

# Macro-micro

## Kwesties van naamgeving

De hectische periode rond eerste en tweede correctie is niet het geschikte moment om examens grondig te evalueren. En later, nadat de diploma's zijn uitgereikt en na de erop volgende zomervakantie, komt het er meestal niet meer van. Toch kan terugkijken bruikbare informatie opleveren voor toekomstige examens en daaraan voorafgaand onderwijsaanbod, in dit geval wat betreft macro-micro-kwesties. Zo staan in de syllabus wel de termen atoom, ion, radicaal en molecuul, maar een complete set bijbehorende begrippen op macroniveau is er niet. In dit artikel wordt daarvoor de noodzakelijke aanvulling gegeven.

### Macro-micro, IUPAC

Er was een tweede aanvulling op het correctievoorschrift voor nodig om enige helderheid te scheppen in een macro-microkwestie in het havo-examen scheikunde 1<sup>e</sup> tijdvak 2017.

Daaruit werd duidelijk dat je vanwege IUPAC-regels chloride en ook  $\text{Cl}^-$  zowel op macro- als op microniveau mag interpreteren. Datzelfde geldt voor  $\text{Ca}^{2+}$  maar dat mag op macroniveau dan weer niet calcium genoemd worden. In 1978 stonden de examenmakers voor datzelfde probleem en ze hebben daar toen al iets op gevonden: "In de oplossing kan dan kobalt(II) aangetoond worden." <sup>1</sup> Deze macroniveaunotatie sluit elegant aan bij de officiële naamgeving van stoffen zoals ijzer(III)chloride. Om misverstanden te voorkomen lijkt het dan overigens verstandig om in communicatie met leerlingen chloride voor macroformuleringen te reserveren en chloride-ion te gebruiken als aanduiding op microniveau.

### ***Intermezzo 1 Vernieuwingen examenprogramma's***

*Een van de speerpunten in de huidige scheikunde-examenprogramma's is de macro-micro-benadering: "De kandidaat kan macroscopische eigenschappen in relatie brengen met structuren op meso- en*

*microniveau, en daarin aspecten van schaal herkennen en kan omgekeerd vanuit structuren voorspellingen doen over macroscopische eigenschappen.” (uit subdomein A12 van het havo-examenprogramma).*

*In examenexperimenten is via verschillende leerlijnen (aangeduid met de kleuren groen, geel, bont en blauw) invulling gegeven aan macro/micro. En in pilotexamens is in verschillende opgaven ervaring opgedaan met formuleringen op dit gebied.*

*Ook bij de modernisering van de examenprogramma's in het begin van de zeventiger jaren van de vorige eeuw waren er verschillende experimentele leerlijnen: - CMLS (Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde; de lesteksten zijn opgegaan in de toenmalige methode “Chemie” van Wolters-Noordhoff), - WEI (Werkgroep Empirische Inleiding; deze werkgroep bestaat niet meer) en - TUE (Theorie uit Experimenten; het lesmateriaal wordt tot op de dag van vandaag aangepast aan de actuele ontwikkelingen). Voor leerlingen die een van deze drie leerlijnen volgden werden in het reguliere eindexamen aparte opgaven ingebouwd.*

*In het oog lopende vernieuwingen waren destijds invoering van leerlingenpracticum en meer vakdidactische aandacht voor het beginonderwijs in de scheikunde zoals de ontwikkeling van de modelvoorstelling van atomen en moleculen. Ook toestandsaanduidingen bij formules, die heen- en weer-denken tussen model en werkelijkheid mogelijk maken, stammen uit die tijd. <sup>2</sup>*

## **Macro-micro, ionstof en ion**

Een verwant probleem wat betreft naamgeving deed zich voor na de vorige grootschalige modernisering van de examenprogramma's (zie intermezzo 1) en dat is vanwege het accent op macro-micro nu actueler dan ooit: hoe duiden we bijvoorbeeld  $\text{Na}^+$  en  $\text{Cl}^-$  in het algemeen op macroniveau aan? Door de WEI is daarvoor destijds de aanduiding 'reagens' geïntroduceerd.<sup>3</sup> De beschikbaarheid van zo'n term maakt het mogelijk om in gesprekken met leerlingen helder te hebben of er sprake is van macro- dan wel microniveau. De reagentia-terminologie is ook een tijdje door TUE gebruikt maar nooit algemeen ingeburgerd geraakt, ook al omdat reagens soms werd en wordt gebruikt in de betekenis van indicator.

In het TUE-lesmateriaal wordt sindsdien in plaats daarvan de werkterm

'ionstof' gehanteerd. Die heeft géén andere betekenis en sluit bovendien beter aan bij de macrodefinitie van een chemische reactie: verdwijnen en ontstaan van stoffen. Zo verdwijnen ionstof zilver en ionstof chloor als zilvernitraatoplossing en natriumchloride-oplossing worden samengevoegd. Bij deze neerslagreactie ontstaat (stof) zilverchloride. Geef nu zelf een beschrijving op macroniveau van de reactie(!) die plaatsvindt als een natriumchloride-oplossing wordt ingedampt.

De aanduiding ionstof geeft de mogelijkheid om kromme macro-microformuleringen te voorkomen zoals in het pilotexamen vwo 2014 1<sup>e</sup> tijdvak: "Hierbij reageren silicaationen met  $\text{H}_3\text{O}^+$  tot de moleculaire stof  $\text{Si}(\text{OH})_4$  en water.", "Bisfenol A reageert met het aanwezige natronloog tot bisfenolaationen ...", "De bisfenolaationen reageren vervolgens aan het grensvlak van beide vloeistoffen met fosgeen tot lexaan." en in het examen havo 2017 1<sup>e</sup> tijdvak: "Geef de LD50 (voor muizen) van  $\text{Gd}^{3+}$ -ionen in gadodiamide." Ook in de titels van Binas-tabel 65 is '(ion)stoffen' geschikter dan 'chemicaliën'.



## Macro-micro, radicaalstof en radicaal

Ionstof is een voor de hand liggende macro-aanduiding voor 'spul' dat op microniveau met ionen wordt voorgesteld. De macrodefinitie van een chemische reactie (verdwijnen en ontstaan van stoffen) hoeft er niet radicaal voor veranderd te worden.

Met zo'n zelfde soort werkterm 'radicaalstof' kunnen ook radicaalreacties op macroniveau verwoord worden. Zo verdwijnen stof silicium en radicaalstof fluor en ontstaat stof tetrafluorosilaan bij de reactie die in het vwo-examen 2017 1<sup>e</sup> tijdvak beschreven wordt met de vergelijking  $\text{Si}(s) + \text{F}\cdot \rightarrow \text{SiF}_4(g)$ .

En het ontstaan van butaan bij het verhitten van de benzinetoevoeging TEL (tetraethyllood) kan dan op macroniveau verklaard worden door reactie van radicaalstof ethyl  $\cdot\text{C}_2\text{H}_5$ .

Ook het substitutiemechanisme van bijvoorbeeld de chlorering van ethaan kun je met behulp van de werkterm 'radicaalstof' op macroniveau beschrijven. Een logische naam, analoog aan ethyl, voor de radicaalstof met formule  $\text{Cl}\cdot$  zou bijvoorbeeld chloryl kunnen zijn.

### ***Intermezzo 2 "Teveel stikstof in de lucht"***

*Chemici zijn vertrouwd met de dubbele betekenis van de term 'element' en dus weten ze dat er in een krantenkop als "Teveel stikstof in de lucht" en met "neerslag van stikstof" (zie afbeelding 1) niet de stof wordt bedoeld. Maar voor leerlingen is het verwarrend dat bij een chemische reactie elementen verdwijnen en tegelijkertijd behouden blijven. Daarom werd door CMLS, WEI en TUE de term 'niet-ontleedbare 'stof' geïntroduceerd ter onderscheiding van 'element'. Daarmee kan expliciet duidelijk gemaakt worden wat met 'stikstof in de lucht' bedoeld wordt: (de niet-ontleedbare) stóf stikstof dan wel (een andere stof met) elemént stikstof. 'Niet-ontleedbare stof' is sindsdien ook als chemische vakterm in de examensyllabus opgenomen.*

*Bij de introductie van het elementbegrip werd en wordt gebruik gemaakt van elementkringlopen. Typere voorbeelden daarvan zijn koperkringlopen waarbij men (stof) koper bij een chemische reactie laat verdwijnen en uit het reactieproduct via een of meer reacties ook weer laat ontstaan. Nadrukkelijk worden die reactieproducten aangeduid met triviale namen (zoals tenoriet, vitrioolblauw, bremerblauw) en niet met hun officiële namen (zoals koperoxide, kopersulfaat, koperhydroxide) omdat die bij leerlingen de suggestie kunnen wekken dat koper niét verdwenen is.*

*Zeker in beginonderwijs scheikunde verdient het aanbeveling om stof en element zorgvuldig te onderscheiden.*

### **Macro-micro, formules**

Je moet uit de context opmaken of een formule op macro- dan wel op microniveau geïnterpreteerd moet worden. Zo zie je aan de toestandsaanduidingen in de vergelijking  $\text{Si}(s) + \text{F}\cdot \rightarrow \text{SiF}_4(g)$  (uit het vwo-examen 2017 1<sup>e</sup> tijdvak) dat er daar de stoffen silicium en tetrafluorosilaan bedoeld worden, dus op macroniveau; want een molecuul of atoom op zich kan niet in een vaste of gasvormige toestand

verkeren. Logisch redenerend stelt dan ook F• een (erg reactieve) stof op macroniveau voor. In dit geval was daarbij de aanduiding (g) passend geweest, zeker waar we aan leerlingen strenge eisen stellen wat betreft macro- en microformuleringen zoals bijvoorbeeld in de havo-examens 2017 1<sup>e</sup> tijdvak (vraag 2) en 2<sup>e</sup> tijdvak (vragen 1 en 35).

De formules in de volgende twee vergelijkingen (uit het vwo-examen 2016 2<sup>e</sup> tijdvak):  $0,40 \text{ CH}_4 + 0,050 \text{ O}_2 + 0,70 \text{ H}_2\text{O} + 0,50 \text{ N}_2 \rightarrow 0,40 \text{ CO}_2 + 1,0 \text{ NH}_3$  en  $\text{CH} + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2\frac{1}{2} \text{ H}_2 + \text{CO}_2$  hebben alleen betekenis op macroniveau, want er zijn geen halve of nog meer gebroken moleculen. Je kunt er ook uit afleiden dat gebroken coëfficiënten in reactievergelijkingen op macroniveau wél gebruikt mogen worden.

Niet alleen in reactievergelijkingen kunnen formules op macroniveau geïnterpreteerd worden. Zo zie je aan de kommaformule (H,S) dat rotte-eierengas waterstof en zwavel bevat en dat er dus bij ontleding waterstof en zwavel kunnen ontstaan. Om deze uitspraak voor leerlingen begrijpelijk te maken is het nodig om onderscheid te maken tussen element en niet-ontleedbare stof (zie intermezzo 2). Op microniveau betekent het dat je met twee soorten atomen te maken hebt.

Ook kwantitatieve macroscopische eigenschappen kunnen in formules verwerkt worden. Zo kun je uit de formules  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  en  $\text{H}_2\text{O}$  afleiden dat ethanol drie maal zoveel element waterstof bevat als water, per liter damp/gas. Op microniveau lees je uit de indices het aantal atomen per molecuul af.

Overigens bestaan er twee verschillende stoffen waaraan chemici de dezelfde formule  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  toekennen: de ene reageert wel met natrium en de andere niet. Dat verschil in reactiemogelijkheid kan tot uitdrukking gebracht worden in de structuurformules  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$  en  $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ . Op microniveau kun je deze stoffen voorstellen met moleculen die een verschillende structuur met verschillende (atoom)groepen hebben. En in de formule F• betekent de punt dat je met een zeer reactieve stof te maken hebt. Op microniveau stelt die punt een ongepaard elektron voor.

### **Macro-micro, zorgvuldig taalgebruik**

Bij de modernisering van de eindexamenprogramma's in de vorige eeuw is de vakterm 'niet-ontleedbare stof' geïntroduceerd teneinde onderscheid te kunnen maken tussen stof en element. Bij de recente programmaherziening was macro-micro een van de speerpunten en om

daarover “adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein (te kunnen) communiceren” (uit subdomein A2 van het examenprogramma) zijn termen nodig om ionen en radicalen op macroniveau te kunnen beschrijven. Maar vooral ook moeten de beschikbare termen zorgvuldig en niet door elkaar gebruikt worden. Je zet leerlingen op het verkeerde been als je aan microniveaudeeltjes macroscopische eigenschappen zoals geur en kleur toekent (zie afbeelding 2) of als je spreekt van verdampende moleculen.



**Ter gelegenheid van het honderdjarig bestaan van de KNCV werd 2003 uitgeroepen tot het jaar van het molecuul. In het orgaan van de KNCV (Chemisch2Weekblad) werd daarom elke maand een molecuul “uitgeroepen” tot molecuul van de maand. Hieronder de publicatie uit C2W van 26 april 2003.**



afbeelding 2

Voor chemici is dat misschien wel duidelijk maar bij het onderwijs in de scheikunde zou zorgvuldig met macro- en microtermen omgegaan moeten worden. Helaas valt er in dit opzicht nogal wat aan te merken op de teksten in de recente centrale eindexamens.<sup>4</sup>

## Noten

(1) Opgave III van het vwo-examen scheikunde 1978 1<sup>e</sup> tijdvak.

(2) Velthorst, N. (2004). Een voortdurende uitdaging: het scheikundeonderwijs. In: Homburg, E. & Palm, L. (ed.), *De geschiedenis*

*van de scheikunde in Nederland 3* (pp. 37-59). Delft: Delft University Press

[https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjywoj3mabUAhVPKVAKHRYWCXAQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fchg.kncv.nl%2F%2Flibrary%2Fdownload%2Furn%3Auuid%3A39ca23cb-440a-4531-a845-cf596e0fdfe4%2Fscheikunde-deel-3-velthorst-h3--web-.pdf%3Fformat%3Dsave\\_to\\_disk%26ext%3D.pdf&usg=AFQjCNGRwyltVq9cyH4GxED1klYufsqYWw&cad=rja](https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjywoj3mabUAhVPKVAKHRYWCXAQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fchg.kncv.nl%2F%2Flibrary%2Fdownload%2Furn%3Auuid%3A39ca23cb-440a-4531-a845-cf596e0fdfe4%2Fscheikunde-deel-3-velthorst-h3--web-.pdf%3Fformat%3Dsave_to_disk%26ext%3D.pdf&usg=AFQjCNGRwyltVq9cyH4GxED1klYufsqYWw&cad=rja)

(3) ten Voorde, H.H. (1977). *Verwoorden en verstaan* (dissertatie), p.423. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.

(4) zie [www.theorieuitexperimenten.nl](http://www.theorieuitexperimenten.nl) > examens > examencomentaren