

SERIE Basisvaardigheden

**Basisvaardigheden  
Toegepaste Scheikunde  
voor het HO**

**H<sub>2</sub>O**



Noordhoff Uitgevers

**H. Scholte, G. Zwanenburg, J. Zweers,  
G. Kruidhof, A. Lucas**

2<sup>e</sup> druk



## **Basisvaardigheden Toegepaste Scheikunde** voor het HO



# **Basis- vaardigheden Toegepaste Scheikunde**

voor het HO

Harm Scholte

auteur en eindredacteur

Gooitzen Zwanenburg

Jessica Zweers

Gerlof Kruidhof

Amanda Lucas

*Ontwerp en omslagillustratie:* Rocket Industries

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan:  
Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Hoger Onderwijs, Antwoordnummer 13, 9700 VB Groningen,  
e-mail: [info@noordhoff.nl](mailto:info@noordhoff.nl)

*Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die desondanks onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden auteur(s), redactie en uitgever geen aansprakelijkheid. Voor eventuele verbeteringen van de opgenomen gegevens houden zij zich aanbevolen.*

0 / 16



© 2016 Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Houten, The Netherlands.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.stichting-pro.nl](http://www.stichting-pro.nl)).

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

ISBN (ebook) 978-90-01-87448-3

ISBN 978-90-01-87447-6

NUR 913

# Voorwoord

Met *Basisvaardigheden Toegepaste Scheikunde voor het HO* breng je zelfstandig je scheikunde op een peil dat nodig is om een hbo-opleiding te kunnen volgen. Veel hogescholen bieden cursussen aan om toelating te verkrijgen tot een bepaalde opleiding. Voor studenten met een mbo-vooropleiding en havisten zonder een exact profiel biedt dit boek een effectieve manier om de benodigde scheikundekennis te verwerven.

De leerstof van dit boek dekt de toelatingseisen van de opleidingen. In 2015 is het eerste vernieuwde examenprogramma geïntroduceerd voor de havo. Dit boek speelt daar ook op in. Zo is de naamgeving aangepast aan de nieuwe normen van de IUPAC en zijn onderwerpen toegevoegd die voorheen niet in het boek stonden.

Op de website [www.basisvaardighedentoegepastescheikunde.noordhoff.nl](http://www.basisvaardighedentoegepastescheikunde.noordhoff.nl) kun je je kennis interactief toetsen. Je ziet dan snel welke stof je nog niet voldoende beheerst. Tevens zijn er animaties aanwezig die moeilijke scheikundige principes op microniveau uitleggen. De docent kan deze animaties desgewenst inzetten in de les.



In het boek staat de theorie beknopt uitgelegd. Na de theorie volgen direct opgaven, zodat je snel kunt testen of je de stof beheerst. De antwoorden van de opgaven staan achter in het boek, de uitwerkingen staan op de website.

We wensen je veel plezier en vooral succes bij het werken met dit boek.

De auteurs: Harm Scholte, Gooitzen Zwanenburg, Jessica Zweers, Gerlof Kruidhof en Amanda Lucas

# Inhoud

- 1 Atoombouw** 9
  - 1.1 Atoomnummer en massagetal 9
  - 1.2 Ionen en isotopen 11
  - 1.3 Atoommodellen 14
  - 1.4 Periodiek systeem 16
  
- 2 Bindingstypen** 18
  - 2.1 Covalente bindingen 18
  - 2.2 Polaire en apolaire atoombindingen 21
  - 2.3 Ionen en ionbindingen 23
  - 2.4 Roosters 25
  - 2.5 Molecuulrooster 27
  
- 3 Namen en formules van stoffen** 30
  - 3.1 Niet-ontleedbare en moleculaire stoffen 30
  - 3.2 Zouten 33
  - 3.3 Alkanen 36
  - 3.4 Vertakte alkanen 38
  - 3.5 Cycloalkanen 42
  - 3.6 Alkenen en alkynen 45
  - 3.7 Benzeen en benzeenverbindingen 49
  - 3.8 Halogeenalkanen en alcoholen 52
  - 3.9 Carbonsuren en aminen 55
  
- 4 Stoffen** 59
  - 4.1 Faseovergangen en zuivere stoffen 59
  - 4.2 Mengsels 62
  - 4.3 Scheidingsmethoden 65
  - 4.4 Destilleren 68
  - 4.5 Chromatografie 71



## **5 Reacties** 74

- 5.1 Reactievergelijkingen 74
- 5.2 Reactiewarmte 77
- 5.3 Verbrandingsreacties 80
- 5.4 Reactiesnelheid 82
- 5.5 Omkeerbare reacties en evenwichten 84
- 5.6 Soorten evenwichten 87

## **6 Chemisch rekenen** 90

- 6.1 Machten van tien en significante cijfers 90
- 6.2 Grootheden en eenheden 92
- 6.3 Dichtheid 96
- 6.4 Atoommassa, molecuulmassa en ionmassa 99
- 6.5 Chemische hoeveelheid, mol en molaire massa 102
- 6.6 Concentratie in molariteit 105
- 6.7 Gehalte 108
- 6.8 Verdunningen 111
- 6.9 Rekenen aan reacties 114
- 6.10 Het energie-effect van reacties berekenen 117

## **7 Zouten** 120

- 7.1 Zouten en zoutoplossingen 120
- 7.2 Oplosbaarheid van een zout 123

## **8 Koolstofchemie** 126

- 8.1 Kookpunten van koolstofverbindingen 126
- 8.2 Substitutiereacties en additiereacties 128
- 8.3 Verestering en hydrolyse 131
- 8.4 Verzepingsreacties 133

## **9 Kunststoffen** 135

- 9.1 Polymeren: polyadditie 135
- 9.2 Polycondensatie 138
- 9.3 Eigenschappen van polymeren 143

## **10 Biochemie** 148

- 10.1 Koolhydraten 148
- 10.2 Vetten: vetzuren, oliën en triglyceriden 152
- 10.3 Amino-zuren en eiwitten 156
- 10.4 DNA 159

## **11 Zuren en basen** 161

- 11.1 Zuren en zure oplossingen 161
- 11.2 Basen en basische oplossingen 164
- 11.3 pH meten 167
- 11.4 pH-berekeningen 169
- 11.5 Zuur-basereacties 172

## **12 Redoxreacties** 175

- 12.1 Oxidator, reductor, halfreacties, redoxreacties 175
- 12.2 Sterkte van oxidatoren en reductoren 179
- 12.3 Elektrochemische energie 182
- 12.4 Elektrolyse 186

## **13 Industriële chemie** 189

- 13.1 Chemische industrie 189
- 13.2 Blokschema's 191
- 13.3 Groene chemie 194

## **14 Veiligheid** 200

- 14.1 Preventie 200
- 14.2 Toxische stoffen 203
- 14.3 Brandgevaar en blusstoffen 206
- 14.4 Verwerking van chemisch afval 209

Antwoorden 212

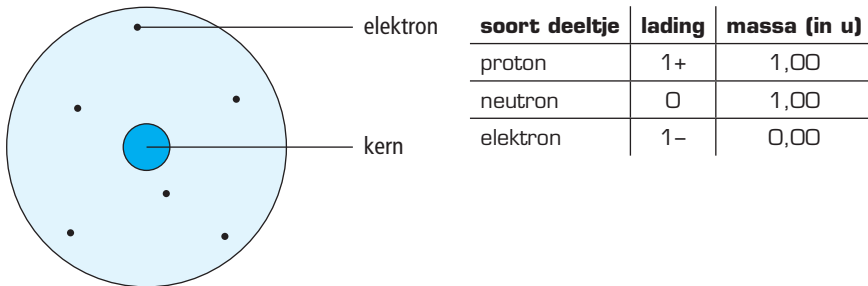
Periodiek systeem der elementen 262

Register 264

# 1 Atoombouw

## 1.1 Atoomnummer en massagetal

Er bestaan vele miljoenen verschillende stoffen, die vaak bestaan uit moleculen. Alle moleculen zijn opgebouwd uit atomen. Er bestaan ongeveer honderd verschillende soorten atomen, die ook wel elementen worden genoemd. Atomen zijn zelf weer opgebouwd uit kleinere deeltjes: positief geladen protonen, negatief geladen elektronen en ongeladen neutronen. De protonen en neutronen zitten in de kern van het atoom, de elektronen bewegen in een wolk om de kern. Protonen en neutronen hebben een massa van (ongeveer)  $1,66 \times 10^{-27}$  kg. Omdat deze massa uitgedrukt in kg een heel klein getal is, heeft men voor atomen en moleculen een nieuwe massa-eenheid ingevoerd: de **atomaire massa-eenheid**. Het symbool voor deze eenheid is 'u'. 1,00 u komt overeen met  $1,66 \times 10^{-27}$  kg. De massa van elektronen is ongeveer tweeduizend maal kleiner dan de massa van protonen en neutronen. Als we de massa van de elektronen verwaarlozen, betekent dit dat de massa van een atoom bepaald wordt door het aantal protonen en neutronen samen: het **massagetal**.



### Enkele belangrijke termen en begrippen

- 1 Het **atoomnummer** is gelijk aan het aantal protonen in de kern.
- 2 Het **massagetal** is gelijk aan de som van het aantal protonen en het aantal neutronen in de kern.
- 3 De **kernlading** is positief en gelijk aan het aantal protonen in de kern.
- 4 Atomen zijn ongeladen; het aantal elektronen in de elektronenwolk is gelijk aan het aantal protonen in de kern.

### Voorbeeld

Koolstof heeft atoomnummer 6. De kern van een koolstofatoom bevat dus zes protonen. Rond de kern zitten zes elektronen in de elektronenwolk. Er zijn koolstofatomen met massagetal 14. Dat betekent dat zo'n koolstofatoom  $14 - 6 = 8$  neutronen in de kern heeft.

## Opgaven

- 1 Waaruit zijn stoffen opgebouwd?
- 2 Noem drie bouwstenen van atomen.
- 3 Waar vind je in het atoom de:
  - a neutronen?
  - b protonen?
  - c elektronen?
- 4 Welke lading hebben de:
  - a neutronen?
  - b protonen?
  - c elektronen?
- 5 Is de kern van een atoom positief of negatief geladen?
- 6 In de natuur komt fosfor voor met een massagetal van 31.
  - a Als je weet dat in de kern van fosfor zestien neutronen zitten, wat is dan het atoomnummer van fosfor?
  - b Hoeveel elektronen heeft een fosforatoom?
  - c Wat is de massa van één fosforatoom in kg?
- 7 Natrium heeft atoomnummer 11. Hoe groot is de kernlading van een natriumatoom?
- 8 Van atoom X weet je dat in de elektronenwolk achttien elektronen zitten. Om welk element gaat het? (Gebruik *Binas* om deze vraag te beantwoorden.)
- 9 Van een onbekend element is het massagetal 275. De kernlading is +114. Hoeveel neutronen zitten er in de kern van dit element?

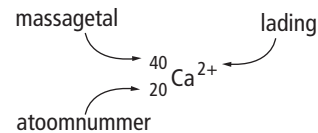
## 1.2 Ionen en isotopen

Atomen die behoren tot hetzelfde element, hebben allemaal hetzelfde aantal protonen in de kern en dus ook hetzelfde atoomnummer. Elk element heeft een eigen naam en een symbool. Het symbool is doorgaans afgeleid van de Latijnse naam van het element. Bijvoorbeeld: lood is in het Latijn *plumbum*. Het **elementsymbool** voor lood, Pb, is hiervan afgeleid. In de tabel staat een aantal veelvoorkomende elementen met hun symbolen.

Aluminium	Al	Natrium	Na	Fluor	F
Calcium	Ca	Platina	Pt	Jood	I
Goud	Au	IJzer	Fe	Koolstof	C
Kalium	K	Zilver	Ag	Stikstof	N
Koper	Cu	Zink	Zn	Waterstof	H
Lood	Pb	Broom	Br	Zuurstof	O
Magnesium	Mg	Chloor	Cl	Zwavel	S

### Ionen

Ionen ontstaan doordat een atoom één of meerdere elektronen afstaat (positief ion) of opneemt (negatief ion). Bij ionen is het aantal elektronen in het atoom dus niet gelijk aan het aantal protonen. Dat betekent dat ionen altijd een positieve of negatieve lading hebben. Rondom het elementsymbool van een ion staat het massagetal linksboven, het atoomnummer linksonder en de ionlading rechtsboven.



### Voorbeeld

Magnesium heeft atoomnummer 12. Er zitten dus twaalf protonen in de kern. Magnesiumionen hebben twee elektronen afgestaan. Daardoor hebben zij  $12 - 2 = 10$  elektronen. Het symbool van het magnesiumion is  $\text{Mg}^{2+}$ .

## Isotopen

Isotopen zijn atomen met hetzelfde aantal protonen, maar met een verschillend aantal neutronen. Van sommige elementen bestaat maar één isotoop, van andere elementen bestaan meerdere isotopen. Isotopen hebben dus hetzelfde atoomnummer, maar een verschillend massagetal. Het massagetal wordt gebruikt om aan te geven welk isotoop bedoeld wordt.

Je kunt van alle atomen de **atoommassa** vinden in tabel 25 of tabel 99 van *Binas*. De atoommassa's die in tabel 99 staan, zijn de gewogen gemiddelden van de massa's van de isotopen zoals die in de natuur voorkomen.

### Voorbeeld

Koolstof heeft atoomnummer 6. Er zijn dus zes protonen in de kern. Er is een isotoop met zes neutronen in de kern. Dat isotoop heeft een massagetal van 12. Dat isotoop kun je op twee manieren aangeven: C-12 of  $^{12}_6\text{C}$ .

Een ander isotoop van koolstof heeft acht neutronen in de kern. Dat geef je dus aan met C-14 of  $^{14}_6\text{C}$ . Bijna 99% van alle koolstof die in de natuur voorkomt, is van de isotoop  $^{12}_6\text{C}$ .

### Voorbeeld

Van koper komen in de natuur twee isotopen voor: In tabel 25 van *Binas* vind je gegevens van deze isotopen.

Cu-63: atoommassa 62,92960 u; voorkomen in de natuur 69,17%.

Cu-65: atoommassa 64,92779 u; voorkomen in de natuur 30,83%.

De atoommassa van koper is het gewogen gemiddelde van deze isotopen:

$$0,6917 \times 62,92960 + 0,3083 \times 64,92779 = 63,55 \text{ u.}$$

Dit laatste getal zie je ook terug in het periodiek systeem in tabel 99 van *Binas* als de atoommassa van Cu.

## Opgaven

- 1 Zoek in *Binas* het symbool en het atoomnummer van de volgende elementen op:
  - a antimoon
  - b barium
  - c chloor
  - d ijzer
  - e goud
- 2 Natriumionen hebben elf protonen en tien elektronen.
  - a Wat is de lading van natriumionen?
  - b Hoe wordt dit weergegeven in het symbool van natrium?
- 3 Hoeveel elektronen heeft een  $\text{Cl}^-$ -ion?
- 4 Wat is een isotoop?
- 5
  - a Wat is het atoomnummer van zuurstof?
  - b Zoek in *Binas* op welke isotopen zuurstof heeft en schrijf de massagetallen van deze isotopen op.
  - c Geef de notatie van de meest voorkomende isotoop van zuurstof op twee verschillende manieren weer.
- 6 Een isotoop van element X heeft een massagetal van 110. In de kern van deze isotoop van element X zitten 62 neutronen. Welk element is X?
- 7 Waterstof heeft drie isotopen, die alle drie een eigen naam hebben. De eerste isotoop heet waterstof. Die isotoop heeft geen neutronen in de kern. Deuterium is de tweede isotoop, met één neutron in de kern. Tritium is de derde isotoop, met twee neutronen. Geef de massagetallen van deze drie isotopen.
- 8 Een isotoop van element Y heeft atoomnummer 26 en massagetal 58.
  - a Om welk element gaat het hier?
  - b Geef de notatie van deze isotoop op twee verschillende manieren weer.

## 1.3 Atoommodellen

Al sinds de oudheid hebben filosofen en wetenschappers nagedacht over wat materie precies is en waaruit het bestaat. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van modellen, die in de loop van de geschiedenis steeds verder zijn verfijnd op basis van nieuwe ideeën en experimenten. We noemen hier kort vier belangrijke atoommodellen.

In 1803 kwam John Dalton met een theorie over de bouw van het atoom. Dit atoommodel wordt het **biljartbalmodel** genoemd. Volgens dit model bestaat alle materie uit atomen. In Daltons model zijn atomen ondeelbare, massieve bolletjes, die in chemische reacties aan elkaar kunnen binden tot moleculen. Dalton legde met zijn model de basis voor de huidige kennis over atomen.

In 1897 ontdekte Joseph Thomson dat van atomen elektronen afgesplitst kunnen worden. Dit was in strijd met het biljartbalmodel, waarin atomen als ondeelbaar worden beschouwd. Thomson formuleerde daarom een nieuw model, dat ook wel het **krentenbolmodel** wordt genoemd. In dit model gaat Thomson ervan uit dat atomen massieve bolletjes zijn, waarbij de elektronen als 'krenten' in het atoom zitten en onder bepaalde omstandigheden kunnen loskomen. Later werden ook de protonen en neutronen ontdekt.

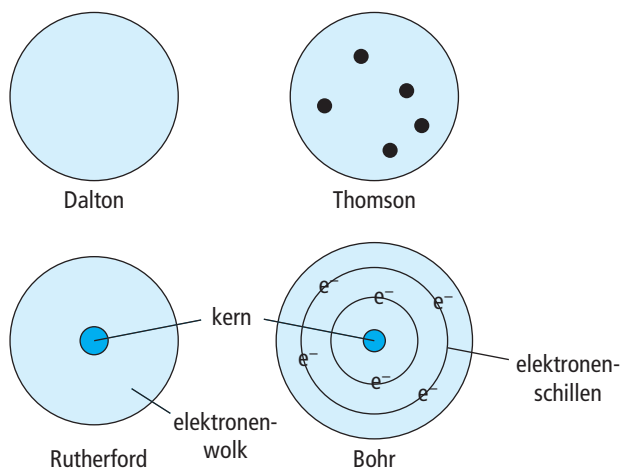
Uit verdere experimenten door Ernest Rutherford bleek in 1911 dat atomen niet massief zijn, maar een kern bevatten waarin nagenoeg alle massa zich bevindt, met daaromheen een grotendeels lege ruimte waarin de elektronen zich bevinden. Hiermee ontdekte Rutherford het bestaan van de **atoomkern**, met daarin de protonen en neutronen, en de **elektronenwolk**, waarin de elektronen bewegen.

In 1913 verfijnde Niels Bohr het atoommodel van Rutherford door zijn ontdekking dat elektronen niet zomaar overal in de elektronenwolk voorkomen, maar dat er diverse energieniveaus (**schillen**) rondom de kern zijn, waarin elektronen zich kunnen bevinden. Tussen de schillen zitten geen elektronen.

Nog steeds houden natuurkundigen en scheikundigen zich bezig met de verdere ontwikkeling en uitwerking van atoommodellen.



## Atoommodellen



## Opgaven

- 1 Wat zijn de 'krenten' in het krentenbolmodel van Thomson?
- 2 Leg uit wat het verschil is tussen het atoommodel van Rutherford en het atoommodel van Thomson.
- 3 Geef van de volgende stellingen aan of zij waar of niet waar zijn. Als een stelling niet waar is, leg dan uit waarom.
  - a In het atoommodel van Thomson zijn atomen ondeelbaar.
  - b Elektronen bevinden zich volgens Rutherford in een elektronenwolk rondom de kern.
  - c In alle atoommodellen worden atomen gezien als de basis van materie.
  - d In het atoommodel van Rutherford wordt ervan uitgegaan dat nage-noeg alle massa zich in een kern bevindt, met daaromheen de elek-tronenwolk.
  - e Volgens Bohr kunnen elektronen zich op willekeurige plaatsen rondom de kern bevinden.

## 1.4 Periodiek systeem

In het periodiek systeem (zie *Binas* tabel 99) zijn de elementen gerangschikt naar oplopend atoomnummer. Zo ontstaat een overzicht dat bestaat uit **perioden** en **groepen**. Een periode is een rij; een groep is een kolom. Elementen die tot dezelfde groep behoren, hebben vergelijkbare chemische eigenschappen.

Een aantal groepen in de perioden 6 en 7 zijn onder het periodiek systeem gezet, omdat het periodiek systeem anders te breed zou worden om op een pagina te passen. Achter in dit boek vind je een afbeelding van het periodiek systeem (na de antwoorden op de opgaven).

### Enkele belangrijke groepen in het periodiek systeem

In de eerste groep in het periodiek systeem staan de **alkalimetalen**. Een uitzondering is het allereerste element, waterstof: dit is geen alkali-metaal. Alkalimetalen zijn zeer reactief en reageren allemaal zeer heftig met water, waarbij het alkalimetaal een ion wordt met een lading van 1+.

In de tweede groep staan de **aardalkalimetalen**. Aardalkalimetalen zijn wat minder reactief dan alkalimetalen. Aardalkalimetalen komen vaak voor als ion met een lading van 2+.

**Halogenen** vormen in groep 17 de op een na laatste groep. Halogenen nemen graag één elektron op (bijvoorbeeld  $F^-$  of  $Cl^-$ ) of gaan één binding aan met een ander atoom (bijvoorbeeld met een atoom van hetzelfde element, zoals  $F_2$  of  $Cl_2$ ).

De **edelgassen** staan in de laatste groep, groep 18. Edelgassen zijn heel **inert**. Dit betekent dat ze niet reageren met andere stoffen, ze gaan geen bindingen aan en komen niet als ionen voor.

### Metalen en niet-metalen

In het periodiek systeem vind je de **niet-metalen** in de rode 'driehoek' rechts en linksboven (waterstof). De andere groep elementen zijn de **metalen**. Ionen van metalen zijn positief geladen en ionen van niet-metalen zijn negatief geladen. Elementen vlak bij de scheidslijn tussen metalen en niet-metalen hebben eigenschappen van zowel metalen als niet-metalen.

## Opdrachten

- 1** Welke elementen staan in de eerste periode van het periodiek systeem?
- 2** Hoe zijn de elementen in het periodiek systeem gerangschikt?
- 3**
  - a** Welke elementen staan in de eerste groep van het periodiek systeem?
  - b** Geef de namen van deze elementen.
- 4**
  - a** Geef de namen van de niet-metalen in groep 15.
  - b** Geef de namen van de metalen in groep 15.
- 5**
  - a** Hoeveel edelgassen zijn er?
  - b** In welke groep staan ze?
- 6** Als je weet dat het atoomnummer van kalium 19 is, wat is dan het atoomnummer van scandium (Sc), dat twee plaatsen verder in het periodiek systeem staat?
- 7** Bepaal uit de positie van het periodiek systeem hoeveel elektronen een booratom (B) heeft.
- 8** Hoeveel protonen en elektronen heeft het magnesiumion?