Van differentiaalvergelijkingen tot wetenschappelijke revoluties

Wat is dat eigenlijk, ‘een natuurkundige’? Slechts weinig mensen kunnen zich echt een voorstelling maken van dit beroep. Want wat doe je precies als fysicus, waaróm doe je het, en hoe gaat dat werk in de praktijk? Jook Walraven werkt al zo’n 50 jaar in de natuurkunde en is dus de uitgelezen persoon om deze vragen aan te stellen. Quantum Universe sprak hem over zijn werk, over zijn motivatie en over wetenschappelijke revoluties.



Afbeelding 1. Jook Walraven.Fotograaf: Jean-François Dars.

In 1967 begon je met je studie Natuurkunde in Amsterdam. Wat was het onderwerp dat jou naar de natuurkunde heeft getrokken?

Mijn belangstelling lag bij de astronomie, maar dan vooral bij de instrumentele kant. Op de

middelbare school had ik een telescoop gebouwd; het maken en bewerken van optiek vond ik fascinerend. Alhoewel ik niet goed kon begrijpen waarom de dingen die je moest doen ook werkten, kon ik ze wel uitvoeren en kon ik constateren dat ze werkten. Dat vond ik heel inspirerend.

Uiteindelijk ben je in 1973 in Amsterdam begonnen met een PhD over quantumgassen bij Isaac Silvera, die later in Harvard zou eindigen. Niet direct instrumenteel – waarom dan toch die keuze?

De natuurkunde van quantumgassen is natuurlijk ook een heel experimenteel onderwerp. Ik was de universiteit binnengekomen met een interesse voor astronomie, maar had al snel door dat, als je iets binnen de astronomie wilde bereiken, je ofwel ingenieur ofwel natuurkundige moest worden. (Lacht.) Dat werd in niet geringe mate versterkt door het soort sterrenkunde (hemeldynamica) dat aan de UvA aangeboden werd. Inmiddels is dat dramatisch veranderd, maar ik kon in mijn studententijd in de astronomie niet mijn draai vinden, en je moet toch vakken kiezen. Toen zag ik dat mijn hoofdvak steeds meer naar de natuurkunde toedraaide. Op dat moment kwam er een Amerikaanse hoogleraar, Isaac Silvera. Voor die tijd had ik bij Andries Miedema gezeten en hij werd directeur bij Philips. Miedema was een mooi mens en een goed fysicus, maar hij had het idee dat de Nederlandse natuurkunde zich moest richten op problemen die “met bekende regels opgelost kunnen worden”. Daarom is hij natuurlijk ook naar de industrie gegaan, maar die aanpak sprak mij niet aan. Ik was veel meer geïnteresseerd in de uitzondering dan de regel. En dat bracht mij in contact met een ander soort fysica.

> Ik was veel meer geïnteresseerd in de uitzondering dan de regel.

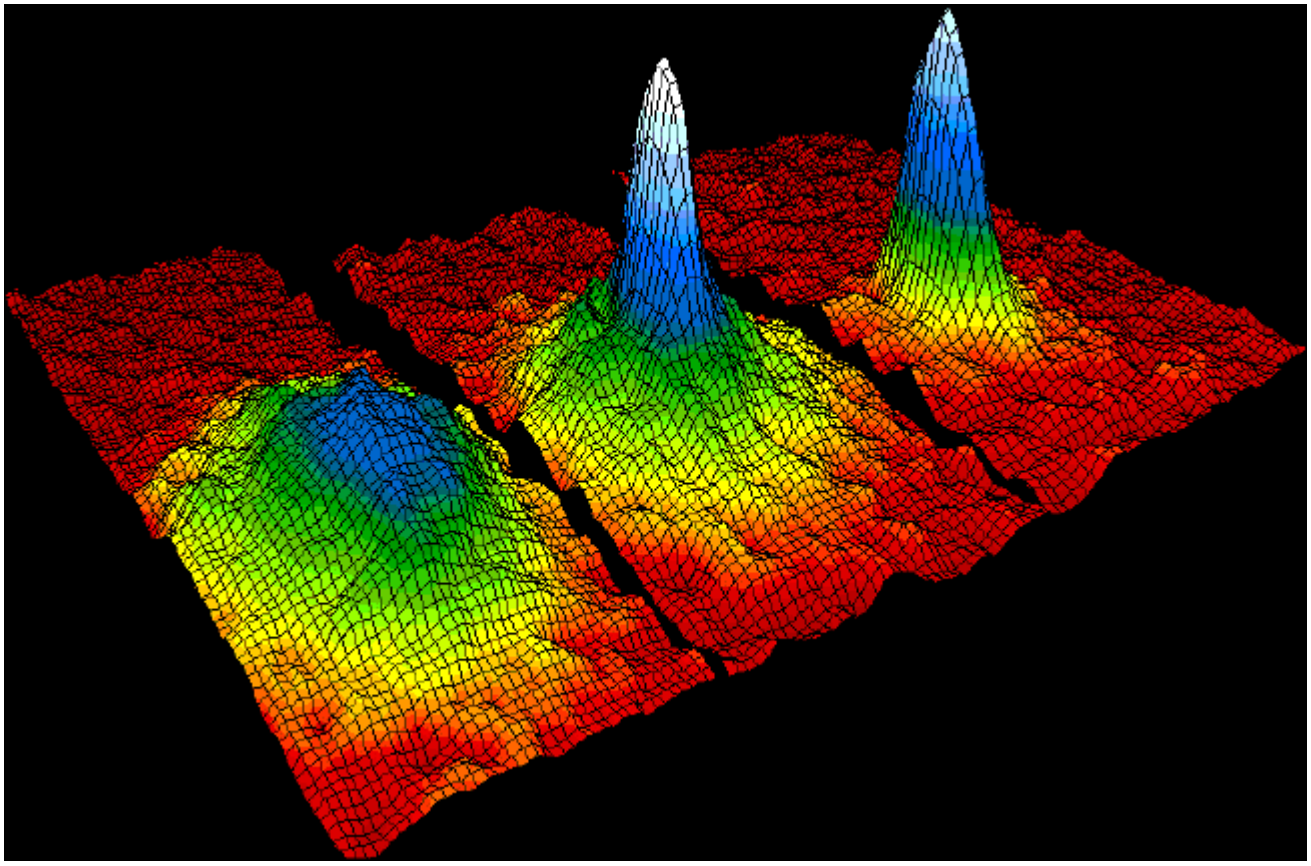
Je bent aan de slag gegaan met het zogenaamde Bose-Einsteincondensaat oftewel BEC. Kun je uitleggen wat dat is?

Wat verbluffend is in de natuur als je naar het elementaire niveau gaat, waar ik voor het gemak de atomen ook maar even toe reken, is dat het meest dramatische wat opvalt de identiteit van de bouwstenen is. In het dagelijks leven kom je geen objecten tegen die exact identiek zijn en dat twee van zulke bouwstenen wél precies identiek zijn heeft enorme consequenties in de natuurkunde.

Als twee bouwstenen identiek zijn, dan kunnen ze zich namelijk maar op twee manieren gedragen. Ze kunnen het prettig vinden om bij elkaar te zijn (“bosonen”) of ze kunnen dat juist niet prettig vinden (“fermionen”). Als je die eigenschap bekijkt voor een systeem met heel veel deeltjes, heeft dat de dramatische consequentie dat, als die deeltjes van het type zijn dat het fijn vindt om bij elkaar te zijn, het systeem ertoe neigt heel compact te worden. Als de deeltjes bij elkaar weg willen blijven, dan worden die systemen juist niet compact. Dat laatste zie je bijvoorbeeld bij het atoom, dat mede om die reden niet instort. De tegenpool daarvan is het BEC, waarbij je deeltjes hebt die het wel heel prettig vinden om bij elkaar te zijn. Die deeltjes hopen zich op in een condensaat op een wijze die gelijkenis vertoont met condensatie van een vloeistof. De consequentie daarvan is dat het systeem zich niet meer gedraagt als een verzameling van klassieke deeltjes, maar als één macroscopisch quantumveld [link naar QU-artikel “quantumveldentheorie”]. In vele opzichten als een hydrodynamisch medium, kun je zeggen, terwijl de bouwstenen discreet zijn.

In de jaren 70 startte je je promotie met als doel om een Bose-Einsteincondensaat te maken, maar het duurde uiteindelijk tot in de jaren 90 voordat dat lukte. Kun je je dat moment nog voor de geest halen, dat het lukte?

Ja, dat weet ik me nog heel goed te herinneren. Dat was een enorme doorbrak. In die tijd werkten we met een handjevol mensen aan dit onderwerp en momenteel is het een van de grotere disciplines in de natuurkunde, met honderden groepen – zowel theoretici en experimentatoren – die eraan werken. In die tijd waren er drie groepen die dit resultaat vrijwel simultaan bereikten.



Afbeelding 2. Een Bose-Einsteincondensaat.We zien de snelheidsverdeling in een gas van rubidium-atomen dat langzaam wordt afgekoeld. Links is het gas warm en hebben de atomen allerlei verschillende snelheden. In het midden is het gas afgekoeld, en staan veel van de atomen vrijwel stil. Nadat het gas verder is verdampt (rechts) staan bijna alle atomen vrijwel stil en hebben dus dezelfde toestand bereikt: een Bose-Einsteincondensaat. Afbeelding: NIST/JILA/CU-Boulder.

Er is ook een Nobelprijs voor uitgereikt, toch?

Ja, twee van deze drie groepen hebben de Nobelprijs gekregen. De andere groep kreeg die niet, want die had de pech dat ze werkten met een gas waarvan het condensaat niet stabiel is, terwijl de twee groepen die de Nobelprijs kregen werkten met een stabiel condensaat. In die tijd was dat een *big fuss.* Daarmee is er dus een groep uitgesloten van een Nobelprijs, maar momenteel wordt het er wel heel veel gedaan met instabiele condensaten, omdat die instabiliteit ook zijn interessante kanten heeft. Ik werkte zelf aan gassen van atomair waterstof. Daarmee hebben we het onderwerp op de kaart gezet, maar het bleek achteraf zo'n beetje het lastigste systeem om mee te werken.

Als het tegenwoordig in de media gaat over natuurkunde, dan gaat het vaak over

zwarte gaten of quantuminformatie. Is dat een misrepresentatie van de natuurkunde?

Nee, nee, nee. Ik denk dat je naar de buitenwereld toe vooral moet wijzen op vragen waarvan het antwoord niet bekend is. Daar doen we het natuurlijk voor.

Jonge mensen worden vaak geconfronteerd met een overdaad aan kennis die al vergaard is, en het is voor hen heel moeilijk om zicht te krijgen op wat zij daaraan kunnen bijdragen. Ik denk dat het voor hen juist goed is om aan te geven dat er problemen zijn waar niemand die momenteel rondloopt het antwoord op weet. Vooral om door te geven dat wetenschap niet “af” is. Ik denk dat het erg belangrijk is om jonge mensen ervan te overtuigen dat dat soort problemen er zijn en dat ze de moeite waard zijn om aan te werken, en dat ze ook moeten begrijpen dat het niet iets is wat je volgens een bekende systematiek op commando kunt oplossen.

> Wetenschap is een creatieve manier om tegen iets bekends aan te kijken.

Zijn er momenten als je naar de huidige wetenschap kijkt, dat je wel denkt ‘hier heb ik aan bijgedragen’?

Ja dat heb ik. Ik denk dat een van de meest waardevolle aspecten van een leven als wetenschapper is, dat je zelf kunt meemaken wat een wetenschappelijke revolutie inhoudt. Daar kun je over lezen in de boekjes en dan krijg je een soort geromantiseerd beeld van de werkelijkheid. Maar om van binnenuit mee te maken hoe zoiets tot stand komt en hoe de krachten daar werken, dat is absoluut fascinerend. Het geeft ook een enorme bescheidenheid wat betreft de maakbaarheid van wetenschap. Vaak is het zo dat verhalen van grote wetenschapers een soort heldenverhalen lijken, maar de realiteit is niet zo. Wetenschap is een zoektocht waarin grote stappen niet mogelijk zijn. Dat wordt vaak gedacht: dat een wetenschappelijke revolutie één grote stap is, maar dat is niet het geval. Wetenschap is een creatieve manier om tegen iets bekends aan te kijken, waarbij je jezelf alfsluit voor de waan van de dag.

Ik werkte aan een onderwerp dat controversieel was, en dat hield in dat allerlei mensen, met wat voor bedoelingen ook, je vertellen dat je er maar beter mee kunt stoppen. Daar moet je je dus voor afsluiten.

Heb je in die 20 jaar nooit gedacht, ik gooi het bijltje erbij neer?
Nee, dat heb ik werkelijk niet gehad, omdat wij vooruitgang boekten en het onderwerp fascinerend was. En de kritiek die mensen hadden, daarvan kon je als insider wel zeggen dat die geen hout sneed, en dat de opmerkingen die zij maakten vaak gebaseerd waren op allerlei standaardsituaties. Dat is een soort ingraven in de bestaande kennis, en het aspect van de creativiteit is juist het ontzenuwen van dit soort gevestigde meningen.

Wat nog het ergste is, is dat de opmerkingen dat het geen goed onderwerp is en dat je er maar beter mee kunt stoppen, meestal worden gemaakt op het moment dat je je het moeilijkst hebt. Die worden nooit gemaakt op het moment dat je omhoog gaat (Lacht).

Je bent op allerlei plekken in de wereld gasthoogleraar geweest. Hoe verschilt het Nederlandse onderwijs van wat je bijvoorbeeld in Singapore of Kyoto hebt gezien?
Op papier zijn de onderwerpen die aan bod komen allemaal hetzelfde, maar de studenten verschillen ontzettend veel, en dat heeft consequenties voor de manier waarop je het onderwijs in elkaar moet steken. Hier in Nederland moet je de studenten stimuleren om iets te doen, omdat er gewoon een aanzienlijke fractie van de studenten is die letterlijk niets doen als ze niet min of meer worden gedwóngen om iets te doen. De trend die ze geleerd hebben op de middelbare school proberen ze voort te zetten binnen de universiteit. Er zijn misschien ook wel individuen die daar aardig in slagen.

Bij Chinese studenten is het juist belangrijk dat je ze van het werk áf krijgt, omdat ze alles kapot oefenen. In eerste instantie komt dat verademd over: dat je studenten hebt die gewoon gaan uitvoeren wat je ze vraagt – maar daarna blijkt het zo te zijn dat dat niet leidt tot een creatieve aanpak. De student die niets voorbereid heeft, die kan alleen maar leunen op zijn eigen creativiteit (lacht) maar we moeten er geen misverstand over laten verstaan: de beste studenten zijn degenen die zowel hun creativiteit kunnen inzetten als kunnen studeren. De combinatie van beide is het best.

> Als je het probleem kunt formuleren, is er meestal wel iemand die het kan oplossen.

Hoe leer jij zelf iets nieuws in de natuurkunde?

Ik probeer contact te maken met fysica waarvan ik denk dat ik die begrijp, en dan is het zo dat ik probleem probeer te formuleren. Wat ik belangrijker vind dan het *oplossen* van een fysisch probleem is in de praktijk het kunnen *formuleren* van het probleem. Als je het probleem kunt formuleren, is er meestal wel iemand die het kan oplossen.

Tot slot, wat is het probleem dat nu op je bureau ligt?

Een wiskundig probleem: ik ben al twee weken bezig geweest met het oplossen van een differentiaalvergelijking. Dat is vanochtend gelukt, dus ik ben vandaag een gelukkig mens.