Scheikunde tussen de sterren

Dat er op aarde en in sterren allerlei scheikundige processen plaatsvinden weten we, maar is er ook scheikunde tússen de sterren, in de ijle gaswolken die zich daar bevinden? Het antwoord is “ja” – er is zelfs een heel vakgebied gewijd aan zulke interstellaire moleculen en de reacties die ze ondergaan: de astrochemie. De Nederlandse Ewine van Dishoeck is een van de belangrijkste onderzoekers in dit vakgebied. Deze week kreeg ze voor haar werk de Kavli-prijs, de “Noorse Nobelprijs”, met een bijbehorend geldbedrag van maar liefst een miljoen euro.



Afbeelding 1. Ewine van Dishoeck.Foto: Henrik Sandsjö / Leiden University.

Van elementaire deeltjes naar atomen

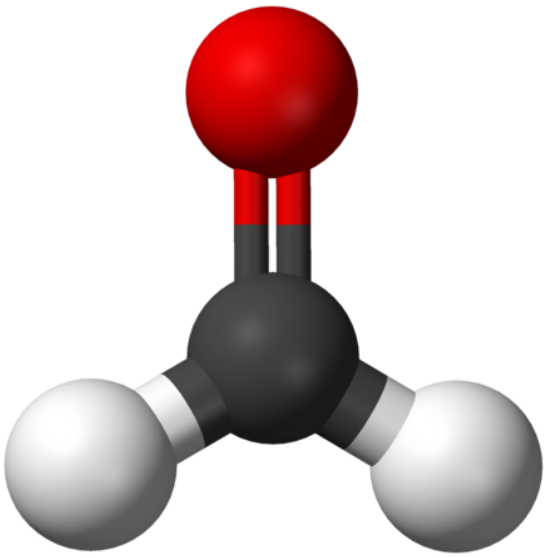
Kort na de oerknal ontstonden in het heelal de eerste scheikundige elementen. Het heelal,

dat begonnen was als een enorm hete brij van de meest elementaire deeltjes die we kennen – quarks, gluonen en elektronen – koelde langzaam af, waardoor het mogelijk werd voor de elementaire bouwstenen om “samen te klikken” tot grotere deeltjes. Naarmate de temperatuur lager werd, werden zulke grotere deeltjes stabiel: de energie van de andere deeltjes die ze tegenkwamen was niet groot genoeg meer om ze op te breken.

Zo ontstonden eerst protonen en neutronen uit de quarks, vervolgens eenvoudige atoomkernen uit de protonen en neutronen, en ten slotte – inmiddels al zo’n 380.000 jaar na de oerknal – de eerste atomen uit kernen en elektronen. Die atomen waren nog heel eenvoudig: veel waterstof (één proton en één elektron), wat helium (twee protonen, twee neutronen en twee elektronen), en wat kleine sporen van de iets zwaardere elementen. Écht zware elementen – denk aan uranium, met 92 protonen, 92 elektronen en meer dan 140 neutronen – werden echter niet gevormd, omdat na die 380.000 jaar het heelal zover was uitgedijd, dat de kans dat zóveel deeltjes elkaar toevallig tegenkwamen en voldoende energie hadden om een atoom te vormen, praktisch gelijk aan nul was. Pas vele miljoenen of zelfs miljarden jaren later, nadat de eerste sterren gevormd waren en weer ontploften, waren er bronnen met genoeg deeltjes en genoeg energie om ook zulke atomen te vormen.

Van atomen naar moleculen

De vorming van atomen in het heelal is daarmee al een interessant verhaal, maar de volgende vraag is natuurlijk: kan het nog complexer? Kunnen die atomen ook weer bij elkaar komen en grotere deeltjes vormen – dus: zijn er ook *moleculen* in het heelal? We weten in zekere zin natuurlijk dat het antwoord “ja” is: hier op aarde en op planeten elders in het zonnestelsel treffen we immers overal en nergens moleculen aan, maar hoe zit dat in het algemeen? Kunnen moleculen bijvoorbeeld ook tussen de sterren in ontstaan, in interstellaire gaswolken, of komen ze alleen in planetenstelsels zoals het onze voor? En hoe zeldzaam zijn zulke moleculen?



Afbeelding 2. Formaldehyde.Schematische weergave van het molecuul formaldehyde. Afbeelding: Wikipedia-gebruiker Benjah-bmm27.

Pas aan het eind van de jaren 30 van de vorige eeuw lukte het om enkele van deze vragen te beantwoorden. Met de opkomst van de radio-astronomie was het mogelijk geworden om te kijken naar licht met lange golflengtes dat uit het heelal kwam, en juist moleculen zenden een spectrum van licht uit met heel specifieke, lange golflengtes. Met radiotelescopen werden rond die tijd interstellaire moleculen ontdekt die bestaan uit één koolstof- en één waterstofatoom (CH) en moleculen die bestaan uit één koolstof- en één stikstofatoom (CN). In de jaren die volgden werden nog allerlei andere eenvoudige soorten moleculen ontdekt, en uiteindelijk in 1969 ook een beduidend ingewikkelder molecuul: formaldehyde, H_2CO. Dat molecuul bestaat uit maar liefst vier atomen, en is niet alleen interessant omdat het wat complexer is dan de eerder gevonden moleculen; het is ook van belang omdat het een rol speelt in de biologie en in het leven op aarde. Daarmee werd de “astrochemie”, zoals het bestuderen van de moleculen in het heelal inmiddels was gaan heten, in één klap een nog veel interessanter vakgebied. Kunnen we, door ver het heelal in te kijken, iets leren over het ontstaan van leven hier op aarde?

Van quantum-scheikunde naar astrochemie

Vandaag de dag is de astrochemie mede vanwege die interessante vraag uitgegroeid tot een volwassen tak van wetenschap, waarin niet alleen allerlei moleculen in het heelal worden

bestudeerd, maar ook allerlei processen en reacties die die moleculen ondergaan. Een van de vooraanstaande wetenschappers op dit gebied is de Nederlandse Ewine van Dishoeck. Van Dishoeck, opgeleid als quantum-scheikundige, begon rond 1980 als promovendus in Leiden de astrochemie te bestuderen. In de jaren die volgden leverde ze talloze bijdragen aan het vakgebied: ze bracht aan de hand van waarnemingen met aardse en ruimtetelescopen de samenstelling van moleculaire gaswolken in kaart, en deed ook theoretische berekeningen aan de processen die zich in zulke gaswolken afspelen. Juist in die combinatie van theorie en waarneming ligt haar kracht: door eerst te berekenen wat je kunt verwachten, wordt het ontdekken van nieuwe moleculen in het heelal en de reacties die die moleculen ondergaan eenvoudiger.



Afbeelding 3. De Kavli-prijs.Ewine van Dishoeck ontvangt de Kavli-prijs uit handen van de Noorse koning Harald. Foto: Fredrik Hagen / NTB scanpix.

De vele resultaten van Van Dishoeck brachten haar bekendheid binnen en buiten het vakgebied en resulteerden in een groot aantal academische prijzen – waarvan ze misschien wel de grootste deze week in ontvangst mocht nemen. In Oslo ontving ze namelijk de Kavli-

prijs, een prijs met een bijbehorend geldbedrag van 1 miljoen euro, die elke twee jaar wordt uitgereikt door de Noorse Academie van Wetenschappen en Letteren, het Noorse Ministerie van Onderwijs en Onderzoek en de Kavli-stichting, opgericht door de Noorse zakenman en filantroop Fred Kavli. De prijs kan worden gezien als het Noorse equivalent van de Nobelprijs – waar die laatste prijs toegekend wordt voor natuurkunde, scheikunde, medicijnen, economie, literatuur en vrede, wordt de Kavli-prijs toegekend voor bijzondere prestaties in de astrofysica, nanowetenschappen en neurowetenschappen.

Afgelopen dinsdag ontving Van Dishoeck de prijs uit handen van de Noorse koning Harald. Meer over de prijs en het onderzoek van Van Dishoeck valt te lezen op de Kavli-website. Het World Science Festival maakte ook een kort filmpje over de prijswinnaar: