeistof op het papier kan een ammoniakgeur worden waargenomen. Na het drogen is er een rubberachtig, grijs laagje ontstaan. Bij het schilderen zal dit laagje de waterige verf absorberen. Na het schilderen kan het laagje met de vingers van het papier worden afgewreven. Dan komen de witte plekken weer tevoorschijn.

- Lees de tekst in het kader. Is er bij het verwijderen van het rubberlaagje sprake van een chemische reactie (zin 3)? Motiveer je antwoord.

## Je kunt nu:

- uitleggen waarom fossiele brandstoffen nog steeds nodig zijn voor onze energievoorziening;
- drie voorbeelden geven van onderzoek naar een milieuvriendelijker manier om energie op te wekken;
- de brandbaarheid van stoffen afleiden uit hun molecuultekening.

## Test jezelf: Site

## 3.2 Kenmerken van een chemische reactie

▶ Als je verliefd bent, voel je vlinders in je buik. Je denkt op dat moment absoluut niet aan scheikunde, zie figuur 3.5. Toch wordt dit gelukzalige gevoel veroorzaakt door chemische reacties die zich in je lichaam afspeelen.

### Hoe herken je een chemische reactie?

In hoofdstuk 1 heb je magnesium verwarmd. Het buigzame grijze metaal veranderde in een wit poeder, zie figuur 3.6. Er zijn dus stoffeigenschappen veranderd. De stof magnesium, de beginstof, is verdwenen en daarvoor in de plaats is een nieuwe stof, het reactieproduct, gekomen. Door het verwarmen van

magnesium is een chemische reactie opgetreden. Bij deze reactie komt energie vrij in de vorm van licht en warmte.

Kaarsvet smelt als je het verwarmt. Laat je het afkoelen, dan wordt kaarsvet weer vast. Zie figuur 3.7. Tijdens het smelten van kaarsvet zijn de stoffeigenschappen niet veranderd. Een faseverandering is dus geen chemische reactie.

Een chemische reactie kun je herkennen aan het veranderen van stoffeigenschappen. Tijdens een chemische reactie veranderen de beginstoffen in reactieproducten.



3.5 Verliefd zijn is een vorm van chemie!



3.6 Magnesium kun je niet gebruiken om je handen stroef te maken. Met het witte poeder dat ontstaat bij de verbranding van magnesium kun je dat wel.



3.7 Gebruikte kaarsen kun je hergebruiken bij de productie van nieuwe kaarsen.



3.8 Het brons van deze beelden reageert gelukkig niet met zure regen. Daar heb je een salpeterzuuroplossing voor nodig, zoals je kunt zien in experiment 3.1.

### Exotherm en endotherm

Een reactie waarbij energie, bijvoorbeeld warmte, licht of elektrische energie, vrijkomt, noemen we een exotherme reactie. Zo is het verbranden van magnesium een voorbeeld van een exotherme reactie.

Een reactie die alleen verloopt als er energie, bijvoorbeeld warmte, wordt toegevoerd, noemen we een endotherme reactie. Het maken van een suikerspin uit suiker (figuur 3.9) is een goed voorbeeld van een endotherme reactie. In experiment 3.1 zie je een voorbeeld van een exotherme reactie en een endotherme reactie. Je kunt voor deze reacties ook kijken op de site.

Bij elke chemische reactie treedt een energie-effect op. Soms komt er energie vrij en soms is er energie nodig.

### Bloemen kleuren

De hortensia is een veelgebruikte tuinplant. Hij geeft mooie grote bloemen en bloeit langdurig. De kleur van de bloem hangt af van de pH van de grond. Met speciale verzurende kunstmest kun je roze hortensia's blauw maken. Maar dat lukt ook met een handjevol spijkertjes. Chemische reacties zorgen voor die kleurverandering.



3.9 Hoeveel energie kost het om een suikerspin te maken?

### Basisexperimenten

#### 3.1 Hoe goed kun je waarnemen?

In dit experiment krijg je vier bekerglaasjes. De eerste twee bevatten zoutzuur, het derde bevat verdund salpeterzuur en in het vierde zit een soda-oplossing. In het eerste bekerglaasje doen we een stukje magnesium, in het tweede en het derde een stukje koper en in het vierde bekerglaasje lossen we wat citroenzuur op. Neem bij elk proefje nauwkeurig waar wat er gebeurt en noteer steeds je waarnemingen.

#### 3.2 Zijn deze reacties exotherm of endotherm?

In dit experiment onderzoek je of bij een reactie energie in de vorm van warmte vrijkomt, of juist nodig is.

### ► Site

#### Hoe goed kun je waarnemen?

Hier ga je kijken hoe goed je kunt waarnemen tijdens een scheikundige proef.

#### Chemische reactie of niet?

Hier leer je welke handelingen chemische reacties betreffen en welke niet.

#### Endotherm of exotherm?

Kijk naar enkele voorbeelden van endotherme en exotherme reacties.

#### Test jezelf

Controleer of je de stof van deze paragraaf begrijpt en kunt toepassen.

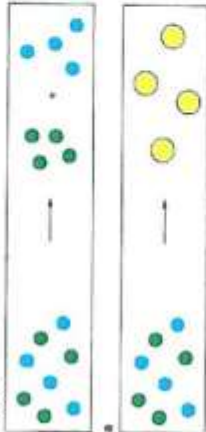
## Opdrachten

**B 4**

Bekijk de figuren 3.10a en 3.10b. Elk bolletje stelt een molecuul voor. Verschillend gekleurde bolletjes stellen verschillende moleculen voor.

a Welke tekening stelt een chemische reactie voor? Licht je antwoord toe.

b Wat stelt de andere tekening voor? Licht je antwoord toe.



**B 5**

Je verwarmt een witte vaste stof; bij 440 °C wordt de stof vloeibaar. Tijdens het afkoelen verandert deze vloeistof bij 335 °C weer in een witte vaste stof. Leg uit of tijdens het verhitten een chemische reactie is opgetreden.

**A 6**

Bij welke van de onderstaande processen treedt een chemische reactie op? Licht je antwoord toe.

- a Het oplossen van suiker in je thee.
- b Het ontploffen van dynamiet.
- c Het klappen van de achterband van je fiets.
- d Het zuur worden van melk.
- e Het verkleuren van ijsk in de zon.
- f Het verwijderen van nagellak met een nagellakvermoeder.

**B 7**

Als je een korreltje van het metaal calcium in vloeibare water laat zakken, verdwijnt het korreltje; er ontstaat een gas en na afloop heb je een heldere vloeistof. Leg uit waarom dit een scheikundige reactie moet zijn.

**A 8**

- a Leg uit waarom het verdampen van water en het oplossen van zout in water geen chemische reacties zijn.
- b Leg uit dat het verbranden van kaarsvet wel een chemische reactie is.

**B 9**

In experiment 3.1 heb je kunnen zien hoe een stukje koper reageert met verdund salpeterzuur. Denk je dat een muntje van vijf eurocent ook met verdund salpeterzuur reageert? Licht je antwoord toe.

**C 10**

- a Hoe ziet de stof koper eruit?
- b Hoe ziet verdund salpeterzuur eruit?
- c Experiment 3.1 moet worden uitgevoerd in een afzuigkast. Leg uit waarom.
- d Kun je zeggen dat in experiment 3.1 het koper 'oplost' in het verdund salpeterzuur? Licht je antwoord toe.

Via andere reacties, die niet in de les zijn uitgevoerd, is het mogelijk om uit de vloeistof toch weer de stof koper terug te krijgen.

e Is de reactie die bij experiment 3.1 is uitgevoerd dan nog wel een chemische reactie te noemen? Licht je antwoord toe.

**A 11**

Bij alle scheikundige reacties treedt een energie-effect op.

- a Wat is een exotherme reactie?
- b Wat is een endotherme reactie?
- c Welke vormen van energie kunnen er bij een chemische reactie voorkomen?

**B 12**

- a Leg uit of het smelten van kaarsvet een exotherm of endotherm proces is.
- b Leg uit of het condenseren van water een exotherm of endotherm proces is.

## Je kunt nu:

- uitleggen wanneer een proces een chemische reactie is;
- werken met de termen beginstof en reactieproduct; uitleggen wat wordt bedoeld met het begrip energie-effect;
- toelichten wat een exotherme en een endotherme reactie is.

Test jezelf: [Site](#)

## 3.3 Reactieomstandigheden

### Reactietemperatuur

Voor elke chemische reactie is een bepaalde minimale temperatuur nodig. Dit noemen we de reactietemperatuur. Is de temperatuur lager dan de reactietemperatuur, dan verloopt de reactie niet.

Papier is brandbaar. Toch verbrandt papier niet bij kamertemperatuur. Dat gebeurt pas bij een veel hogere temperatuur. De reactietemperatuur voor de verbranding van papier, ook wel ontbrandingstemperatuur genoemd, is blijkbaar veel hoger dan kamertemperatuur.

Witte fosfor, een stof die wordt gebruikt in brandbommen, stoft spontaan in brand als je een stukje van deze stof bij kamertemperatuur op tafel legt. De reactietemperatuur voor de ontbranding van witte fosfor is dus lager dan kamertemperatuur.

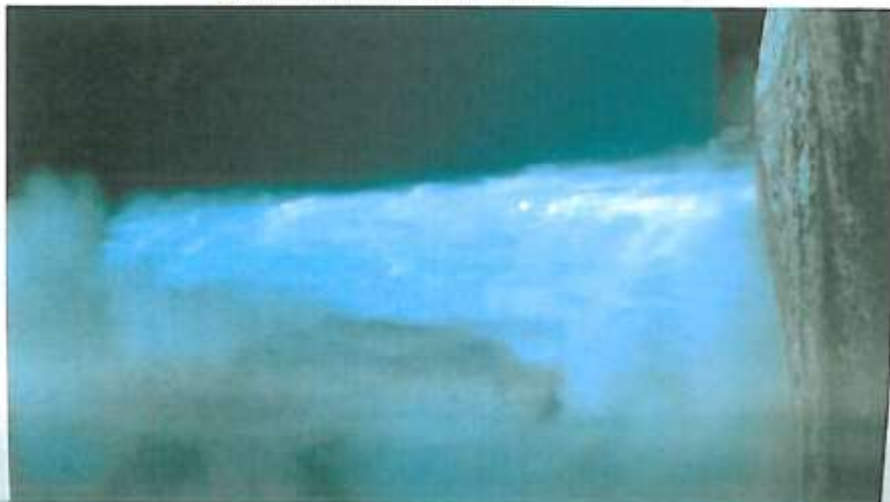
Een chemische reactie verloopt pas als de temperatuur even hoog of hoger is dan de reactietemperatuur.

### E Factoren die invloed hebben op de reactiesnelheid

Niet alle reacties in de scheikunde verlopen even snel. In experiment 3.5 blijkt de reactie tussen magnesiumpoeder en waterstofchloride eerder afgevoerd te zijn dan de reactie tussen magnesiummetaal en waterstofchloride. Het magnesiumpoeder reageert dus sneller dan het magnesiummetaal.

Er zijn vijf factoren die invloed hebben op de reactiesnelheid:

- 1 Magnesium reageert veel sneller met waterstofchloride dan zink. De aard van de beginstof heeft dus invloed op de reactiesnelheid.
- 2 Magnesiumpoeder reageert veel sneller met waterstofchloride dan magnesiummetaal. Bij een gelijke hoeveelheid magnesium heeft de poedervorm een veel groter oppervlak dan het metaal. Kennelijk zorgt een grotere verdelingsgraad voor een grotere reactiesnelheid.
- 3 De reactiesnelheid is hoger als de hoeveelheid waterstofchloride per mL oplossing groter is. We noemen dat een verschil in concentratie. Hoe groter de concentratie, des te groter de reactiesnelheid.
- 4 De reactiesnelheid wordt groter als de temperatuur hoger wordt.
- 5 Ten slotte kun je de reactiesnelheid beïnvloeden met een hulpstof. Een katalysator zorgt ervoor dat een



3.11 Old Faithful Geyser in de VS

reactie sneller verloopt. In experiment 3.3 gebruikt je een enzym of biokatalysator. Een katalysator wordt tijdens de reactie wel gebruikt, maar raakt niet op. Aan het einde van de reactie is er nog evenveel van de toegevoegde katalysator over!

- Vijf factoren die invloed hebben op de reactiesnelheid:
- de soort stof;
  - de verdelingsgraad van de beginstoffen;
  - de concentratie(s) van de beginstoffen;
  - de temperatuur van het reactiemengsel;
  - de aanwezigheid van een katalysator.

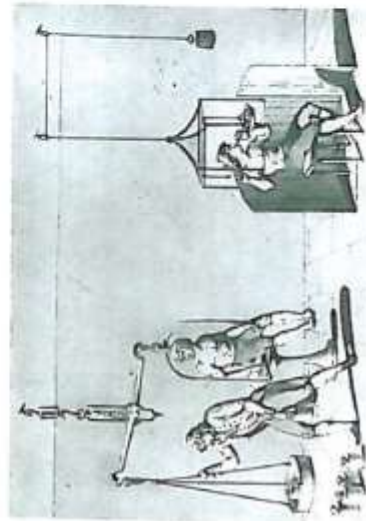
### De wet van behoud van massa

De Franse scheikundige Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) formuleerde tegen het einde van de achttiende eeuw een regel die we nog steeds kennen als de wet van Lavoisier:

**Bij een chemische reactie is de totale massa van de beginstoffen gelijk aan de totale massa van de reactieproducten.**

De wet van Lavoisier (figuur 3.12) wordt ook wel de wet van behoud van massa genoemd. Deze wet stelt dat bij een scheikundige reactie geen materie verdwijnt en ook niet zomaar ontstaat.

Soms lijkt het alsof tijdens een reactie de massa groter of kleiner wordt. Bijvoorbeeld als één van de reactieproducten of beginstoffen een gas is. Missar als je de gassen meeweegt, zul je zien dat de massa vóór en na de reactie toch even groot is.



3.12 Experimenten van Lavoisier

### Reactieschema

Een chemische reactie kun je weergeven door middel van een reactieschema. Dat is een verkorte weergave van de beschrijving van een reactie. Kijk maar eens naar het volgende voorbeeld.

Bij de reactie tussen koolstof en zuurstof ontstaat koolstofdioxide. Het reactieschema is dan:

$$\text{koolstof (s)} + \text{zuurstof (g)} \rightarrow \text{koolstofdioxide (g)}$$

Achter elke stofnaam zet je de toestandsaanduiding: s, l, g of aq (= opgelost in water).

### Wanneer stopt een reactie?

Als je precies de juiste hoeveelheden koolstof en zuurstof hebt laten reageren, blijft er niets van de beginstoffen over. Maar meestal is dat niet het geval en stopt de reactie omdat ofwel de zuurstof, of het koolstof op is, zie figuur 3.13. Dan blijft er van één van de beginstoffen nog wat over. Het deel dat overblijft, noem je de overmaat.

**Een chemische reactie stopt als één van de beginstoffen op is.**



3.13 Een barbecue brandt beter als je extra zuurstof toevoert.

## Basisexperimenten

### 3.3 Wanneer stopt een reactie?

In dit experiment zie je wat er gebeurt als je een erlenmeyer gevuld met zuurstof over een gloeiend stukje koolstof heen zet. Wanneer stopt de reactie en waarom?

### 3.4 Verandert de totale massa tijdens een reactie?

Je controleert de wet van Lavoisier door in een afgesloten erlenmeyer twee vloeistoffen met elkaar te laten reageren. Voor en na de reactie weeg je het geheel. Verandert de totale massa?

## Extra experimenten

### 3.5 Wat is het verband tussen reactietijd en reactiesnelheid?

### 3.6 Waar hangt de reactiesnelheid van af?

### 3.7 Geldt de wet van Lavoisier altijd (1)?

### 3.8 Geldt de wet van Lavoisier altijd (2)?

### 3.9 Gaat het water koken?

## Site

### Reactietemperatuur

Kijk naar de invloed van de temperatuur op verschillende reacties.

### Langzaam en snel

Hier zie je enkele spectaculaire snelle en langzame reacties.

### Vijf factoren voor reactiesnelheid

Hier maak je kennis met factoren die de reactiesnelheid kunnen beïnvloeden.

### Massabehoud in een reactie

Hier kun je oefenen met de wet van massabehoud.

### Oefenen met reactieschema's

Je kunt hier veel oefenen met het opstellen van reactieschema's uit gegevens in de opgave.

### Test jezelf

Controleer of je de stof van deze paragraaf begrijpt en kunt toepassen.

## Opdrachten

**B 15**

Als je de stof knijt tot 1200 °C verhit, treedt een chemische reactie op. De reactieproducten zijn de vaste stof calciumoxide en het gas koolstofdioxide. Je moet bij deze reactie steeds blijven verhitten.

- a Zijn de reactieproducten elementen of verbindingen? Waarom denk je dat?  
b Is knijf een element of een verbinding? Leg je antwoord uit.

c Stel het reactieschema op voor deze reactie. Vermeld ook de juiste toestandsaanduidingen.

d Leg uit of deze reactie exotherm of endotherm is.

**C 14 \***

a Het gaar worden van aardappels kan worden gezien als een chemische reactie. Een reactie verloopt sneller als de temperatuur hoger is. Als de temperatuur 10 °C hoger is, verloopt een reactie meestal tweemaal zo snel. Als je onder normale omstandigheden thuis aardappelen kookt, duurt dit ongeveer twintig minuten. Hoe lang duurt het als de temperatuur van het water 110 °C is, bijvoorbeeld in een snelkookpan?

b Nadat de snelkookpan op temperatuur is gekomen, duurt het koken van aardappelen ongeveer vijf minuten. Wat zou de temperatuur in de snelkookpan dan moeten zijn?

c Waarom denk je dat mensen vaker een snelkookpan gebruiken om rundvlees gaar te maken dan om aardappelen te koken?

d Hoog in de bergen is het erg handig om een snelkookpan te gebruiken voor het koken van aardappelen. Leg dat uit.

e Met welke factor neemt de snelheid van een reactie toe als de temperatuur wordt verhoogd van 20 °C tot 100 °C?

**B 15**

Geef voor elke van onderstaande reacties het reactieschema.

a Als aceton reageert met zuurstof, ontstaat koolstofdioxide en water.

b Bij de ontleding van keukenzout ontstaan de vaste stof natrium en chloorgas.

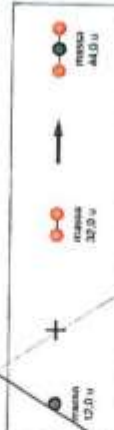
c Een zilverzuuroplossing wordt bereid uit het gas stikstofdioxide en water.

**B 16**

Noem twee oorzaken voor het stoppen van een chemische reactie.

**C 17**

Vuldoet de modelvoorstelling van de reactie tussen koolstof en zuurstof (zie figuur 3.14) aan de wet van Lavoisier? Leg je antwoord uit.



3.14 Modelvoorstelling van de reactie van koolstof en zuurstof

**C 18** ▶ Site

Zoek via internet of in de bibliotheek op wat voor verschillende soorten elektriciteitscentrales er bestaan. Geef aan welke energieomzettingen in deze centrales optreden.

- a Welke rol speelt water in de meeste centrales?  
b Welke rol speelt water in een waterkrachtcentrale?

### Je kunt nu:

- uitleggen dat een reactie niet bij elke temperatuur verloopt;
- E vijf factoren noemen die van invloed zijn op de snelheid van een reactie;
- de wet van Lavoisier toepassen;
- uitleggen wanneer een chemische reactie stopt.

### Test jezelf: ▶ Site

## 3.4 Formuletaal

De stof waterstof is zeer brandbaar en verbrandt zelfs vaak explosief (figuur 3.15). De stof water kan een behoorlijke brand goed blussen. Waterstof en water verschillen enorm in eigenschappen. Dat komt doordat de moleculen van die stoffen verschillend zijn.

### Molecuulformules

In figuur 3.16 zie je molecuultekeningen van een aantal stoffen. Laten we eens twee van die molecuultekeningen bekijken: die van het waterstofmolecuul en van het watermolecuul.

- Het waterstofmolecuul bestaat uit twee witte bolletjes. Die stellen twee waterstofatomen voor. De molecuulformule van de stof waterstof is  $H_2$ .

- Het watermolecuul bestaat uit twee witte bolletjes en een rood bolletje. Die stellen twee waterstofatomen en een zuurstofatoom voor. De molecuulformule van de stof water is  $H_2O$ .

### De Challenger ontploft

In 1986 verongelukte het Amerikaanse ruimteveer Challenger tijdens de lancering. Door een scheur in een hulprijet brandde er een gat in de hoofdbrandstof tank. Dit bewakte grote hoeveelheden vloeibaar waterstof en zuurstof. Als waterstof verbrandt daarna in één grote explosie.



3.15 Het ruimteveer Challenger verongelukte door een waterstofexplosie.

Het getal dat rechtsonder elk symbool staat, heet de index. Als de index het getal 1 is, mag je dat weglaten. De formule van water wordt dan  $H_2O$ .

Hoe geef je aan dat je twee moleculen water nodig hebt? Dan zet je vóór de formule  $H_2O$  een 2. Dit 2 heet de coëfficiënt en dat cijfer 2 staat op de hele formule. Je zou het kunnen schrijven als  $2(H_2O)$ .

Een molecuulformule geeft aan welke atomen in een molecuul voorkomen en hoeveel er zijn van elke soort.

De index is het getal dat in een molecuulformule rechtsonder elk symbool staat. De index geeft het aantal atomen van elke soort in het molecuul weer. De coëfficiënt is een getal dat vóór een molecuulformule staat. De coëfficiënt geeft het aantal moleculen van een stof weer.

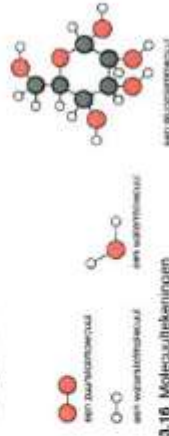
### Molecuulformules van elementen

Een element is een stof die uit één atoomsoort bestaat.

- De meeste elementen bestaan uit één-atomige moleculen. De formule van zo'n element is het symbool van het atoom met index 1. Zo heet het element goud de formule  $Au_1$  of  $Au$ .

- Zeven elementen bestaan uit twee-atomige moleculen. De formule van zo'n element is het symbool van het atoom met index 2. Bijvoorbeeld het element waterstof heeft de formule  $H_2$ . De formules van deze elementen moet je goed uit je hoofd leren.

Zie figuur 3.17.



3.16 Molecuultekeningen

naam	formule	naam	formule
waterstof	$H_2$	helium	He
stikstof	$N_2$	neon	Ne
zuurstof	$O_2$	argon	Ar
fluor	$F_2$	krypton	Kr
chlor	$Cl_2$	xenon	Xe
broom	$Br_2$	radon	Rn
jood	$I_2$		
zwevel	$S_8$		
fosfor	$P_4$		

3.17 Namen en formules van een aantal elementen

- Fosfor en zwavel zijn elementen waarvan de moleculen uit meer dan twee atomen kunnen bestaan. Het element fosfor bestaat soms uit moleculen waarin vier fosforatomen aan elkaar zitten. Het element zwavel komt soms voor met moleculen waarin acht zwavelatomen aan elkaar zitten. Ook hier kun je door de index het juiste aantal atomen per molecuul weergeven:  $P_4$  en  $S_8$ .

Een element is een stof die uit één atoomsoort bestaat. Het aantal atomen per molecuul hangt af van het element.

### Molecuulformules van verbindingen

Een verbinding is een stof die uit twee of meer atoomsoorten bestaat. In figuur 3.18 zie je voorbeelden van verbindingen. Leer de namen en de molecuulformules uit je hoofd (de molecuultekering hoeft je niet zelf te kunnen maken).

Ballonnen kun je vullen met het element waterstof of met het element helium. In beide gevallen gaan ze de lucht in. Helium is niet brandbaar, maar waterstof kan explosief verbranden. Helium is dus veel veiliger.

naam	molecuultekering	formule
water		$H_2O$
ammoniak		$NH_3$
ethanol		$C_2H_5OH$
glucose		$C_6H_{12}O_6$
methaan		$CH_4$
koolstofdioxide		$CO_2$
zwaveltrioxide		$SO_3$
zwavelzuur		$H_2SO_4$

3.18 Namen, molecuultekeringen en formules van een aantal verbindingen

## Site

### Namen van elementen, verbindingen en molecuulformules

Hier kun je oefenen met namen van elementen en verbindingen en met het oplossen van molecuulformules.

### Het periodiek systeem

Je leert hier hoe een van de belangrijkste tabellen van de scheikunde, het periodiek systeem, is ontdekt. Verder maak je kennis met de ontdekking, eigenschappen en wijze van rangschikking van alle elementen.

### Test jezelf

Controleer of je de stof van deze paragraaf begrijpt en kunt toepassen.

zelfs meer verschillende atoomsoorten bestaan? Licht je antwoord toe.

**B 21 \***

In figuur 3.19 zie je molecuultekeningen van vijf stoffen. Leid hieruit de molecuulformules van deze stoffen af. Gebruik bij deze vraag ook de tabel van figuur 3.3.

**A 22**

Gegeven is de notatie  $C_2Cl_2OH$ . Beantwoord hierover de volgende vragen.

- Hoe groot is de coëfficiënt in deze notatie en wat geeft die coëfficiënt aan?
- Noteer de namen van de atoomsoorten waaruit de moleculen van deze stof zijn opgebouwd.
- Hoeveel atomen van welke soort komen er in één molecuul voor?
- Hoe heet het getal 6 in deze formule?

**B 23**

Kijk eerst naar het volgende voorbeeld.

**Wat betekent de notatie  $2 H_2SO_4$ ?**

$2 H_2SO_4$  staat voor  $2(H_2SO_4)$ . In woorden betekent dit: twee moleculen  $H_2SO_4$ , elk opgebouwd uit twee H-atomen, één S-atoom en vier O-atomen. In totaal zijn er dus vier H-atomen, twee S-atomen en acht O-atomen.

Wat betekenen de notaties die hieronder zijn weergegeven?

- $3 C_2H_2O_8$
- $Br_2$
- $4 NH_3$
- $8 Co$
- $8 CO$
- $2 C_3H_7NO_2$

### Je kunt nu:

- uitleggen wat het verschil is tussen een element en een verbinding.
- zeven elementen noemen die uit twee-atomige moleculen bestaan.
- de begrippen molecuulformule, coëfficiënt en index toelichten en er mee werken.
- het verschil tussen een symbool van een atoomsoort en een molecuulformule van een element uitleggen.
- een aantal molecuulformules van verbindingen geven.
- toelichten dat bij elke stof een (molecuul)formule hoort.

Test jezelf: ▶ Site

## Oprachten

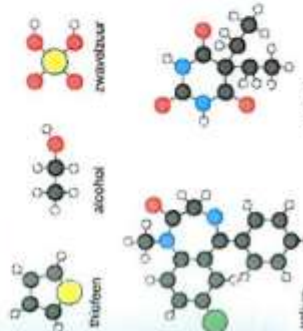
**A 19**

De elementen die bestaan uit de atoomsoorten die voorkomen in groep 18 van het periodiek systeem heten de edelgassen.

- Schrijf de formules en de namen van de edelgassen op.
- Geef een verklaring voor de naam edelgassen.

**A 20**

- Wat is een element?
- Wat is een verbinding?
- Hoeveel elementen bestaan er ongeveer? En hoeveel verbindingen?
- Bestaat een verbinding altijd uit twee verschillende atoomsoorten of kan een verbinding ook uit drie of



3.19 Molecuultekeningen van een aantal stoffen



## 3.5 Van reactieschema naar reactievergelijking

▶ Kijk eens naar figuur 3.20. De toren in figuur 3.20a is even zwaar als de twee torens die in figuur 3.20b zijn afgebeeld. Hoe komt dat?

### Verklaring van de wet van Lavoisier

Je hebt geleerd dat de totale massa van de beginstoffen gelijk is aan de totale massa van de reactieproducten. Bij een chemische reactie komt er geen materie bij en er verdwijnt geen materie. Je kunt dit verklaren door aan te nemen dat er bij een reactie geen atomen verdwijnen of ontstaan.

Kijk maar eens naar figuur 3.21. Op de ene schaal liggen twee waterstofmoleculen en één zuurstofmolecuul. In totaal zijn dit vier waterstofatomen en twee zuurstofatomen.

Op de andere schaal liggen twee watermoleculen. In totaal ook vier waterstofatomen en twee zuurstofatomen. De balans is in evenwicht. Dat is logisch.

want aan de linker kant liggen evenveel waterstof- en zuurstofatomen als aan de rechterkant. Dat betekent dat steeds twee waterstofmoleculen en één zuurstofmolecuul tegelijk reageren. Daarbij ontstaan altijd twee watermoleculen.

Dat kun je als volgt weergeven:



Deze weergave van een chemische reactie noemt je een reactievergelijking.

De beginstoffen bevatten evenveel atomen van elke soort als de reactieproducten. Dat betekent dat er vóór en achter de pijl van een reactieschema evenveel atomen van elke soort moeten staan. Zo'n reactieschema heet een reactievergelijking.

### Reactievergelijkingen

Als je van de beginstoffen en de reactieproducten de formules kent, kun je in plaats van een reactieschema een reactievergelijking opstellen.

In de volgende voorbeelden leer je hoe je dit moet doen.

#### Voorbeeld 1: de vorming van ammoniak

De stof ammoniak,  $\text{NH}_3$ , is belangrijk als grondstof voor kunstmest, zie figuur 3.22. Ammoniak ontstaat door een reactie van waterstofgas,  $\text{H}_2$ , met stikstofgas,  $\text{N}_2$ . Hoe stel je de reactievergelijking voor deze reactie op?

Eerst stel je het reactieschema op:



Dan verving je elke stofnaam door de bijbehorende molecuulformule, zie ook figuur 3.23.



Als je goed kijkt naar wat hier staat, zie je dat vóór de pijl twee atomen waterstof staat, maar achter de pijl drie. Van de stikstof zie je voor de pijl twee atomen staan en achter de pijl maar één. Dat klopt dus niet met de wet van Lavoisier! Dit mag je dus nog geen reactievergelijking noemen. Je moet de vergelijking nog kloppend maken.

Om de reactievergelijking kloppend te maken, zet je vóór de molecuulformules coëfficiënten. Daarmee maak je de aantallen atomen van elke soort vóór en achter de pijl aan elkaar gelijk. Denk erom: je mag de formules zelf niet veranderen! Kom dus nooit aan de indexen!

Als je begint met de atoomsoort stikstof, dan zie je vóór de pijl twee atomen staan. Om achter de pijl ook twee atomen stikstof te krijgen, moet je het getal 2 vóór de formule van ammoniak zetten:



Door het getal 2 vóór de formule van ammoniak staan er achter de pijl nu zes atomen waterstof. Dus moet je vóór de pijl het getal 3 voor de formule van waterstof zetten. Dan staan er ook links van de pijl zes waterstofatomen, zie figuur 3.24.



Als controle tel je nog een keer de aantallen atomen. Van elke atoomsoort staan er evenveel atomen vóór als achter de pijl. De beginstoffen bestaan uit zes H-atomen en twee N-atomen. Het reactieproduct bestaat ook uit zes H-atomen en twee N-atomen. Er zijn dus geen atomen bijgekomen of verdwenen.

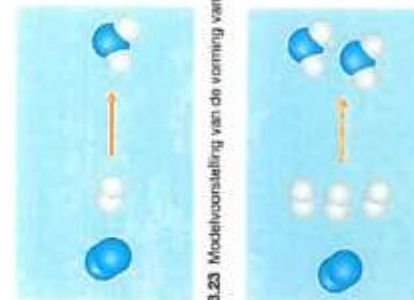


3.20

3.21 De balans is in evenwicht. De massa van alle atomen voor de reactie is gelijk aan de massa van alle atomen na de reactie.



3.22 Als je rondloopt op een kippenfokkerij ruikt je ammoniak. De stof komt vrij uit dierlijke mest, zoals kippenmest.



3.23 Modelvoorstelling van de vorming van ammoniak



3.24 Verbeterde modelvoorstelling waarin de aantallen atomen kloppen

### Let op!

Soms komt er als coëfficiënt een breuk in de vergelijking voor. Dat mag best oven als een kladje. Je mag nooit een breuk laten staan in je uiteindelijke reactievergelijking. De kleinste hoeveelheid van een stof is een heel molecuul. Halve moleculen kennen we niet.

Om dit probleem op te lossen, moet je alle coëfficiënten in de reactievergelijking met twee vermenigvuldigen. Bij andere breuken dan een half, vermenigvuldig je de coëfficiënten met een ander getal, zodat er ook hele getallen uitkomen.

### Voorbeeld 2: de verbranding van aardgas

Aardgas (figuur 3.25) bestaat voor het grootste deel (85%) uit methaan ( $\text{CH}_4$ ). Voor elke verbranding, dus ook voor die van methaan, is zuurstof ( $\text{O}_2$ ) nodig. De reactieproducten zijn koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en water ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Hoe luidt de reactievergelijking voor deze reactie?

Eerst stel je het reactieschema op:



Dan vervang je elke stofnaam door de bijbehorende molecuulformule, zie ook figuur 3.26.



Als je goed kijkt wat hier staat, zie je dat er vóór de pijl vier atomen waterstof staan en achter de pijl maar twee. Vóór de pijl staat één C-atoom en achter de pijl ook. Vóór de pijl staan twee O-atomen en achter de pijl drie. Dat klopt, dus niet met de wet van Lavoisier! Dit mag je dus nog geen reactievergelijking noemen. Je moet de vergelijking nog kloppend maken.

Om ervoor te zorgen dat de reactievergelijking gaat kloppen, mag je vóór de molecuulformules weer coëfficiënten zetten. Maar met welke atoomsoort moet je dan beginnen? Daar is een regel voor. Je begint met de atoomsoort die in twee molecuulsoorten voorkomt. Dat zijn hier de atoomsoorten C en H. Je zet in de reactievergelijking dat de atoomsoort zuurstof in drie molecuulsoorten voorkomt ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ ). Daar begin je dan niet mee. Die bewaar je voor het laatst. Stel dat je begint met de atoomsoort koolstof, dan moet je vóór de formule van methaan het getal 1 zetten en vóór de formule van koolstofdioxide ook:



3.25 Beroemd in Azerbeidzjan zijn de natuurlijke vlammen, die branden op aardgas dat uit de bodem opwelpt.

Vóór de pijl staan er nu vier H-atomen en achter de pijl maar twee. Dan moet je achter de pijl het getal 2 vóór de formule van water zetten om ook hier het aantal H-atomen op vier te krijgen.



Ten slotte moet je ervoor zorgen dat het aantal atomen zuurstof in orde komt. Achter de pijl staan twee atomen zuurstof in koolstofdioxide en twee atomen zuurstof in water. In totaal staan er dus vier atomen zuurstof. Vóór de pijl moeten ook vier atomen zuurstof komen te staan. Dat kan door het getal 2 vóór de formule van zuurstof te zetten, zie ook figuur 3.27.



Je kunt nu de aantallen atomen nellen en je zult zien dat er van elke atoomsoort evenveel atomen vóór als achter de pijl staan. De beginstoffen bestaan uit één koolstofatoom, vier waterstofatomen en vier zuurstofatomen en de reactieproducten bestaan uit dezelfde hoeveelheden van deze atomen.

Bij het kloppend maken moet je ervoor zorgen dat je altijd begint met een atoomsoort die maar in twee molecuulsoorten voorkomt. Een atoomsoort die in drie of meer molecuulsoorten voorkomt, bewaar je bij het kloppend maken voor het laatst.

### Site

#### Reactievergelijkingen opstellen

Hier kun je veel oefeningen doen om reactievergelijkingen op te stellen en kloppend te maken.

#### Test jezelf

Controleer of je de stof van deze paragraaf begrijpt en kunt toepassen.

## Opdrachten

### B 24

Een molecuul waterstofazide bestaat uit één waterstofatoom en een aantal stikstofatomen.

De gedeeltelijke vergelijking voor de ontleding van waterstofazide is:



Uit deze gegevens kun je de formule van een molecuul waterstofazide afleiden. Geef de formule van een molecuul waterstofazide.

### B 25

In het volgende tekstkader staat een gedeelte uit de uitgave 'De auto met katalysator' van het ministerie van Volksgesondheid. Lees deze tekst aandachtig door. Geef vervolgens de vergelijking van de reactie tussen koolstofmono-oxide en stikstofdioxide.

#### Hoe werkt zo'n katalysator?

De werking van een auto-katalysator is moeilijk in een paar woorden uit te leggen. Het komt erop neer dat de verbrandingsgassen van de auto motor een nabehandeling ondergaan. Hierdoor worden schadelijke gassen omgezet in onschadelijke gassen. Een van de reacties die in de katalysator optreedt, is die tussen koolstofmono-oxide en stikstofdioxide,  $\text{NO}_x$ . Beide schadelijke gassen worden omgezet in de onschadelijke gassen koolstofdioxide en stikstof.

### B 26

MaaK steeds een kloppende reactievergelijking door de juiste coëfficiënten in te vullen.

- a  $\dots \text{H}_2\text{O (l)} + \dots \text{F}_2 \text{ (g)} \rightarrow \dots \text{HF (aq)} + \dots \text{O}_2 \text{ (g)}$
- b  $\dots \text{NH}_3 \text{ (g)} + \dots \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \dots \text{NO (g)} + \dots \text{H}_2\text{O (l)}$
- c  $\dots \text{CO}_2 \text{ (g)} + \dots \text{Mg (s)} \rightarrow \dots \text{C (s)} + \dots \text{MgO (s)}$
- d  $\dots \text{FeS (s)} + \dots \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \dots \text{SO}_2 \text{ (g)} + \dots \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ (s)}$
- e  $\dots \text{Cu}_2\text{O (s)} + \dots \text{CH}_4 \text{ (g)} \rightarrow \dots \text{Cu (s)} + \dots \text{CO}_2 \text{ (g)} + \dots \text{H}_2\text{O (l)}$

## 3.6 Verbrandingsreacties

– als: een vast reactieproduct dat niet zo fijn verdeeld is, of het deel van de brandstof dat niet brandbaar was.

### Verbranden van elementen

De meeste elementen kunnen met zuurstof reageren. Je moet wel zorgen voor de juiste reactieomstandigheden. Tijdens de reactie ontstaat een verbinding van de atoomsoort van het element en de atoomsoort zuurstof. Het reactieproduct heet een oxide.

Als je een element verbrandt, ontstaat maar één reactieproduct, een oxide.

Een oxide is een verbinding die bestaat uit twee atoomsoorten: de atoomsoort zuurstof en één andere atoomsoort.

De namen en formules van een aantal oxiden vind je in figuur 3.29. De namen van de metaaloxiden spreken voor zichzelf. Van sommige niet-metalen bestaan twee of meer oxiden. Om die van elkaar te onderscheiden, hebben ze verschillende namen.

### Verbranden van verbindingen

Ook veel verbindingen kun je verbranden. Als je een verbinding verbrandt, ontstaan er twee of meer oxiden. Kijk maar eens naar de volgende voorbeelden.

► Bij verbrandingsreacties zie je vaak vlammen en rook, bijvoorbeeld bij het verbranden van aardgas of hout. Als waterstof verbrandt, kan dat explosief gaas; je hoort een knal. Er zijn ook verbrandingsreacties die zonder vuurverschijnselen verlopen. Het roesten van ijzer is daar een voorbeeld van, zie figuur 3.28. Waar worden die verschillen door veroorzaakt?

### Wat is een verbrandingsreactie?

Een verbrandingsreactie is een reactie van een stof met zuurstof, waarbij meestal vuurverschijnselen zijn te zien. Er zijn drie voorwaarden voor het verlopen van een verbrandingsreactie:

- er moet een brandbare stof zijn;
- er moet voldoende zuurstof zijn;
- de ontbrandingstemperatuur moet bereikt zijn.

Bij een verbrandingsreactie komt warmte vrij, het is dus een exotherme reactie. Dit kan leiden tot het optreden van vuurverschijnselen:

- vlammen: een hoeveelheid gloeiend gas;
- vonken: wegspringende deeltjes van een gloeiende vaste stof.

Na de verbranding kun je te maken hebben met:

- rook: een fijn verdeeld vast reactieproduct;



3.28 Schepen moeten goed onderhouden worden, anders roest de ijzeren scheepswand door.

### Je kunt nu:

- uitleggen dat de massa van alle beginstoffen gelijk is aan de massa van alle reactieproducten;
- het verschil tussen een reactieschema en een reactievergelijking uitleggen;
- een reactievergelijking opstellen.

### Test jezelf: ► Site

B 27

Maak steeds een kloppende reactievergelijking door de juiste coëfficiënten in te vullen.

- $\dots \text{C}_2\text{H}_6 + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
- $\dots \text{C}_2\text{H}_4 + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
- $\dots \text{C}_2\text{H}_2 + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
- $\dots \text{C}_2\text{H}_5\text{O} + \dots \text{O}_2 \rightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$

B 28 \*

Maak steeds een kloppende reactievergelijking door de juiste coëfficiënten in te vullen.

- $\dots \text{Ca}(\text{OH})_2 + \dots \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$
- $\dots \text{Fe}_2\text{O}_3 + \dots \text{H}_2 \rightarrow \dots \text{Fe} + \dots \text{H}_2\text{O}$
- $\dots \text{Cr}(\text{OH})_3 + \dots \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots \text{CrPO}_4 + \dots \text{H}_2\text{O}$
- $\dots \text{KMnO}_4 \rightarrow \dots \text{K}_2\text{O} + \dots \text{MnO}_2 + \dots \text{O}_2$

C 29

Als je een brandende kaars op een gevoelige balans zet, neemt de massa af.

- Leg uit dat het dan lijkt alsof de wet van Lavoisier niet klopt.
- Leg uit hoe je kunt bewijzen dat de wet van Lavoisier ook opgaat bij de verbranding van kaarsvet.

C 30

Stel voor elk van onderstaande processen de reactievergelijking op.

- Je verbrandt het gas ethaan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ). Bij de verbranding ontstaan koolstofdioxidegas en water.
- Met behulp van het toestel van Hofmann kun je water met behulp van elektrische energie afbreken. Hierbij ontstaan waterstofgas en zuurstofgas.
- De vaste stof witte fosfor,  $\text{P}_4$ , reageert met zuurstofgas tot de vaste stof difosforpentaoxide,  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

