

2 Bouwstenen van stoffen

Inhoud

- 2.1** Periodiek systeem
Experimenten:
 - 2.1 IJzer wordt roest
 - 2.2 De grootte van een molecuul

- 2.2** Ionen

- 2.3** Massa's van bouwstenen

- 2.4** De mol

- Afsluiting

- Overzicht begrippen





Moleculen

De bouwstenen van de pijnstiller paracetamol zijn moleculen. Licht dat op de kristallen van paracetamol valt, wordt op verschillende manieren gebroken. Dat geeft gekleurde beelden van de kristallen die je zichtbaar maakt met een elektronenmicroscop.

2

Zoektocht naar het kleinste

Na eeuwen onderzoek is er een goede theorie over de bouw van het atoom. En het onderzoek gaat door. In CERN in Genève botsen supersnelle deeltjes in een 27 km lange cirkelvormige buis tegen elkaar. Daarbij komen nieuwe deeltjes vrij, die worden bestudeerd in deze enorme detector.



Je leert

- hoe je de bouw van een atoom kunt beschrijven met behulp van atoommodellen;
- wat isotopen zijn;
- elektronenconfiguraties afleiden uit het periodiek systeem.

2.1 Periodiek systeem

- Experiment 2.1
- Experiment 2.2



2.1 Deze ring met protonen, neutronen en elektronen geeft het atoommodel van Rutherford weer.

Atoommodel van Rutherford

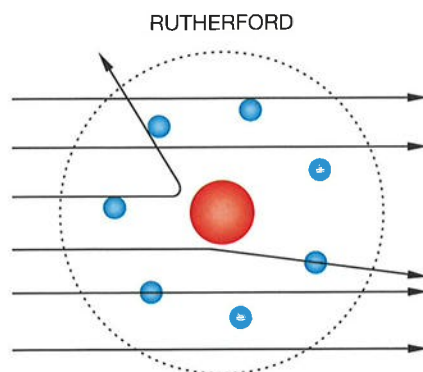
De deeltjes die in CERN worden bestudeerd en ook de moleculen en atomen, de bouwstenen van stoffen, zijn veel te klein om te zien. Je bestudeert in CERN de deeltjes op **microniveau**. Alles wat je kunt waarnemen is het **macroniveau**. In de scheikunde wordt geprobeerd met behulp van het microniveau stoffeigenschappen op macroniveau te verklaren. Het weergeven van het microniveau gebeurt vaak met modellen. Zo is de ring op 'macroniveau' in figuur 2.1 een voorstelling van een atoommodel op microniveau.

Het woord atoom is afgeleid van atomos, dat ondeelbaar betekent. Lange tijd is gedacht dat het atoom een massief ondeelbaar bolletje is. In 1911 voerde **Rutherford** experimenten uit waarbij hij een stroom heel kleine positief geladen deeltjes op een dun stukje goudfolie afschoot. Het grootste deel van deze deeltjes bleek dwars door het goudfolie te gaan zonder dat het folie veranderde, zie figuur 2.2a.

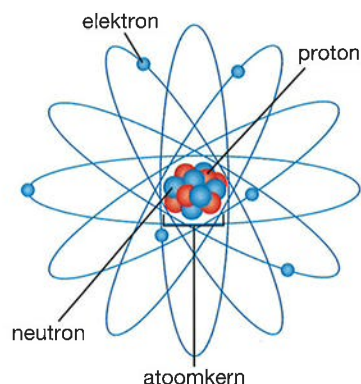
Uit de resultaten van deze experimenten concludeerde hij dat atomen geen massieve bolletjes kunnen zijn, maar dat ze bestaan uit nog kleinere deeltjes en een grote lege ruimte. Op grond van dit onderzoek formuleerde Rutherford een nieuw atoommodel dat de bouw van een atoom beschrijft als een positief geladen **atoomkern** met daaromheen bewegende negatief geladen **elektronen**. Deze elektronen vormen samen een **elektronenwolk** rond de kern, zie figuur 2.2b.

Tussen de atoomkern en de elektronen in de elektronenwolk is lege ruimte, helemaal niets. Die lege ruimte is enorm groot in vergelijking met de ruimte die de atoomkern inneemt.

Uit later onderzoek bleek dat de atoomkern geen massief bolletje is, maar bestaat uit nog kleinere deeltjes, de **protonen** en de **neutronen**. Protonen zijn positief geladen en neutronen zijn neutraal. De atoomkern heeft door de protonen een positieve lading.



2.2a Het experiment van Rutherford



2.2b Een model van het koolstofatoom volgens het atoommodel van Rutherford



2.3 Gele zwavelafzettingen bij de Papandayan-vulkaan in Indonesië



2.4 Roetaanslag (koolstof) bij een mijnwerker

Volgens het atoommodel van Rutherford zijn de bouwstenen van een atoom:

- protonen, weergegeven door de letter p;
- elektronen, weergegeven door e^- ;
- neutronen, weergegeven door de letter n.

Atoomnummer en massagetal

Met behulp van het atoommodel kun je antwoord geven op de vraag wat het verschil is tussen een koolstofatoom en een zwavelatoom en waardoor op macroniveau de stof zwavel andere eigenschappen heeft dan de stof koolstof (figuur 2.3 en 2.4). Het verschil tussen atomen wordt veroorzaakt door het aantal protonen in de kern. Het aantal protonen bepaalt welke atoomsoort het is en dit aantal protonen wordt gegeven door het **atoomnummer**. Een koolstofatoom heeft zes protonen in de kern en heeft atoomnummer 6, zwavelatomen hebben altijd zestien protonen in de kern en dus atoomnummer 16. Alle atomen van dezelfde soort hebben hetzelfde atoomnummer.

In de atoomkern bevinden zich, behalve protonen, ook neutronen. Het aantal neutronen in een atoomkern is soms gelijk aan het aantal protonen, maar meestal is het (iets) groter. De massa van een neutron is vrijwel gelijk aan de massa van een proton. De som van het aantal protonen en neutronen in de atoomkern is het **massagetal**.

Een atoom is als geheel elektrisch neutraal, dat betekent dat in een atoom de negatieve lading van de 'elektronenwolk' steeds precies even groot moet zijn als de positieve lading van de kern. De elektrische lading van een proton en een elektron kun je uitdrukken in **coulomb**. De lading van een proton is $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb (C). Maar meestal gebruik je een andere eenheid, de **elementaire ladingseenheid** of **elementair ladingskwantum e** . Volgens Binas tabel 7 komt één elementair ladingskwantum overeen met $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Het proton heeft dan een lading van $+1e$ en het elektron een lading van $-1e$. Voor elk atoom geldt dat het aantal protonen gelijk is aan het aantal elektronen, zie ook tabel 2.5.

	lading (C)	lading e	plaats	aantal
proton	$+1,6 \cdot 10^{-19}$	+1	kern	gelijk aan atoomnummer
neutron	0	0	kern	variabel
elektron	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	-1	rond de kern	gelijk aan atoomnummer

2.5 Lading van protonen, neutronen en elektronen

Isotopen

Atomen van één atoomsoort bezitten altijd hetzelfde aantal protonen, maar ze kunnen een verschillend aantal neutronen hebben. In Binas tabel 25 kun je zien dat vrijwel bij elke atoomsoort atomen staan met verschillende massagetallen.

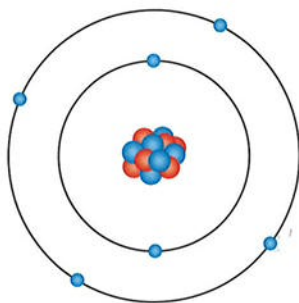
atoomsoort	Cu	Cu
massagetal	63	65
atoomnummer	29	29
protonen	29	29
elektronen	29	29
neutronen	34	36

2.6 Twee isotopen van koper

Als voorbeeld kijken we naar koper, zie tabel 2.6. In de natuur tref je twee verschillende koperatomen aan: atomen met massagetal 63 en met massagetal 65. Het atoomnummer is dus steeds gelijk, het massagetal is verschillend. Deze twee atomen noem je **isotopen**. Isotopen hebben hetzelfde symbool, in dit voorbeeld Cu. Om ze toch van elkaar te kunnen onderscheiden zet je achter het symbool het massagetal: Cu-63 en Cu-65. Er bestaat nog een andere notatie om isotopen van elkaar te onderscheiden. Daarbij wordt het atoomnummer linksonder het symbool gezet en het massagetal linksboven, $^{63}_{29}\text{Cu}$ en $^{65}_{29}\text{Cu}$.

Atoommodel van Bohr

Het model van Rutherford verklaart niet alle eigenschappen van atomen en het is daarom door **Bohr** verfijnd. In zijn model bevinden de elektronen zich in bolvormige banen rond de kern, zoals de planeten die om de zon draaien. Deze bolvormige banen noemde Bohr **elektronenschillen**. Elektronen die in dezelfde schil zitten hebben dezelfde gemiddelde afstand tot de kern. Schillen die dichter bij de kern zitten bevatten minder elektronen dan schillen die verder van de kern verwijderd zijn. Zo kan de eerste schil maar twee elektronen bevatten en de tweede schil acht. De verdeling van de elektronen over de schillen heet ook wel de **elektronenconfiguratie**.



2.7 Een modeltekening van het koolstofatoom volgens het atoommodel van Bohr

Een koolstofatoom heeft zes elektronen, er zitten volgens het atoommodel van Bohr twee elektronen in de eerste schil en vier elektronen in de tweede schil, zie figuur 2.7. In dit model is de kern naar verhouding veel te groot weergegeven. De schillen hadden hier eigenlijk getekend moeten worden als een bol met een diameter van ongeveer tweeduizend meter. Om het overzichtelijk te houden wordt het model van Bohr niet driedimensionaal weergegeven. De schillen in het atoommodel van Bohr hebben een rangnummer, n , of worden voorgesteld door letters K, L, M, N, O, P, Q.

Het periodiek systeem

Alle bekende atoomsoorten staan in het **periodiek systeem**. Dit systeem is bedacht door de Rus Dimitri Mendelejev die in de negentiende eeuw de atoomsoorten rangschikte naar opklimmende atoommassa. Bovendien zette hij atoomsoorten die chemisch op elkaar lijken onder elkaar.

Het briljante van Mendelejev was dat hij plaatsen openliet in het systeem. Hij beweerde dat de lege plaatsen in zijn periodiek systeem later ingenomen zouden worden door atoomsoorten die op dat moment nog niet ontdekt waren. Mendelejev kon zelfs voorspellen welke chemische eigenschappen deze nog onontdekte atoomsoorten zouden hebben. Die moesten immers lijken op de atoomsoorten die boven of onder de nog lege plaats stonden. In Binas tabel 99 staat het huidige periodiek systeem afgebeeld met alle atoomsoorten die we nu kennen. In dit periodiek systeem wordt een horizontale rij van atoomsoorten een **periode** genoemd. Een verticale kolom van atoomsoorten noem je een **groep**. Het periodiek systeem bestaat uit zeven perioden en achttien groepen. Om het systeem niet al te breed te laten zijn, zijn van de perioden 6 en 7 een aantal atoomsoorten onder het systeem gezet.



2.8 Dit sieraad van zilver geeft een beeld van het zuurstofatoom volgens het atoommodel van Bohr.

De atoomsoorten in de geel gekleurde hokjes zijn atomen van **metalen**. De andere atoomsoorten zijn atomen van **niet-metalen**. Je ziet dat er meer metalen dan niet-metalen zijn. Op de grens van de metalen en de niet-metalen staat een aantal atoomsoorten die wat betreft hun eigenschappen tussen metalen en niet-metalen in staan. Deze staan in blauwgekleurde hokjes, ze worden metalloïden genoemd.

De atoomsoorten die in één groep staan, hebben chemische eigenschappen die op elkaar lijken. Soms wordt zo'n groep atoomsoorten in het periodiek systeem met een verzamelnaam aangegeven.

- groep 1: de **alkalimetalen**
- groep 2: de **aardalkalimetalen**
- groep 17: de **halogenen**
- groep 18: de **edelgassen**

Atoommodel van Bohr en het periodiek systeem

Er bestaat een verband tussen het atoommodel van Bohr en het periodiek systeem. De alkalimetalen uit groep 1 hebben allemaal één elektron in de buitenste schil, terwijl de halogenen uit groep 17 zeven elektronen in de buitenste schil hebben. Eerder in deze paragraaf las je al dat de schillen die verder van de kern zijn verwijderd meer elektronen kunnen bevatten. Zie ook de tabel 2.9.



2.10 Niels Bohr. In 1922 ontving hij de Nobelprijs voor Natuurkunde.

schil	K	L	M	N	O	P	Q
nummer (n)	1	2	3	4	5	6	7
maximale verdeling	2	8	18	32	32	32	32

2.9 Verdeling van elektronen volgens Bohr

Uit de plaats in het periodiek systeem kun je voor de eerste twintig atoomsoorten eenvoudig de **elektronenconfiguratie** afleiden. Het nummer van de periode geeft het aantal schillen aan en aan de groep kun je zien hoeveel elektronen in de buitenste schil zitten. De elektronenconfiguratie van alle atoomsoorten vind je in Binas tabel 99.

Voorbeeld: de elektronenconfiguratie

a Wat is de elektronenconfiguratie van zwavel?

Zwavel heeft atoomnummer 16. Zwavel staat in de derde periode, dus de elektronen zijn over drie schillen verdeeld. Van de 16 elektronen in een zwavelatoom zitten er 2 in de K-schil en 8 in de L-schil. Er blijven er 6 over en die zitten in de M-schil. De elektronenconfiguratie is: 2, 8, 6.

b Wat is de elektronenconfiguratie van kalium?

Kalium heeft atoomnummer 19. Kalium staat in groep 1, dus in de buitenste schil zit één elektron. Omdat kalium in de vierde periode staat, verdelen de elektronen zich over vier schillen. In de K-schil kunnen twee elektronen en in de L-schil acht. Voor de derde schil blijven er acht elektronen over. De elektronenconfiguratie is: 2, 8, 8, 1.



2.11 In de Griekse filosofie waren er vier aardse elementen: aarde, water, lucht en vuur. Tegenwoordig weten we dat het er ruim honderd zijn.

Oudste zoogdier

Het was al lang bekend dat de Groenlandse haai oud kan worden, maar Deense wetenschappers hebben nu een haai gevonden die een wel heel hoge leeftijd heeft bereikt. Na onderzoek met de C14-dateringsmethode bleek de haai rond de 392 jaar oud te zijn geworden (figuur 2.12b).

Hoe werkt de C14-datering?

De C14-methode maakt bij de bepaling van de leeftijd van organisch materiaal gebruik van de aanwezigheid van C-14, een isotoop van koolstof. Deze isotoop heeft naast de zes protonen acht neutronen in de kern. De isotoop C-14 is niet stabiel, in de loop van de tijd wordt één van de neutronen in de kern gesplitst in een proton en een elektron. C-14 verandert dus in N-14 en een elektron dat direct wordt uitgestoten, de zogenaamde β -straling. Je zegt dat het C-14 vervallen is.

C-14 komt gewoon in de natuur voor en planten nemen deze koolstofisotoop via de fotosynthese op. Als dieren planten eten, krijgen ze deze isotoop binnen. Alle levende wezens hebben in hun organisme vrijwel dezelfde verhouding aan isotopen C-12 en C-14. Na de dood wordt geen C-14 meer opgenomen en vervalt langzaam het aanwezige C-14.

Dit proces duurt heel lang, de halveringstijd van C-14 (de tijd die nodig is om de helft van de aanwezige isotopen C-14 om te zetten in N-14) is 5730 jaar. Door de verhouding tussen de hoeveelheid C-14 en C-12 in organische overblijfselen te meten kun je berekenen hoelang geleden het organisme is overleden.

Met deze methode is de leeftijd van het oogweefsel van de Groenlandse haai bepaald. De C14-methode wordt veel gebruikt in de archeologie om de leeftijd van organisch materiaal uit opgravingen te bepalen.



2.12a Koolstofdatering is bruikbaar voor materialen tot 60 000 jaar oud. De ouderdom van de T-rex in Leiden kun je er dus niet mee bepalen.



2.12b De Groenlandse haai

● Opdracht C16

Samenvatting

- Volgens het atoommodel van Rutherford bevat de kern protonen en neutronen. De elektronen bevinden zich in een wolk om de kern heen. In het atoommodel van Bohr worden de elektronen verdeeld over verschillende schillen. De verdeling van de elektronen over de schillen heet de elektronenconfiguratie.
- Ieder atoom heeft een atoomnummer. Alle atomen van dezelfde atoomsoort hebben hetzelfde atoomnummer. Het atoomnummer geeft het aantal protonen in de kern weer.
- Elk atoom heeft een massagetal. Atomen van dezelfde atoomsoort kunnen verschillende massagetalen hebben. Het massagetal is gelijk aan de som van het aantal protonen en neutronen.
- Isotopen zijn atomen met hetzelfde aantal protonen, maar een verschillend aantal neutronen.
- Atoomsoorten in dezelfde groep hebben chemische eigenschappen die op elkaar lijken.

Opdrachten

A 1 

Uit welke deeltjes is een atoom opgebouwd?

A 2 

Wat is het verschil tussen het atoomnummer en het massagetal van een atoomsoort?

A 3

Geef met behulp van Binas de namen en symbolen voor:

- a** de atoomsoort met atoomnummer 6
- b** de atoomsoort met 18 protonen in de kern
- c** de atoomsoort met 23 elektronen

A 4

Wat is een isotoop?

A 5

Geef de naam van elk van de atoomsoorten die worden gerekend tot:

- a** de halogenen
- b** de alkalimetalen
- c** de edelgassen

A 6 

Schrijf een andere, verkorte, notatie voor de volgende isotopen.

- a** radon-220
- b** polonium-210
- c** goud-197

B 7

Geef de namen en symbolen van de elementen die chemisch gezien enigszins op magnesium lijken. Maak gebruik van Binas tabel 99.

B 8

Neem de tabel 2.13 over en vul de ontbrekende getallen en symbolen in. Raadpleeg je Binas.

symbool	atoomnummer	aantal protonen	aantal elektronen	aantal neutronen	massagetal
N				7	
		3			7
Zn				36	
	17				37
			15	16	

2.13

B 9

Leid met Binas tabel 25 af hoeveel protonen, neutronen en elektronen voorkomen in:

- a** een zuurstofatoom met massagetal 16
- b** een neonatoom met massagetal 22
- c** een waterstofatoom met massagetal 1

B 10

Geef voor elk van de volgende atoomsoorten aan waar X voor staat.

- a** ${}^{24}_{12}\text{X}$
- b** ${}^{58}_{28}\text{X}$

B 11 

Het atoomnummer wordt bij de notatie van een isotoop vaak weggelaten. Er staat dan bijvoorbeeld ${}^{13}\text{C}$ in plaats van ${}^{13}_6\text{C}$. Leg uit dat dit geen probleem oplevert.

B 12

Leg uit op welke plaats in het periodiek systeem Cl-35 staat en waar Cl-37 staat.

B 13

Hoeveel protonen, neutronen en elektronen zitten in elk van de volgende atomen?

- a** ${}^{15}_7\text{N}$
- b** ${}^{60}_{27}\text{Co}$
- c** ${}^{131}_{53}\text{I}$

B 14 

Als regel geldt dat atoomsoorten uit dezelfde groep duidelijke overeenkomsten in eigenschappen vertonen. Leg uit of dit van toepassing is bij de groep C tot en met Pb.

B 15

- Leid uit de gegevens van Binas tabel 99 af wat de elektronenconfiguratie van silicium is.
- Leid uit de gegevens van Binas tabel 99 af wat de elektronenconfiguratie van calcium is.
- Teken met de gegevens uit Binas een atoommodel voor silicium volgens Bohr.

C 16

Lees de tekst in het kader 'Oudste zoogdier' en beantwoord de volgende vragen.

- Hoeveel protonen en neutronen zijn er in een C14-isotoop aanwezig?
- In welke atoomsoort verandert C-14 als het vervalt?

Enige jaren geleden vingen Urker vissers een groot bot in hun netten: de onderkaak van de legendarische sabeltandtijger. Na onderzoek met de C14-dateringsmethode bleek het bot 28 000 jaar oud te zijn. Dit kwam als een verrassing, er werd aangenomen dat de sabeltandtijger al veel langer geleden uitgestorven was (figuur 2.14).

- Stel dat de normale verhouding C-12 : C-14 gelijk is aan $1,0 : 1,2 \cdot 10^{-12}$ en de hoeveelheid C-12 gelijk blijft. Wat is de verhouding C-12 : C-14 dan na één halveringstijd?
- Wat was deze verhouding ongeveer bij de sabeltandtijger? Rond het aantal halveringstijden af op een geheel getal.



2.14 De sabeltandtijger, ondanks zijn naam geen tijger, maar wel familie van de kactachtigen.

C 17 ★

Uraan is het zwaarste natuurlijke element. In 1976 meldden onderzoekers dat ze in een stuk monaziet, afkomstig van

Madagaskar, drie nieuwe superzware atoomsoorten met de atoomnummers 116, 124 en 126 hadden aangetoond. Dit bericht haalde de voorpagina's van veel kranten. De interpretatie van de meetresultaten waarop de vondst berustte, werd later sterk aangevochten door andere onderzoekers. Sindsdien is van de ontdekking niets meer vernomen. Gebruik het periodiek systeem in je Binas bij het beantwoorden van de volgende vragen.

- In welke periode en welke groep van het periodiek systeem is de atoomsoort met atoomnummer 116 geplaatst?
- In welke periode van het periodiek systeem zou de atoomsoort met atoomnummer 124 geplaatst moeten worden?
- Leg uit of je verwacht dat deze laatste atoomsoort een metaal is of een niet-metaal.
- Grote atoomkernen, waarvan hier sprake is, zijn zeer instabiel: ze vallen uiteen in kleinere kernen. Verklaar deze instabiliteit van grote atoomkernen aan de hand van de samenstelling van de kernen. Welke deeltjes bevatten ze en welke lading hebben die?



2.15 Monaziet is een mineraal waar verschillende zeldzame elementen in aanwezig kunnen zijn.

Experimenten

2.1 IJzer wordt roest

Wordt ijzer lichter of zwaarder als het reageert met zuurstof?

2.2 De grootte van een molecuul

In dit experiment probeer je de grootte van een oliemolecuul te bepalen.

- Volledige instructie *Chemie Overal* online

Je kunt nu

- het atoommodel van Rutherford en Bohr gebruiken om atomen weer te geven;
- het atoomnummer en het massagetal gebruiken;
- uitleggen wat isotopen zijn;
- het periodiek systeem gebruiken om de elektronenconfiguratie af te leiden.

Sparta ion

Misschien ben je al hard voorbijgefietst door iemand op een elektrische fiets. De fietsfabrikant Sparta heeft de Sparta ion gemaakt. Hierbij wordt gebruikgemaakt van ionen. Er worden tegenwoordig naast traditionele fietsen ook bijzondere elektrische fietsen gemaakt zoals je hiernaast ziet.



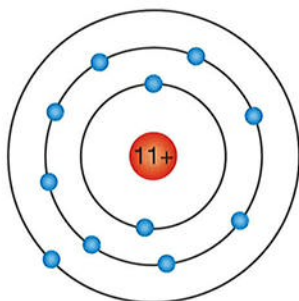
Je leert

- wat ionen zijn en hoe ze ontstaan;
- het verband tussen de lading van een ion en het periodiek systeem;
- wat de octetregel inhoudt.

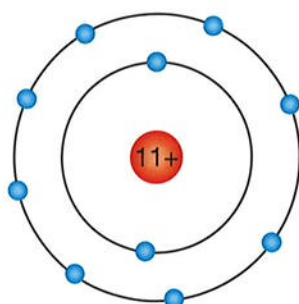
2.2 Ionen

Ionen

De accu van een elektrische fiets maakt gebruik van ionen. Maar wat zijn ionen? Omdat atomen evenveel protonen als elektronen bevatten, zijn ze elektrisch neutraal. Tijdens een chemische reactie of onder invloed van elektrische stroom verandert de samenstelling van de atoomkern nooit, maar de samenstelling van de elektronenwolk kan wel veranderen. Er kunnen één of meer elektronen worden afgestaan of opgenomen. Het atoom is dan niet meer neutraal, maar heeft een positieve of negatieve lading gekregen.



2.16 Een natriumatoom met elf elektronen (Na)



2.17 Een natriumion met tien elektronen (Na⁺)

Positieve ionen

Een atoom kan één of meer van zijn elektronen uit de buitenste schil afstaan. Dit heeft als gevolg dat de positieve lading in de kern groter is dan de negatieve lading in de elektronenwolk. Het atoom als geheel is dan positief geworden. Een atoom met positieve lading noem je een **positief ion**.

In figuur 2.16 is een natriumatoom getekend. Als dit atoom één elektron verliest, wordt er een ion gevormd met een lading 1+, zie figuur 2.17. Een magnesiumatoom kan twee elektronen verliezen, er ontstaat dan een ion met een lading 2+. Je gebruikt als notatie voor een ion het symbool van de atoomsoort. De lading van het ion wordt dan *rechtsboven* het symbool gezet, Mg²⁺.

Negatieve ionen

Een atoom kan één of meer elektronen in de buitenste schil opnemen. Dan is de negatieve lading in de elektronenwolk groter dan de positieve lading in de kern. Het atoom als geheel is dan negatief geworden. Een atoom met negatieve lading noem je een **negatief ion**.

In figuur 2.18 is een fluoratoom getekend. Als dit atoom één elektron opneemt, ontstaat een ion met een lading 1–, zie figuur 2.19. Een zwavelatoom bijvoorbeeld kan twee elektronen opnemen, er ontstaat dan een ion met lading 2–.

Elektrovalentie en het periodiek systeem

Atomen kunnen dus een of meerdere elektronen opnemen of afstaan. Elke atoomsoort heeft meestal maar één bepaalde lading. Zo is de lading van een natriumion altijd 1+ en de lading van een fluoride-ion 1–. De lading van een ion hangt af van het aantal elektronen dat een atoom kan opnemen of afstaan. Deze lading is de **elektrovalentie** van een atoom.

Metaalionen zijn altijd positief geladen. Metaalatomen hebben dus positieve elektrovalenties. De naam wordt gegeven door de naam van het metaal, gevolgd door *ion*: Na⁺ is natriumion, Mg²⁺ is magnesiumion, enzovoort.

Ionen die ontstaan uit niet-metalen zijn meestal negatief geladen. Atomen van niet-metalen hebben vrijwel altijd negatieve elektrovalenties. De naam van deze ionen eindigt met het achtervoegsel *-ide*: Cl[–] is chloride-ion, Br[–] is bromide-ion, enzovoort.

De elektronen in de buitenste schillen die het verst verwijderd zijn van de atoomkern zullen de meeste wisselwerking ondervinden met de buitenste elektronen van een ander atoom. De elektronen in de buitenste schil noemt men **valentie-elektronen** en deze zijn betrokken bij het vormen en verbreken van bindingen tussen atomen.

Atoomsoorten zijn in een groep van het periodiek systeem geplaatst vanwege hun gemeenschappelijke chemische eigenschappen. Atoomsoorten hebben deze gemeenschappelijke eigenschappen omdat ze hetzelfde aantal valentie-elektronen hebben.

In Binas tabel 99 kun je met behulp van de elektronenconfiguratie aflezen hoeveel valentie-elektronen een atoomsoort heeft. Atoomsoorten uit dezelfde groep van het periodiek systeem hebben ook dezelfde elektrovalentie. Ze vormen dus ionen met dezelfde lading. Het verband tussen groepsnummer, elektrovalentie en lading van het ion is opgenomen in tabel 2.20. Een atoom uit groep 2, bijvoorbeeld Mg, heeft een elektrovalentie 2+ en vormt Mg²⁺-ionen.

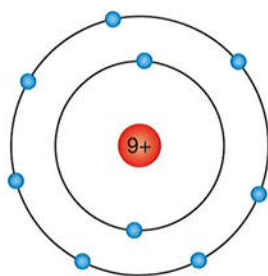
atoomsoort		
groep	elektrovalentie	lading ion
1	1+	1+
2	2+	2+
13	3+	3+
15	3–	3–
16	2–	2–
17	1–	1–

2.20 Het verband tussen het groepsnummer, de elektrovalentie en de lading van een atoomsoort

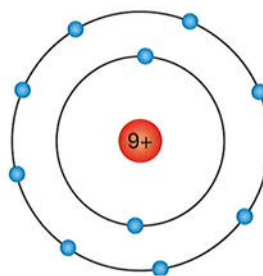
Octetregel

De elementen uit groep 18, de edelgassen, reageren nauwelijks met andere elementen, ze zijn kennelijk heel stabiel. Voor de elementen in groep 18 geldt dat er acht elektronen in de buitenste schil zijn. De uitzondering is helium, omdat de buitenste schil daar met twee elektronen al vol is.

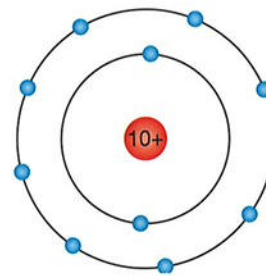
Gilbert Lewis formuleerde in 1916 de octetregel. Volgens de **octetregel** streven atomen door het opnemen, afstaan of delen van elektronen in de buitenste schil naar een achtondering, een octet, dus naar acht elektronen. Dit heet ook wel een **edelgasconfiguratie**.



2.18 Fluoratoom met negen elektronen (F)



2.19 Fluoride-ion met tien elektronen (F[–])



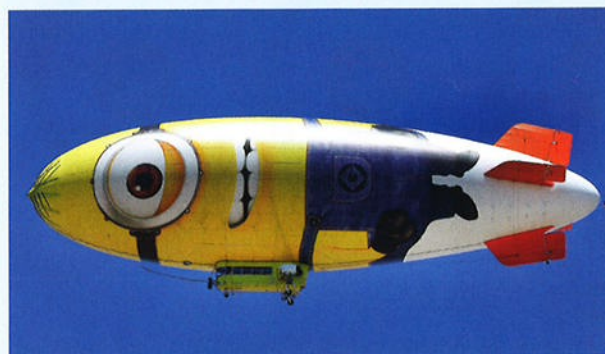
2.21 Neonatoom

In figuur 2.17 wordt het natriumion gevormd door het afgeven van een elektron. De elektronenconfiguratie verandert dan van 2, 8, 1 in 2, 8. In figuur 2.19 wordt een fluoride-ion gevormd door het opnemen van een elektron. De elektronenconfiguratie verandert van 2, 7 in 2, 8. Beide ionen hebben nu dezelfde elektronenconfiguratie als neon (figuur 2.21). Heel lang is er gedacht dat edelgassen helemaal niet reageerden met andere stoffen, maar dat is niet helemaal juist. Het is wel zo dat edelgassen, doordat ze een octet in de buitenste schil hebben, nog maar weinig reactief zijn.

Het nut van niets doen

Het uitvinden van de gloeilamp heeft veel tijd gekost. Het idee om vanuit elektriciteit licht te genereren was er al lang, maar men liep tegen enkele praktische problemen op. Het idee achter de gloeilamp is om een metaaldraad onder stroom te zetten. Deze wordt dan heel warm en gaat licht uitzenden. Maar als je een metaaldraad flink verwarmt, dan vliegt hij in brand door de aanwezige zuurstof. Op een gegeven moment plaatste men de draad in een vacuüm gezogen bol, waardoor hij niet meer verbrandde. Later werd de buis gevuld met een edelgas. Dit is omdat edelgassen vrijwel niet reageren (niets doen) en er te weinig zuurstof aanwezig is om de draad te laten verbranden. Tegenwoordig gebruiken we liever andere lampen omdat een gloeilamp niet bepaald efficiënt is. Maar een klein deel van de elektrische energie wordt omgezet in zichtbaar licht. Dat edelgassen vrijwel niet reageren, maakt ze voor meer toepassingen bruikbaar. In 1936 waren zeppelins erg populair. De grootste zeppelin was de Hindenburg. Deze was 245 m lang en 41 m breed. Ter vergelijking: een Boeing 747 is nog geen 71 m lang.

De zeppelin werd zo groot gemaakt omdat men hem wilde vullen met het edelgas helium in plaats van waterstof. Helaas werd de Hindenburg toch gevuld met waterstof omdat Duitsland op dat moment geen helium geleverd kreeg. In 1937 is de Hindenburg vergaan in een grote ramp doordat hij in brand vloog. Tegenwoordig wordt helium of verwarmde lucht in een zeppelin gebruikt.



2.22 Deze zeppelin vloog in 2010 rond boven San Francisco toen de film *Despicable Me* net uitkwam.

● Opdracht C27

Samenvatting

- Een ion ontstaat doordat een atoom één of meer elektronen opneemt of afstaat.
- Een positief ion is een atoom dat elektronen heeft afgestaan.
- Een negatief ion is een atoom dat elektronen heeft opgenomen.
- De elektrovalentie geeft aan hoeveel elektronen een atoom kan opnemen of afstaan. Metaalatomen hebben positieve elektrovalenties. Atomen van niet-metalen hebben vrijwel altijd negatieve elektrovalenties.
- De elektronen in de buitenste schil zijn de valentie-elektronen, ze bepalen de chemische eigenschappen van het atoom. Er is een verband tussen de elektrovalentie van een atoomsoort en de groep van het periodiek systeem waarin deze staat.
- Volgens de octetregel streven atomen door het opnemen, afstaan of delen van elektronen in de buitenste schil naar een achtoomringing, een octet. Dat zijn acht elektronen.

Dit heet ook wel een edelgasconfiguratie.

Opdrachten

A 18

Een atoom kan elektronen afstaan of opnemen.

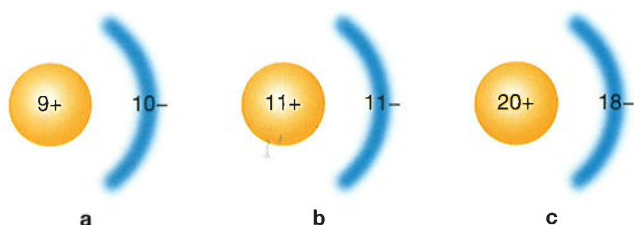
a Hoe heet het geladen deeltje dat hierdoor ontstaat?

Is de lading van het gevormde deeltje positief of negatief, als door het atoom:

- b** elektronen worden opgenomen;
- c** elektronen worden afgestaan?

A 19

Welke van de tekeningen in figuur 2.23 stelt een Na-atom voor, welke een Ca^{2+} -ion en welke een F^{-} -ion?



2.23

A 20

- a** Leg uit of de atoomsoorten uit groep 2 van het periodiek systeem positieve ionen of negatieve ionen vormen.
- b** Dezelfde vraag voor de atoomsoorten uit groep 17.
- c** Dezelfde vraag voor de atoomsoorten ijzer, koper en zuurstof.

B 21

Noteer van elk van de volgende ionen hoeveel protonen en elektronen erin voorkomen.

- a** Be^{2+}
- b** Au^{3+}

B 22

Neem tabel 2.24 over en vul de ontbrekende getallen en symbolen in. Raadpleeg je Binas.

symbool	atoomnummer	aantal protonen	aantal elektronen	aantal neutronen	massagetal
Na^{+}				12	
		17	18	18	
Ca				20	
O^{2-}				8	
		53	54	74	

2.24

B 23

Geef de notatie voor elk van de volgende ionsoorten. Geef tevens aan hoeveel elektronen het ion bevat.

- a** een eenwaardig positief kaliumion
- b** een tweewaardig negatief sulfide-ion (ontstaan uit een zwavelatoom)

B 24

Beschrijf elk van de onderstaande atoomsoorten volgens het atoommodel van Bohr. Raadpleeg hiervoor Binas tabel 99. Voorspel door gebruik te maken van de octetregel hoeveel elektronen elk van deze atoomsoorten graag wil opnemen of afstaan bij het vormen van een verbinding.

- a** Cl-35
- b** Na-23
- c** Ne-20

B 25

De Sparta ion maakt gebruik van ionen. Deze ionen worden in de accu van de fiets gebruikt om elektrische stroom te leveren. Om elektrische stroom te kunnen geleiden zijn er geladen deeltjes nodig.

- a** Leg op microniveau uit wat het verschil is tussen een atoom en een ion.
- b** Waarom kunnen ionen wel elektrische stroom geleiden en atomen niet?

Elektrische fietsen zijn vaak uitgerust met een Li-ion accu.

- c** Zoek de naam op van de atoomsoort Li .
- d** Wat is de elektrovalentie van Li ?
- e** Geef de notatie van een Li-ion .

C 26

Waarom is voor een scheikundige de elektronenwolk van een atoom zoveel interessanter dan de atoomkern?

Lees de teksten in het kader 'Het nut van niets doen' en beantwoord de volgende vragen.

- Welke drie dingen zijn er nodig voor een verbranding?
- Waarom zorgt het vullen van de bol van een gloeilamp met een edelgas ervoor dat de gloeidraad niet verbrandt?
- Als gloeidraad gebruiken we tegenwoordig vaak wolfram. Waarom denk je dat juist dit metaal wordt gebruikt? Gebruik Binas tabel 40A voor je antwoord.

In 2012 is de gloeilamp verboden en er komt wellicht ook een verbod op halogeenlampen. De ledlamp is namelijk nog veel zuiniger. Ongeveer 50% van de opgenomen energie wordt omgezet in licht. Dit is bij een gloeilamp slechts 10%. Een groot deel van de energie wordt namelijk omgezet in warmte.

- Waarom is het beter voor het milieu om een ledlamp te gebruiken dan een gloeilamp?
- Waarom zal het totale energieverbruik bij het gebruik van een ledlamp in plaats van een gloeilamp in de winter minder voordelig zijn dan in de zomer?

Helium is geschikt voor het gebruik in een zeppelin omdat het niet reageert (figuur 2.25).

- Aan welke andere eis moet helium voldoen om het te kunnen gebruiken in een zeppelin? Zou het edelgas argon ook gebruikt kunnen worden? Gebruik je Binas.
- Waarom kun je verwarmde lucht gebruiken bij een zeppelin?
- Verwacht je dat edelgassen vaak ionen vormen?



2.25 Bij een heteluchtballon verwarm je de lucht in de ballon om te stijgen. Het beroemde zelfportret van Van Gogh heeft gediend als voorbeeld voor deze 'Vincent van Gogh Special Shape Ballon'.

Je kunt nu

- uitleggen wat een ion is;
- uitleggen hoe positieve en negatieve ionen ontstaan uit atomen;
- het begrip elektrovalentie toelichten;
- de elektrovalentie van een atoomsoort afleiden uit het periodiek systeem;
- de octetregel uitleggen en toepassen.

Massa's

De massa van een olifant geef je in tonnen en die van een muis in grammen. Bij het gebruik van de eenheid gram krijg je voor de massa van een olifant een onhandig groot getal. De massa-eenheid wordt aangepast aan het toepassingsgebied. Welke massa-eenheid is geschikt voor het uitdrukken van de massa van een atoom?



Je leert

- atoommassa's en molecuulmassa's berekenen;
- bij berekeningen werken met significante cijfers.

2.3 Massa's van bouwstenen

Atoommassa

Je lichaamsgewicht druk je uit in kilogram, de massa van een proton of een elektron kun je uiteraard ook uitdrukken in kilogram of in gram. Dat is alleen niet handig, omdat atomen heel klein zijn. Je komt dan op onhandige getallen uit (figuur 2.27a en b). Voor de massa van deze deeltjes gebruik je als eenheid de **atomaire massa-eenheid (u)**. In Binas tabel 5 en 7 vind je dat $1,00 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Je drukt de massa van atomen, de **atoommassa**, met symbool A_r , meestal uit in u.



2.27a Deze leerling weegt $2,71 \cdot 10^{28} \text{ u}$.

De keuze van de atomaire massa-eenheid is historisch bepaald. Dalton koos in 1803 de massa van een H-atoom als standaard bij de berekening van atoom- en molecuulmassa's. Hij stelde de massa van het H-atoom op 1,0 u en berekende hoeveel keer andere atomen zwaarder zijn. Zo ontstaan relatieve atoommassa's, met symbool A_r . Het zuurstofatoom is 16 keer zwaarder dan het H-atoom, dus de relatieve atoommassa van zuurstof is 16,0 u. Het begrip relatieve atoommassa wordt nog steeds gebruikt. Alleen wordt nu niet meer de massa van één H-atoom als standaard genomen, maar een twaalfde deel van het koolstofatoom met zes protonen en zes neutronen als kern: C-12. In tabel 2.26 zie je hoe groot de massa van de bouwstenen van atomen is, uitgedrukt in u.

	massa (g)	massa (u)	massa afgerond (u)
proton	$1,672622 \cdot 10^{-24}$	1,007276	1,01
neutron	$1,674927 \cdot 10^{-24}$	1,008665	1,01
elektron	$9,109382 \cdot 10^{-28}$	$5,485799 \cdot 10^{-4}$	$5,49 \cdot 10^{-4}$

2.26 De massa van de bouwstenen van een atoom



2.27b Het babykonijntje weegt ongeveer $5,0 \cdot 10^{-5}$ ton. De eenheid u voor de leerling en de eenheid ton voor het konijntje zijn geen handige eenheden.

Uit de gegevens in tabel 2.26 blijkt dat een proton 1836 keer zo zwaar is als een elektron en een neutron zelfs nog iets zwaarder. De massa van een atoom wordt dus grotendeels bepaald door de massa van de kern. Meestal verwaarloos je de massa van de elektronen en gebruik je als atoommassa de massa van de kern van een atoom.

Je kent nu het begrip massagetal en het begrip atoommassa. Maar let op, dit zijn twee verschillende begrippen. Het **massagetal** is het totaal aantal kerndeeltjes (protonen en neutronen samen), een geheel getal zonder eenheid. De atoommassa wordt uitgedrukt in **atomaire massa-eenheden**. Zo is de massa van een heliumatoom met massagetal 4 gelijk aan 4,002603 u.

Gemiddelde atoommassa

Van magnesium komen er in de natuur drie isotopen voor, namelijk Mg-24, Mg-25 en Mg-26. Deze drie isotopen hebben een verschillend aantal neutronen in de kern en dus verschillende atoommassa's. In tabel 2.28 staat de isotopensamenstelling van magnesium zoals ze in de natuur voorkomt.

isotoop	percentage	atoommassa (u)
Mg-24	78,99	23,98504
Mg-25	10,00	24,98584
Mg-26	11,01	25,98259

2.28 Isotopensamenstelling van natuurlijk magnesium

De gemiddelde atoommassa van een atoomsoort wordt berekend uit de isotopensamenstelling in de natuur. In Binas tabel 99 staan de afgeronde gemiddelde atoommassa's van alle atoomsoorten. Van magnesium is de gemiddelde atoommassa 24,31 u. Dat kun je ook zelf berekenen. Je moet dan bij de berekening van deze gemiddelde atoommassa rekening houden met twee factoren:

- 1 de massa's van de afzonderlijke magnesiumisotopen;
- 2 de percentages waarin de verschillende isotopen in het isotopenmengsel voorkomen.

Je spreekt wel over het gewogen gemiddelde. Je rapportcijfer voor een bepaald vak is ook een gewogen gemiddelde, zie figuur 2.29. Rekenvoorbeeld 1 laat zien hoe je de gemiddelde massa van een magnesiumatoom kunt berekenen.

proefwerken	so's
6,7	7,2
8,4	3,0
	5,8

2.29 Als de proefwerken drie keer meetellen en de schriftelijke overhoringen één keer, is het gemiddelde rapportcijfer een 6,8.

Rekenvoorbeeld 1

Bereken de gemiddelde massa van één magnesiumatoom.

De isotoop Mg-24 weegt bij de berekening zwaarder mee, omdat deze isotoop in de natuur veel vaker voorkomt. Met behulp van tabel 2.28 kun je nu de gemiddelde atoommassa van magnesium berekenen. De massa van 100 Mg-atomen bedraagt:

$$\begin{array}{r}
 78,99 \times 23,98504 = 1894,58 \text{ u} \\
 10,00 \times 24,98584 = 249,858 \text{ u} \\
 11,01 \times 25,98259 = 286,068 \text{ u} \quad + \\
 \hline
 2430,51 \text{ u}
 \end{array}$$

100 Mg-atomen hebben een massa van 2430,51 u. De afgeronde gemiddelde massa van een Mg-atoom is: $\frac{2430,51 \text{ u}}{100} = 24,31 \text{ u}$.

Ionmassa en molecuulmassa

Een ion ontstaat doordat een atoom elektronen afstaat of opneemt. De massa van deze elektronen mag je verwaarlozen. Een ion heeft dus dezelfde massa als het atoom waaruit het is ontstaan. Met behulp van de (gemiddelde) atoommassa's kun je uitrekenen wat de massa van een molecuul is. Maar je moet dan wel weten uit welke atomen het molecuul bestaat. Je moet de molecuulformule kennen. Als symbool voor de **molecuulmassa** wordt vaak het symbool M_r gebruikt.

Afronden

Bij het optellen en aftrekken van meetwaarden rond je af op het minste aantal decimalen.

Voorbeeld:

$$5,631 + 2,6 = 8,2$$

2.30

Rekenen met meet- en telwaarden

In de scheikunde reken je met twee soorten getallen.

- 1 Getallen die zijn ontstaan door meting, de **meetwaarden**. Meetwaarden zijn getallen met een bepaalde nauwkeurigheid. Een meetwaarde van 1,20 m is nauwkeuriger dan een meetwaarde van 1,2 m. Bij een meetwaarde van 1,20 m weet je zeker dat het niet 1,21 m is, bij een meetwaarde van 1,2 m kan het bijvoorbeeld ook 1,18 m of 1,22 m zijn.
- 2 Getallen die een hoeveelheid aangeven in de vorm van een aantal, de **telwaarden**. Telwaarden zijn exacte waarden, ze hebben een oneindige nauwkeurigheid. Deze spelen geen rol in de nauwkeurigheid van je antwoord bij een berekening.

Telwaarden optellen is eenvoudig omdat ze geen nauwkeurigheid hebben. Dan is de som van 2,0 en 0,823 gelijk aan 2,823. Maar als dat meetwaarden zijn, mag je dat zo niet doen. Als je meetwaarden bij elkaar optelt, moet je rekening houden met de nauwkeurigheid. Je rondt af op het kleinste aantal decimalen achter de komma. In dit geval is $2,0 + 0,823 = 2,8$. Dat is dus anders dan bij wiskunde.

Bij het berekenen van molecuulmassa's tel je de atoommassa's bij elkaar op. Atoommassa's zijn meetwaarden, zodat je bij het berekenen van de molecuulmassa de regels in het kader van figuur 2.30 moet gebruiken.

Rekenvoorbeeld 2

Bereken met Binas tabel 99 de molecuulmassa van waterstofperoxide, H_2O_2 .

	massa (u)
H	1,008
O	16,00
H_2O_2	$2 \times 1,008 + 2 \times 16,00 = 34,02$

De minst nauwkeurige atoommassa is in twee decimalen, dus je antwoord moet ook in twee decimalen.



2.31 Als je een klein beetje van een stof die barium bevat in de vlam houdt, krijg je een groene vlam.

Rekenvoorbeeld 3

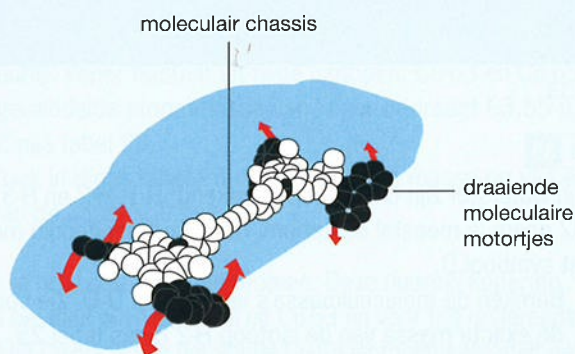
Bereken met de atoommassa's de massa van een deeltje $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (figuur 2.31).

	massa (u)
Ba	137,3
O	16,00
H	1,008
$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$137,3 + 2 \times 16,00 + 2 \times 1,008 = 171,3$

Gelet op de decimalen van de atoommassa's, heeft dit antwoord één decimaal.

Klein, kleiner, kleinst

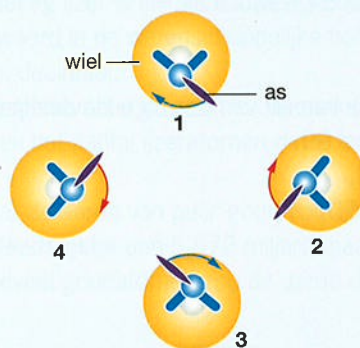
Op 5 oktober 2016 kreeg Ben Feringa, hoogleraar organische chemie in Groningen, een Nobelprijs voor zijn onderzoek naar nanomachines. Dat zijn de kleinste machines ter wereld: één molecuul groot. Eén van de machines die Feringa heeft ontwikkeld is een moleculair autootje. Het molecuul dat hij gebruikt bestaat uit een moleculair chassis waaraan vier wielen zitten. De wielen zijn vlakke moleculaire groepen, die met een dubbele binding, de as, aan het moleculaire chassis zitten. In figuur 2.32a zie je een modelvoorstelling van de kleinste fourwheeldrive ter wereld. Omdat de as een dubbele binding is, is deze draai in principe niet mogelijk. Maar door er ultraviolet licht op te laten vallen verzwakt de binding. Onder invloed van het uv-licht draait het wiel 90°. Onder invloed van warmte draait het weer 90°. Na nog een lichtpuls en een warmtepuls is de draai compleet. In figuur 2.32b is dat schematisch weergegeven. Het wiel is hier het gele deel



2.32a De kleinste fourwheeldrive ter wereld van Ben Feringa

en de as is de dubbele binding. De blauwe pijlen geven de lichtpuls aan en de rode pijlen de warmtepuls. De eerste motoren waren nog erg traag, het duurde een uur om een volledige omwenteling te maken. Maar de huidige motoren maken al miljoenen rotaties per seconde.

Scheikundigen in de Verenigde Staten hebben een duikbootje te water gelaten van ook maar één molecuul waarin het door licht aangedreven motortje uit Groningen is verwerkt. Het molecuul bestaat uit het motortje en twee lange zijtakken die als drijfvarmen dienen. Ze lieten het motortje een nano-onderzeeër aansturen die door een vloeistof kan varen. Praktische toepassingen zijn er nog niet, de grote vraag is hoe je van zo'n autootje of duikbootje op microniveau naar grotere systemen kunt komen op wellicht macroniveau. Maar de experimenten van Feringa zijn de allereerste stapjes op weg naar de toekomst.



2.32b Schematische voorstelling van het draaien van het moleculaire wiel

● Opdracht B34

Samenvatting

- Het symbool van de relatieve atoommassa is A_r , de eenheid is de atomaire massa-eenheid (u).
- De massa van een proton is gelijk aan de massa van een neutron en is 1,01 u. De massa van een elektron is verwaarloosbaar. Hierdoor is de ionmassa gelijk aan de atoommassa.
- Als van een atoom meerdere isotopen in de natuur voorkomen, spreek je van de gemiddelde atoommassa van dit atoom.
- De gemiddelde atoommassa wordt bepaald uit de atoommassa's van de isotopen en hun voorkomen in de natuur.
- De molecuulmassa (M_r) is gelijk aan de som van de (gemiddelde) atoommassa's van alle atomen die in het molecuul voorkomen.
- Bij optellen en aftrekken van meetwaarden heeft de uitkomst evenveel decimalen als de meetwaarde met het kleinste aantal decimalen. Telwaarden hebben geen invloed op de nauwkeurigheid van het antwoord.

Opdrachten

A 28 

Laat met een berekening zien dat de massa van een proton 1836 keer groter is dan die van een elektron. Gebruik de gegevens uit tabel 2.26.

A 29

Leg uit of atoommassa's meetwaarden zijn of telwaarden. En zijn massagetallen meetwaarden of telwaarden?

B 30

Geef de antwoorden op de volgende berekeningen met het juiste aantal cijfers achter de komma en gebruik de wetenschappelijke notatie.

- a $86,3 + 1,42 - 0,09 =$
- b $5502,3 + 24 + 0,01 =$
- c $0,0023 + 0,00054 - 0,00121 =$

B 31

Bereken de massa van elk van de volgende deeltjes in u. Gebruik Binas tabel 99.

- a ammoniak, NH_3
- b zwavelzuur, H_2SO_4
- c broom, Br_2
- d OH^-
- e Fe^{3+}

B 32

Een hoeveelheid ammoniak (NH_3) bevat $3,63 \cdot 10^{24}$ waterstofatomen.

- a Bereken hoeveel stikstofatomen aanwezig zijn in die hoeveelheid ammoniak.
- b Bereken de massa van die hoeveelheid stikstof in u. Gebruik Binas tabel 99.
- c Bereken de totale massa van de stikstofatomen in gram.

B 33

De molecuulmassa, M_r , van het molecuul H_2XO_4 is 145,0 u. X is een onbekende atoomsoort.

- a Bereken de atoommassa, A_r , van de atoomsoort X.
- b Wat is de naam van de atoomsoort X?

B 34

Lees de tekst in het kader 'Klein, kleiner, kleinst' en beantwoord de volgende vraag. Chemici uit de Verenigde Staten hebben een duikbootje te water gelaten ter grootte van één molecuul, zie figuur 2.33.

Het molecuul bestaat uit 240 atomen. Stel dat de molecuulformule van dit molecuul $\text{C}_{103}\text{H}_{112}\text{F}_8\text{N}_{12}\text{O}_2\text{P}_2\text{S}_1$ is. Bereken de molecuulmassa van dit molecuul.



2.33

B 35

Van waterstof zijn drie isotopen bekend: H-1, H-2 en H-3. H-2 noem je meestal deuterium, dat wordt aangeduid met het symbool D.

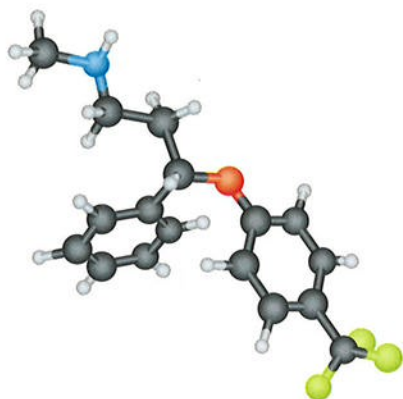
- a Bereken de molecuulmassa's van H_2O en D_2O . Zie voor de exacte massa van de isotoop H-2 Binas tabel 25.
- b Bereken hoeveel maal zo groot de massa van een D_2O -molecuul is als die van een H_2O -molecuul.
- c Leg uit of een D_2O -molecuul groter is dan een H_2O -molecuul of dat beide moleculen evenveel ruimte innemen.
- d Zoek op wat de dichtheid van 'gewoon water' is bij 293 K. Gebruik Binas tabel 11. Bereken vervolgens de dichtheid van zuiver D_2O bij deze temperatuur.
- e D_2O wordt ook wel 'zwaar water' genoemd. Verklaar de term 'zwaar water'.

B 36

- a Zoek op welke isotopen van boor in de natuur voorkomen.
- b Hoe groot is het massagetel van elk van deze isotopen?
- c Welke overeenkomsten in atoombouw hebben de boor-isotopen?
- d Welk verschil in atoombouw hebben de boorisotopen?
- e Bereken de gemiddelde atoommassa van het element boor zoals het in de natuur voorkomt. Vergelijk je uitkomst met de waarde uit Binas tabel 99.

C 37

Fluoxetine is een stof die op de markt is onder de naam Prozac. Het wordt gebruikt als antidepressivum. In figuur 2.34 zie je een modelvoorstelling van Fluoxetine. Noteer de molecuulformule en bereken de molecuulmassa. Rood = O, zwart/grijs = C, blauw = N, geelgroen = F en wit = H. Zet de atoomsoorten in alfabetische volgorde.



2.34

C 38

Natuurlijk koper bestaat uit twee isotopen: Cu-63 en Cu-65. De gemiddelde atoommassa van koper bedraagt 63,55 u, zie Binas tabel 99.

- a** Zoek in Binas tabel 25 de nauwkeurige massa op van elk van de koperisotopen.

Stel, je hebt duizend koperatomen. Deze duizend koperatomen bestaan voor een deel uit Cu-63 en voor het resterende deel uit Cu-65. Als je het aantal Cu-63 isotopen gelijkstelt aan x , dan is het aantal Cu-65 isotopen gelijk aan $1000 - x$.

- b** Bereken de totale massa van die duizend koperatomen. Gebruik de nauwkeurige atoommassa uit onderdeel a. Je antwoord is een vergelijking met daarin x .

De gemiddelde atoommassa is als volgt gedefinieerd:

$$\text{gemiddelde atoommassa} = \frac{\text{totale massa van de atomen}}{\text{aantal atomen}}$$

- c** Als je de totale massa van de duizend koperatomen invult, evenals de gemiddelde atoommassa en het aantal koperatomen, krijg je een vergelijking met één onbekende. Los deze vergelijking op.
- d** Bereken het percentage Cu-63 in natuurlijk koper.
- e** Vergelijk je antwoord met het gegeven in Binas tabel 25. Stemmen beide waarden overeen?

C 39

De huidige beste schatting van het gewicht van de aarde is 5,972 miljard maal een biljoen ton.

- a** Zet deze waarde om in de wetenschappelijke notatie en gebruik als eenheid kg.

Het is toch een bijzondere gedachte dat zoiets enorm groots als de wereldbol uiteindelijk ook bestaat uit kleine atomen. Het is erg lastig om precies te bepalen hoeveel van elke atoomsoort er in de aarde aanwezig is. Je kunt geen gat boren dat diep genoeg is. Je werkt dus met schattingen. Volgens de huidige schattingen bestaat de massa van de aarde voor 35 massa-% uit ijzer.

- b** Hoeveel kg ijzer is er dan aanwezig in de aardbol? Geef je antwoord in de wetenschappelijke notatie en rond af op één decimaal.
- c** Bereken hoeveel u ijzer dat is. Gebruik Binas tabel 7.
- d** Bereken het aantal ijzeratomen dat in de aardbol aanwezig is.
- e** Stel dat de aarde van puur goud zou zijn en de massa is nog steeds gelijk aan 5,972 miljard maal een biljoen ton. Uit hoeveel goudatomen zou de aarde dan bestaan?



2.35

Je kunt nu

- de atomaire massa-eenheid gebruiken;
- de gemiddelde atoommassa berekenen uit de in de natuur voorkomende isotopen;
- de gemiddelde molecuulmassa berekenen;
- het verschil uitleggen tussen meetwaarden en telwaarden;
- de rekenregel gebruiken die voor optellen en aftrekken geldt.

Kraaltjes

Er zitten heel veel kraaltjes in een doosje. Zo veel dat je ze waarschijnlijk nooit gaat tellen. Als je kraaltjes koopt, dan koop je ze per doosje. Bij het afrekenen tel je het aantal doosjes dat je hebt. Er zitten ook heel veel moleculen in een bepaalde hoeveelheid stof. Welke eenheid kun je daar het beste voor gebruiken?



Je leert

- grootheden en eenheden kennen en eenheden omrekenen;
- rekenen met de eenheid mol.

2.4 De mol

Grootheden en eenheden

Stoffen hebben massa en een volume. Ze hebben een dichtheid en ook een temperatuur. Al deze zaken kun je meten en uitdrukken in een bepaald getal. Een **grootheid** is een gegeven dat meetbaar is. Als je zo'n meetbaar gegeven in een getal uitdrukt, moet achter het getal de **eenheid** staan die bij dit getal hoort.

Het zou erg lastig zijn als elk land zijn eigen eenheden zou hanteren. Daarom is er een **internationaal stelsel van eenheden (SI)**. In dit stelsel zijn basisgrootheden geformuleerd met daarbij behorende grondeenheden, zie tabel 2.36.

Naast grondeenheden bestaan er ook **afgeleide eenheden**. Een voorbeeld daarvan is de eenheid van volume. De **SI-eenheid** voor volume is kubieke meter (m^3). De meter (m) is een grondeenheid; de kubieke meter is daarvan afgeleid ($\text{m} \times \text{m} \times \text{m} = \text{m}^3$). Sommige eenheden die niet in het SI zijn opgenomen, zijn wel blijvend erkend. Een voorbeeld zijn de liter (L) en de milliliter (mL) als eenheid voor volume in plaats van dm^3 en cm^3 . De eenheid L en mL gebruik je vooral bij vloeistoffen en dm^3 en cm^3 meestal bij gassen.

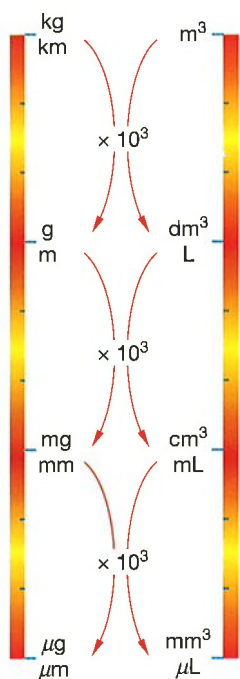


2.37 In Sèvres in Parijs wordt de standaardkilogram bewaard. Alle gewichten moeten hierop worden geijkt.

basisgrootheid		grondeenheid	
naam	symbool	naam	symbool
lengte	l	meter	m
massa	m	kilogram	kg
tijd	t	seconde	s
temperatuur	T	kelvin	K
hoeveelheid stof	n	mol	mol

2.36 Een aantal basisgrootheden, grondeenheden en symbolen in het SI

Je mag ook voorvoegsels gebruiken om de eenheid te vergroten of te verkleinen. Als eenheid voor massa kun je dan bijvoorbeeld milligram ($= 10^{-3}$ gram) gebruiken. Grootheden, eenheden en vermenigvuldigingsfactoren vind je in Binas tabellen 2, 3A en 4.



2.39 Omrekenen met vermenigvuldigingsfactoren

voorvoegsel	symbool	factor	voorbeeld
mega	M	10^6	$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$
kilo	k	10^3	$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
milli	m	10^{-3}	$1 \text{ ml} = 10^{-3} \text{ L}$
micro	μ	10^{-6}	$1 \mu\text{L} = 10^{-6} \text{ L}$
nano	n	10^{-9}	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

2.38 Voorvoegsels van eenheden

In de scheikunde gebruik je regelmatig vermenigvuldigingsfactoren, zie figuur 2.39. Hieronder volgt een rekenvoorbeeld over omrekenen van factoren.

Rekenvoorbeeld 1

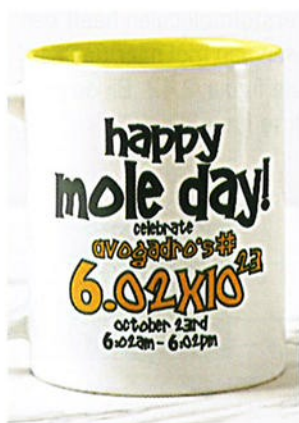
- Hoeveel millimeter is 3,0 km?
 $3,0 \text{ km} = 3,0 \times 10^3 \text{ m} = 3,0 \times 10^3 \times 10^3 \text{ mm} = 3,0 \cdot 10^{3+3} \text{ mm} = 3,0 \cdot 10^6 \text{ mm}$
- Hoeveel dm^3 komt overeen met 15 m^3 ?
 $15 \text{ m}^3 = 15 \times 10^3 \text{ dm}^3 = 1,5 \cdot 10^4 \text{ dm}^3$
- Hoeveel kilogram komt overeen met 12,5 mg?
 $12,5 \text{ mg} = 12,5 \times 10^{-3} \text{ g} = 12,5 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \text{ kg} = 12,5 \times 10^{-6} \text{ kg} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$

De mol

Als je een paar atomen of moleculen hebt, kun je die niet zien, niet ruiken en ook niet wegen. Voordat je bijvoorbeeld de stof ammoniak ruikt, heb je al miljarden ammoniakmoleculen moeten inademen. Als je praat over tastbare hoeveelheden van een stof, het **macroniveau**, gaat het om enorm grote aantallen atomen of moleculen. Chemici gebruiken daarom een nieuwe grootheid, de **hoeveelheid stof** met als symbool ***n*** en als eenheid de **mol**. Deze nieuwe grootheid is ingevoerd omdat het gemakkelijk is om een hoeveelheid stof uit te drukken in een eenheid, waaraan je onmiddellijk kunt zien hoeveel deeltjes erin zitten. Afgesproken is dat één mol stof een pakketje van $6,02214 \cdot 10^{23}$ deeltjes is. Je rondt dit meestal af op $6,02 \cdot 10^{23}$. Dit getal noem je het **getal van Avogadro**, ***N_A***.

Waarom zijn aantallen zo belangrijk bij scheikunde?

Reacties geef je weer met reactievergelijkingen. De coëfficiënten in reactievergelijkingen geven de aantallen deeltjes aan die met elkaar reageren en de aantallen deeltjes die ontstaan. Voor het rekenen aan reacties is het handig om een eenheid te hebben die een aantal deeltjes omvat.



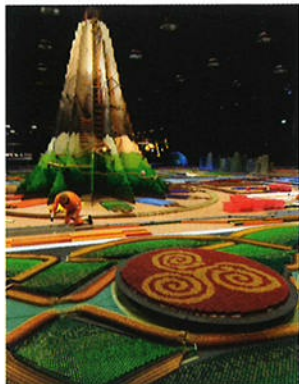
2.40 In Engeland zijn dit soort scheikudekoffiebekers te koop.

Als binnen de scheikunde wordt gerekend in aantallen deeltjes, waarom moet dat dan in 'pakketjes' van $6,02 \cdot 10^{23}$ deeltjes?

Om dit te begrijpen gebruik je de massa-eenheid u. Hiervoor geldt: $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$. Je kunt dit ook omdraaien, met andere woorden, je kunt ook aangeven hoeveel u overeenkomt met 1 gram:

$$1 \text{ g} = \frac{1 \text{ u}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ u}$$

Dit getal is precies gelijk aan het aantal deeltjes dat 1 mol stof bevat. Het getal $6,02 \cdot 10^{23}$ is dus niets anders dan de omrekeningsfactor van de massa-eenheid u naar de massa-eenheid gram. De keuze voor $6,02 \cdot 10^{23}$ als aantal deeltjes in een mol stof heeft een groot voordeel zoals uit het volgende rekenvoorbeeld blijkt.



2.41 Nog lang geen mol dominostenen

Rekenvoorbeeld 2

Wat is de massa van één mol zuurstof, O_2 ?

De massa van één molecuul O_2 is $2 \times 16,00 \text{ u} = 32,00 \text{ u}$. Een mol O_2 -moleculen heeft een massa van $6,02 \cdot 10^{23} \text{ moleculen} \times 32,00 \text{ u} = 1,93 \cdot 10^{25} \text{ u}$.

massa (u)	1,00	$1,93 \cdot 10^{25}$
massa (g)	$1,66 \cdot 10^{-24}$	x

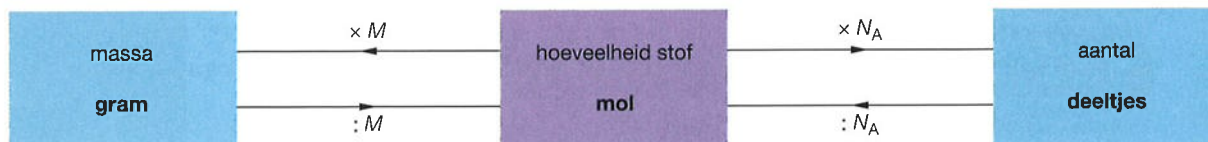
$$x = \frac{1,93 \cdot 10^{25} \text{ u} \times 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}}{1,00 \text{ u}} = 32,00 \text{ g}$$

Uitgedrukt in gram wordt de massa van 1 mol O_2 32,00 g. De massa van één molecuul O_2 is 32,00 u. De massa van één mol O_2 (uitgedrukt in gram) is in getalwaarde gelijk aan de massa van een molecuul O_2 (uitgedrukt in u).

Voor elke stof kun je de massa van een molecuul uitrekenen in u. Je weet dan ook wat de massa van een mol van die stof in gram is. Deze is namelijk in getalwaarde gelijk. De massa van een mol stof noem je de **molaire massa** met het symbool M en eenheid g mol^{-1} .

Van mol naar deeltjes en van mol naar gram

Het spreekt vanzelf dat de massa van één mol deeltjes afhangt van de massa van één deeltje en dus van de samenstelling van het deeltje. Een mol waterstofmoleculen heeft een veel kleinere massa dan een mol glucosemoleculen. Het omrekenen van mol naar deeltjes en van mol naar gram kun je samenvatten in een rekenschema, zie figuur 2.42. Bij de pijlen staat wat je moet doen om van het ene blok naar het andere blok te gaan.



2.42 Rekenschema

In de derde klas heb je een evenredigheidstabel gebruikt bij het rekenen met massaverhoudingen. Dat kan hier ook. Je maakt een eenvoudige evenredigheidstabel, in deze tabel staan onder elkaar mol en gram. Door gebruik te maken van kruisproducten kun je het antwoord vinden. Hieronder volgen twee rekenvoorbeelden, voorbeeld 3 toont het gebruik van kruisproducten en voorbeeld 4 het rekenschema.



2.43 Hoe groot moet het strand zijn om één mol zandkorrels te bevatten? Dit reken je uit in opdracht B51.

Rekenvoorbeeld 3

Hoeveel gram water komt overeen met 3,0 mol van deze stof?

hoeveelheid stof (mol)	1,00	3,0
massa (g)	$2 \times 1,008 + 1 \times 16,00 = 18,02$	x

$$x = \frac{3,0 \text{ mol} \times 18,02 \text{ g}}{1,00 \text{ mol}} = 54 \text{ g H}_2\text{O}$$

Rekenvoorbeeld 4

Uit hoeveel moleculen bestaat 50 mg vitamine C ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)?

Je moet eerst uitrekenen hoeveel mol 50 mg vitamine C is. Van mg maak je gram en je rekent de molaire massa van vitamine C uit. In het rekenschema in figuur 2.42 zie je dat om van het blok 'massa' naar het blok 'mol' te gaan, je moet delen door de molaire massa.

50 mg vitamine C is $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ en de molaire massa van vitamine C is $176,12 \text{ g mol}^{-1}$.

$$50 \text{ mg vitamine C} \triangleq \frac{5,0 \cdot 10^{-2} \text{ g}}{176,12 \text{ g mol}^{-1}} = 2,84 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Je weet nu hoeveel mol vitamine C je hebt. Nu moet je dit omzetten naar hoeveelheid deeltjes. In het rekenschema zie je dat je moet vermenigvuldigen met het getal van Avogadro.

$2,84 \cdot 10^{-4} \text{ mol vitamine C} \triangleq 2,84 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moleculen} = 1,7 \cdot 10^{20} \text{ moleculen vitamine C}$.

Samenvatting

- Iets wat je kunt meten, noem je een grootheid. Deze wordt weergegeven door een bepaalde getalwaarde, gevolgd door de eenheid die bij de betreffende grootheid hoort.
- Een mol (n) is een hoeveelheid stof, uitgedrukt in een aantal deeltjes. Een mol is een pakketje van $6,02214 \cdot 10^{23}$ deeltjes. Dit getal noem je het getal van Avogadro (N_A).
- Het getal $6,02 \cdot 10^{23}$ is de omrekeningsfactor van de massa-eenheid u naar de massa-eenheid gram. Eén mol deeltjes heeft een massa (uitgedrukt in gram), die in getalwaarde gelijk is aan de massa van één deeltje (uitgedrukt in u).
- De molaire massa (M) is de massa van een mol stof.
- De massa van een hoeveelheid stof kun je omrekenen in mol of in een aantal deeltjes met behulp van een evenredigheidstabel of met het rekenschema.

Opdrachten

A 40

Reken onderstaande eenheden om naar de grondeenheid en schrijf deze in de wetenschappelijke notatie.

- a 41,1 km
- b 0,0535 ML
- c $6,38 \cdot 10^3$ mg

A 41

Vul de ontbrekende getallen in.

- a $4,3 \text{ g} = \dots \text{ kg}$
- b $2 \cdot 10^3 \text{ m} = \dots \text{ km}$
- c $4 \cdot 10^6 \text{ kg} = \dots \text{ mg}$
- d $5,7 \cdot 10^3 \text{ g} = \dots \text{ kg}$
- e $1,12 \text{ cm} = \dots \text{ mm}$
- f $4,9 \text{ mL} = \dots \text{ L}$
- g $7,1 \cdot 10^{-3} \text{ L} = \dots \text{ mL}$
- h $6,1 \cdot 10^{-9} \text{ g} = \dots \mu\text{g}$
- i $4,5 \text{ cm}^3 = \dots \text{ mL}$
- j $123 \text{ cm} = \dots \text{ m}$
- k $89 \mu\text{g} = \dots \text{ g}$
- l $125 \text{ mL} = \dots \text{ L}$

B 42

Bereken hoeveel gram overeenkomt met:

- a 2,7 mol zuurstof
- b 2,7 mol butaan (C_4H_{10})
- c 1,22 mmol jood
- d $3,05 \cdot 10^{-4}$ mol ammoniak

B 43

Bereken met het rekenschema in figuur 2.42 hoeveel mol overeenkomt met:

- a $4,6 \cdot 10^2$ g stikstof
- b 8,12 g distikstofmono-oxide
- c $1,0 \cdot 10^{-2}$ g suiker ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)
- d 1,2 μg argon

B 44

De massa van een gemiddeld ei is 45 gram. Bereken de massa van een mol eieren. Geef je antwoord in de wetenschappelijke notatie en in één decimaal.

B 45

Hoeveelheden van opgeloste stoffen worden vaak weergegeven als massa per volume-eenheid. Bijvoorbeeld: de concentratie aan cholesterol in normaal menselijk bloed is ongeveer 200 mg per 100 mL.

Schrijf deze hoeveelheid op in de volgende eenheden:

- a mg L^{-1}
- b $\mu\text{g mL}^{-1}$
- c g L^{-1}

B 46

Een korreltje koolstof ter grootte van een speldenknop bestaat uit 10^{19} atomen. De doorsnee van een koolstofatoom is $1,5 \cdot 10^{-10}$ m. De omtrek van de aarde bij de evenaar is 40 075 km. Als je de atomen uit het korreltje koolstof allemaal achter elkaar zou leggen, hoeveel keer zou je ze dan om de aarde heen moeten leggen?

B 47

Bereken hoeveel mol zuurstofatomen voorkomen in:

- a 5,0 mol waterstofperoxide (H_2O_2)
- b 20 g zuurstof
- c 20 g ozon (O_3)
- d 20 g alcohol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)

B 48

Bereken met het rekenschema in figuur 2.42 hoeveel moleculen aanwezig zijn in:

- a 4,2 mol koolstofdioxide
- b 4,2 mol heptaan (C_7H_{16})
- c 4,2 g witte fosfor (P_4)
- d 1,4 mg waterstofsulfide

B 49

Bereken wat de molecuulmassa van chloroform is, als 0,0275 mol een massa heeft van 3,28 gram. Geef je antwoord zonder decimalen.

B 50

Goud wordt verkocht per troy ounce. Een troy ounce is het standaardgewicht aan goud dat wordt gebruikt op de internationale markt en dat 31,1035 g weegt, genoemd naar de oude Franse stad Troyes. Een baar goud is ongeveer 400 troy ounce en heeft een waarde van 395 000 euro.

- a Bereken de massa in kg van een baar goud.
- b Bereken hoeveel mol goud een baar bevat.

Een gouden armband weegt 47 g.

- c Bereken de prijs van het goud in deze armband als hij 82 massa-% goud bevat.

B 51

In figuur 2.43 zie je een stuk strand. Op een lengte van 1 cm passen ongeveer twintig zandkorrels naast elkaar.

a Bereken hoeveel zandkorrels er passen in 1 cm^3 .

Stel, er ligt zand op een strand van 100 m lang, 10 m breed en 2,0 m diep.

b Bereken hoeveel zandkorrels er in dit stuk zand zitten.

c Bereken hoeveel m^2 strand je nodig hebt voor een mol zandkorrels, als het zand 2,0 m diep steekt.

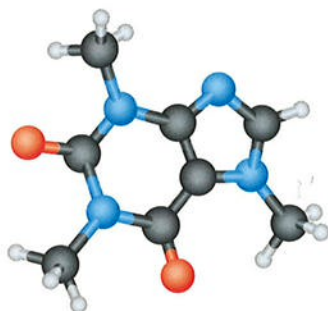
C 52

In figuur 2.44 zie je een molecuulmodel van cafeïne. Gemiddeld zit in een kop koffie ongeveer 125 mg cafeïne.

a Noteer de molecuulformule van cafeïne.

b Bereken hoeveel mol cafeïne in een kop koffie zit.

c Bereken hoeveel moleculen cafeïne dat zijn.



2.44

C 53 ★

In de homeopathie gaat men ervan uit dat een stof die na toediening dezelfde symptomen als de kwaal oplevert in sterk verdunde vorm deze kwaal kan genezen.

Er wordt vaak flink verdund. Om dit verdunnen weer te geven worden vaak codes gebruikt. Zo betekent de code C1 dat er een verdunning is gemaakt van 1 op 100. Dat is 1 deel van de stof op 100 delen water. C2 betekent 1 op 100×100 , ofwel 100^2 . Regelmatig gaat men door tot C30.

a Bereken de verhouding stof : water bij een verdunning C30.

Een suikerklontje weegt meestal rond de 4,4 g. Gebruik voor suiker de molecuulformule $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

b Bereken hoeveel mol suiker een suikerklontje bevat.

c Bereken hoeveel suikermoleculen in het klontje aanwezig zijn.

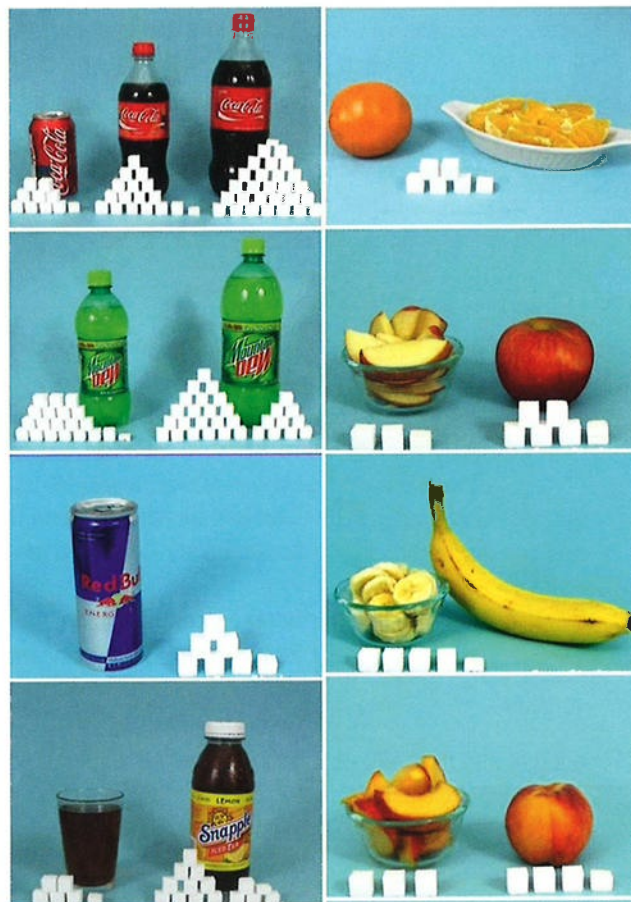
Ga ervan uit dat er een C30-verdunning wordt gemaakt met een suikerklontje.

d Bereken hoeveel watermoleculen je dan nodig hebt.

e Bereken hoeveel gram water dat is.

f Verdunnen met zo veel water is natuurlijk niet mogelijk. Hoe denk je dat dit wordt uitgevoerd?

g Stel dat je een slokje van een C30-verdunning neemt. Denk je dat je dan suikermoleculen binnenkrijgt? Geef een toelichting bij je antwoord.



2.45 Er zit een behoorlijke hoeveelheid suiker in veel voedingsmiddelen.

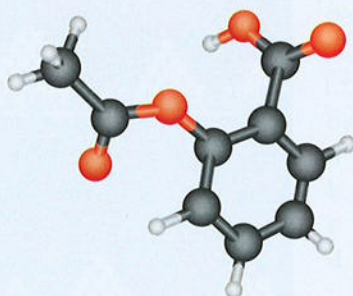
Je kunt nu

- op de juiste manier grondeenheden omrekenen in afgeleide eenheden;
- uitleggen wat het getal van Avogadro is;
- uitleggen welke functie de eenheid mol heeft in de scheikunde en er eenvoudige berekeningen mee uitvoeren;
- uitleggen wat de molaire massa is.

Afsluiting

Oefenopdrachten

- 1 Welk element stelt X voor in de volgende ionen?
 - a X^{2+} met 36 elektronen
 - b X^- met 36 elektronen
- 2 In figuur 2.46 zie je een molecuulmodel van aspirine.
 - a Noteer de molecuulformule van aspirine.
 - b Bereken met het rekenschema in figuur 2.42 hoeveel mol aspirine in een tablet met 500 mg aspirine aanwezig is.
 - c Bereken hoeveel moleculen dat zijn.



2.46

- 3 Laat aan de hand van een berekening zien dat 1,0 kg water niet uit evenveel moleculen bestaat als 1,0 kg alcohol, C_2H_6O .
- 4 Bereken de molecuulmassa van cholesterol als 0,5731 mol een massa heeft van 221,6 gram. Geef je antwoord zonder decimalen.
- 5 **Groene airbag**
Een airbag in een auto is een veiligheidsvoorziening die inzittenden bij een botsing moet beschermen. De airbag wordt dan in zeer korte tijd gevuld met een gas, zie figuur 2.47. In het tekstfragment hieronder wordt een nieuw ontwerp beschreven dat in vergelijking met de huidige airbags een verbetering betekent op milieugebied.



2.47 Nieuwere modellen auto's zijn op veel plaatsen uitgerust met airbags.

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 voor een Europese autofabrikant in productie gegaan.

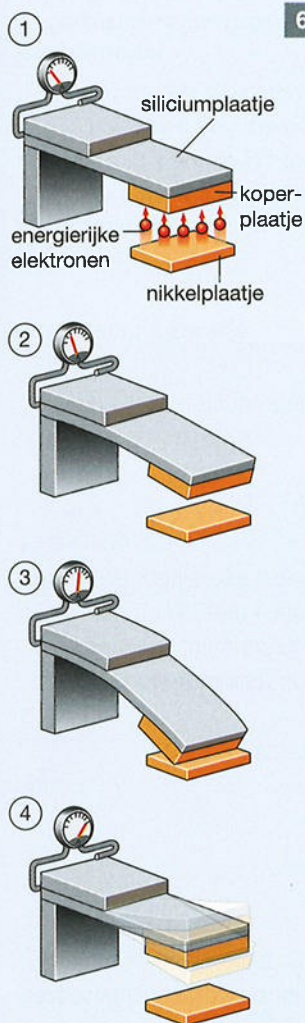
Naar: www.autoliv.com

- a Geef de algemene naam van de atoomsoorten die in groep 18 van het periodiek systeem staan.
- b Geef de vergelijking van de reactie die in het tekstfragment wordt beschreven.

Het blijkt dat er 0,71 gram waterdamp wordt gevormd.

- c Bereken hoeveel watermoleculen zich in 0,71 gram waterdamp bevinden. Gebruik het rekenschema in figuur 2.42.

Naar: CE havo 2016-I



2.48

6 Stroom uit straling

Lees het onderstaande tekstfragment en beantwoord daarna de vragen bij deze opgave.

Amerikaanse onderzoekers maken zeer kleine apparaatjes die straling omzetten in elektriciteit en bij uitstek geschikt zijn voor het leveren van stroom aan microprocessoren. Hieronder wordt de werking van zo'n apparaatje uitgelegd, zie figuur 2.48.

In het apparaatje ligt een dun nikkelplaatje dat uit atomen Ni-63 bestaat, onder het vrij hangende einde van een siliciumplaatje. Ni-63 is een isotoop van Ni die niet stabiel is en deze isotoop zal langzaam vervallen. Daarbij wordt een neutron gesplitst in een proton en een energierijk elektron, een zogenaamd β -deeltje. Bètadeeltjes springen spontaan over van het nikkel naar een plaatje koper aan de onderkant van het siliciumplaatje (tekening 1).

Daardoor ontstaat een lading in het koper en buigt het vrije einde van het siliciumplaatje door naar het nikkelplaatje (tekening 2). Wanneer koper en nikkel elkaar raken (tekening 3), stromen de elektronen terug in het dunne plaatje nikkel en springt het stukje silicium, met het stukje koper daaraan vast, als een zwiepende duikplank weer omhoog (tekening 4).

De trillingen die daarbij ontstaan worden omgezet in een elektrische stroom.

Het proces (1 tot en met 4) zal zich herhalen totdat alle Ni-63 kernen één bètadeeltje hebben uitgezonden. Dan bestaat het dunne plaatje niet meer uit nikkel, maar uit een ander element.

Naar: Technisch Weekblad

- a Leg uit of het koperplaatje in de situatie van tekening 2 een positieve of een negatieve lading heeft.
- b Uit hoeveel protonen en hoeveel neutronen bestaat de kern van een atoom van het nikkel dat in het apparaatje wordt gebruikt?
- c Leid uit het tekstfragment af uit welk element het dunne plaatje bestaat wanneer alle Ni-63 kernen één bètadeeltje hebben uitgezonden.

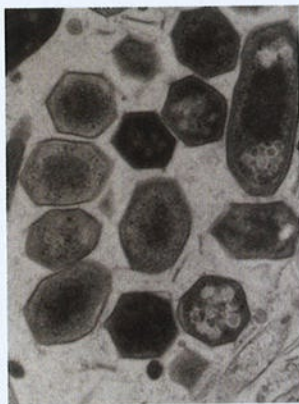
Bron: CE havo 2009-I

7 Silicium komt in de natuur voor als een mengsel van drie isotopen, zie tabel 2.49.

isotoop	voorkomen in de natuur	massa (u)
^{28}Si	92,23%	27,97693
^{29}Si	4,67%	28,97650
Si	3,10%	x

2.49

De gemiddelde atoommassa van silicium is 28,08551 u. Bereken de massa van deze derde isotoop.



2.50 De bacterie de 'methaangoochelaar' heeft een kenmerkende hoekige vorm.

'Elke reactie waarbij energie vrijkomt, wordt wel ergens door een bacterie benut', stelt de Nijmeegse wetenschapper professor 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, zie figuur 2.50. 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 nitraat via nitriet tot stikstofmono-oxide.

Volgens Jetten moet de bacterie een nog onbekend enzym bevatten dat stikstofmono-oxide omzet tot stikstof en zuurstof. Dit blijkt uit experimenten waarbij de bacteriën verschillende stoffen kregen toegediend die waren gemerkt met ^{15}N -atomen. Er komt geen zuurstof vrij, want die 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 ontstaan dezelfde reactieproducten als bij de volledige verbranding van methaan.

- a Geef deze reactievergelijking.
- b Hoeveel protonen en hoeveel neutronen bevat een ^{15}N -atoom?

Bij de experimenten met gemerkte verbindingen (laatste alinea) werd gebruikgemaakt van nitrietionen waarvan de N-atomen ^{15}N -atomen waren. Ook nitrietionen met ^{14}N -atomen die in de natuur verreweg het meeste voorkomen, werden in hetzelfde experiment gebruikt. De N_2 -moleculen die bij het experiment ontstonden, bleken drie verschillende massa's te hebben.

- c Geef de molecuulmassa's in u van deze drie soorten N_2 -moleculen.

Naar: CE havo 2016-I

Keuzeopdrachten

Hieronder staat een korte beschrijving van drie keuzeopdrachten. Op de site kun je meer informatie vinden. In overleg met je docent kun je één van deze keuzeopdrachten uitvoeren.

1 Nucleair geneeskundige

Je ontdekt in deze opdracht waarmee een nucleair geneeskundige zich bezighoudt. Voor meer informatie over studie en beroep kun je via de site doorklikken naar www.fielthechemistry.nl.

2 Mendelejevs droom

Je onderzoekt hoe chemici tot het opstellen van het periodiek systeem zijn gekomen. Je leert hoe je met behulp van het periodiek systeem allerlei ionen kunt maken zonder dat je ze hebt hoeven leren. Je kunt hierbij de octetregel toepassen en uitleggen.

3 Presentatie van een element

In deze opdracht houd je een presentatie over een bepaald element met behulp van het model van Bohr.

Overzicht begrippen

Atoom	Een atoom bestaat uit een positief geladen kern met daarin protonen en neutronen . In elektronenschillen daaromheen bevinden zich elektronen .
Atoommassa	De atoommassa geef je weer met symbool A , de eenheid is de atomaire massa-eenheid (u) .
Atoommodel	Volgens het atoommodel zijn de bouwstenen van een atoom: • protonen, weergegeven door de letter p • elektronen, weergegeven door e^- • neutronen, weergegeven door de letter n
Atoomnummer	Alle atomen van dezelfde soort hebben hetzelfde atoomnummer. Het atoomnummer geeft het aantal protonen in de kern weer.
Edelgasconfiguratie	Atomen staan elektronen af, nemen ze op of delen elektronen, zodat er uiteindelijk acht elektronen in de buitenste schil zijn: een octet . Dit heet ook wel een edelgasconfiguratie.
Elektronenconfiguratie	De verdeling van de elektronen over de schillen in het atoommodel van Bohr heet de elektronenconfiguratie.
Elektrovalentie	De elektrovalentie van een atoom geeft de grootte van de lading aan van het ion dat uit het atoom kan ontstaan. Alle metaalatomen hebben positieve elektrovalenties. Atomen van niet-metalen hebben vrijwel altijd negatieve elektrovalenties.
Grootheid en eenheid	Iets wat je kunt meten noem je een grootheid. Een grootheid wordt weergegeven door een bepaalde getalwaarde, gevolgd door de eenheid die bij de betreffende grootheid hoort.
Ion	Een ion is een geladen deeltje dat ontstaat doordat een atoom één of meer elektronen opneemt of afstaat.
Isotopen	Isotopen zijn atomen met hetzelfde aantal protonen, maar een verschillend aantal neutronen.
Massagetal	Elk atoom heeft een massagetal. Atomen van hetzelfde element kunnen verschillende massagetallen hebben. Het massagetal is gelijk aan het aantal protonen plus het aantal neutronen.
Mol	Een mol (n) is een hoeveelheid stof, uitgedrukt in een aantal deeltjes. Een mol is een pakketje van $6,02214 \cdot 10^{23}$ deeltjes. Dit getal noem je het getal van Avogadro (N_A) .
Molecuulmassa	De molecuulmassa (M_r) is gelijk aan de som van de (gemiddelde) atoommassa's van alle atomen die in het molecuul voorkomen.
Valentie-elektronen	Valentie-elektronen zijn elektronen die in de buitenste schil van een atoom zitten. De valentie-elektronen bepalen de chemische eigenschappen van een atoom. Er bestaat een verband tussen de elektrovalentie van een atoomsoort en de groep van het periodiek systeem waarin deze staat.