

Periodiek systeem opnieuw door de MS

De IUPAC heeft in een herbeoordeling twaalf **atoomgewichten** vervangen door een interval. Het doel hiervan is de werkelijkheid dichter benaderen. Maar wat betekent het voor het onderzoek en onderwijs?

ANNE JANS

Vaste atoomgewichten zijn niet meer van deze tijd. Tot voor kort berekende je de relatieve massa van een element door het gewogen gemiddelde te nemen van de massa's van zijn stabiele isotopen. Isotopenverhoudingen variëren echter over de wereld. Professor Frank Vanhaecke, hoofd van de vakgroep atoom- en massaspectroscopie aan de Universiteit Gent, legt uit: "Vroeger wist men wel dat lichte atomen als koolstof en zuurstof natuurlijke variaties vertoonden in hun isotopische samenstelling, maar van de meeste elementen dacht men dat die samenstelling constant was. Dat beeld is veranderd doordat de precisie waarmee we de verhoudingen kunnen meten sterk is verbeterd." De IUPAC meent dat de variatie beter duidelijk wordt met een interval dan met een gemiddelde waarde. Het atoomgewicht van bijvoorbeeld waterstof is daarom tegenwoordig [1,00784; 1,00811].

MEETTECHNIEKEN

Vroeger waren er twee technieken beschikbaar om isotopenverhoudingen van (half)metalen te meten. De eerste was thermische ionisatie massaspectrometrie (TIMS). "Die techniek biedt een zeer goede precisie, maar is alleen vlot toepasbaar op elementen die gemakkelijk ioniseerbaar zijn. Daardoor is isotopenanalyse van veel elementen zeer moeilijk of zelfs onmogelijk met TIMS", vertelt Vanhaecke. De andere beschikbare techniek was inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Die vorm van massaspectrometrie werkt

met een zeer krachtige ionisatiebron, maar heeft veel last van signaalinstabiliteit. Vanhaecke: "ICP-MS gebruikte één detector, waardoor je de intensiteit slechts bij één massa tegelijk kon meten. De signaalinstabiliteit bemoeilijkte vervolgens het vergelijken van de intensiteiten."

De oplossing kwam in 1992: multicollector ICP-MS. "Daarbij heb je meerdere detectoren, waarmee je de intensiteit van twee of meerdere isotopen perfect gelijktijdig kunt meten", zegt Vanhaecke. "De signaalinstabiliteit beïnvloedt beide metingen op een gelijkwaardige manier, waardoor je het effect later kunt neutraliseren. Zo is het mogelijk om isotopenverhoudingen zeer precies te bepalen."

'We maakten al nooit gebruik van die vaste waarde'

Het periodiek systeem is nu dus nauwkeuriger, maar op het lab kunnen de intervallen problemen veroorzaken. In steeds meer onderzoek gebruik je namelijk isotopenverhoudingen, bijvoorbeeld in dopingtests. "Aan de isotopische samenstelling van koolstof in testosteron kun je zien of sporters doping hebben gebruikt", vertelt Olivier de Hon, wetenschappelijk beleidsmedewerker bij de Dopingautoriteit. "Het lichaam maakt testosteron uit cholesterol, dat meestal afkomstig is uit dierlijke producten. Medicijnen worden opgewerkt uit soja. Dat verschil kun je terugzien in het koolstof-13-gehalte."

De Hon: "In een IRMS-test (Isotope Ratio Mass Spectrometry, red.) vergelijken we de $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -verhouding van testosteron en een aantal metabolieten met die in een standaardoplossing. Die verhouding is namelijk vrijwel constant bij mensen. Wijkt de waarde 3 of meer promille af, dan is er sprake van dopinggebruik."

Nu het vaste atoomgewicht van koolstof is vervangen door een interval verwacht De Hon geen problemen. "We maakten al nooit gebruik van die vaste waarde, maar van een bij mensen bepaalde standaardverhouding. Misschien dat we de grens van 3 promille moeten aanpassen, maar ik verwacht het niet."

Ook professor Harro Meijer, voorzitter van het Centrum voor Isotopen Onderzoek dat gelinkt is aan de Rijksuniversiteit Groningen, voorziet geen veranderingen voor zijn onderzoek. "Groepen die isotopenmetingen doen en gebruiken werken altijd relatief ten opzichte van een internationaal referentiemateriaal. Hierin verandert niets. Al onze metingen maken gebruik van de range in de natuur die nu de IUPAC officieel aangeeft."

ISOTOPEN

Vanhaecke meent dat de wijziging in bepaalde gevallen wel voor veranderingen kan zorgen, bijvoorbeeld bij isotopendilutie. Daarmee is de concentratie van elementen zeer precies te bepalen door een vastgestelde hoeveelheid van een isotoop toe te voegen aan een monster. Vervolgens meet je de isotopenverhouding en vergelijk je de hoeveelheid van het toegevoegde isotoop met die van de isotopen die van nature aanwezig waren. Doordat bekend is hoeveel

RELATIEVE ATOOMMASSA'S DIE ZIJN VERVANGEN DOOR EEN INTERVAL

Element	Vroeger	Nu
Waterstof, H	1,007 94(7)	[1,007 84; 1,008 11]
Lithium, Li	6,941(2)	[6,938; 6,997]
Boor, B	10,811(7)	[10,806; 10,821]
Koolstof, C	12,0107(8)	[12,0096; 12,0116]
Stikstof, N	14,0067(2)	[14,006 43; 14,007 28]
Zuurstof, O	15,9994(3)	[15,999 03; 15,99977]
Magnesium, Mg	24,3050(6)	[24,304; 24,307]
Silicium, Si	28,0855(3)	[28,084; 28,086]
Zwavel, S	32,065(2)	[32,059; 32,076]
Chloor, Cl	35,453(2)	[35,446; 35,457]
Broom, Br	79,904(1)	[79,901; 79,907]
Thallium, Tl	204,3833(2)	[204,382; 204,385]

isotoop was toegevoegd en welk deel daarvan in het meetsample aanwezig was, is de concentratie van het element zeer nauwkeurig te bepalen.

“Bij toepassing van deze methode gaan we er normaal vanuit dat een monster, bijvoorbeeld een bloed- of bodemmonster, de natuurlijke isotopische samenstelling heeft die we kunnen opzoeken in de tabel. Dit wordt door de wijziging van de IUPAC een beetje op losse schroeven gesteld; we zouden nu eigenlijk eerst de isotopische samenstelling van het monster zelf moeten meten.” Vanhaecke vermoedt echter dat dit niet vaak zal gebeuren. “Voor de meeste doeleinden zullen de oudere, gemiddelde isotopen-samenstellingen nog steeds volstaan.”

ONDERWIJS

In het onderwijs, waar leerlingen vaak moeten rekenen met relatieve atoommassa's, wordt de wijziging van de IUPAC niet of nauwelijks kenbaar gemaakt. Edwin Saelman, scheikundedocent op het Keizer Karel College in Amstelveen, heeft de nieuwe scheikundeboeken en de zesde druk van de *Binas*, die net uit is, erop nageslagen. “Ik heb gezocht in de isotopentabellen, bij de atoommassa's, in het periodiek systeem... helemaal niets. Er wordt geen aandacht aan besteed.”

Saelman heeft overwogen de wijziging met zijn leerlingen bespreken, maar zag daar toch vanaf. “Ik heb klassen waarin het niveau van de leerlingen sterkt wisselt. In een groep met enkel gymnasiasten zou ik de verandering graag behandelen, maar veel andere leer-

NEGENTIEN ELEMENTEN MET EEN AANGEPASTE RELATIEVE ATOOMMASSA

Element	Vroeger	Nu
Aluminium, Al	26,9815386(8)	26,9815385(7)
Arsen, As	74,92160(2)	74,921595(6)
Beryllium, Be	9,012182(3)	9,0121831(5)
Cadmium, Cd	112,411(8)	112,414(4)
Cesium, Ce	132,9054519(2)	132,90545196(6)
Fluor, F	18,9984032(5)	18,998403163(6)
Fosfor, P	30,973762(2)	30,973761998(5)
Goud, Au	196,966569(4)	196,966569(5)
Holmium, Ho	164,93032(2)	164,93033(2)
Kobalt, Co	58,933195(5)	58,933194(4)
Mangaan, Mg	54,938045(5)	54,938044(3)
Molybdeen, Mo	95,96(2)	95,95(1)
Niobium, Nb	92,90638(2)	92,90637(2)
Praseodymium, Pr	140,90765(2)	140,90766(2)
Scandium, Sc	44,955912(6)	44,955908(5)
Seleen, Se	78,96(3)	78,971(8)
Thorium, Th	232,03806(2)	232,0377(4)
Thulium, Tm	168,93421(2)	168,93422(2)
Yttrium, Y	88,90585(2)	88,90584(2)

lingen zou ik snel kwijt zijn bij dit onderwerp. Het is te ingewikkeld.”

De wijziging brengt ook positieve zaken met zich mee. Vanhaecke: “De samenstelling van isotopen is te linken aan hun herkomst. Zo kunnen archeologen ontdekken waar grondstoffen in Romeins glaswerk vandaan kwamen, maar ook kun je kijken of wijn uit de Bourgogne echt in die streek is geproduceerd.” Meijer vult aan: “Die mogelijkheden zijn eigenlijk niet nieuw, maar zijn wel voor steeds meer elementen mogelijk. Je ziet nu massaspectrometriegroepen de mogelijkheden van de isotopenspreiding (her)ontdekken.”

De groep van Vanhaecke probeert

inderdaad steeds nieuwe toepassingen te vinden, bijvoorbeeld voor medische diagnose. “De ziekte van Wilson, waarbij je koper onvoldoende uitscheidt, laat zich moeilijk vaststellen. Wij hebben ontdekt dat de koperisotopische samenstelling in het bloed van deze patiënten afwijkt van die van gezonde mensen. In de toekomst is een bloedstaattie wellicht voldoende voor de diagnose.”

Vanhaecke hoopt daarom dat wetenschappers de mogelijke problemen rond de wijziging relativeren en blij zijn met de nieuwe mogelijkheden. Ook Meijer is tevreden over de verandering: “Ook niet-specialisten kunnen nu zien dat er spreiding is in de isotopensamenstelling.”

Isotopendilutie om de hoeveelheid (X) van een element met isotopen a (●) en b (○) te bepalen

