

De atoomgeleerde  
en  
de filosoof

over de kleinste deeltjes en  
de grootste vraagstukken

Wim Denslagen

© 2024 Wim Denslagen / Uitgeverij U2pi

Titel: De atoomgeleerde en de filosoof

Auteur: Wim Denslagen

Uitgeverij U2pi BV, Den Haag, [www.uitgeveriju2pi.nl](http://www.uitgeveriju2pi.nl)

Druk: Jouwboekdrukkerij.nl

ISBN: 978 94 9336 492 9

NUR: 730

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

# INHOUD

## I

Het breekbare atoom: atomaire historiografie	9
Leerboeken	11
De elektrische revolutie	15
Radioactiviteit	42
Het impulsieve foton	56
De onbetrouwbare kern	81
Het subatomaire universum	91
Geraadpleegde publicaties	113

## II

Het is wat het is: moderne wijsbegeerte	121
Wijsbegeerte of waanzin	123
Ludwig Wittgenstein	134
Richard Rorty	148
Grote denkers	155
Albert Camus	157
Filosofische brokstukken	162
Arthur Schopenhauer	167
Luc Ferry	171

Metafysica	177
Geraadpleegde publicaties	182

Toen atoomgeleerden in het binnenste van het atoom keken, zagen ze een gekkenhuis waar de wetten van de exacte wetenschappen belachelijk werden gemaakt en toen filosofen alle vormen van bedrieglijk denken onschadelijk hadden gemaakt, zagen ze een betekenisloze wereld. De vraag hoe dit alles kon gebeuren, is het onderwerp van het onderhavige werkstuk. De vraag of er nog enige hoop is op herstel van een overzichtelijk universum, kon helaas - wegens gebrek aan plaatsruimte - niet meer worden beantwoord.



I

HET BREEKBARE ATOOM:  
ATOMAIRE HISTORIOGRAFIE





## Leerboeken

Leerboeken op het gebied van de natuurkunde behandelen meestal of bijna uitsluitend de laatste stand van de wetenschap. De geschiedenis van de natuurkunde is hoogstens een bijvak, iets voor de historisch geïnteresseerde amateur. Deze laatste, mogelijk een enigszins buitenissige figuur, is de auteur van het onderhavige geschrift. Het viel hem op dat de aangeboden leerstof vaak wordt gepresenteerd als een logisch geordend systeem, bedacht door ervaren geleerden die de indruk wekken nogal zeker van hun zaak te zijn. Maar iedere historisch geïnteresseerde amateur weet dat de huidige stand van wetenschap werd ontwikkeld door hoofdzakelijk in het duister tastende figuren die vaak niet helemaal konden doorgronden wat ze precies onderzochten, soms verkeerde conclusies trokken en in het ongewisse verkeerden over de betekenis van hun vondsten voor de latere natuurwetenschap.

De leerstof die in de schoolboeken wordt geboden, is wel erg gepolijst en eigenlijk ook onwerkkelijk, want de formules, die uiteraard volledig betrouwbaar zijn, werden vaak met veel pijn en moeite gevonden door twijfelende en in onwetendheid verkeerende geleerden. Maar over die moeilijkheden wordt niet gerept, waardoor de leerling een onvolledig beeld krijgt van het vakgebied als geheel.

Zo werd in 1974 eindelijk na veel pogingen de vierde quark ontdekt die *charm* werd gedoopt. In hun studie *The Second Creation* (1986) tekenden de auteurs, Robert P. Crease en Charles C.

Mann, hierbij aan dat in de leerboeken maar enkele zinnnetjes aan dit deeltje worden besteed, terwijl het volgens de kernegeleerde Nicolas Samios met bloed, zweet en tranen werd gevonden (the finding of charm is now described by a few quick lines in undergraduate textbooks, a circumstance that has prompted Nicolas Samios to remark that such volumes should be printed with some combination of sweat and blood).

Het genoemde boek uit 1986 biedt overigens een deprimerend overzicht van een hele generatie eminente natuurkundigen die al ploeterend en opgezadeld met talloze doodlopende onderzoeksresultaten een weg probeerden te vinden in het krankzinnige universum van de atoomkern.

Nu is de vraag wie ermee gediend is die vroegere kwellingen en onzekerheden weer in herinnering te roepen, want de be-roemde formules winnen vermoedelijk niet aan gezag wanneer men weet met hoeveel moeite ze werden gevonden. Toch lijkt het mij wel leerzaam te weten dat wetenschappelijke ontwikkelingen vaak gepaard gingen met talloze mislukte proeven en met onbegrepen uitkomsten. Kortom, niets ging zonder pijn en moeite. Waarom, zo vraagt de argeloze buitenstaander zich af, verliep alles zo moeilijk? Het blijkt bij nadere beschouwing dat het atoom in ieder geval niet in elkaar werd gezet door een simpele zielen, eerder door verdwaalde geesten.

Op school leerden we dat alle materie in het universum is opgebouwd uit atomen en dat die deeltjes op de een of andere manier straling uitzenden in de vorm van fotonen of lichtdeeltjes. Fotonen hebben, in tegenstelling tot atomen, geen massa,

waardoor ze vrij door het heelal kunnen bewegen, hoewel ze in hun snelheid worden beperkt door een natuurwet die geloof ik niemand begrijpt. Ze vliegen door de ruimte met een snelheid van  $3 \times 10^8$  meter per seconde. Ze kunnen niet nog sneller, want dat mogen ze of kunnen ze om de een of andere onverklaarbare reden niet.

In ieder geval is bekend dat deze fotonen meestal worden geproduceerd door elektronen, zeer kleine deeltjes die zich aan de rand van het atoom ophouden, en wel op flinke afstand van de kern van het atoom. Hoe de elektronen fotonen kunnen produceren, is niet goed duidelijk, maar gelukkig doen ze hun werk al enige tijd naar behoren.

De atomen zelf zijn klein van stuk, namelijk ongeveer  $1/10$  nanometer ( $10^{-10}$  meter), maar ze komen met grote aantallen tegelijk. Zo zijn er al ongeveer  $3 \times 10^{21}$  atomen in 1 gram goud, om maar wat te noemen. Dat is een tamelijk groot aantal, zo ongeveer duizend maal het getal dat wordt verkregen door een miljard te vermenigvuldigen met een miljard, en dan natuurlijk nog maal 3.

Zulke astronomische grootheden komen dus niet alleen in het heelal voor, maar ook in de atomaire wereld, zij het dat er dan een minteken voor moet staan of ze staan in de noemer van een breuk met 1 in de teller.

Ook al is het atoom tamelijk klein van stuk, het blijkt desondanks een ingewikkelde machine met verbazingwekkende eigenschappen. In het centrum van het atoom, dat vreemd genoeg hoofdzakelijk uit lege ruimte bestaat, bevindt zich een onbevat-

telijk kleine kern en dan heb je nog de elektronen die rond de kern zweven. De atoomkern heeft zo zijn eigen geheime leven met een arsenaal aan krachten, maar met de elektronen hebben we dagelijks te maken, zodat het misschien goed is te beginnen met de vraag hoe deze deeltjes werden ontdekt en wat ze zoal uitvoeren in hun dagelijks leven.

## De elektrische revolutie

Na de natuurkundige revolutie die werd ingeluid door de bewegingswetten van Isaac Newton (1643-1727) volgde in de negentiende eeuw een nieuwe revolutie, namelijk op het gebied van de elektriciteit. De wetten van Newton waren tamelijk overzichtelijk en in wiskundig opzicht niet vreselijk gecompliceerd. De wereld van de elektriciteit bleek veel gecompliceerder en generaties natuurkundigen probeerden, vaak tevergeefs, inzicht te krijgen in dit eigenaardige en moeilijk te begrijpen fenomeen. Inmiddels leven we in een digitale wereld die voor de meeste mensen even moeilijk te begrijpen is.

Al bestond er in de negentiende eeuw een vergelijkbaar onbegrip ten aanzien van de elektriciteit, een eeuw later kende iedereen de opzienbarende resultaten die met behulp van de elektronen konden worden bereikt. Zo werden ze op den duur ingezet om bewegende beelden te laten oplichten in de beeldbuis van een televisietoestel, weliswaar inmiddels een sterk verouderd apparaat, maar menig bejaarde bewaart er waardevolle herinneringen aan. Het woord *buis* dat in de beginjaren van de televisie als *pars pro toto* werd gebezigd, verwijst naar de rond 1850 ontwikkelde luchtledige glazen buis waarin door middel van een hoog spanningsverschil tussen een metalen plaat aan de ene kant en een trefplaat aan de andere kant een zwak lichtschijnsel kon worden opgewekt.

Tot aan het einde van de negentiende eeuw wist niemand hoe dit verschijnsel kon worden verklaard. Het elektron had zich

tot aan het einde van de negentiende eeuw toe schuil weten te houden en pas rond 1950 kon de genoemde buis worden omgebouwd tot een televisietoestel dat een prominente plaats in onze huiskamers ging innemen, met alle gevolgen van dien.

Elektronen kunnen daarnaast ook behulpzaam zijn in de ontwikkeling van microprocessors die onze computers besturen, geen gemakkelijke opgave voor die uiterst kleine deeltjes, die bovendien vreemd genoeg in staat bleken zich waar nodig als golf te gedragen. Alleen al hieruit blijkt dat het elektron een veelzijdig begaafd fenomeen is.

En naast al deze ingewikkelde taken kon het elektron ook nog eens fotonen uit de hoge hoed toveren om ons te kunnen voorzien van onder andere ledlicht (light emitting diode), waardoor we geen gloeilampen, die meer warmte dan licht voortbrengen, nodig hebben. Hierbij zou ik de kanttekening willen maken dat de elektronen in dit geval wel op weg moeten worden geholpen door een nogal ingewikkeld systeem van halfgeleiders die elektronen laten verspringen waardoor ze energie omzetten in lichtdeeltjes of fotonen, een zeer wonderbaarlijke en tevens gecompliceerde manier van doen en dat zal de reden zijn, denk ik, dat het zolang moest duren voordat de ledlamp kon worden ontwikkeld.

Het elektron bleek dus licht zonder noemenswaardig warmteverlies te kunnen produceren, waarvoor hulde. En dan te bedenken dat het elektron altijd negatief geladen is en tevens in staat om op elk moment zijn positief gestemde antideeltje, het positron, te vernietigen, zij het dat deze agressieve daad gepaard

gaat met de uitzending van maar liefst twee fotonen onder een hoek van 180 graden. Ook al een opzienbarende vorm van optreden, die overigens goed van pas komt bij medisch onderzoek door middel van de pet scan (positron emissie tomografie).

Verder valt op dat elektronen als kleine magneetjes om hun assen (spin) en soms, als ze er zin in hebben, zijn ze in staat om zich tegelijkertijd op twee plaatsen te bevinden, wat naar menselijke maatstaven tot de onmogelijkheden behoort. Maar het meeste opzien baart het elektron wanneer het zich in een geleidende, meestal koperen draad beweegt.

In mijn handboek natuurkunde, *University Physics* (2008), van Hugh D. Young en Roger A. Freeman komt de vraag aan de orde of de elektronenstroom in een recht stuk koperdraad zich anders gedraagt dan in een draad die rond een spoel is opgerold. En hun antwoord daarop is: remarkably, the answer is yes.

In een spoel kan het voltage namelijk vele malen worden verhoogd en op grond van dit merkwaardig en eigenlijk onbegrijpelijke gedrag van de elektronen, kan een accu van 12 volt in een auto een duizend maal hoger voltage produceren, zodat de bougies vonken kunnen afgeven die de cilinders van de motor in beweging zetten. In de spoel worden wonderlijk genoeg het magnetisch en elektrisch veld sterker naarmate er meer windingen zijn aangebracht. De vonk van de bougie laat de benzine in de cilinder ontploffen en de giftige verbrandingsstoffen komen via de uitlaat in de atmosfeer, tot schade van mens en natuur.

De schrijvers van het genoemde leerboek doen geen moeite te achterhalen waarom de elektronen zich in een spoel anders ge-

dragen dan in een rechte draad en daarmee staan ze in de traditie van Richard Feynman (1918-1988), die het onzinnig vond antwoorden te zoeken buiten het experiment om want, zo schreef hij in zijn *Six Easy Pieces* (1963) alle kennis in de natuurwetenschap berust op experimenten: the test of all knowledge is experiment. De werkelijkheid kennen we door het doen van proeven, al het andere ligt volgens hem op het gebied van de filosofische luchtfietsrij.

Toch blijft de lezer van het leerboek der natuurkunde zitten met de vraag hoe het kan dat sommige natuurkundige verschijnselen zo vreemd en onbegrijpelijk zijn. De auteurs van het leerboek geven echter geen nadere verklaringen, in de overtuiging dat die niet bestaan. Al mogen deze geleerden gelijk hebben, voor de belangstellende leek is het niet bevredigend te vernemen dat sommige natuurkundige verschijnselen onverklaarbaar zijn en soms zelfs indruisen tegen het gezonde verstand.

Het verschijnsel dat elektriciteit wordt genoemd, is al eeuwen bekend, maar wat dit nu precies was wist tot ver in de negentiende eeuw niemand, ook al werden er talloze proeven mee gedaan. Uit een van die proeven bleek iets dat de wereld voorgoed zou veranderen en dat was de vermaarde ontdekking van Michael Faraday, gedaan in 1831. Hij ontdekte dat een elektrische stroom kon worden opgewekt door een magneet in een spoel van koperdraad heen en weer te bewegen. De ontdekking staat bekend onder de term *elektromagnetische inductie*. Op dit merkwaardige en onverwachte principe berust de werking van onder andere de dynamo, de transformator en de elektromotor. De moderne wereld



van de elektrisch aangedreven machine begon met de ontdekking van Faraday in 1831. Maar hij kon toen nog niet weten dat er kleine onzichtbare deeltjes in het koper aan het zwoegen waren. En hij wist evenmin dat er zoiets was als elektromagnetische straling.

Het is intussen algemeen bekend dat het licht van de zon uit elektromagnetische straling bestaat of – wat hetzelfde is – een stroom fotonen. De ontdekking van deze straling en de verklaring van het uiteenvallen van dit licht in alle kleuren van de regenboog door het in een prisma te laten vallen, vormen het begin van de moderne natuurkunde.

In 1861 voorspelde James Clerk Maxwell (1831-1879) het bestaan van elektromagnetische straling. Hij leidde het bestaan ervan af uit wat andere natuurkundigen al hadden uitgevonden, wat volgens ingewijden een geniale prestatie was. Om nu aan te tonen dat een dergelijke straling ook echt bestond, bouwde Heinrich Hertz (1857-1894) in 1886 een apparaat dat een dergelijke straling kon uitzenden.

Heinrich Hertz ontwierp dit apparaat een jaar nadat hij in Karlsruhe benoemd was tot hoogleraar in de natuurkunde, een benoeming die hij onder meer te danken had aan zijn promotie bij de invloedrijke Berlijnse natuurkundige Hermann Helmholtz.

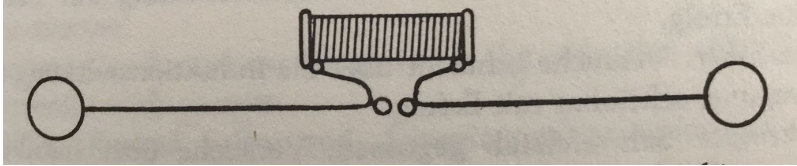
Heinrich schreef op 5 december 1886 aan deze Berlijnse geleerde dat hij een apparaat had ontworpen waarmee vonken konden overspringen die elektromagnetische straling uitzonden, een straling die op enige afstand kon worden opgevangen. Heinrich hoopte dat professor Helmholtz het hem niet kwalijk zou nemen dat hij hem had lastig gevallen met dit bericht over zijn

onderzoekingen en hij sloot zijn brief af met de verklaring diep ontzag te koesteren voor de zeer vereerde geleerde (hoffentlich rechnen Sie es mir nicht als unbescheiden an, dass ich überhaupt Ihnen von diesen Versuchen berichtet habe, ehe dieselben zum Abschluss gekommen sind. In tiefster Ehrfurcht bin ich, hochverehrter Herr Geheimrat Ihr ergebenster Dr. Heinrich Hertz).

De grote geleerde uit Berlijn was toen al 65 jaar en *Geheimrat* - dat wil zeggen adviseur van de keizer - en Heinrich pas 29 jaar oud. De bewuste brief werd vele jaren later door zijn dochter Johanna Hertz gepubliceerd in *Heinrich Hertz, Erinnerungen, Briefe, Tagebücher* (1977).

In deze beroemde brief schreef Heinrich dat het was gelukt een elektrische inductie te produceren met behulp van een onderbroken stroomdraad en een tweede onderbroken draad (Induktionswirkung eines ungeschlossenen geradlinigen Stroms auf einen andern ungeschlossenen geradlinigen Strom darzustellen). Hij voegde hierbij een kleine tekening van een koperdraad die halverwege door een kleine opening onderbroken was. Deze opstelling was verbonden aan een spoel die was aangesloten op een condensator (de twee grote bollen). In de kleine opening ontstonden vonken die oversloegen naar een andere, elders in zijn laboratorium opgestelde kring van koperdraad met een vergelijkbare opening in het midden. Hiermee had Heinrich Hertz bewezen dat een elektrische stroom inductie kan veroorzaken, dat wil zeggen trillingen of oscillaties, die in de vorm van straling elders kan worden opgevangen, zoals James Clerk Maxwell had voorspeld: elektromagnetische straling. In de *Annalen der Physik*

*und Chemie* van 1888 gaf Hertz een nadere uitleg over zijn ontdekking onder de titel *Über sehr schnelle elektrische Schwingungen*.



Koperdraad van drie meter lengte met spoel naar ontwerp van Heinrich Hertz

De essentie van zijn ontdekking wordt in de moderne natuurkunde beschreven als een L-C kring, een stroomkring die een oscillatie opwekt. Hierbij wordt een volledig met elektrische energie opgeladen condensator (de twee bollen, plus en min) verbonden met een inductiespoel. Wanneer de stroom gaat lopen vanuit de condensator naar de spoel (en er een vonk overspringt), wordt energie opgebouwd in het magnetisch veld rond de spoel. De stroom loopt dus van de condensator naar de spoel, waardoor de condensator zijn lading verliest. Zodra de spoel maximaal is opgeladen, stroomt deze opgeslagen energie terug naar de condensator die zijn lading kort tevoren had afgegeven. De stroom loopt dan van de spoel naar de condensator, dat wil zeggen in tegengestelde richting, en dit proces herhaalt zich in de vorm van een eenvoudige harmonische trilling of oscillatie.

Deze oscillatie produceert op wonderbaarlijke wijze een elektromagnetische golf, bestaande uit fotonen die zich met de lichtsnelheid voortbewegen. Waarom de trillingen niet op hun plaats