

Geest &  
Kwantumfysica

Over het boek (uit 2022) 'Quantum Physics is NOT Weird':

“Het boek ‘Quantum Physics is NOT Weird’ van Paul van Leeuwen is een prachtig, zeer leesbaar boek dat duizenden en duizenden serieuze lezers zal overtuigen, waaronder studenten in de wetenschap, waarom bewustzijn nodig is om de kwantumfysica te begrijpen en waarom de materialistische wetenschap niet toereikend is. Ik geef het boek mijn hoogste aanbeveling. Dit boek zal de nieuwsgierige lezer ook een inleiding geven tot de opkomende kwantumfysica van bewustzijn.”

— Amit Goswami, PhD, schrijver van ‘The Self-Aware Universe’, ‘The Everything Answer Book’, en met Valentina Onisor, ‘The Quantum Brain’.

Het monumentale boek van Paul van Leeuwen, "Quantum Physics is Not Weird", is een verborgen meesterwerk. De kwantumfysica is natuurlijk niet gemakkelijk te begrijpen en zelfs vreemder dan we ons soms kunnen voorstellen. Toch moet dit boek worden geprezen vanwege de transparante behandeling en gerelateerde educatieve afbeeldingen, die de beheersing van de intrigerende inhoud aanzienlijk vergemakkelijken. Een deel van de 15 hoofdstukken behandelen op kritische wijze de historische geschiedenis van de natuurkunde die de creatie van de kwantumfysica vormgaf, een theorie die de beste theorie is die we momenteel hebben om het weefsel van de werkelijkheid te duiden. De uitgekiende uitleg beschrijft ook de gevaren van een verkeerde interpretatie van dergelijke studies, waarbij de professionele inzichten van de schrijver duidelijk worden beschreven. Het zelfstudieaspect van de lezer wordt bevorderd door elk onderwerp te beëindigen met “Wat hebben we in dit hoofdstuk geleerd?”. De hoofdstukken vereisen het herlezen en heroverwegen hier en daar, en zullen uiteindelijk niet alleen zinvol zijn voor meer ervaren wetenschappers, maar ook voor studenten en

geïnteresseerde leken. Door dit alles biedt het boek bijna een spoedcursus goed wetenschappelijk denken, en het deed me denken aan het bekende boek van Fritjof Capra "The Tao of Physics", dat 50 jaar terug een klassieker werd in het academisch onderwijs. Conclusie: het boek van Paul van Leeuwen is uniek door zijn uitstekende schrijf- en educatieve stijl en is sterk aanbevolen voor een brede kring van lezers. Het resultaat van hun studie-inspanningen zal beloond worden met een heel ander perspectief op de wereld, aangezien de schrijver niet bang is om aan het einde van het boek de implicaties van de kwantumfysica voor Nabij De Dood Ervaringen en andere Psi-fenomenen aan te roeren.

— EM Prof. dr. Dirk K.F Meijer, Universiteit van Groningen.

Geest &  
Kwantumfysica

*Stoomcursus en Essays*

Ir. Paul J. van Leeuwen MSc

Nederlandse paperback editie – ISBN: 9789403743813

Tekst: Ir. Paul J. van Leeuwen MSc

Omslag design: Paul J. van Leeuwen

ISBN: 9789464859355

Copyright © 2024, Paul J. van Leeuwen

Het scannen, uploaden en verspreiden van dit boek zonder toestemming is een diefstal van het intellectuele eigendom van de auteur. Als u toestemming wilt om materiaal uit het boek te gebruiken (anders dan voor beoordelingsdoeleinden), neem dan contact op met [info@quantumphysics-consciousness.eu](mailto:info@quantumphysics-consciousness.eu). Bedankt voor uw steun aan de rechten van de auteur.

Alle illustraties in dit boek zijn gemaakt door de auteur of afkomstig van Wikimedia Commons, tenzij anders vermeld. In dat geval wordt de bron – indien bekend – vermeld.



# I. Voorwoord

*“Weten dat we weten wat we weten, en weten dat we niet weten  
wat we niet weten, dat is echte kennis.”*

*Nicolaus Copernicus*

*“Weten, is weten dat je niets weet. Dat is de betekenis van echte  
kennis.”*

*Socrates*

Mijn eerste boek over kwantumfysica en de geest – "Kwantumfysica, Informatie en Bewustzijn" – was gericht op natuurkundestudenten en leken met een goed begrip van natuurkundige principes. Er is veel verwarring in de wereld, ook op het internet, over de betekenis en de boodschap van de kwantumfysica. Dit boek is bedoeld voor de meer spiritueel geëngageerde nieuwsgierigen die de boodschap willen begrijpen die de kwantumfysica voor ons heeft, namelijk dat bewustzijn primair is, dat de houding van ‘*er is alleen maar materie*’ niet werkt en ons zelf ernstig belemmert om ons zijn in de wereld te begrijpen. Voor die mensen zal de boodschap van de kwantumfysica hen voldoende argumenten verstrekken om hun positie te verklaren. Ik heb zoveel mogelijk de cryptische taal die veel natuurkundigen gebruiken om hun werk uit te leggen vermeden.

Een groot deel van dit boek bestaat uit een thematisch geordende selectie van mijn essays over kwantumfysica en de geest, die in de jaren 2020 tot 2024 op mijn website zijn gepubliceerd. Als u zich het ‘Crash Course’ hoofdstuk hebt eigengemaakt, moet u ze met voldoende begrip en in elke gewenste volgorde en tijd kunnen lezen.

## II. Inhoudsopgave

I.	Voorwoord.....	5
II.	Inhoudsopgave .....	6
III.	Inleiding .....	9
IV.	A Crash Course .....	14
	Sabine en de sjamaan .....	15
	De moderne natuurkunde begon met Galilei.....	15
	Licht is een golvend fenomeen.....	17
	De eerste kwantumfysicus.....	20
	Het holle en lege atoom.....	21
	Het elektron is ook een golffnomeen.....	23
	Elk atoom is een Chladni vibratiepatroon .....	25
	Het abrupte einde van de kansgolf en het waarnemerseffect .....	27
	De sjamaan had dus gelijk.....	29
	Alles nauw met elkaar verbonden .....	30
	Jij en de anderen .....	30
	De kern van de boodschap van de kwantumfysica.....	32
V.	Essays omtrent kwantumfysica en de geest .....	34
	V.1. Kwantumfysica en tijd.....	35



Aristoteles en zijn visie op tijd .....	36
Oorzaak, gevolg en tijd.....	41
Schrödingers stopwatch.....	50
Tijd, ruimte en materie in oude wijsheid .....	54
Verstrengeld in ruimte én tijd .....	78
Hoe komen ruimte, tijd en zwaartekracht tevoorschijn uit het kwantumfysische veld?.....	82
Psychokinese en kwantumverstrengeling I.....	89
Psychokinese en kwantumverstrengeling II .....	93
Kwantumfysica, zwaartekracht en tijd .....	101
De deeltje-golf dualiteit, bestaat die wel?.....	103
V.2. Kwantumfysica en leven .....	107
Kwantumcoherentie en leven .....	108
Hebben machines bewustzijn?.....	116
V.3. Bewustzijn & kwantumfysica.....	124
Coherentie, decoherentie en de waarnemer .....	125
Manifesteren wij de werkelijkheid?.....	128
Wigner's paradox.....	130
Avatars, de wereld als een Virtual Reality en doelbewuste levende cellen .....	135
Het bewustzijn in de beklagdenbank .....	141

De primaire rol van het bewustzijn en de kwantumfysica.....	149
Wat als .. – een oefening in langzaam denken.....	154
Kwantumbewustzijn op losse schroeven? .....	162
De waarnemer en zijn meetinstrument .....	168
‘The One’ en het Multiversum .....	178
V.4. The matter with things.....	187
Yin and Yang.....	188
Materialisme gaat hier gillend onderuit.....	190
Massa, energie, tijd en ruimte, de misvattingen .....	195
Materialisme en zijn desastreuze gevolgen .....	198
De wetten van de natuur .....	204
Verstrengelde neuronen? .....	212
VI.    Nawoord.....	218
VII.   Bronnen.....	219
VIII.  Verklarende woordenlijst.....	230

### III. Inleiding

*Ik denk dat we pas aan het begin van de wetenschap staan. We staan aan het begin van het bestuderen van de complexiteit van de natuur. Het klassieke universum was een eenvoudig, stil universum. En nu zien we dat we alleen de buitengewone complexiteit van de natuur bevatten, zoals bijvoorbeeld de complexiteit van de genexpressie. We begrijpen de structuur van het gen nog steeds niet helemaal. Toch denk ik niet dat als we eenmaal de structuur van het gen begrijpen, we de betekenis van de mens zullen zien, omdat de genetische inhoud van een muis en een mens erg op elkaar lijkt. Daarom is het niet-genetische deel van de biologie erg belangrijk. Maar we weten er weinig van . . . Bovendien zou ik zeggen dat er geen fundamentele wetenschap is. . . waarom hebben we zoveel elementaire deeltjes? Niemand weet het . . . we kennen de oorsprong van het heelal nog steeds niet. De theorie van de oerknal is de meest geaccepteerde theorie, maar wat is de oerknal? We staan aan het begin. Ik zeg altijd dat we aan het begin staan van een nieuwe, niet aan het einde van de wetenschap.*

*Ilya Prigogine – Nobelprijswinnaar - 2003*

Richard Feynman, een kwantumfysicus die enorm belangrijke bijdragen heeft geleverd aan de kwantummechanica, zei ooit: "Iedereen die denkt dat hij de kwantumtheorie heeft begrepen, heeft ze niet begrepen." Met deze verklaring blokkeerde hij eigenlijk elke poging van zijn studenten – inclusief zichzelf – om de kwantumfysica echt op een diepgaande manier te begrijpen. Wat erg jammer is en eigenlijk een van de redenen dat, in de 125 jaar dat deze tak van de natuurkunde heeft bestaan, er geen echte vooruitgang geboekt is in de manier waarop we de realiteit begrijpen en dat de leek – voor wie de onderliggende boodschap van afhankelijkheid van waarnemers in feite vrij belangrijk is –, in zijn onbegrip bevestigd wordt door de berichten in de media over fysieke kwantumexperimenten, kwantumfysica is absurd. Hij geeft daarom de hoop op om iets van de kwantumfysica te begrijpen. Voorbeelden van zulke verwarrende berichten zijn:

- Verstregelde deeltjes die ondanks hun galactische onderlinge afstanden onmiddellijk zijn verbonden,
- Echte deeltjes die alle mogelijke paden door ruimte en tijd naar hun bestemming volgen,
- Deeltjes die tegelijkertijd ook golven zijn,
- Lichtgolven die tegelijkertijd ook uit deeltjes bestaan,
- Deeltjes die vóór het meten niet bestonden,
- Enzovoort.

Welnu, de hoop opgeven om dit vreemde gedrag van de werkelijkheid te begrijpen is absoluut niet nodig. De kwantumfysica heeft een belangrijke – en ik denk een heel begrijpelijke – boodschap voor degenen die hun kritische geest willen gebruiken, bereid zijn de - *er is alleen materie en energie* - visie op de realiteit op te geven, en zich durven open te stellen voor nieuwe ideeën over de realiteit.

Dat is wellicht niet zo uitdagend als het lijkt. De eerste stap is om je te realiseren dat veel verschijnselen, die als volledig onderbouwd en begrepen worden beschouwd, alleen op wiskundige wijze worden beschreven, zodat we die wiskunde kunnen gebruiken om nauwkeurige voorspellingen te doen. Het kunnen maken van nauwkeurige voorspellingen is echter niet hetzelfde als begrijpen waar je het over hebt. Simpel gezegd, het is eigenlijk het verschil tussen kwantiteit en kwaliteit. Om hier een goed voorbeeld te geven van kwantiteit voor kwaliteit: u beschouwt het idee van velden met oscillerende elektromagnetische energie, EM-velden, wellicht als een fenomeen dat tegenwoordig volledig wordt begrepen. Het wordt beschouwd als iets alledaags. Licht, radiogolven, GPS. Heb u zich echter ooit afgevraagd wat een energieveld eigenlijk is? Als u daar werkelijk even bij stilstaat zou het u kunnen dagen dat een elektromagnetisch veld een puur abstract concept is, een label voor iets dat we helemaal niet begrijpen.

Ja, wij als natuurkundigen kunnen met groot succes de wiskunde toepassen op EM-velden. Maar dat is kwantiteit, het is niet hetzelfde als het begrijpen van de kwaliteit. Toch passen we overal die oscillerende elektromagnetische velden toe, radio, mobiele telefoons, GPS, fMRI, Wi-Fi, laser, enz. We hebben op de een of andere manier

geaccepteerd als een alledaags feit dat EM-krachten door de lege ruimte kunnen reiken en effecten uitoefenen. Maar ik vraag u, denk er wat meer over na. Hoe doet het 'veld' dat? Wat is het? Zelfs Einstein had geen antwoord. Wordt er hoe dan ook van bewust dat u het label hebt aangezien voor een uitleg van veel vertrouwde ervaringen, zoals het als vanzelfsprekend beschouwen van radiogolven bij het luisteren naar uw autoradio.

Naar mijn mening mag een echte verklaring voor kwantumfenomenen niet gaan over kwantitatieve voorspellingen die het resultaat zijn van pure mathematica. De eerste stap is hier om te zien wat niet echt wordt uitgelegd, maar alleen wordt geëtiketteerd, zoals met het idee van het veld van elektromagnetische energie gebeurde. Dat besef, dat is de eerste stap. De volgende stap is om te accepteren dat er iets bestaat dat verder gaat dan materie en energie die onze realiteit op elk moment informeert en creëert in nauwe samenwerking met de inhoud van uw geest. Een alomtegenwoordig kwantumveld. Dat is een goed begin. U zult zien dat kwantumverschijnselen zoals dualiteit van golfdeeltjes, kwantumverstrengeling en de afhankelijkheid van waarnemers veel begrijpelijker zullen worden. We zullen zien dat we zelfs grip kunnen krijgen op dat ongrijpbare fenomeen, tijd.

Een grondige analyse van kwantumfysica-experimenten en wat de conclusies daarvan zouden moeten zijn, is te vinden in mijn eerste boek 'Kwantumfysica, Informatie en Bewustzijn'. De Crash Course die u in het volgende hoofdstuk zult aantreffen, is voor een veel breder publiek bedoeld. Ik zal daar in begrijpelijke taal de conclusies presenteren, en hoe de wetenschap die heeft bereikt, zonder een diepgaande logische analyse van de zeer complexe experimenten te gebruiken, maar weest u er zeker van dat deze conclusies van 20<sup>e</sup>-eeuws fysisch onderzoek, zoals dat objecten van materie pas bestaan als ze worden waargenomen, theoretisch en experimenteel stevig zijn gegrond. Ik zal hier al de belangrijkste conclusies samenvatten. Houdt u vast.

- Materie bestaat niet voordat het is waargenomen.
- Voorafgaande aan de waarneming is de werkelijkheid een golfachtig 'veld' van waarschijnlijkheden, of mogelijkheden, dat niet is begrensd in tijd en ruimte.

- Elke waarneming zet het universum ertoe aan om één unieke keuze te maken uit dit grenzeloze gebied van waarschijnlijkheden, zodat het onmiddellijk een object van materie of energie wordt. Dit is waarlijk creatie.
- Waarneming creëert niet alleen materie of energie, maar doet dat ook in ruimte en tijd.
- Ruimte en tijd zijn daarom niet onafhankelijk van onze waarneming, maar worden ook gecreëerd door waarneming.
- De uitkomst van elk experiment wordt beperkt door de informatie die het experiment kan opleveren, maar ook door de informatie die ons al ter beschikking staat, ook al ligt die nog ongezien in de la.
- Kwantumfysica is niet beperkt tot atomaire dimensies, het is van toepassing op elk object van elke grootte. Dit geldt zonder uitzondering voor alle bovenstaande uitspraken.
- Als waarneming de materiele realiteit creëert, is de waarnemende geest zeer waarschijnlijk nodig om de hele realiteit te creëren - inclusief alle geschiedenis.
- Alle objecten zijn, al voor hun creatie door waarneming, onafhankelijk van hun onderlinge afstand in ruimte en tijd, immaterieel onmiddellijk verbonden. Dit wordt verstrengeling genoemd.
- Als twee objecten een gemeenschappelijke geschiedenis hebben, iets wat op een andere manier gezien informatie is, zullen ze verifieerbaar verstrengeld zijn.

Als u de neiging heeft om deze uitspraken af te doen als te vreemd of te ongeloofwaardig, houdt u er dan rekening mee dat het allemaal wetenschappelijk bevestigde, zo niet bewezen feiten zijn. Uw automatische afwijzing springt hoogstwaarschijnlijk voort uit een levenslange indoctrinatie (noem het maar hersenspoeling) in de materialistische kijk op het universum.

Probeer u dat te herkennen en stelt u die reflexmatige afwijzing van deze feiten nog even uit, door nieuwsgierig te blijven en uw geest zo open mogelijk te houden. Het zal worden beloond met het inzicht dat het universum niet zo onverschillig tegenover u staat als u vaak

is verteld, en dat geest het belangrijkste element van het universum is. U was bedoeld hier te zijn.

## IV. A Crash Course

*What is an electric field? We don't know. If we knew, we would know why field and charge are connected in the particular way in which they are. .. when I was a child people would say 'Electricity is very mysterious.' Now we say it's not so mysterious, but still nobody knows what electric force really is. We're used to it, that's all, by giving it a name and getting used to handling it ... What is a gravitational potential, what is an electrical potential, what is a quantum potential? You see, you would have to explain all the forces and explain why they act on particles. Now, nobody has done that.'*

*David Bohm – a privately recorded conversation by Robert Temple.*

*I don't believe in mathematics.*

*Albert Einstein*

*“Those who are not shocked when they first come across quantum theory cannot possibly have understood it.”*

*Niels Bohr, Essays 1932-1957 on Atomic Physics and Human Knowledge*

Nou, volgens Niels zult u geschokt worden. Echt begrijpen van de kwantumfysica, en ik bedoel niet de wiskunde die kwantummechanica is, zal uw wereldbeeld inderdaad op zijn kop zetten. Maar dat is niet iets negatiefs. Integendeel.



## ***Sabine en de sjamaan***

Uit 'Existential Physics' <sup>[1]</sup> van Sabine Hossenfelder:

"Mag ik u iets vragen?" vroeg een jonge man toen hij hoorde dat ik een natuurkundige was. "Over kwantumfysica', voegde hij er verlegen aan toe. Ik stond klaar om over het meetprobleem in de kwantumfysica uit te wijden, maar ik was niet voorbereid op de vraag die volgde:

"Een sjamaan vertelde me dat mijn grootmoeder nog leeft. **Vanwege de kwantumfysica**. Alleen niet in het hier en nu. Is dat waar?"

Haar antwoord is dat de sjamaan volgens haar **niet helemaal verkeerd** zit. Dat is opmerkelijk. Sabine is een toegewijde reductionistisch georiënteerd fysicus, zij het met een zeer kritische geest betreffende de vergezochte wilde ideeën van veel van haar hedendaagse collega's. Ik kan haar boek echt aanbevelen. Reductionisme is het idee dat alles wat bestaat volledig kan worden beschreven en begrepen wanneer alle componenten volledig worden beschreven en begrepen. Dus, hoe is het mogelijk dat een reductionistisch denkende natuurkundige zo'n idee zelfs niet helemaal verkeerd vindt? Om dat te beantwoorden, moeten we kijken naar de geschiedenis van de natuurkunde, vooral naar de manier waarop de natuurkunde de status kreeg van de allerbelangrijkste tak van wetenschap.

## ***De moderne natuurkunde begon met Galilei***

Galileo Galilei wordt door de meeste fysici beschouwd als de eerste moderne natuurkundige. Hij benadrukte het belang van wiskundige berekening in de studie van de natuur. Wiskunde zou de eminente manier zijn om de natuur te bestuderen en haar geheimen te onthullen. Isaac Newton volgde in zijn sporen en ontwikkelde de mechanica, een wiskundig hulpmiddel dat het allerbelangrijkste instrument van de natuurkunde werd. De Newtoniaanse mechanica wordt nog steeds op middelbare scholen en op universiteiten aan het begin van de studie natuurkunde onderwezen

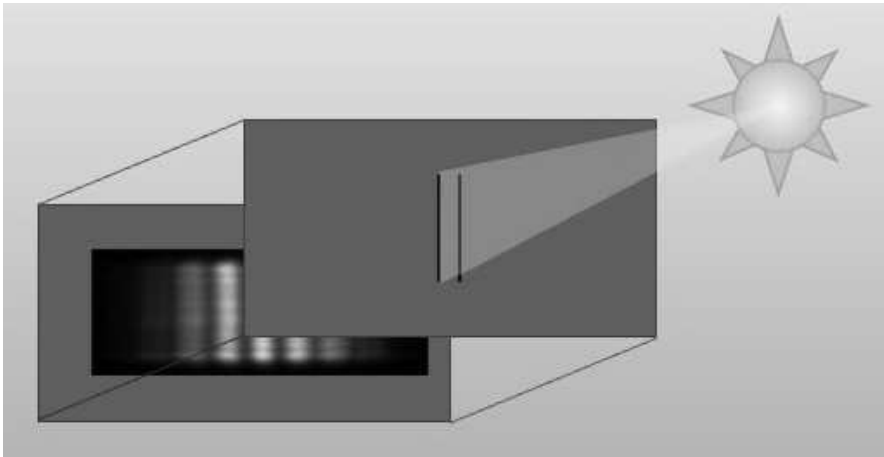
Newton en zijn tijdgenoot Wilhelm Leibnitz creëerden – onafhankelijk van elkaar - een geheel nieuwe en belangrijke nieuwe tak van wiskunde, de differentiële analyse. Dat bleek een uitermate geschikt instrument om voorspellingen te doen over het gedrag van objecten in het zonnestelsel die enkelvoudige krachten ervaren zoals de zwaartekracht. De Newtoniaanse mechanica was het instrument waarmee Edmund Halley met succes de dag dat een komeet – nu de komeet van Halley genoemd - weer aan de hemel zou verschijnen kon voorspellen. Halley heeft zijn succes echter zelf niet beleefd.

Door zulke successen werd wiskunde dé manier waarop we de natuur wilden begrijpen. Dit is echter helaas ook de oorzaak van een verwarrende misvatting die ons wegvoert van een echt begrip van de natuur. In staat zijn om nauwkeurige voorspellingen te doen, is niet hetzelfde als begrijpen. Denk aan een computer, die begrijpt niets. Newton gaf dit gedeeltelijk toe door te erkennen dat hij de effecten van de zwaartekracht kon voorspellen, maar niet kon vertellen wat de zwaartekracht is. Bedenk dat de zwaartekracht intrinsiek een 'magisch' fenomeen is, omdat het in staat is om materie op afstand te beïnvloeden zonder het daadwerkelijk aan te raken. Zich bewust worden van deze magische kwaliteit van de natuur kan trouwens enorm helpen om de kwantumfysica beter te begrijpen. Hoe dan ook, en geleidelijk aan omdat we beter en beter werden in onze wiskundige beschrijvingen van het gedrag van de natuur, verloren we het besef van de 'magische' kwaliteit van de natuur.

We begonnen onze beschrijvingen van de natuur steeds meer te beschouwen als de natuur zelf. Uiteindelijk zijn we daarmee de kaart voor het gebied gaan aanzien. Momenteel nemen sommige natuurkundigen zelfs het standpunt in dat de werkelijkheid slechts een wiskundige constructie is. Wiskundige beschrijvingen van het gedrag van de natuur voor de natuur zelf nemen is reïficatie, het nemen van abstracties voor werkelijkheid. Duidelijke voorbeelden van reïficatie zijn alle krachtvelden, zoals zwaartekracht, elektrische en magnetische velden, en ook de golven die zich in deze velden bevinden om zich te verspreiden. Wat is daar eigenlijk aan het oscilleren? Niemand weet het. Erkennen dat u dergelijke concepten niet echt begrijpt, is een goed begin in deze stoomcursus.

## ***Licht is een golvend fenomeen***

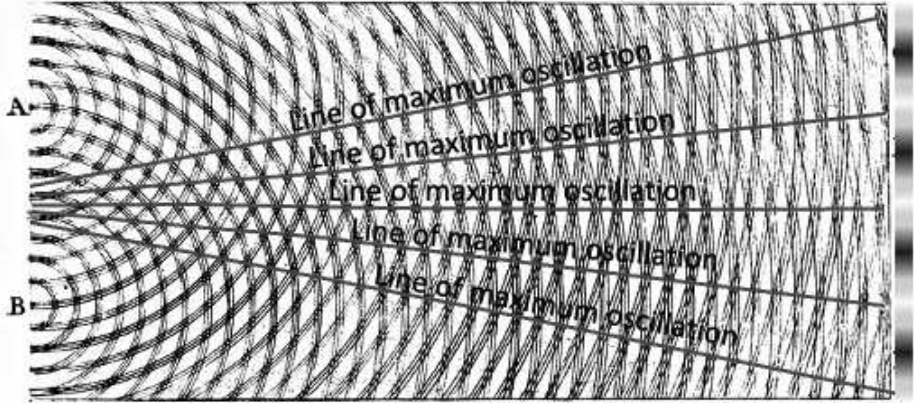
Deze vraag wat het nu eigenlijk was dat oscilleerde, was ook een van de argumenten tegen Huygens' golftheorie die hij in 1690 publiceerde. Newton's idee van licht als uiterst kleine gekleurde deeltjes, 'corpuscles', was veel gemakkelijker voor te stellen. Het idee van deeltjes gaf een visueel voorstelbare verklaring over hoe licht door vacuüm kon reizen, de indertijd volkomen leeg veronderstelde ruimte tussen de zon en haar planeten. In 1800 werd Huygens' idee van licht als golven echter bevestigd door een cruciaal experiment van Thomas Young.



*Young's dubbele spleet experiment met zonlicht*

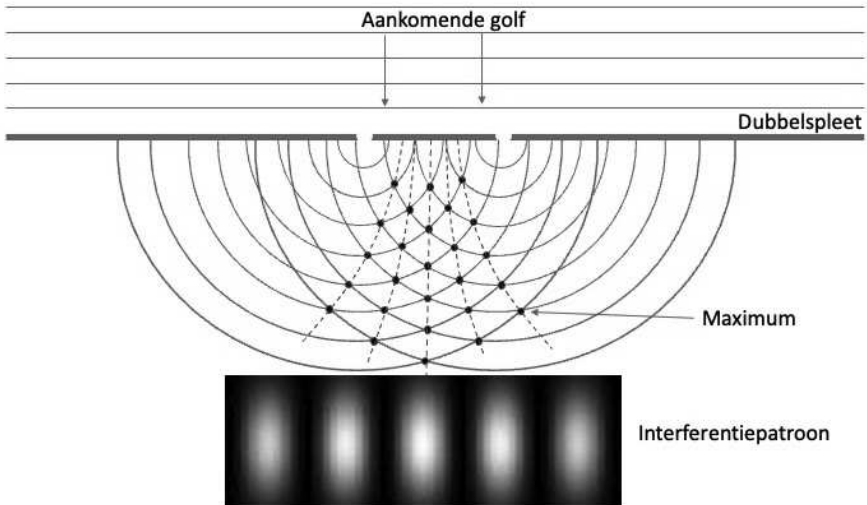
Thomas Young bedekte een glasplaat met roet, trok twee parallelle krassen in het roet, monteerde de glasplaat in een doos, monteerde matglas aan het andere uiteinde van de doos en stelde de bekraste glasplaat bloot aan zonlicht. U zult misschien verwachten dat hij de projectie van de twee spleten op de matte glasplaat zag. Hij zag echter een patroon van regenboogachtige gekleurde banden. De enige manier om deze banden – interferentiebanden – te verklaren, is dat licht zich inderdaad gedraagt als een golf.

Elke spleet wordt een bron van synchrone (gelijktijdige) oscillaties waaruit vervolgens twee synchrone golffronten – zoals twee zich uitbreidende kringen op het water - vertrekken.



*Thomas Youngs originele tekening van de golven die uit de twee spleten komen. De lijnen van maximale oscillatie en de strook rechts met het interferentiepatroon van lichte en donkere banden zijn door mij toegevoegd.*

Waar deze uitwaaiierende golffronten elkaar kruisen, zullen ze elkaar opheffen - wanneer ze tegengesteld bewegen - of ze zullen elkaar juist versterken wanneer ze in dezelfde richting oscilleren.



*Mijn versie van de tekening van Thomas Young.*

Young toonde aan dat versterkende en opheffende locaties zich uitstrekten langs bepaalde continue lijnen, zoals u kunt zien bij de afbeeldingen op de vorige pagina. Voor een visuele zeer verhelderende demonstratie van dit golfeffect, raad ik aan de volgende YouTube-presentatie te bekijken: ‘*The Original Double Slit Experiment*’, door *Veritasium*’ <sup>[2]</sup>.

Maar de vraag wat het is in het licht dat oscilleert, bleef onbeantwoord. In 1850 bewees James Clerk Maxwell wiskundig dat oscillerende elektrische en magnetische velden – EM-golven - zich met de lichtsnelheid in vacuüm voortplanten. Hij bewees ook dat deze oscillaties energie dragen en transporteren. Maar wat een veld is, bleef de vraag.

Nu vraag ik u om opnieuw te overwegen of een wiskundig begrip met een voorspellend karakter hetzelfde is als een echt begrip van de natuur. Ik hoop dat u dan inziet dat de elektromagnetische golf van Maxwell het gedrag van licht correct beschrijft en zelfs prima voorspelt, maar het niet verklaart in de betekenis van dat woord, terwijl we de werkelijke magische kwaliteit ervan zouden moeten beseffen.

Dus door steeds geavanceerdere wiskunde toe te passen bij het beschrijven van de natuur verdween de 'magische' kwaliteit van het licht en andere fenomenen geleidelijk uit onze perceptie van de wereld en werd de magie vervangen door kwantitatieve wiskundige beschrijvingen. Bijna iedereen beschouwt tegenwoordig elektromagnetische golven als iets vanzelfsprekends, iets dat we menen goed te begrijpen. We kunnen EM-golven gemakkelijk verzenden en ook ontvangen, ... maar ze worden niet echt begrepen op de manier waarop je bijvoorbeeld het gedrag van een biljartbal begrijpt. Het is vrij eenvoudig om EM-golven te genereren, laat gewoon een paar elektrische ladingen trillen. Wanneer deze golf andere elektrische ladingen tegenkomt, zal deze die laten trillen. Zo sturen en ontvangen we radiogolven en wordt er energie getransporteerd.

Maar we weten niet wat deze golven zijn, waar ze van gemaakt zijn en hoe ze doen wat ze doen.

Sinds Youngs dubbele spleet experiment en Maxwells bevestiging van het golfgedrag van licht met zijn theorie, worden elektromagnetische golven beschouwd als een substantieel onderdeel van de materiële wereld, ondanks dat niemand ooit de golven zelf heeft waargenomen. Dit zal belangrijk worden omdat het de bron is van de deeltjesgolfverwarring die in de 20e eeuw zal ontstaan. Houd er rekening mee dat golfgedrag van licht geen onweerlegbaar bewijs is dat lichtgolven werkelijke golven zijn. Golfgedrag van water is geen bewijs dat water uit golven bestaat. Het is het experimentele bewijs dat water kan golven, meer niet. We verwarren de golven niet met het water zelf, nietwaar?

## ***De eerste kwantumfysicus***

In 1900 deed Max Planck een gedurfd voorstel om de manier om EM-golven en de manier waarop ze energie overbrachten te verklaren. Planck was een bescheiden maar volhoudende natuurkundige die koppig op zoek was naar een verklaring van het gedrag van gloeiendhete materie. Zijn verklaring was echter op een fundamentele manier in strijd met de golftheorie van Maxwell. Die theorie beschreef bolvormig continu uitdijende golven, omgekeerd evenredig met de afstand tot de bron in intensiteit afnemend. Wanneer je bijvoorbeeld de afstand tot een lichtbron vertienvoudigt, wordt de waargenomen intensiteit honderdvoudig verminderd. Planck ging echter uit van de overdracht van afzonderlijke concrete pakketjes EM-energie die juist niet afnamen met hun afstand tot de bron. Zijn veronderstelling botste frontaal met de schijnbare continuïteit van de EM-golven van Maxwell en hun geleidelijk met de afstand tot de bron afnemende intensiteit.

Newton's idee van discrete gekleurde lichtdeeltjes – corpuscles - leek terug te zijn met Planck's deeltjesachtige uitwisselingen van EM-energie tussen trillende elektrische ladingen. Elk Planck-deeltje transporteerde een energiepakketje dat evenredig was met de frequentie van de oscillatie van de bron, de trillende ladingen. Planck noemde deze discrete energie-uitwisseling kwanta. De kwantumfysica werd op dat moment geconcipieerd maar was nog niet echt geboren. Bijna niemand nam het idee van Planck serieus totdat Albert

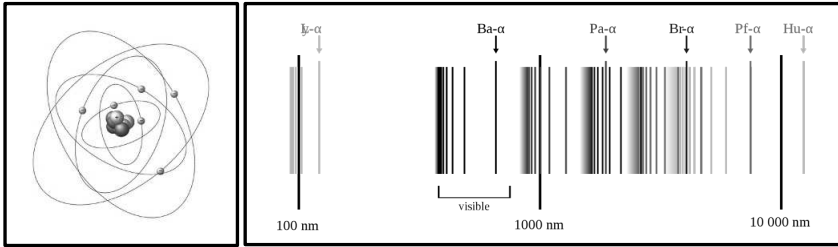
Einstein het podium betrad en het – tot dan toe raadselachtige - foto-elektrische effect verklaarde met behulp van Planck's kwanta van EM-energie-uitwisselingen. Planck zag kwanta slechts als energie-uitwisselingen van de trillende ladingen in de gloeiendhete bron, maar Einstein beschouwde ze als echte energiedeeltjes die door de ruimte reisden met de snelheid van het licht. Die deeltjes werden al snel bekend als fotonen. De kwantumfysica werd op dat moment echt geboren, op de wereld gezet door Einstein, met Planck als de vader. Maar hoe kan een energiedeeltje tegelijkertijd een golf zijn?

## ***Het holle en lege atoom***

Rond 1900 begonnen natuurkundigen het atoom te onderzoeken, om te bepalen of het nu echt een onverwoestbaar basisbestanddeel van de materie was of dat het uit nog kleinere deeltjes bestond. Ernest Rutherford vond positief bewijs dat het atoom bestond uit een uiterst kleine positieve kern omringd door een nogal onsubstantiële wolk van bijna met lichtsnelheid rondcirkelende elektronen, de elektronenschil. Denk aan wat u ziet bij een draaiende propeller. Of aan een zonnestelsel met razendsnel rondcirkelende planeten in miniatuur.

Het atoom bleek voor 99,999999% leeg te zijn binnen zijn elektronenschil. De ondoordringbare concreetheid van materie werd geopenbaard als illusoir. Een probleem bij dit idee van Rutherford was echter dat Maxwells EM-golventheorie voorspelde dat deze in cirkelbanen rond de kern zoevende elektronen in feite heftig bewegen en daarom bijna onmiddellijk al hun energie zouden uitstralen in de vorm van EM-golven.

Elk negatief elektron zou dus vrijwel onmiddellijk op de positieve kern storten en de schil van het vrijwel lege atoom zou ineenstorten tot 0,000001% van zijn normale grootte, maar dan wel met dezelfde massa als vóór de ineenstorting. De werkelijkheid was natuurlijk anders. De stabiliteit van het atoom en zijn elektronenschil werd dus een dringende vraag.



*Vrijwel leeg Rutherford-atoom (links) en het waterstofspectrum (rechts).*

Een andere prangende vraag was hoe het kwam dat gloeiendhete waterstof EM-golven uitzond met een serie concreet verschillende frequenties in plaats van een nette continue verdeling over het hele frequentiebereik. Die discrete verdeling van frequenties van het licht dat van een heet waterstofatoom uitstraalt wordt een waterstofspectrum genoemd. Een vrij eenvoudige algebraïsche relatie tussen de waarden van deze verschillende frequenties was wel reeds door Johannes Rydberg <sup>[3]</sup> ontdekt.

Zo'n eenvoudige algebraïsche relatie vroeg natuurlijk om een verklaring. Beide vragen, waarom het atoom niet instort en hoe deze discrete frequenties tot stand komen, werden gedeeltelijk, maar nog niet bevredigend, beantwoord door een voorstel van Niels Bohr. Hij combineerde Planck's discrete energie-uitwisselingen met het atoom van Rutherford en het waterstofspectrum. Bohr ging ervan uit dat de natuur aan deze rondcirkelende elektronen slechts zeer bepaalde energieniveaus toestond en dat er een absoluut laagste energieniveau bestond dat verhinderde dat het elektron op de kern zou vallen.

Het overspringen van elektronen tussen deze verschillende energieniveaus resulteerde dan in afgestemde af- of toenames van de energie van het elektron. Deze af- of toenames werden respectievelijk uitgestraald of geabsorbeerd als de kwanta van Planck. De energiehoeveelheden die deze uitgestraalde of geabsorbeerde kwanta bevatten, kwamen precies overeen met de frequenties zoals Planck die had geformuleerd, van het waterstofspectrum. Bohrs model van het waterstofatoom, gecombineerd met Plancks kwanta, verklaarde plots de eenvoudige algebraïsche formule voor deze frequenties.