

# 1 Microstructuren

## Praktijk In den beginne ...

### vragen

- 1 Hij toonde in 1923 aan dat de waargenomen 'nevels' in werkelijkheid verafgelegen sterrenstelsels waren. De omvang van het heelal bleek hierdoor veel groter dan vooraf werd aangenomen. Ook ontdekte hij een verband tussen de roodverschuiving en de afstand van verre sterrenstelsel tot de aarde. Hiermee maakte hij het aannemelijk dat het heelal uitdijt.
- 2
  - a  $E =$  energie,  $\Delta m =$  verschil in massa,  $c =$  lichtsnelheid
  - b  $m = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}; 5,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 9,13 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$
  - c De massa die 'verdwijnt' is  $2 \cdot 9,13 \cdot 10^{-31} = 1,83 \cdot 10^{-30} \text{ kg}.$   $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$   
 $E = 1,83 \cdot 10^{-30} \cdot (2,99792458 \cdot 10^8)^2 = 1,6 \times 10^{-13} \text{ Joule}.$
- 3 Het bestaan van neutrino's en positronen heeft geen invloed op de reactiviteit of materiaaleigenschappen van stoffen.
- 4
  - a Een kern van een elektronen bevattend atoom is positief geladen door de aanwezigheid van protonen. Als de kern van een positronen bevattend atoom ook alleen uit protonen (en neutronen) zou bestaan, blijft er een netto positieve lading over. Dat kan niet. De kern van een positronen bevattend atoom moet dus negatief geladen deeltjes bevatten in plaats van protonen.
  - b Deze deeltjes heten antiprotonen.
- 5
  - a 26
  - b ferrum
  - c magnetisme
- 6 Het nieuwe element zal een atoomnummer hebben dat één hoger ligt dan het atoomnummer van ijzer. Dat is cobalt, een element met atoomnummer 27 en dus ook 27 protonen in de kern. Het aantal neutronen in de kern van het isotoop dat ontstaat is 32.
- 7 De bliksem, want dit is ook een elektrische ontlading.
- 8
  - a  $\text{CH}_4, \text{NH}_3, \text{H}_2, \text{H}_2\text{O}$
  - b  $\text{H}_2$  is overbodig. H-atomen bevinden zich ook in de moleculen van andere gassen.
  - c Cysteïne kan niet gevormd worden. Dit aminozuur bevat een zwavelatoom. Zwavelatomen zijn niet aanwezig in de oeratmosfeer van Urey en Miller.
  - d De oeratmosfeer bevat volgens de nieuwste inzichten vooral  $\text{CO}, \text{CO}_2$  en  $\text{N}_2$ . Gecombineerd met waterdamp,  $\text{H}_2\text{O}$ , bevat deze samenstelling ook alle atoomsoorten (O, H, C en N) die nodig zijn voor de vorming van aminozuren.
- 9
  - a Bij hogere temperatuur bewegen de deeltjes sneller, waardoor er meer en hardere botsingen kunnen optreden en de reactiesnelheid vergroot wordt.
  - b – Door de concentratie van de reagerende stoffen te verhogen, zal de reactiesnelheid verhoogd worden.

In het Miller-Urey-experiment is dit mogelijk door de concentratie van de gassen te verhogen.

– Door het toevoegen van een katalysator kan een reactiesnelheid verhoogd worden. Een katalysator versnelt over het algemeen een bepaald soort reactie. In het Miller-Urey-experiment was geen sprake van een specifieke reactie en dus is het lastig een katalysator toe te voegen die alle reacties in het experiment kan versnellen.

– Een fijnere verdelingsgraad zal ook leiden tot een versnelde reactie. In het Miller-Urey-experiment reageerden onder andere gassen met elkaar. De verdelingsgraad van gassen is al maximaal, dus dit zal geen invloed hebben op de reactiesnelheid.

- 10 Voor de ontdekking van deuterium: een waterstofatoom met een proton en een neutron in de kern; de meest voorkomende vorm van waterstof is de isotoop met slechts één proton in de kern en geen neutron.
- +11 a  $\text{massa } ^1\text{H} = 1,007825$ ;  $\text{massa } ^2\text{H} = 2,014102$  u;  $\text{massa } ^3\text{H} = 3,016050$  u.
- b  $\text{massa } ^1\text{H}^+ = 1,007825 - 0,00054858 = 1,007276$  u;  
 $\text{massa } ^2\text{H}^+ = 2,014102 - 0,00054858 = 2,013553$  u;  
 $\text{massa } ^3\text{H}^+ = 3,016050 - 0,00054858 = 3,014953$  u.
- c  $(1,007276 + 2,013553) - 3,014953 = 0,005876$  u. Dit komt overeen met  $0,005876 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 9,757 \cdot 10^{-30}$  kg.
- d  $E = 9,757 \cdot 10^{-30} \cdot (2,99792458 \cdot 10^8)^2 = 7,882 \cdot 10^{-12}$  Joule.
- e Om deze hoeveelheid energie op te wekken zijn  $\frac{2865 \cdot 10^{15}}{7,882 \cdot 10^{-12}} = 3,635 \cdot 10^{29}$  deuteriumkernen nodig. Deze hebben een gezamenlijke massa van  $3,635 \cdot 10^{29} \cdot 2,014102 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 1,22 \cdot 10^3$  gram.

## onderzoeksopdracht

- 12 a Volgens het atoommodel van Bohr bevinden elektronen zich in specifieke schillen rond de kern. Door energie op te nemen, kan een elektron van een lagere schil naar een hogere schil gaan. Dat wordt een aangeslagen toestand genoemd. Wanneer het elektron weer terugvalt naar een lagere baan, zal hij de opgenomen energie uitzenden in de vorm van licht. Omdat de afstand tussen de verschillende banen precies vaststaat, zal een elektron alleen licht van specifieke golflengten opnemen en uitzenden. Deze golflengten zijn voor elke atoomsoort anders, omdat de afstanden tussen de verschillende elektronenschillen bij elk atoom anders zijn.
- b In het model van Rutherford bevinden de elektronen zich in een wolk en niet in afzonderlijke banen. In dit geval zouden de elektronen elke willekeurige hoeveelheid energie kunnen opnemen. De spectraallijnen duiden er juist op dat er slechts enkele energieovergangen mogelijk zijn.
- c In het emissiespectrum van waterstof zijn de balmer golflengtes uit Binas tabel 20 zichtbaar: 656, 486, 434, 410, 397 nm.
- d De balmer golflengtes bevinden zich in het zichtbare gebied en zijn dus zichtbaar te maken in een spectrum. De paschen golflengtes bevinden zich in het infrarood en de lyman golflengtes in het ultraviolette gebied.
- e Wanneer een ster van de aarde af beweegt, worden de golven van het licht als het ware uitgerekt. De golflengtes van de spectraallijnen die de aarde bereiken, zijn daardoor net iets hoger dan die bij het spectrum van een atoomsoort horen. Hogere golflengtes horen bij roder licht, vandaar dat men spreekt over roodverschuiving. Het tegenovergestelde gebeurt wanneer een ster naar de aarde toe beweegt. De lichtgolven worden in elkaar gedrukt en het licht bestaat uit kortere golflengtes dan verwacht. Dit fenomeen heet blauwverschuiving. Het effect is vergelijkbaar met het geluidseffect van een langsrijdende sirene. Wanneer de sirene aan komt rijden is het geluid hoger dan wanneer de sirene van ons af beweegt.

## Praktijk Marie Curie, grondlegger van de nucleaire geneeskunde

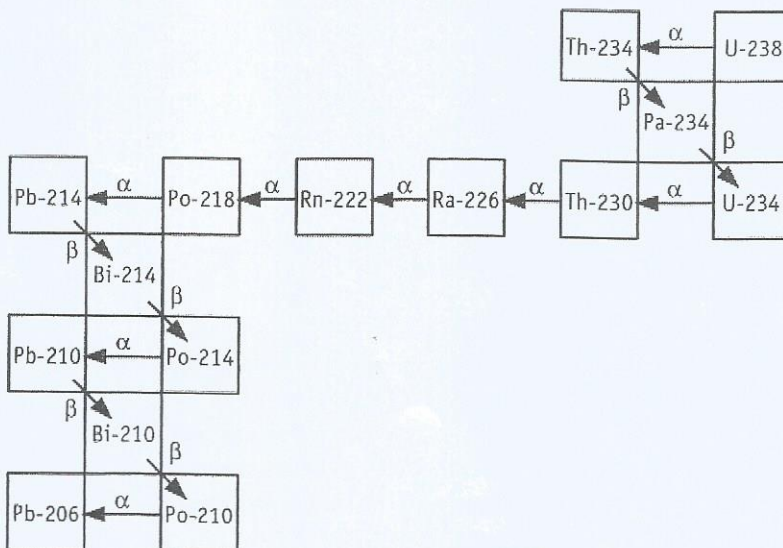
### vragen

- 1 Radium en polonium staan in andere groepen. Er geldt dat de elementen die in eenzelfde groep staan, in het periodiek systeem ook dezelfde chemische eigenschappen hebben (mits het allemaal metalen of allemaal niet-metalen zijn).
- 2 In het periodiek systeem heeft helium atoomnummer 2. Het atoomnummer is gelijk aan het aantal protonen in de kern. Het relatieve atoomgewicht is 4,0 u. Blijkbaar bevat helium meestal vier kerndeeltjes (zowel protonen als neutronen hebben een massa van 1,0 u). Een heliumkern bestaat dus uit twee protonen en twee neutronen.
- 3 Nee, in de kern bevinden zich protonen en neutronen. De elektronen bevinden zich in de schil, dus niet in de kern.
- 4 Het element zendt twee protonen uit. Het nieuwe element zal dus een atoomnummer hebben dat twee lager is dan dat van radium.  $88 - 2 = 86$ . Element met atoomnummer 86 is radon.
- 5 Tijdens de jeugd van Marie werd Polen bezet door Rusland, Oostenrijk en Pruisen. Na een mislukte opstand in 1863 werden de Polen in toenemende mate onderdrukt. Op scholen mocht geen Pools meer gesproken worden. Veel Polen vluchtten naar het buitenland.
- 6 Wilhelm Röntgen voor de ontdekking van X-straling of wel röntgenstraling. De laatste winnaar verandert elk jaar. Kijk daarvoor op de website [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org).
- 7 De actiniden zijn een serie van veertien elementen met een atoomnummer van 90 tot en met 103. Alle actiniden zijn radioactief en vervallen spontaan naar lagere elementen (uiteindelijk naar lood). De transurane elementen met atoomnummers 93 en hoger kunnen alleen kunstmatig door kernreacties geproduceerd worden.
- 8 Het element neemt twee protonen op om curium te vormen. Het heeft dus een atoomnummer dat twee lager is dan curium: plutonium.
- 9  $C_6H_{12}O_6$
- 10  $C_6FH_{11}O_5$
- 11 Een OH-groep aan het tweede koolstofatoom van glucose is vervangen door een radioactief F-atoom.
- 12 acht protonen, tien neutronen, negen elektronen
- 13 Het nieuwe deeltje bestaat uit acht protonen, dus het atoomnummer is 8. Uit het periodiek systeem kan worden afgeleid dat het nieuw gevormde element zuurstof is.
- 14 Het aantal protonen, met een positieve lading, is één minder dan het aantal elektronen, met een negatieve lading. Het gevormde deeltje heeft een overschot van één elektron en heeft dus een negatieve lading.
- 15 Uit vraag 13 kan worden afgeleid dat  $C_6FH_{11}O_5$  vervalt tot  $C_6H_{11}O_6^-$ . Als er een  $H^+$ -deeltje aan bindt, ontstaat er  $C_6H_{12}O_6$ , glucose.

- 16 Het hart en de hersenen hebben een hoge stofwisseling en nemen relatief veel suiker op. Daardoor zullen hart en hersenen oplichten bij een PET/CT-scan.
- 17 Zij moeten nuchter zijn, mogen geen suiker, melk of zoetjes nemen, moeten veel drinken van tevoren (anders lichten de nieren op) en moeten gemakkelijk zittende kleding dragen. Een scan duurt een half uur tot 45 minuten. Tijdens de scan moeten patiënten stilliggen.
- +18 a  $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   
 massa elektron =  $0,000\ 910\ 939 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- b De massa die 'verdwijnt' is  $2 \cdot 9,13 \cdot 10^{-31} = 1,83 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$ .  $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .  
 $E = 1,83 \cdot 10^{-30} \cdot (2,99792458 \cdot 10^8)^2 = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ .
- c  $\frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = \frac{6,626\ 07 \cdot 10^{-34} \cdot 2,997\ 9 \cdot 10^8}{\lambda}$ ; dus  $\lambda = \frac{6,62607 \cdot 10^{-34} \cdot 2,9979 \cdot 10^8}{0,8 \times 10^{-13}} = 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .
- d Positronannihilatie veroorzaakt zachte gammastraling.

## onderzoeksoopdracht

- 19 a  $\alpha$ -verval: Bij het verval verliest het atoom een alfadeeltje. Een alfadeeltje bestaat uit twee neutronen en twee protonen.  
 $\beta^+$ -verval: Bij het verval wordt een proton omgezet in een neutron. Hierbij wordt een positron en een neutrino uitgestoten.  
 $\gamma$ -verval: De kerndeeltjes herschikken zich. Hierbij komt energie vrij in de vorm van elektromagnetische gammastraling. Er worden geen kerndeeltjes uitgestoten.  
 $\beta^-$ -verval: Bij het verval wordt een neutron omgezet in een proton. Hierbij wordt een elektron en een antineutrino uitgestoten.
- b In de volgende afbeelding is de vervalreeks van Uranium-238 weergegeven. Door een combinatie van  $\alpha$ - en  $\beta^-$ -verval ontstaat Po-210 en niet Po-209.



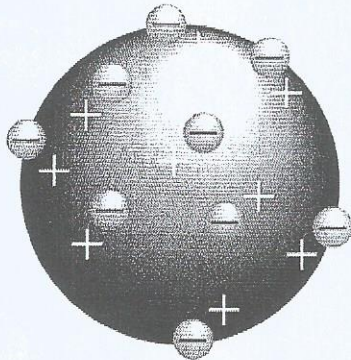
# Theorie

## 1 Atoombouw

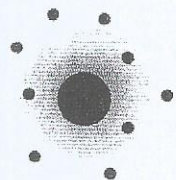
- 1
- a Het atoomnummer van neon is 10. Neon heeft dus 10 protonen.
  - b Het atoomnummer van zilver is 47. Een zilveratoom heeft dus altijd 47 protonen en (als het geen lading heeft) ook 47 elektronen.
  - c Het atoomnummer van zuurstof is 8, het massagetal van O-18 is 18. Het aantal neutronen is gelijk aan het massagetal minus het atoomnummer:  $18 - 8 = 10$ .
  - d Het aantal protonen is gelijk aan het atoomnummer. Elk element heeft een uniek atoomnummer. Atoomnummer 23 is van vanadium, V.
  - e Omdat het aantal neutronen in een kern kan variëren, bestaan er van de meeste elementen meerdere isotopen met verschillende massagetalen. Verschillende elementen kunnen dus ook atomen hebben met hetzelfde massagetal. Opzoeken in Binas tabel 25A wijst uit dat van zilver en cadmium (Ag en Cd) isotopen bestaan met massagetal 109.
- 2
- Het massagetal is een telwaarde. Het geeft aan hoeveel neutronen en protonen bij elkaar opgeteld, zich in de kern bevinden. Omdat het aantal protonen in een atoom vastligt, kun je uit het massagetal eenvoudig afleiden hoeveel neutronen een isotoop bevat. Zo bevat  $^{35}\text{Cl}$  twee neutronen minder dan  $^{37}\text{Cl}$ . De atoommassa is een meetwaarde. Het geeft de nauwkeurig gemeten massa van een atoom weer. De atoommassa van  $^{35}\text{Cl}$  is 34,96885 u. De atoommassa van  $^{37}\text{Cl}$  is 36,965 90 u. Omdat de massa van een proton en een neutron beide ongeveer één unit bedraagt, ligt de atoommassa altijd in de buurt van het massagetal.
- De relatieve atoommassa is het gewogen gemiddelde van de atoommassa's van de isotopen zoals ze voorkomen in de natuur. De relatieve atoommassa van chloor is 35,45 u (Binas tabel 99). Van chloor komt de isotoop  $^{35}\text{Cl}$  blijkbaar vaker voor dan de isotoop  $^{37}\text{Cl}$ .
- 3
- a  $82 - 36 = 46$
  - b  $31 - 14 = 17$
  - c N-15 en  $^{15}_7\text{N}$
  - d Het atoomnummer van een element is altijd hetzelfde. Om aan te geven met welk isotoop men van doen heeft, volstaat daarom het massagetal.
  - e C-14 heeft een kern met daarin zes protonen en acht neutronen. Om de kern bevindt zich een elektronenwolk met daarin zes elektronen.
- 4
- $$\frac{78,8 \cdot 23,98505 + 10,1 \cdot 24,98584 + 11,1 \cdot 25,98260}{100} = 24,3 \text{ u.}$$
- Dit komt overeen met de waarde in Binas tabel 99 (24,31 u).
- 5
- De relatieve atoommassa van gallium is 69,72. De isotoop  $^{69}\text{Ga}$  komt 60,4% voor. Dat betekent dat de andere isotoop  $100 - 60,4 = 39,6\%$  voorkomt. De massa van deze isotoop is de onbekende,  $x$ . Invullen in de formule geeft:  $\frac{60,4 \cdot 68,93 + 39,6 \cdot x}{100} = 69,72$ ;  $4163 + 39,6 \cdot x = 6972$ ; dus  $x = 70,93$ .
- De massa van de andere isotoop,  $^{71}\text{Ga}$ , is 70,93 unit.



+6 a Een positief geladen bol met negen negatieve elektronen erin als krenten in een oliebol.

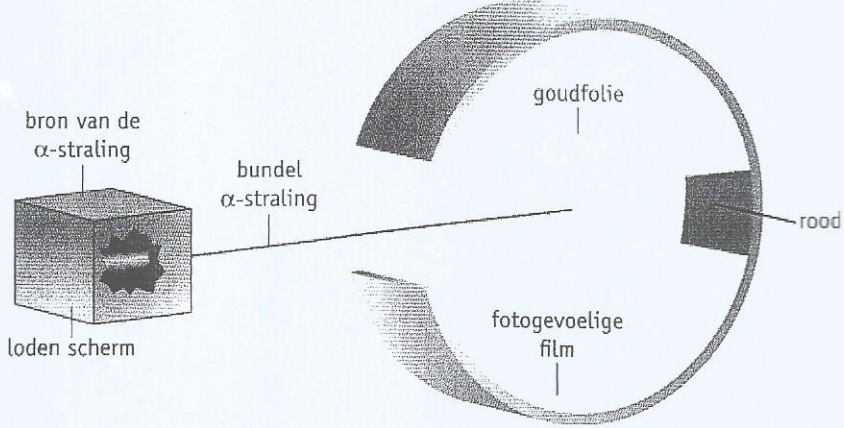


b Een kleine positief geladen kern met daaromheen negen elektronen, cirkelend in een grote wolk.

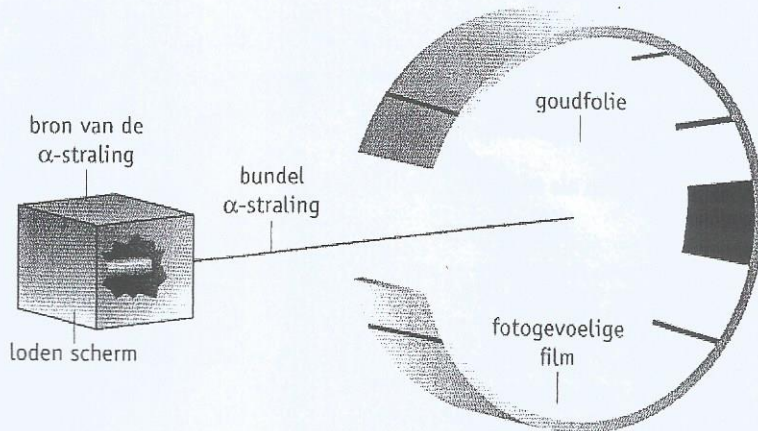


atoommodel van Rutherford

c Deeltjes die op een goudatoom botsen, worden allemaal een beetje afgebogen.

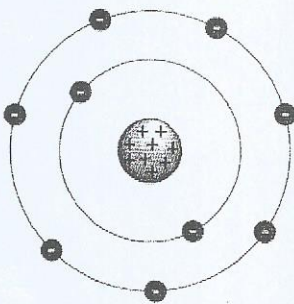


d Deeltjes die in de elektronenwolk terechtkomen, worden niet of nauwelijks afgebogen, deze bevat immers nauwelijks massa. Deeltjes die op de zware kern botsen, worden sterk afgebogen of ketsen zelf helemaal terug.



e Niels Bohr introduceerde elektronenschillen waarin elektronen zich in een vaste baan om de kern bewegen. Het aantal elektronen dat in een bepaalde schil past, staat vast en wordt, naarmate de schil verder van de kern staat, groter.

f Een kleine positief geladen kern met daaromheen de elektronen in vaste banen cirkelend. Twee elektronen in de eerste schil en zeven in de tweede schil.



+7 a Omdat een watermolecuul met het  $^{18}\text{O}$ -isotoop zwaarder is, kost het meer energie om het los te maken uit het water.

b  $^{18}\text{O} : ^{16}\text{O} = 0,2039 : 99,759$ ; Door beide getallen door het kleinste getal te delen, krijg je een verhouding in de vorm van  $1 : \dots$ ;  $^{18}\text{O} : ^{16}\text{O} = \frac{0,2039}{0,2039} : \frac{99,759}{0,2039} = 1 : 489$ .

c massaverhouding  $1 : 416$  betekent dat wanneer er  $1000 \text{ u } ^{18}\text{O}$  aanwezig is er  $416\,000 \text{ u } ^{16}\text{O}$  aanwezig is.  $455\,000 \text{ u } ^{16}\text{O}$  komt overeen met  $\frac{416000}{15,994} = 26010$  atomen  $^{16}\text{O}$ .  $1000 \text{ u } ^{18}\text{O}$  komt overeen met

$$\frac{1000}{17,999} = 55,56 \text{ atomen } ^{18}\text{O}. \text{ De getalsverhouding } ^{18}\text{O} : ^{16}\text{O} \text{ is dus } \frac{55,56}{55,56} : \frac{26010}{55,56} = 1 : 468$$

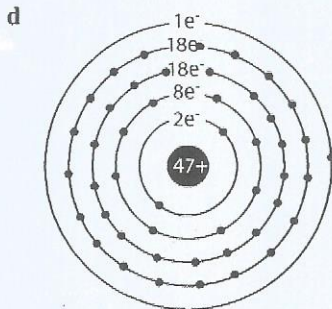
d Antwoorden van 7b en 7c invullen in de formule geeft

$$\delta^{18}\text{O} = 100 \cdot \left( \frac{1/468}{1/489} - 1 \right); \delta^{18}\text{O} = 100 \cdot \left( \frac{2,137 \cdot 10^{-3}}{2,045 \cdot 10^{-3}} - 1 \right); \text{ dus } \delta^{18}\text{O} = 4,49 \text{ .}$$

e Uit de grafiek valt af te lezen dat de  $\delta^{18}\text{O}$ -waarden schommelen tussen de 2,8 en de 5,1. Het betreffende fossiel stamt dus uit een tijd waarin de  $\delta^{18}\text{O}$ -waarde relatief hoog was. Uit de formule blijkt dat de  $\delta^{18}\text{O}$ -waarde stijgt naarmate de hoeveelheid  $^{18}\text{O}$  in het monster toeneemt. In de tekst staat uitgelegd dat de hoeveelheid  $^{18}\text{O}$  in het zeewater relatief hoog is in koude periodes. Het fossiel stamt dus uit een ijstijd.

## 2 Periodiek systeem

- 8
- Ni, Pd, Pt, Ds
  - Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar
  - aardalkalimetalen
  - groep 18
  - periode 1
- 9 In de groepen 13 tot en met 17 staan zowel metalen als niet-metalen. De eigenschappen van deze elementen komen dus niet allemaal overeen.
- 10
- De relatieve atoommassa van Te is groter dan die van I. Het element zou dus na I moeten komen. De eigenschappen van Te en I zijn echter zodanig dat I na Te geplaatst zou moeten worden.
  - Toen de bouw van het atoom opgehelderd was, konden de elementen op volgorde van atoomnummer gezet worden in plaats van op massa. Nu werd duidelijk dat de relatieve atoommassa van Te wel degelijk 127,8 u bedraagt, en dat deze hoger is dan die van I ten gevolge van het voorkomen van zwaardere isotopen.
- 11 Men moest op zoek naar een element dat gasvormig is bij kamertemperatuur, weinig reactief is en een massa heeft van rond de 20 u.
- 12
- twee
  - In periode 7 staat vooraan in de eerste kolom de elektronenconfiguratie van de eerste vier volle schillen. De vierde schil bevat 32 elektronen.
  - De zwaarste atomen hebben 32 elektronen in de vijfde schil. Dat is evenveel als er maximaal in schil vier kunnen. Schil vijf wordt dus bij geen van de bestaande elementen helemaal gevuld. Uit Binas tabel 99 kan dus niet worden afgeleid hoeveel elektronen er maximaal in schil vijf kunnen (het zijn er overigens 50).



- 13
- Voor het nieuwe element levert berkelium 97 protonen en calcium 20 protonen. Het atoomnummer van het nieuwe element is dus  $97 + 20 = 117$ .
  - Het nieuwe element komt in groep 17 bij de halogenen terecht. Het zal dus gemakkelijk reageren met metalen en daarbij een eenwaardig negatief geladen deeltje vormen. Jood en astatijn zijn vast bij kamertemperatuur. Het nieuwe element dus waarschijnlijk ook.

+14 a  $\text{percentage neutronen} = \frac{\text{relatieve atoommassa} - \text{atoomnummer}}{\text{relatieve atoommassa}} \cdot 100$

- H: 0%  
 Li: 56,8%  
 Na: 50,0%  
 K: 51,4%  
 Rb: 56,7%  
 Cs: 58,6%  
 Fr: 61,0%

- b Het percentage stijgt over het algemeen naarmate de atomen zwaarder worden.



- c De kern van een atoom bestaat uit positieve protonen en neutrale neutronen. Als de neutronen afwezig zouden zijn, zouden de protonen direct tegen elkaar zitten. Deeltjes met gelijke lading stoten elkaar af. Een kern die uit alleen protonen bestaat, is dus instabiel. De neutronen zijn nodig om de positieve ladingen van elkaar af te schermen. Hoe zwaarder een element, hoe meer positieve lading zich in de kern bevindt en hoe instabieler de kern wordt. De instabiliteit wordt niet veroorzaakt door de extra neutronen die de zwaardere kernen bevatten, maar deze kunnen dat ook niet voorkomen. De instabiliteit bestaat dus ondanks de neutronen. Het is overigens niet zo simpel dat de aanwezigheid van een extra neutron de kern altijd stabiel maakt. Van veel atoomsoorten bestaan isotopen die weliswaar een hoger massagetal hebben, maar toch een lagere halveringstijd.
- 15 Het juiste antwoord is antwoord A.  
Het aantal elektronen in een deeltje kun je uitrekenen door het atoomgetal te nemen, het aantal elektronen in een neutraal atoom, en dat te corrigeren voor de lading door elektronen toe te voegen of weg te nemen. Wanneer calcium een lading 2+ heeft is het aantal elektronen  $20 - 2 = 18$ . Dit is gelijk aan het aantal elektronen van argon.
- +16 a De achttien bestaande groepen plus de veertien lanthaniden:  $18 + 14 = 32$ .  
b Alle lanthaniden hebben twee elektronen in de buitenste schil.  
c Omdat de eigenschappen van de lanthaniden weinig verschillen, zijn ze ook lastig van elkaar te scheiden. Ze gedragen zich vrijwel hetzelfde onder verschillende omstandigheden en zijn even reactief.  
d Th en U  
e  $8,2 \cdot 10^7$  jaar
- f De leeftijd van de aarde is  $4,65 \cdot 10^9$  jaar. De halveringstijd van  $^{244}\text{Pu}$  past daar  $\frac{4,65 \cdot 10^9}{8,2 \cdot 10^7} = 57$  keer in.  
 $\left(\frac{1}{2}\right)^{57} = 6,9 \cdot 10^{-18}$ . Er is dus nog maar  $6,9 \cdot 10^{-18}$  · de beginhoeveelheid van  $^{244}\text{Pu}$  over. Dit getal is zo klein dat het inderdaad aannemelijk is dat er van de oorspronkelijke voorraad  $^{244}\text{Pu}$  niets meer over is.

## 3 Metalen

- 17 a Fe, ijzer  
b De andere bestanddelen zijn koolstof en chroom. De rol van koolstof is bekend: maakt het materiaal sterker. Chroom zorgt er dus voor dat het materiaal minder snel roest.  
c Koolstof maakt het materiaal sterker/minder vervormbaar.  
d De naam zegt het al: door te gieten.
- 18 a Als de warmtegeleidingscoëfficiënt groot is, is de soortelijke weerstand klein.  
b Beide eigenschappen houden verband met bewegende elektronen. Als de elektronen zich gemakkelijk door het materiaal bewegen, is de elektrische weerstand klein en wordt de warmte gemakkelijk verspreid.  
c zilver  
d Het is veel te kostbaar. Koper geleidt bijna even goed en is een stuk goedkoper.  
e Goud corrodeert niet (in tegenstelling tot koper en zilver). De duurzaamheid van elektronica wordt hierdoor zozeer vergroot dat het loont het dure goud te gebruiken.
- 19 a alle valentie-elektronen: 2  
b Wanneer een neutraal atoom twee negatieve ladingen afgeeft, heeft het een lading over van 2+.  
c 3 en 3+  
d Een niet-metaal komt juist elektronen tekort voor de edelgasconfiguratie. Een halogeen of zuurstof zou de elektronen kunnen opnemen.  
e De edelmetalen, bijvoorbeeld goud en platina.

- +20
- a  $2 \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{C}(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{CO}_2(\text{g})$
- b Nee, er ontstaat geen vloeibaar ijzer. Het smeltpunt van ijzer is 1181 K (1538 °C) (Binas tabel 8). In de oven is de temperatuur niet hoog genoeg om ijzer te smelten.
- c Het houtskool is de brandstof die de oven warm stookt en is als reagens nodig om het ijzeroxide om te zetten in ijzer.
- d Er is veel brandstof nodig om het ijzer zo heet te maken dat het bewerkt kan worden. Door de wolf uit de hete oven te halen, hoeft hij niet opnieuw verhit te worden en spaart men kostbare brandstof uit.
- e De koolstof reageert met zuurstof uit de lucht. Hierbij ontstaat  $\text{CO}_2$ .
- f De aanwezigheid van koolstof maakt het ijzer bros. Het kan dan niet gesmeed worden (en gietijzer kende men nog niet in de Romeinse tijd).
- g IJzer is een onedel metaal. De ijzeren voorwerpen uit de Romeinse tijd, die in de vochtige bodem terecht zijn gekomen, zijn allang allemaal weggeroest.
- h  $\text{SnO}_2(\text{s}) + \text{C}(\text{s}) \rightarrow \text{Sn}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- 21
- a Brons bestaat voor 90 massa% uit koper en 10 massa% uit tin.
- b 125 kg brons levert maximaal  $0,9 \cdot 125 = 112,5$  kg koper. Dit brengt  $112,5 \cdot 5,86 = 659,25$  euro op.
- c Tin smelt bij een veel lagere temperatuur dan koper. De metalen kunnen dus van elkaar gescheiden worden door het brons te verhitten tot een temperatuur boven die van het smeltpunt van tin, maar onder die van het smeltpunt van koper. Deze scheidingsmethode heet 'uitsmelten'.
- d De zware bronzen beelden moeten eerst van de sokkel worden geslepen en vervoerd naar een loods. Om de beelden tot koper te verwerken, moeten ze vaak eerst nog in stukken gezaagd worden om in de smeltoven te passen. Het smelten kost flink wat energie. Al met al betekent het twee dagen hard werken voor een paar honderd euro. Als je dan bedenkt dat de marktwaarde van de beelden vaak het veelvoudige is, lijkt bronsdiefstal een vrij zinloze bezigheid.

## 4 Moleculen

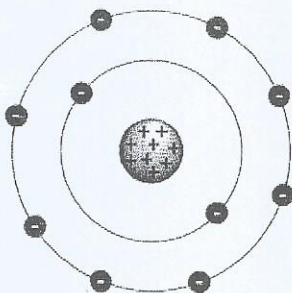
- 22
- a 1
- b 2
- c 3
- d 4
- e 1
- f 5
- g 0
- 23
- a  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$
- b  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$
- c  $\begin{array}{l} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$
- d  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
- 24
- a twee
- b zes
- c vier
- 25
- a  $\text{H}_2\text{O}$
- b  $\text{HCl}$

- 26 a difosfortrioxide  
b diwaterstofsulfide  
c (mono)stikstofdioxide
- 27 a CS<sub>2</sub>  
b NO  
c PCl<sub>3</sub>
- 28 a massa CH<sub>4</sub> = 4 · 1,008 + 12,01 = 16,04 u  
b massa C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> = 12 · 1,008 + 5 · 12,01 = 72,15 u  
c massa N<sub>2</sub> = 2 · 14,01 = 28,02 u  
d massa C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> = 12 · 1,008 + 5 · 12,01 = 72,15 u

De hoogte van het kookpunt van een moleculaire stof is afhankelijk van de sterkte van de vanderwaalsbinding. Deze neemt toe wanneer de massa van de deeltjes groter wordt. Het deeltje met de kleinste massa is a (CH<sub>4</sub>). Deze stof heeft het laagste kookpunt. Dan volgt b (N<sub>2</sub>). Deeltjes b en d hebben een gelijke massa. Doordat deeltje b een langgerekte structuur heeft, zullen de deeltjes een groter contactoppervlak hebben en dus een sterkere vanderwaalskracht dan deeltje d. De juiste volgorde is: a, c, d, b.

- 29 a Verdampen is een faseovergang. De moleculen blijven intact. Alleen de vanderwaalsbindingen worden verbroken.  
b Ontleden is een chemische reactie. Hierbij worden atoombindingen verbroken.  
c Oplossen is geen chemische reactie maar een faseovergang. Alleen de vanderwaalsbindingen tussen de joodmoleculen worden verbroken.  
d N<sub>2</sub>(l) → N<sub>2</sub>(g)  
2 H<sub>2</sub>O(l) → 2 H<sub>2</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g)  
I<sub>2</sub>(s) → I<sub>2</sub>(ethanol)

- 30 a een  
b 1-  
c



- d Aantal elektronen dat zuurstof moet opnemen: twee. De lading van het ontstane deeltje is dan 2-.  
e Een atoomsoort dat de edelgasconfiguratie bereikt door elektronen af te staan: een metaal.
- 31 Door de bijzondere huidstructuur kan de gekko een heel groot contactoppervlak creëren door de kleine huidstructuren in alle mogelijke gaatjes en spleetjes van het materiaal waarover hij loopt te stoppen. De zwakke vanderwaalskracht wordt door dit grote oppervlak toch groot genoeg om het gewicht van de gekko te dragen. Een kat heeft door zijn kleine poten met kussentjes juist een heel klein contactoppervlak.

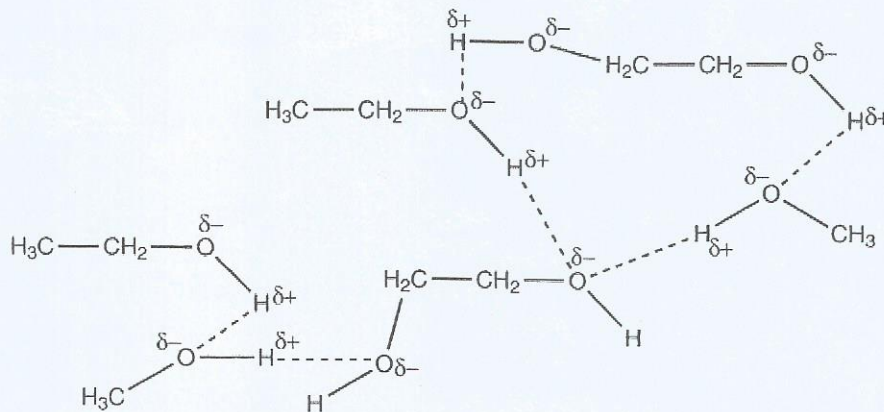
## 5 Zouten

- 32 a KBr  
b  $\text{CaCl}_2$   
c  $\text{MgSO}_4$   
d  $\text{Na}_3\text{PO}_4$   
e  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$   
f  $\text{Na}_2\text{O}$
- 33 a zinkhydroxide  
b ijzer(II)sulfaat  
c natriumacetaat  
d kwik(I)oxide
- 34 a  $\text{Ca(s)} + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaF}_2(\text{s})$   
b  $4 \text{Al(s)} + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$   
c  $2 \text{NaCl(l)} \rightarrow 2 \text{Na(l)} + \text{Cl}_2(\text{g})$
- 35 a De sterkte van de ionbinding wordt onder andere bepaald door de lading van de betrokken ionen. De lading van het positieve ion wordt steeds groter. De ionbinding wordt hierdoor steeds sterker en het smelt- en kookpunt dus steeds hoger.  
b Waarschijnlijk ontleden de zouten al voordat ze verdampen.  
c Blijkbaar is het rooster zo opgebouwd dat er een relatief grote afstand tussen de ionen zit. De elektrostatische aantrekkingskracht tussen de ionen wordt daardoor verlaagd. Als gevolg hiervan is de ionbinding zwakker en het smeltpunt van de stof relatief laag.
- +36 a Een hoekpunt grenst aan acht eenheidscellen. Binnen de eenheidscel bevindt zich dus een achtste deel van het ion.  
b Een rib grenst aan vier cellen. Een ion op een rib bevindt zich voor een vierde deel in de eenheidscel. Een vlak grenst aan twee cellen. Een ion op een vlak bevindt zich voor een half deel in de eenheidscel.  
c Afbeelding 23 links: van de witte ionen bevindt zich er één in de cel en er bevinden zich er acht op een hoekpunt. Het aantal witte ionen in de cel bedraagt  $1 + 8 \cdot \frac{1}{8} = 2$ . Er bevinden zich vier blauwe ionen in de eenheidscel. De verhouding wit staat tot blauw is dus 2:4, oftewel 1:2.  
Afbeelding 23 rechts: er bevindt zich één witte bol in de cel en er bevinden zich er vier op de ribben. Het aantal witte ionen in de cel bedraagt  $1 + 4 \cdot \frac{1}{4} = 2$ . Van de blauwe ionen bevinden zich er acht op de hoekpunten en er bevindt zich er één in de cel. Het aantal blauwe ionen in de eenheidscel bedraagt  $1 + 8 \cdot \frac{1}{8} = 2$ . De verhouding wit staat tot blauw is dus 2:2, oftewel 1:1.
- +37 Zuurstof heeft een covalentie van 2. In een molecuul gaat het twee atombindingen aan om de edelgasconfiguratie te bereiken. Het dubbelgebonden zuurstofatoom voldoet dus aan de edelgasconfiguratie. De twee enkelgebonden zuurstofatomen komen op basis van de atombinding alleen nog een elektron tekort voor de edelgasconfiguratie. Omdat ze echter ook nog een lading van 1- bevatten, en dus een extra elektron hebben boven op de eigen en gedeelde elektronen, voldoen ze toch nog aan de edelgasconfiguratie.
- 38 Het juiste antwoord is antwoord B.  
Element X heeft in de antwoorden steeds één of twee valentie-elektronen. Element X is dus een metaal (het element waterstof valt af omdat dat geen vaste stof is). Element Z moet dus een niet-metaal zijn en de ontstane verbinding een zout met de formule  $\text{X}_2\text{Z}$ . De negatieve lading van Z ( $8 -$  het aantal valentie-elektronen) moet  $2 \times$  zo groot zijn als de positieve lading van X (het aantal valentie-elektronen). Dat is het geval bij antwoord B en D. Antwoord D valt af omdat alle elementen met vier valentie-elektronen vast zijn.

6 Water

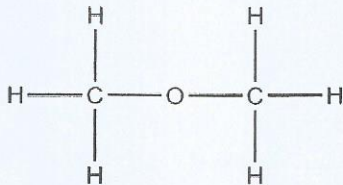
- 39 a Deze stof lost op in water, want kan met de NH<sub>2</sub>-groep waterstofbruggen vormen en heeft een klein hydrofoob gedeelte.  
 b Deze stof heeft geen OH- of NH-groep, of dubbelgebonden O-atoom en zal dus niet oplossen in water.  
 c Deze stof heeft maar liefst vier OH-groepen en drie dubbelgebonden O-atomen en zal dus ondanks het vrij grote koolstofskelet prima oplossen in water.  
 d Deze stof bevat weliswaar een OH-groep, maar het hydrofobe gedeelte is zo groot dat de oplosbaarheid in water toch slecht zal zijn.

40 a



b Doordat aan het zuurstofatoom van water twee waterstofatomen zijn gebonden en aan het O-atoom van ethanol maar één, kan water meer waterstofbruggen vormen dan ethanol. De waterstofbruggen dragen veel meer bij aan de hoogte van het kookpunt dan de vanderwaalsbindingen. Hierdoor is het kookpunt van water hoger dan dat van ethanol.

41 a



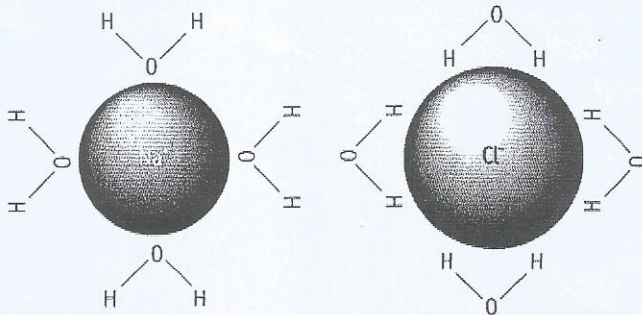
b Het isomeer kan geen waterstofbruggen vormen en zal daardoor een veel lager kookpunt hebben dan ethanol. De stoffen zijn van elkaar te scheiden met behulp van destillatie.

- 42 a Aceton heeft één waterstofontvangende groep en een klein hydrofoob gedeelte. Het lost daardoor goed op in water en andere hydrofiele stoffen. Omdat het echter met zichzelf geen waterstofbruggen kan vormen, hoeft bij het mengen alleen de zwakke vanderwaalsbinding verbroken te worden en mengt het ook goed met hydrofiele stoffen.  
 b De intermoleculaire krachten in aceton zijn zwak. Er kunnen immers geen waterstofbruggen gevormd worden tussen acetonmoleculen. Het kookpunt zal dus laag zijn.

43

| Stof             | (s) | (l) | (aq) | deeltje dat de stroom geleidt |
|------------------|-----|-----|------|-------------------------------|
| metaal           | ja  | ja  | x    | elektronen                    |
| moleculaire stof | nee | nee | nee  | -                             |
| zout             | nee | ja  | ja   | positieve en negatieve ionen  |

- +44 a De negatieve kant van de watermoleculen zullen aangetrokken worden door positieve ionen. Negatieve ionen zullen de positieve kant van watermoleculen aantrekken.



- b In een oplossing van NaCl bevinden zich geladen deeltjes die vrij kunnen bewegen. De oplossing kan dus elektriciteit geleiden.

+45 a

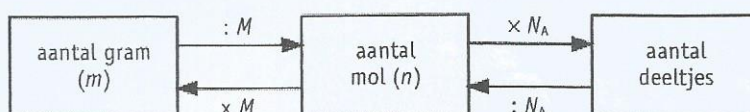
| halogeen | elektronenegativiteit | atomaire massa |
|----------|-----------------------|----------------|
| F        | 4,1                   | 19,00          |
| Cl       | 2,8                   | 35,45          |
| Br       | 2,7                   | 79,90          |
| I        | 2,2                   | 126,9          |
| At       | 2,0                   | 210            |

- b Hoe zwaarder het halogeen, hoe meer elektronenschillen gevuld zijn en hoe groter de straal van het atoom. De elektronen worden door de positieve kern aangetrokken. Die aantrekkingskracht wordt kleiner naarmate de afstand tussen elektronen en kern groter worden. Hierdoor neemt de elektronegativiteit af naarmate de massa groter wordt.
- c zuurstof: 3,5; stikstof: 3,1.
- d De elektronegativiteit van fluor is een stuk groter dan die van zuurstof en stikstof. De ladingsscheiding zal dus ook minimaal even groot zijn. Een HF-molecuul zal daardoor een sterke  $\delta^+$  en  $\delta^-$  kant hebben. Tussen het H-atoom van het ene molecuul en het F-atoom van het andere molecuul worden dus waterstofbruggen gevormd.

## 7 Rekenen aan reacties

- 46 a De verhoudingsformule van natriumbromide is NaBr. De molmassa bedraagt  $22,99 + 79,90 = 102,89 \text{ g mol}^{-1}$ .
- b De verhoudingsformule van calciumcarbonaat is  $\text{CaCO}_3$ . De molmassa bedraagt  $40,08 + 12,01 + 3 \cdot 16,00 = 100,1 \text{ g mol}^{-1}$ .
- c De molecuulformule van difosforpentaoxide is  $\text{P}_2\text{O}_5$ . De molmassa bedraagt  $2 \cdot 30,79 + 5 \cdot 16,00 = 141,9 \text{ g mol}^{-1}$ .
- d De molecuulformule van chloorgas is  $\text{Cl}_2$ . De molmassa bedraagt  $2 \cdot 35,45 = 70,90 \text{ g mol}^{-1}$ .

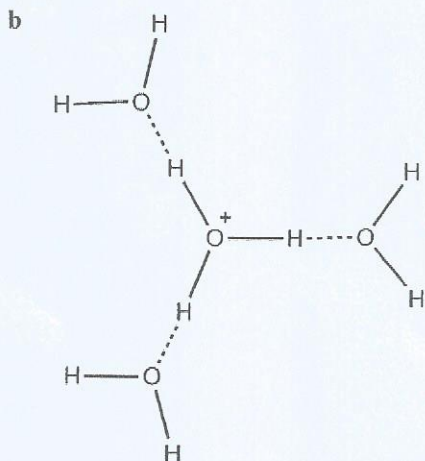
47



- 48 a Uit het schema blijkt dat wanneer je van aantal deeltjes naar aantal gram gaat, je eerst moet delen door het getal van Avogadro,  $N_A$ , en dan vermenigvuldigen met de molmassa,  $M$ . De molmassa van Mn bedraagt  $54,94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $\frac{3,06 \cdot 10^{20}}{6,022 \cdot 10^{23}} \cdot 54,94 = 0,0279 \text{ g}$ .
- b Uit het schema blijkt dat wanneer je van aantal gram naar aantal deeltjes gaat, je eerst moet delen door de molmassa,  $M$ , en dan vermenigvuldigen met het getal van Avogadro,  $N_A$ . De molmassa van  $\text{I}_2$  bedraagt  $2 \times 126,9 = 253,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $\frac{1,3}{253,8} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 3,1 \cdot 10^{21}$   $\text{I}_2$ -moleculen.
- 49 a De molmassa van O bedraagt  $16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Invullen in de formule  $m = n \cdot M$ ;  $3,3 \cdot 16,00 = 52,8 \text{ g}$ .
- b De molmassa van  $\text{O}_2$  bedraagt  $2 \cdot 16,00 = 32,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $m = n \cdot M$ ;  $3,3 \cdot 32,00 = 106 \text{ g}$ .
- c De molmassa van  $\text{H}_2\text{O}$  bedraagt  $2 \cdot 1,008 + 16,00 = 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $m = n \cdot M$ ;  $3,3 \cdot 18,02 = 59,5 \text{ g}$ .
- 50 a De molmassa van Au bedraagt  $197,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $m = n \cdot M$ ;  $16 = n \cdot 197,0$ ;  $n = \frac{16}{197,0} = 0,081 \text{ mol}$ .
- b De molmassa van  $\text{SO}_2$  bedraagt  $32,06 + 2 \times 16,00 = 64,06 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $n = \frac{m}{M}$ ;  $n = \frac{0,067}{64,06} = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .
- c De molmassa van  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  bedraagt  $3 \cdot 24,31 + 2 \cdot 30,97 + 8 \cdot 16,00 = 262,87 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  $n = \frac{7,4 \cdot 10^3}{262,87} = 28,2 \text{ mol}$ .
- 51 a De molmassa van  $\text{Cl}_2$  bedraagt  $2 \times 35,45 = 70,90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $n = \frac{1,2}{70,9} = 0,0169 \text{ mol} \text{ Cl}_2$ . Elk  $\text{Cl}_2$ -molecuul bestaat uit twee chlooratomen. In 1,2 g chloor bevinden zich  $2 \cdot 0,0169 = 2,03 \text{ mol}$  chlooratomen.
- b De molmassa van HCl bedraagt  $1,008 + 35,45 = 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $n = \frac{1,2}{36,46} = 0,0329 \text{ mol HCl}$ . In elk molecuul HCl bevindt zich één chlooratoom. In 1,2 g waterstofchloride bevinden zich  $0,0329 \text{ mol}$  Cl-atomen.
- c De molmassa van  $\text{FeCl}_3$  bedraagt  $55,85 + 3 \cdot 35,45 = 162,2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $n = \frac{1,2}{162,2} = 7,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol FeCl}_3$ . In elk molecuul  $\text{FeCl}_3$  bevinden zich drie chlooratoom. In 1,2 g ijzer(III)chloride bevinden zich  $3 \cdot 7,40 \cdot 10^{-3} = 0,0222 \text{ mol}$  Cl-atomen.
- 52 a  $5,976 \cdot 10^{27}$  gram
- b 35% van  $5,976 \cdot 10^{27} = 0,35 \cdot 5,976 \cdot 10^{27} = 2,09 \cdot 10^{27}$  gram ijzer. De molmassa van Fe(s) bedraagt  $55,85 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . In en op de aarde bevindt zich  $\frac{2,09 \cdot 10^{27}}{55,85} = 3,75 \cdot 10^{25}$  mol ijzer.
- c aantal deeltjes  $= n \cdot N_A$ ;  $3,75 \cdot 10^{25} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2,26 \cdot 10^{49}$  Fe-atomen
- d In Binas tabel 40A is de atoomstraal van ijzer te vinden:  $126 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ . De diameter van een atoom is  $2 \times$  de straal.  $2 \cdot 2,26 \cdot 10^{49}$  Fe-atomen op een rij overbruggen een afstand van  $2 \cdot 2,26 \cdot 10^{49} \cdot 126 \cdot 10^{-12} = 5,70 \cdot 10^{39} \text{ m}$ .

- e In een jaar bevinden zich  $365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31,6 \cdot 10^6$  s; een lichtjaar komt overeen met een afstand van  $3,00 \cdot 10^8 \cdot 31,6 \cdot 10^6 = 9,47 \cdot 10^{15}$  m. De dichtstbijzijnde ster, Proxima Centauri, bevindt zich op een afstand van  $4,22 \cdot 9,47 \cdot 10^{15} = 4,0 \cdot 10^{16}$  m. Het ijzersnoer komt ver voorbij deze ster. Het reikt zelfs vele malen verder dan het verste sterrenstelsel ooit ontdekt, UDFy-38135539, dat zich op 12,9 miljard lichtjaar van de aarde bevindt.
- +53 a Twee waterstofmoleculen reageren steeds met één zuurstofmolecuul. De massa van twee waterstofmoleculen bedraagt  $4 \times 1,008 = 4,032$  u. De massa van één zuurstofatoom bedraagt  $2 \times 16,00 = 32,00$  u. Waterstof en zuurstof reageren in de massaverhouding  $\frac{4,032}{4,032} : \frac{32,00}{4,032} = 1 : 7,94$ .
- b  $7,0 \cdot 7,94 = 55,6$  g
- c Uit de reactievergelijking blijkt dat twee mol  $H_2$  met één mol  $O_2$  reageert. Waterstof en zuurstof reageren in de molverhouding 2:1.
- d  $M_{H_2} = 2,016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\frac{7,0}{2,016} = 3,47$  mol  $H_2$ .
- e Waterstof en zuurstof reageren in de molverhouding 2:1. Met 3,47 mol waterstofgas reageert  $\frac{3,47}{2} = 1,74$  mol zuurstof;  $M_{O_2} = 32,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $1,74 \cdot 32,00 = 55,6$  g.
- 54 Het juiste antwoord is antwoord D.  
100 gram van de verbinding bestaat uit  $\frac{89,5}{204,4} = 0,438$  mol thallium en  $\frac{10,5}{16,00} = 0,656$  mol zuurstof. In de verbinding bevindt zich  $\frac{0,656}{0,438} = 1,5 \times$  zoveel zuurstof als thallium. De lading van thallium is dus  $1,5 \times$  zo groot als van zuurstof:  $1,5 \cdot 2 = 3$ .
- 55 Het juiste antwoord is antwoord A.  
100 gram van de verbinding bestaat uit  $\frac{34,8}{16,00} = 2,18$  mol zuurstof. Uit de verhoudingsformule kan worden opgemaakt dat zich in 100 g  $\frac{2}{5} \cdot 2,18 = 0,87$  mol X bevindt. 0,87 mol X heeft een massa van  $100 - 34,8 = 65,2$  g.  
De molmassa van X is  $\frac{65,2}{0,87} = 74,9$  u. Dit komt overeen met de molmassa van arseen.
- 56 Het juiste antwoord is antwoord B.  $m = A_r \cdot N_A$ ;  $1,71 \cdot 10^{-22} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 103 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- +57 a In een liter natuurlijk water bevindt zich  $\frac{0,998 \cdot 10^3}{18,016} = 55,40$  mol water. Hierin bevinden zich  $2 \cdot 55,40 = 110,8$  mol H-atomen. Hiervan is 0,015% deuterium. Het aantal HDO-moleculen is gelijk aan het aantal D-atomen. In één liter water bevinden zich dus  $0,015 \cdot \frac{110,8}{100} = 0,017$  mol HDO-moleculen.





c In 22 g bevindt zich  $\frac{22}{16,00 + 2 \cdot 2,0141} = 1,1$  mol  $D_2O$ . Uit de reactievergelijking volgt dat uit één mol  $D_2O$  twee mol HDO gevormd wordt. Uit 22 g  $D_2O$  wordt dus 2,2 mol HDO gevormd.

d  $4,4 \cdot 0,017 = 0,075 \text{ mol} \square L^{-1}$

e De concentratietoename ten gevolge van het toedienen van  $D_2O$  is  $0,075 - 0,017 = 0,058 \text{ mol} \square L^{-1}$ . De hoeveelheid HDO die is ontstaan bedraagt 2,2 mol. 2,2 mol verdeeld over  $x$  liter lichaamswater heeft een concentratietoename van  $0,058 \text{ mol} \square L^{-1}$  als gevolg.  $\frac{2,2}{x} = 0,058$ ,  $x = 38$ . De patiënt heeft 38 liter lichaamswater.

58 a  $2 C_{14}H_{30} + 43 O_2 \rightarrow 28 CO_2 + 30 H_2O$

b In het artikel staat dat de waterstof in vloeibare vorm wordt opgeslagen. Het kookpunt van waterstof bedraagt 20,3 K (Binas tabel 12). Dit komt overeen met  $20,3 - 273 = -253$  °C. Waterstof is dus pas vloeibaar bij een temperatuur onder de 253 °C.

c Het kost veel energie om het waterstof zo sterk te koelen.

d Onder hoge druk wordt het gas samengeperst en kan het zelfs vloeibaar worden. Zo neemt het, net als bij lage temperatuur, veel minder ruimte in dan bij normale druk.

e Een hydride ion bestaat uit een kern met één proton met daaromheen een elektronenschil met twee elektronen.

f De formule van magnesiumhydride is  $MgH_2$ . Het is een zout omdat het uit zowel metaal-atomen (Mg) als niet-metaal-atomen (H) bestaat.

g  $Mg(s) + H_2(g) \rightarrow MgH_2(s)$

h De molmassa van  $MgH_2$  is  $24,31 + 2 \cdot 1,008 = 26,33$  u. 2,016 u daarvan is waterstof. Het massapercentage waterstof bedraagt dus  $\frac{2,016}{26,33} \cdot 100\% = 7,66\%$ .

i Een verbinding is een stof die uit verschillende atoomsoorten bestaan. Metalen vormen onderling geen verbinding, maar kunnen wel gemengd worden. Een mengsel van twee metalen heet een legering. De juiste benaming is een lanthaan-nikkellegering.

j Het proces van binden en loslaten vindt plaats aan het oppervlak. Hoe kleiner de deeltjes, hoe groter het oppervlak. Het binden en loslaten kan op nanoschaal sneller plaatsvinden dan wanneer het beschikbare oppervlak een beperkende factor is.

k In Binas tabel 40B is te vinden dat 2,3% van de lithosfeer uit magnesium bestaat. Dat is veel meer dan bijvoorbeeld nikkel en lanthaan. Magnesium staat in Binas tabel 97A vermeld als giftige en uiterst brandbare stof. De dichtheid van magnesium is met  $1,74 \cdot 10^3 \text{ kg} \square m^3$  relatief laag (Binas tabel 40A). Magnesium voldoet dus wel aan de eerste en derde voorwaarde, maar in mindere mate aan de tweede voorwaarde.

l Een opslagfaciliteit moet herbruikbaar zijn. Dat is alleen het geval wanneer het opslaan en afstaan van de waterstof een reversibel (omkeerbaar) proces is. Om de opslag rendabel te laten zijn mag er niet te veel energie verloren gaan bij het opslaan.