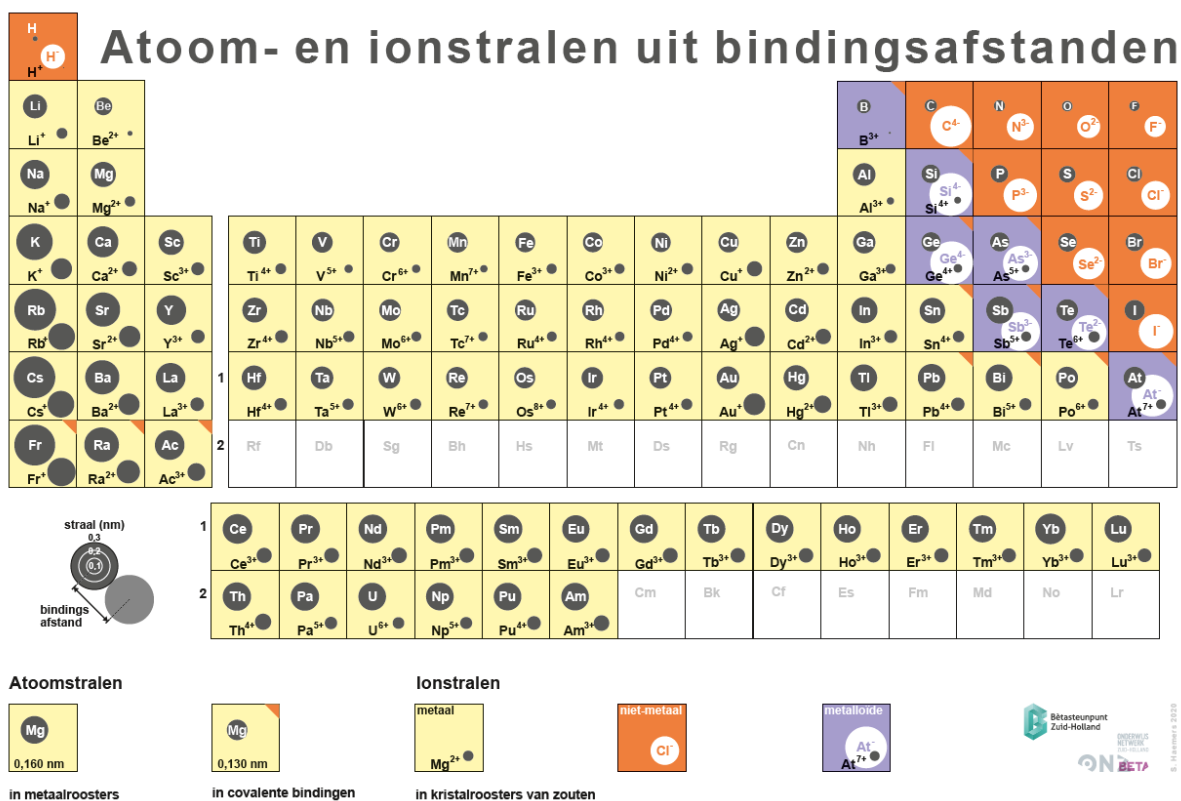


Een periodiek systeem met atoom- en ionstralen.



Inleiding

In het onderwijs in structuur- eigenschap relaties helpt het leerlingen de bouw van zouten en metalen te visualiseren als stapelingen van bolletjes. Om dit te stimuleren wordt in het Duitse scheikunde onderwijs gebruikt gemaakt van een aangepast periodiek systeem waarin atomen en ionen worden weergegeven als bolletjes met verschillende stralen. In dit artikel presenteer ik een soortgelijke versie van het periodiek systeem, maar dan eentje die zowel in opmaak als gekozen definities van atoom- en ionstralen overeenkomt met onze Nederlandse Binas.

Periodiek systeem

Al weer heel wat jaren gebruik ik in mijn lessen over de bouw van atomen en ionen een prachtig geïllustreerde wandplaat met het periodiek systeem der elementen (PSE). Echter, het PSE geeft een de niet ontleedbare stoffen weer. In mijn lessen gebruik ik dus een wandplaat op macroniveau om, op micro niveau, de bouw van atomen te bespreken erger nog, het is daarmee voor leerlingen waarschijnlijk niet altijd duidelijk wanneer ik over atomen spreek of juist over stoffen.

Een ander nadeel is dat je start met de bouwstenen van elementen namelijk de atomen. Dit kan leerlingen de indruk geven dat ionen mislukte deeltjes zijn met teveel of te weinig elektronen of dat ionen altijd ontstaan uit atomen. Ik wil leerlingen vanaf het begin af duidelijk maken dat de bouwstenen van stoffen en materialen atomen of ionen zijn.

Daarnaast is dat voor leerlingen enorm lastig een goed mentaal model bij onze scheikunde symbolentaal te ontwikkelen (Barke 2010). Denk hierbij aan het onderscheid tussen molecuul- en verhoudingsformules en ook het verschil tussen de oplosvergelijkingen van zouten en moleculaire stoffen.

Door leerlingen te helpen visualiseren van, bijvoorbeeld, de bouw van zouten helpt je ze leerlingen bij de ontwikkeling van een goed mentaal model wat weer helpt bij het betekenis geven aan de coëfficiënten in verhoudingsformules. (Zie hoofdstuk 5, Barke 2010)

Atoom- en ionstralen

Bovengenoemde modelvoorstellingen gebruiken een model waarbij atomen en ionen worden voorgesteld als bolletjes met een onveranderlijke straal. Echter atomen zijn geen bolletjes en als ze dat al zijn, vervormen ze bij het aangaan van bindingen en verandert dus ook de straal. Het is William Lawrence Bragg geweest die voorstelde dat de bindingsafstand tussen twee atomen de som is van de atoomstralen van deze atomen (Zie Cordero 2008 en de referenties in dit artikel). Sinds de ontwikkeling van röntgenkristallografie is het mogelijk de posities van atomen in kristallen te bepalen en daaruit de bindingsafstanden af te leiden. Nu is het zo dat verschillende bindingstypen verschillende bindingafstanden opleveren. Een gevolg daarvan is dat er daardoor verschillende definities van de atoomstraal bestaan. De *covalent radius* is bepaald uit de bindingsafstanden in covalente bindingen. De *metallic radius* komt uit de bindingsafstanden in metaalroosters. (Wikipedia 2019) Dan zijn er ook weer datasets met een soort consensus straal: de *empirical radius* (Slater 1964). Als laatste heb je ook nog datasets met de vanderwaalsstralen van atomen. Omdat deze de straal van niet gebonden atomen geeft, is deze minder interessant in structuur-eigenschap relaties en laat ik daarom buiten beschouwing.

Atoom- en ionstralen in Binas tabel 40a

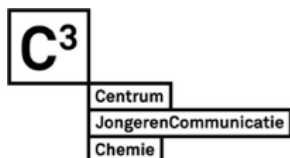
Het blijkt nu dat Binas tabel 40a, naast de vanderwaalsstraal, twee definities van de atoomstraal door elkaar gebruikt worden. Voor niet-metalen en metalloïden gebruikt Binas de *covalent radius*. Voor de meeste metalen gebruikt Binas de *metallic radius*. Binnen de schoolscheikunde lijkt mij dit een goed verdedigbare keuze waar ik geen problemen mee heb. Voor de metalen waarvan geen (eenduidige) data over metaalroosters beschikbaar zijn gebruikt Binas de *covalent radius*. Bekende voorbeelden zijn tin en lood waarbij de verschillende allotropen van deze elementen het vaststellen van een eenduidige bindingsafstand lastig maakt. Daarbij kan tin zelfs uit een covalent rooster met een diamantstructuur bestaan! Een covalente binding tussen een metaal-atomen klinkt raar binnen de schoolscheikunde, maar komt vaker voor bij elementen. Covalente bindingen van metaal-atomen komen ook voor in organometalen. Een klasse verbindingen die belangrijk is in de biologie en katalyse.

Analoog aan atoomstralen kunnen ionstralen ook bepaald worden met behulp van röntgenkristallografie. Het model dat ionroosters stapelingen van bolvormige ionen zijn gaat minder goed op dan bij metaalroosters. Een stapeling waarbij alle ionen contact met elkaar maken is bijvoorbeeld niet mogelijk als bijvoorbeeld de kationen en anionen te veel in grootte verschillen. Verder moeten altijd data van verschillende zouten gecombineerd worden en hebben ook coördinatiegetallen en spintoestand invloed op de bindingsafstand. In de literatuur zijn dan ook verschillende datasets met steeds iets andere ionstralen te vinden. De waarden in Binas tabel 40a lijken goed overeen te komen met de *crystallic radius* op Wikipedia.

Nu is het zo dat de absolute waarden van de *metallic*- en *covalent radii* wel verschillen, maar dat de trends in binnen perioden en groepen overkomen. Hetzelfde geldt ook voor datasets met ionstralen.

Gemaakte keuzes

Welke keuzes heb ik nu gemaakt in het hier gepresenteerde periodiek systeem? Een eerste keuze was voor een zo overzichtelijk mogelijk systeem, met een indeling en kleurgebruik die



past bij Binas. Een volgende keuze was het weglaten van de edelgassen, opdat de bindingsafstand als definitie voor de atoomstraal gebruikt kan worden. Verder heb ik ervoor gekozen om de elementen met atoomnummers hoger dan van Americium weg te laten. Deze elementen hebben geen praktische toepassingen en er zijn slechts beperkt data beschikbaar.

Een belangrijke keuze was om met een oranje driehoekje te laten zien of van een atoomsoort de *metallic radius* of en *covalent radius* is weergegeven. Waarbij ik hoop dat het voor zich spreekt dat bij de niet-metalen er altijd sprake is van een *covalent radius*.

Voor de waardes van de atoomstralen heb ik ervoor gekozen overwegend de waardes van Binas tabel 40a te gebruiken, maar een uitzondering te maken voor de actiniden. Op Wikipedia bleken voor de actiniden *metallic radii* beschikbaar en die heb ik gebruikt in plaats van de *covalent radii* uit Binas tabel 40a. De waardes voor de metallic radii zijn iets groter waardoor bijvoorbeeld een thoriumatoom niet meer kleiner lijkt dan een ceriumatoom. Wat betreft de ionstralen heb ik meer keuzes moeten maken. Zo heb ik bij de metalloïden zoveel mogelijk de stralen van zowel anionen als van de kationen weergegeven, ook als de data ontbreken in Binas tabel 40a. Verder heb ik de ionen weergegeven waarvan ik de valenties het mooist in de trend vond passen. Zoals het Cu(I) ion boven de zilver- en Au(I)ion in plaats van het Cu(II) ion en het osmium(VIII)ion in plaats van het osmium(IV)ion. Als laatste heb ik het Sn⁴⁺ -ion uit tabel 40a maar weggelaten, omdat dit voor leerlingen alleen maar verwarrend kan werken.

Referenties

Barke, H.D., Hazari, A., Yitbarek, S. (2010) *Misconceptions in Chemistry*. Berlin Heidelberg Springer-Verlag. (Hoofdstuk 5 *Structure-Property Relationships*) DOI 10.1007/978-3-540-70989-3.

Cordero, B., Gómez, V., Platero-Prats, A.E., Revés, M., Echevería J., Cremdes, E., Baragán, F., Alvarez, S. (2008) Covalent radii revisited. *Dalton Tans.*(21), 2832-2838. DOI 10.1039/b801115j.

Slater, J.C. (1964) Atomic Radii in Crystals *J. Chem. Phys.* 41, 3199-3204. DOI 10.1063/1.1725697.

Verkerk, G. (red), (2013); *Informatieboek voor natuurwetenschappen en wiskunde Binas 6^e editie*. Groningen Uitgever: Noordhoff uitgevers ISBN: 9789001817497

Wikipedia: Atomic radii of the elements verkregen 19 november 2019

[https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_radii_of_the_elements_\(data_page\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_radii_of_the_elements_(data_page))