# Leerkaart 1. Periodieksysteem en atoommodellen

|  |
| --- |
| **Strontium**  Figuur 1 Celestien  Strontium zit in ouderwetse kleuren-tv’s en tandpasta, maar ook in je eigen tandglazuur. Het biedt archeologen en forensisch onderzoekers inzicht waar mensen opgroeiden.  **Schotse vinding**  Element nr. 38, strontium, is vernoemd naar het kleine Schotse mijnstadje Strontian. In een loodmijn daar werd een steen gevonden waarin het element voor het eerst ontdekten. De Engelse chemicus Sir Humphry Davy (1778-1829) lukte het in 1808 vervolgens om strontium puur in  handen te krijgen door elektrolyse.  Zuiver strontium is een reactief, zilver-geelkleurig, zacht materiaal. In lucht ontbrandt het direct en het reageert heftig met water. Qua eigenschappen lijkt strontium erg veel op calcium en barium. De Duitse scheikundige Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) ontdekte BE8F2CACdat strontium qua gewicht tussen calcium en barium viel. Later ontdekte hij nog vier andere trio’s van elementen met gelijke eigenschappen en met oplopend gewicht. De trio’s vormden een startpunt voor het opstellen van het periodiek systeem der elementen, waarvan pas zo’n 50 jaar later een eerste versie het licht zag.  Strontium wordt vooral in China, Spanje en Mexico gemijnd, als de mineralen celestien (strontiumsulfaat, SrSO4) en strontianiet (strontiumcarbonaat, (SrCO3).  **Vulkaan**  Waar iemand opgegroeid is, kan achterhaald worden aan de hand van de verhouding tussen twee strontiumisotopen. Meer dan 80 procent van alle strontiumatomen op aarde telt 38 protonen en 50 neutronen in de kern: Sr-88. Maar er zijn ook twee natuurlijke isotopen: Sr-87 (circa 7 procent) en Sr-86 (circa 10 procent). De precieze verhouding tussen de twee isotopen in gewassen en drinkwater is afhankelijk van het type gesteente in de ondergrond. Vulkanische gebieden hebben een lage waarde, oud gesteente een hogere. Binnen Europa wijst een hoge waarde richting Schotland of Scandinavië, hele lage waarden richting vulkanische gebieden den in Frankrijk of Italië. Voordat voedsel een wereldhandel werd, kwam de verhouding (Sr-87/Sr-86) in je tandglazuur goed overeen met de regio waar je opgroeide, en die in je haar met de regio waar je woonde. Kootker: “Ondertussen is de zaak complexer. Eet je bijvoorbeeld veel Bolletje-beschuit, dan eet je veel graan uit Michigan, met een veel hogere isotoopverhouding dan in Nederland voorkomt. Daar moeten forensisch onderzoekers goed rekening mee houden.” |

1. Waarom is het niet vreemd dat strontium, soortgelijke chemische eigenschappen heeft als calcium en barium?

|  |
| --- |
| Er zijn van strontium vier natuurlijke isotopen bekend: Sr-84 (0,56%), Sr-86 (9,86%), Sr-87 (7,00%) en Sr-88 (82,58%).  De isotopen Sr-86 en Sr-87 komen in oudere gesteenten met een andere verhouding voor als in jongere gesteenten. Verder maakt het ook uit in welke regio je opgroeit en de regio waar je uiteindelijk komt te wonen. |

1. Geef het aantal protonen en neutronen van elk isotoop in de onderstaande tabel:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Isotoop | Protonen | Neutronen |
| Sr-84 |  |  |
| Sr-86 |  |  |
| Sr-87 |  |  |
| Sr-88 |  |  |

1. Licht toe waarom een strontiumanalyse van je tanden een andere uitslag zal geven dan van je haren?
2. Teken een calcium-ion maak gebruik van het atoommodel van Bohr. (Geef aan hoeveel en waar de protonenen elektronen zich bevinden.) Vul het in onderstaand kader in.

4.

|  |
| --- |
|  |

# Leerkaart 2. Periodieksysteem en atoommodellen

|  |
| --- |
| **DUURSTE ELEMENT OP AARDE**  Astronomen hebben californium aangetroffen in resten van supernova’s, maar op aarde komt het zware element van nature niet voor. Het zwaarste element dat je op aarde van nature aantreft, is element nummer 92: uranium. Alle elementen daarboven zijn *man made*. Ze ontstaan wanneer atomen met grote kracht op elkaar botsen of beschoten worden met deeltjes. De superzware elementen die daarbij ontstaan zijn meestal instabiel en radioactief, en kennen – op plutonium na –geen echte toepassingen. Het exotische en zelf gevaarlijke element californium, nr. 98, vindt *wel* praktische toepassing. Het wordt vooral ingezet voor veiligheid, bijvoorbeeld om (oude) explosieven te onderzoeken, om kerncentrales veilig op te starten en pijpleidingen en tanks te controleren op zwakke plekken. Veel californium is daarvoor niet nodig, sterker nog: een paar microgram is genoeg. Maar goed ook, want het is ook het duurste element op aarde. 1 gram zou zo’n slordige 20 miljoen euro kosten, maar wereldwijd wordt er jaarlijks nog geen halve gram geproduceerd.  **Neutronen**  Het gaat dan om californium-252, een radioactieve isotoop die neutronen uitstraalt. Eén microgram Cf-252 produceert 170 miljoen neutronen per minuut. “Cf-252 vervalt door spontane kernsplijting”, vertelt Peter Bode, voormalig universitair hoofddocent nucleaire chemie van de TU Delft. “De kern is instabiel door het grote aantal neutronen ten opzichte van het aantal protonen. Dat speelt bij bijna alle synthetische superzware elementen, maar die hebben meestal een zeer korte halveringstijd, waardoor ze onbruikbaar zijn voor praktische doeleinden. Cf-252 is daarop een uitzondering ring, dat heeft een halfwaardetijd van 2,6 jaar. Bovendien komen er per splijting relatief veel neutronen vrij, anderhalf maal meer dan bij bijvoorbeeld uranium.” |

1. Bepaal de kernsamenstelling van Cf-252.
2. Leg uit wat een isotoop is.

|  |
| --- |
| Spontane splijting  Cf-252 vervalt spontaan. De kernreactie die daarbij optreedt, is:  Cf-252 → I-137 + Rh-112 + 3n.  Deze isotoop heeft een halfwaardetijd van 2.645 jaar. Hij doet maar voor 3.092% aan spontane splijting, voor de overige 96.908% is het een alfa-emitter (=He-4 kern). Spontane splitsers zijn altijd zware isotopen en zenden meestal ook neutronen uit.  *Bron: Wikipedia*  Cf-252 vervalt op twee manieren, namelijk via spontane splijting en via uitstoot van He-4. |

1. Geef de kernreactie als Cf-252 als alfa-emitter.

|  |
| --- |
| **PRODUCTIE VRAAGT VEEL GEDULD**  Om californium te maken wordt het element curium in een speciale reactor gebombardeerd met neutronen. Curium (Cm), element nr. 96, is zelf ook een synthetisch element, een product van de bestraling van plutonium (nr. 94), dat weer ontstaat bij bestraling van uranium (nr. 92). De productie van californium is dus een lang proces. Alleen al het curium zit 12 tot 15 maanden in de reactor. In die periode vangen curiumkernen soms een rondvliegend neutron in. Dit neutron kan door bètaverval uiteenvallen in een proton en een elektron. Het extra proton maakt dat curium berkelium wordt (nr. 97), en wanneer dit zich herhaalt uiteindelijk californium. Californium maken is niet alleen een lang proces, de opbrengst is gering, maar 1 procent van de beginstof plutonium wordt omgezet in het gewenste product Cf-252.  *Bron: Chemie Magazine* |

1. Geef aan welke atoomkern er ontstaat tussen cirum en californium als steeds een neutron ingevangen wordt en daarna bètaverval optreedt?
2. Beredeneer welke isotoop van curium gebruikt wordt om er Cf-252 van te maken?

# Leerkaart 3. Periodieksysteem en atoommodellen

|  |
| --- |
| **Mini-meteoriet afkomstig van onbekende planetoïde**    Een minuscule meteoriet die afwijkt van alle andere bekende exemplaren zou ons meer kunnen vertellen over de ruimterotsen die het zonnestelsel bevolken.  Maitrayee Bose, isotopen-cosmochemicus aan de Arizona State-universiteit, analyseerde samen met haar collega’s de chemicaliën in een 2 millimeter grote meteoriet genaamd TAM19B-7, die is gevonden op Antarctica. Toen ze de verschillende koolstofisotopen in de micrometeoriet bekeken, kwamen ze voor een verrassing te staan.  ‘Sommige delen van de micrometeoriet hebben precies dezelfde samenstelling als de aarde’, zegt Bose. ‘Maar er waren ook een paar gebieden die rijk waren aan koolstof-13. En dat hadden we helemaal niet verwacht.’ Het team spotte vier van zulke plekjes met veel zwaar koolstof.  **Zuurstofgehalte**  De zuurstofgehaltes in de micrometeoriet kwamen niet overeen met die van een bekende planetoïde. Normaal gesproken is het mogelijk om een micrometeoriet in verband te brengen met de planetoïdenfamilie waar hij toe behoort, maar dat is met dit monster niet gelukt.  **Cruciaal voor leven**  Wel weten we dat de ruimterots waar de meteoriet van afkomstig is bevroren water moet bevatten, zegt Bose. Dat blijkt namelijk uit de hoeveelheden van andere isotopen in de micrometeoriet; voornamelijk die van zuurstof.  ‘Hij komt van een object dat veel ijs bevat. En wanneer dat ijs smelt, heeft het wisselwerking met de rots’, zegt ze. ‘De vraag is: kun je verbindingen maken die cruciaal zijn voor leven door middel van deze interactie met het water?’  **Mysterieuze ouder**  Op aarde kunnen uit reacties tussen water en rotsen suikers, aminozuren en andere chemicaliën ontstaan die belangrijk zijn voor leven. Als we de mysterieuze ouder van de micrometeoriet zouden vinden, zou ons dat kunnen helpen te bepalen of soortgelijke activiteit mogelijk is op planetoïden. |

1. Teken een C-12 en een C-13 isotoop doormiddel van het atoommodel van bohr.
2. De aangetroffen zuurstofatomen kunnen geïoniseerd worden zodat het een oxide-ion wordt. Teken een oxide-ion doormiddel van het atoommodel van bohr en geef daarbij de protonen en elektronen weer.

1.

|  |
| --- |
|  |

2.

|  |
| --- |
|  |

# Leerkaart 4. Periodieksysteem en atoommodellen

|  |
| --- |
| **Reactorontwerp combineert thorium met kernfusie**    Het is een gewaagd ontwerp: een twee-in-een-kernreactor die bestaat uit een thoriumreactor gecombineerd met een plasma waar kernfusie in plaatsvindt. Beide zijn technisch extreem complex. Toch stellen Russische wetenschappers in een wetenschappelijk artikel zo’n hybride concept voor.  **Kernfusie als oplossing**  De hybride reactor bestaat uit twee elementen. Het grootste gedeelte is een thoriumreactor. De huidige kernreactoren splijten uraniumatomen. De energie die daarbij vrijkomt, wordt omgezet in elektriciteit. In plaats van uranium kun je ook thorium gebruiken als splijtstof. Dat heeft als voordeel dat het afval minder lang radioactief blijft. Bovendien is er op aarde meer thorium dan uranium. Het nadeel van het type thoriumreactor dat de onderzoekers beschrijven, is dat het lastig is om voldoende kerndeeltjes genaamd neutronen te produceren. Om de thoriumreactie van extra neutronen te voorzien, is er een tweede onderdeel toegevoegd: een mini-kernfusiereactor. Die bevat een plasma van deuterium- en tritiumatomen. Deze atomen worden bestookt met energierijke deeltjes, waardoor de atoomkernen met hoge snelheid door elkaar gaan zoeven. Daardoor botsen deuterium en tritium op elkaar en fuseren ze tot heliumkernen. Bij die fusiereactie komen energierijke neutronen vrij.  **Nog complexer**  ‘Het is een logisch ontwerp’, zegt Ralph Hania van nucleair dienstverlener en onderzoeksinstituut NRG, niet betrokken bij het onderzoek. ‘Toch heb ik er mijn bedenkingen bij’, vervolgt hij. ‘Het is voor ingenieurs al lastig om een reactor te ontwerpen met materialen die de hitte en de straling van thoriumsplijtingsreacties aankunnen. Als je dat wilt combineren met een heet en sterk stralend plasma, maak je een complex ontwerp nog complexer. Dat leidt vaak tot nieuwe en onvoorziene problemen.’ |

1. Thorium-232 stoot bij verval een α-deeltje uit. Een α-deeltje is een He-4 kern. Leid af welke atoomkern ontstaat als thorium-232 een He-4 kern uitstoot? Geef het element met massagetal, het aantal protonen en het aantal neutronen weer.
2. Teken met behulp van het atoommodel van Bohr een α-deeltje.
3. Th-232 wordt in een thoriumreactor omgezet in U-233 als de kern van Th-232 een neutron invangt. Leg uit wat er na de invang van een neutron door Th-232 in die kern plaatsvindt waardoor U-233 ontstaat.

2.

|  |
| --- |
|  |