

Zero Point Energie (nulpuntsenergie) en zijn veelomvattende betekenis

Op dood spoor

De huidige 'standaard' natuurkunde is al geruime tijd op dood spoor. De Amerikaanse fysicus Lee Smolin schreef al in 2007 een boek *The Trouble with Physics*, waarin hij het volgende samenvat: In de natuurkunde hebben we tal van fundamentele problemen en vele tegenstrijdigheden. Dat heeft er toe geleid dat er al 30 jaar (dus sinds 1977!) in feite niets is gebeurd om die problemen op te lossen. En die problemen betreffen niet slechts één theorie, maar alle drie de basistheorieën in de natuurkunde: QED, de Quantum Elektro Dynamica, SRT en GRT, de beide relativiteitstheorieën, en BB, de zgn. 'Big Bang' theorie. Einstein voorzag al de komende problemen en hij weet die aan de volledige afhankelijkheid van de wiskunde in de beide eerstgenoemde theorieën, waaraan de natuurkunde ten prooi was gevallen. Maar ook de keuze voor de zwaartekracht als enige constituerende kracht in het heelal, heeft tot grote problemen geleid. Dat alles heeft een voorgeschiedenis, die we in deze bijdrage negeren. De praktijk is thans, dat we ons in de natuurkunde bezighouden met bijzaken, waarvan het onderzoek miljarden verslindende apparatuur vereist, maar waarvan de resultaten eerst met veel pers-lawaai worden aangekondigd om later geruisloos weer uit de aandacht te verdwijnen. Het is schaven aan de rafelranden. Fundamentele vernieuwing blijft uit.

Een andere insteek

Gelukkig is dit niet het laatste woord. Buiten de schijnwerpers zijn er twee ontwikkelingen op gang gekomen die veelbelovend zijn voor de hoop op een uitweg uit de huidige impasse. De eerste is de plasmatheorie, die met succes de huidige Big Bang kan vervangen. Die zullen we nu niet bespreken. Alleen dit: in deze theorie is niet de zwaartekracht de constituerende kracht, maar elektromagnetisme, en speelt de zwaartekracht alleen een rol van betekenis in relatief 'kleine' afstanden, zoals ons zonnestelsel. En de tweede is de theorie van het (reële) zero point field, die onderwerp is van het huidige artikel.

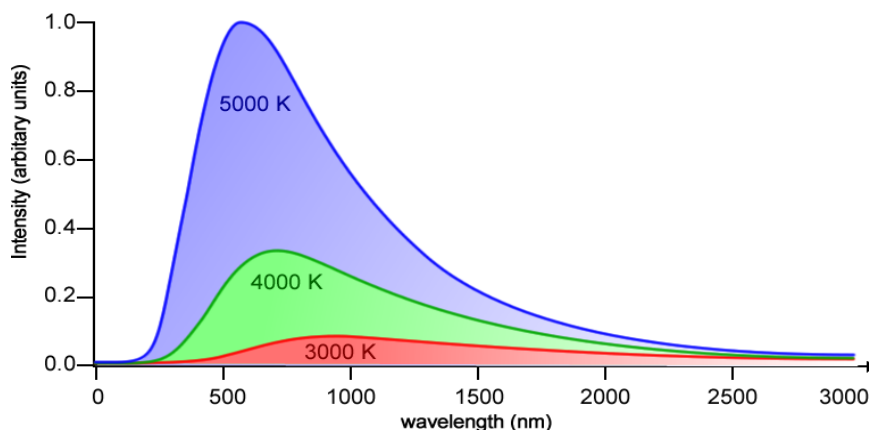
Twee problemen: 1. de ether

Rond de eeuwwisseling van 19^e naar 20^e eeuw doken er twee grote problemen op, die een stagnatie in de natuurkunde leken te gaan veroorzaken. In de 19^e eeuw was er een gestadige stroom van nieuwe ontdekkingen gedaan op het gebied van elektriciteit en magnetisme (en ook op het gebied van de structuur van de materie en de radioactiviteit). Maxwell (James Clerk Maxwell (1831-1879)) vat elektriciteit en magnetisme op als twee aspecten van het zelfde verschijnsel: elektromagnetisme, en vat alles samen in enkele wiskundige vergelijkingen. Ook licht is een elektromagnetische verschijningsvorm. Elektromagnetisme is een golfverschijnsel en behoeft dus een medium waardoor zich die golven voortplanten. Men noemt dat medium 'ether', en neemt aan dat dit a.h.w. stilstaat in het heelal, en waardoor de verschillende hemellichamen zich bewegen. In 1887 onderzoeken Michelson en Morley die ether en concluderen dat de beweging van de aarde daar doorheen niet is vast te stellen. Dat daarvoor een goede reden is, was toen niet bekend en kon met het toenmalige instrumentarium ook niet

worden ontdekt. Einstein (1879-1955) kwam toen met de 'oplossing': zijn Speciale relativiteitstheorie (SRT), die een onkenbaar heelal vereiste, nl. een 'vierdimensionaal gekromd tijd-ruimte continuüm'. Dit is intuïtief onkenbaar en leverde ook nog andere problemen op. Maar hier niet daarover.

Twee problemen: 2. het quantum

Max Planck (1858-1947), een Duitse fysicus, werkte aan de thermodynamica, de leer van de warmtestraling. Die bestudeerde de straling van een zgn. 'black body'. Die werd gezien als een volmaakte straler. Als die werd opgewarmd, werden toenemend stralingen met hogere temperatuur en kortere golflengte – is ook: hogere energie – afgegeven. Maar er werd per temperatuur niet maar straling van één golflengte afgegeven, maar een heel spectrum met een bepaalde curve. Zie figuur .



(Figuur 1): 'Stralingscurves bij afnemende warmte-afgifte (5000-3000 K)

Het onderzoek was er op gericht om een formule te vinden die die stralingscurves voor het hele frequentiebereik kon beschrijven. En hoewel verschillende goede onderzoekers hieraan werkten, lukte het niet om het hele frequentiebereik af te dekken. Toen deed Planck iets (voor die tijd toch) ongehoords: hij liet het principe van de geleidelijke afgifte van energie, dat toen nog gold als een axioma, los, en nam aan dat die afgifte wel eens in 'pakketjes' van een bepaalde energie zou kunnen gaan. Hij noemde zo'n pakketje een quantum. Toen vond Planck vrij snel een formule die het hele spectrum afdekte. Elk pakketje had een constante waarde, afhankelijk van de golflengte (energie!). Om die waarde te herleiden tot de gebruikelijke waarde, werd een constante gebruikt die de 'constante van Planck' werd genoemd (h). Maar hij was niet tevreden, wat was de realiteit daarachter? En jij zocht verder. Daarover later.

Einstein die proeven deed met energierijke (ioniserende) straling op metalen platen, vond dat die straling (fotonen) elektronen vrijmaakte uit die plaat, en hoewel Hertz dat verschijnsel ook al in 1887 had beschreven, werd dit als 'foto-elektrisch effect' op Einsteins conto geschreven. Ook deze straling werd in quanta afgegeven.

De Solvay conferenties en de opbouw van QED (Quantum Elektro Dynamica)

De Belgische industrieel Ernest Solvay zag de onrust in de natuurkundige wereld, en omdat hij zelf daarin zeer geïnteresseerd was, besloot hij een aantal prominente natuurwetenschappers in Brussel uit te nodigen op zijn 'kasteel' in de Brusselse deelgemeente Elsene, en met hen

driejaarlijks een periode van een week door te brengen in hotel Monopole. Het volgende jaar stichtte Solvay het Internationaal Instituut voor Fysica en Chemie, dat vanaf dat moment de conferenties organiseerde. Einstein was oorspronkelijk niet uitgenodigd omdat hij geen academisch fysicus was. Maar Planck beval hem aan en vanaf dat moment is hij meestal aanwezig geweest. De bijeenkomsten staan nog steeds bekend onder de naam 'Solvay conferenties'.

Het uitgangspunt was Plancks 'eerste theorie' over het quantum in 1901. Maar na verloop van tijd bleek dat dit uitgangspunt te beperkt was, al is men wel op die weg voortgegaan. Hier volgt geen gedetailleerde bespreking van de theorie, omdat dat veel te ver zou voeren. Een goed boek erover, en hoofdzakelijk de strijd tussen Einstein en Bohr over de verhouding tussen theorie en werkelijkheid is: *Quantum. Einstein, Bohr and the great discussion about the nature of reality* van de Amerikaan Manjit Kumar. Want daar liep het wel op uit: de aard van de realiteit. Einstein heeft de strijd nooit opgegeven. In 1935 publiceerde hij, samen met zijn Princeton-studenten Boris Podolsky en Nathan Rosen een paper dat bekend werd onder de naam *Einstein-Podolsky-Rosen* oftewel EPR-paradox over *quantum entanglement* (verstrengeling) en toonde de onhoudbaarheid ervan aan. Latere onderzoekers konden aantonen dat Einstein info uit zijn eigen relativiteitstheorieën niet juist had gebruikt. EPR exit voor het besef van de QED-ers.

Wat is de werkelijkheid? Is dat een complexe wiskundige modellering, of is er ook nog iets daarbuiten? Na vele discussies kwam Niels Bohr tot de conclusie dat het zo complex werd, dat de connectie (de parallelliteit) tussen wiskunde en realiteit niet meer te handhaven was en dat we tevreden moesten zijn als het wiskundig klopte. Wat de Duitse professor Horst Beck in november 2009 tijdens een W&W-conferentie deed uitroepen: "*Aber es gibt doch eine Realität da draussen!!*" Dat begrepen de deelnemers niet. Nu was er in 2009 een wetenschappelijk onderzoek gepubliceerd over de juistheid van de wiskunde in vele (peer-reviewed) papers. Die bleek in de meeste papers niet te kloppen. Er zaten altijd – soms grote – missers in, die in sommige gevallen de conclusies ongeldig maakten. Dat is natuurlijk voor de vele toegewijde QED-aanhangers desastreus. Dat ontlokte een van de deelnemers in november 2009 de opmerking: "*Ik had in mijn bangste dromen wel eens gevreesd dat dit waar zou kunnen zijn, maar dat het inderdaad nu zo blijkt te zijn heeft mij diep geschokt. Ik heb enkele nachten heel slecht geslapen.*" Maar ook Einstein steigerde: "*Dit is geen natuurkunde meer, dit is slechts wiskunde over wiskunde!*"

Zonder in details te treden moeten we toch iets zeggen over de verdere ontwikkeling. In QED ontbreekt een reëel zero point field ZPF. Maar omdat er toch onverklaarbare fluctuaties optreden, is een virtueel ZPF geïmagineerd. Er komen at random vanuit dat (niet echt bestaande) ZPF deeltjesparen tot realiteit en verdwijnen ook weer snel. Waaruit? Waarheen? ZPF bestaat nl. niet echt. Geen antwoord. Werner Heisenberg kwam met een nieuwe theorie, gebaseerd op de complexe matrix-wiskunde: het Heisenberg onzekerheids-principe (HUP), een poging om de gerezen problemen aan te pakken. Wiskundig klopte dat, dus. . . werd de ZPE vanaf dat ogenblik benaderd vanuit het HUP, dus niet als een zelfstandige entiteit.

Het HUP komt hierop neer dat je van een deeltje slechts één van de parameters tegelijk kunt meten. Dat ontwikkelde zich uiteindelijk tot de opvatting van '*quantum superposition*': alle mogelijke combinaties van eigenschappen van een deeltje zijn a.h.w. in dat deeltje 'gestapeld',

gesuperponeerd. Pas bij meting 'kiest' het deeltje uit die stapel een definitieve combinatie. Daarvóór verkeerde het a.h.w. in een soort schemertoestand, en heeft het geen waarden. Pas na meting.

Volgende consequentie is die van '*quantum entanglement*': twee deeltjes die op een of andere manier in verbinding met elkaar staan, nemen bij meting van één deeltje tegengestelde waarden van hun parameters aan. Zelfs al bewegen die deeltjes zich een half heelal van elkaar, dan blijven toch die waarden behouden. Veranderen van één deeltje één of meer parameters, dan neemt bij meting daarvan het andere 'entangled' deeltje de tegengestelde waarden aan. Hoe men dat in de praktijk vaststelt? Wie het weet mag het zeggen. Einstein noemde dat *spooky action at a distance*. In de theorie van het ZPF/ZPE pakt dit heel anders uit.

Max Planck zoekt verder

Max Planck, als serieuze Pruis en orthodox christen, kon niet accepteren dat Gods werkelijkheid, die wij toch in de wetenschap onderzoeken, naar de zijlijn was geschoven en we slechts wiskundige formules hadden overgehouden. Hij legde zich niet bij die conclusie neer en zocht de volgende 10 jaar verder. Hij vond in 1911 inderdaad het contact met de realiteit terug, tot zijn grote vreugde, maar wilde hij zijn gevonden relatie gebruiken, dan moest hij accepteren dat de quanta bleven. Planck hoopte dat de quanta bij verder onderzoek wel zouden verdwijnen. Maar dat gebeurde niet. En toen dan ook Einstein de quanta overtuigend bewees door zijn onderzoek naar het foto-elektrisch effect, gaf Planck zich gewonnen. Hoe zag zijn nieuwe opvatting er nu uit?

In een afgesloten container / alle materie eruit (vacuüm) / gekoeld tot $-273,15^{\circ}\text{C}$ (0 Kelvin) / in een absoluut duistere ruimte, bleek er toch nog een immense energie te zijn overgebleven. Omdat deze energie niet afhankelijk was van iets anders en ook bij het absolute nulpunt nog onverkort aanwezig bleek, werd zij nulpuntsenergie genoemd, Zero Point Energy (ZPE), en het veld waarin deze energie aanwezig bleek, Zero Point Field (ZPF). Deze twee termen worden geregeld door elkaar heen gebruikt.

Jammer was, dat de hele Solvay discussie zich al had vastgebeten op Plancks eerste theorie uit 1901, de quantumtheorie, die later zou uitlopen in de quantum elektro dynamica (QED). De teerling was zagezegd geworpen. Maar daardoor zou het onderzoek helaas op een doodlopend spoor belanden en vastlopen. Ook merkwaardig was, dat Planck zich gedurende deze Solvay-conferenties vrijwel geheel afzijdig hield. Wellicht had hij de problemen al op het oog, maar zag hij ook niet hoe het dan verder zou moeten? Hij was een zeer voorzichtig man.

Eindelijk: Zero Point Energy, ontdekking, erkenning, sterkte

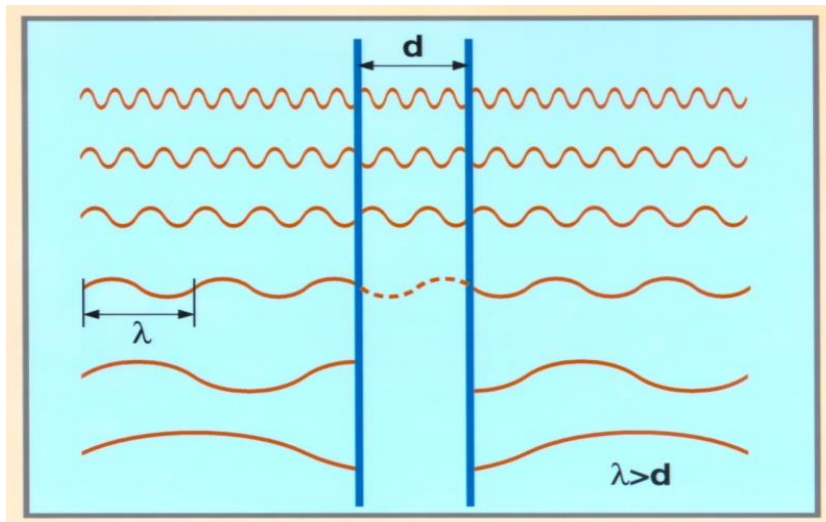
Ontdekking van de ZPE

De hele ruimte/het hele heelal bleek ermee gevuld (Nernst). Het bestaat uit elektromagnetische golven van alle frequenties. Hoge frequenties veel meer dan lage frequenties, door een zgn. 'cubed distribution', d.w.z. dat het aantal golven evenredig is met de 3^e macht van de frequentie, dat betekent dat er van de hoge frequenties eindeloos veel meer zijn dan van de lagere frequenties. Een voorbeeld: frequentie 10, aantal 1.000; frequentie 50, aantal 125.000, frequentie 100, aantal 1.000.000 (miljoen); frequentie 1.000, aantal 1.000.000.000 (miljard –

'billion' in het Engels). Omdat energie en materie in elkaar kunnen overgaan ($E=mc^2$), verschijnen deze frequenties in stress situaties (random botsingen) als virtuele deeltjesparen: één positief, één negatief geladen, die na opheffen van de stresstoestand onmiddellijk weer in golfvormige energie overgaan. Het ZPF lost een groot probleem van Big Bang op: volgens de natuurkunde moet er evenveel materie als antimaterie zijn. Maar die antimaterie is niet gevonden. En de materie in het heelal is zeer veel te weinig voor de theorie. Maar in het ZPF zijn ze bijna allemaal aanwezig: als virtuele deeltjesparen. God schiep kennelijk (bijna) evenveel materie als antimaterie met een klein overschot aan materie. Dat vormt nu het heelal!

Erkenning van de ZPE

Hoe werd Plancks ontdekking ontvangen? Door de Solvay deelnemers is zij nauwelijks gezien, die hadden al gekozen voor Plancks eerste theorie uit 1901. Maar Einstein (1879-1955) en Otto Stern (1888-1969) lieten zich in 1913 overtuigen van de realiteit van de ZPE, en na enkele perioden van twijfel bleef Einstein uiteindelijk bij de ZPE. Hermann Walther Nernst (1864-1941) concludeerde in 1916 dat de ZPE het hele heelal vulde. En in 1925 vond de Amerikaanse chemicus Robert Mulliken (1896-1986) afwijkingen in metingen aan boron monoxide die alleen aan de ZPE konden worden toegeschreven. De Philips-ingenieur Hendrik Casimir definiëerde het naar hem genoemde Casimir-effect in 1948, zijn ideeën werden in 1957 bevestigd door zijn collega M.J. Sparnaay van het Philips natuurkundig laboratorium. Maar pas in 1997 kon het experimenteel worden bevestigd. Zie figuur.



(Figuur 2:) Casimir-effect: twee metalen platen, zeer dicht bij elkaar (d). Alle ZPF golven drukken aan weerskanten van de platen. (λ) = golflengte. Binnen de platen blijven alleen de ZPF-golven over met golflengten kleiner dan (d). Dat uiterst geringe drukverschil drukt de platen naar elkaar toe.

Sterkte van het ZPF

Het zero point field heeft een onvoorstelbare energie. Elke cm^3 in het heelal bevat een energie van $\pm 10^{110}$ joule, genoeg voor miljarden jaren voortbestaan van onze Melkweg!

Hoe ontstaat het ZPF?

Het heelal begon vanuit 'niets', daarin stemmen QED en SED overeen. Wij geloven dat dat 'niets' in feite het begin van Gods scheppingswerk is. Hij schiep uit 'niets', *ex nihilo*. In de Big Bang spreekt men van quantum fluctuaties vanuit, ja vanuit wat? Want een reëel ZPF bestaat daar niet. Het blijft dus vaag en – letterlijk – ongrijpbaar.

Aansluitend aan dat plotselinge begin is er een immense expansie (zie figuur 3). Die expansie gaat eerst enorm snel en neemt dan af tot na verloop van tijd die expansie overgaat in een heelal dat gemiddeld statisch is, met kleine schommelingen in alle richtingen. Dit wordt bevestigd door waterstof-wolken die door het hele heelal verspreid zijn. In het begin (op de grootste afstand) liggen die wolken toenemend dicht bij elkaar, maar naarmate je dichterbij komt, blijven ze op gelijke afstand. Op dat omslagpunt stopt dus de expansie. Dat alles wijst op een initiële, sterke expansie, die langzaam aan tot staan kwam. Anders dus dan in de 'establishment' theorieën, waarbij het heelal nog steeds sneller uitzet (uitdijend heelal).

Het begint dus met een immense expansie, die veel krachtiger is dan bij de Big Bang. Je kunt die expansie vergelijken met het oprekken van een elastieken band. Er wordt een enorme energie gegenereerd; in die opgerekte band is veel – potentiële – energie opgeslagen. Laat je dat elastiek los, dan komt die energie vrij als 'kinetische energie', zoals bij een katapult. Je kunt er een klein projectiel een heel eind mee wegschieten. Die potentiële energie van het ZPF manifesteert zich in talloze deeltjesparen, zgn. Planck Particle Pairs (PPPs). Elk paar bestaat uit een negatief en een positief deeltje. Ze heten Planck deeltjes, omdat hun afmeting een 'Planck lengte' is, dat is de kleinste theoretische lengte die een deeltje kan hebben.

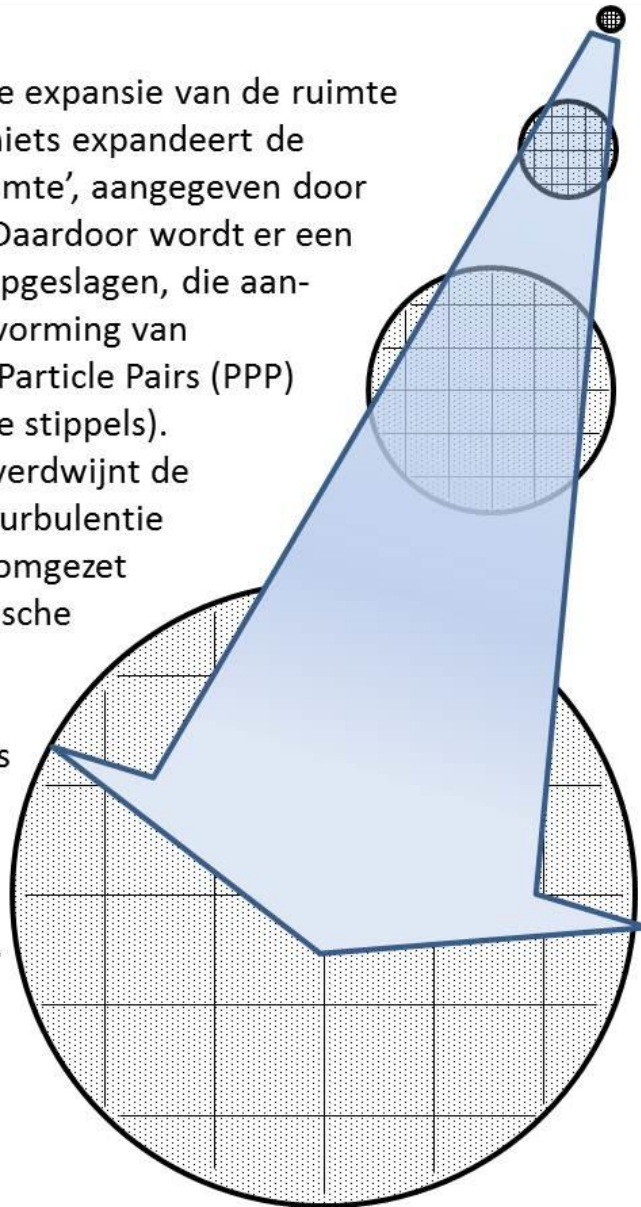
Door de enorme snelheid van die expansie ontstaan er draaikolken in die PPP-massa. Draaikolken hebben drie fasen: vorming, onderhoud en verdwijning. Zolang die expansie duurt ontstaan er steeds meer PPPs, die draaikolken vormen (*vormingsfase*). Gedurende die vormingsfase beginnen er virtuele deeltjesparen gevormd te worden en neemt het ZPF een aanvang. Als de expansie stopt gaat de vorming van het ZPF verder totdat alle PPPs zijn geconverteerd. Dit is de *onderhoudsfase*, en die duurt geruime tijd, ook nadat de vorming van PPPs is opgehouden. Aansluitend *verdwijnen* de PPPs uit beeld, ze worden niet meer gevormd en vanaf nu wordt het ZPF onderhouden door een terugkoppelingsmechanisme. Zodra de PPPs zijn geconverteerd wordt het heelal, dat er tot nu toe als een mistige wolk uitzag, doorzichtig, transparant. Dat is het huidige beeld van het heelal. Dat conversiemoment is nog zichtbaar als de CMBR, de 'cosmic micro background radiation'.

Het schema geeft een inzicht in de resultaten van die initiële processen, tot op het moment dat de expansie stopt, en de vorming van het ZPF gaat beginnen. De structuur (fabric) van het heelal is gegeven en wordt bij expansie gevuld, met een toenemend aantal PPPs, die dan later omgezet worden in ZPE. Virtuele deeltjesparen die bij stress converteren naar een golfvorm met bepaalde energie en frequentie.

Verder over het ZPF

De ZPE bestaat uit paren deeltjes van verschillende grootte en energie. Elk deeltjespaar bestaat uit één positief en één negatief geladen deeltje. Normaal manifesteren die zich als elektromagnetische golven. Die zijn er van alle frequenties over het hele frequentiespectrum. Maar het ZPF heeft een typische opbouw: golven met hoge frequenties zijn er veel meer dan die met lagere frequenties. Het veld heeft een zgn. '*cubed distribution*' dat wil zeggen dat het aantal golven van een bepaalde frequentie evenredig is met de 3^e macht van die frequentie. Daardoor mislukte het Michelson-Morley experiment. Men kende die structuur (nog) niet.

Zo kunnen we ons de expansie van de ruimte voorstellen: vanuit niets expandeert de 'structuur van de ruimte', aangegeven door het ruitjespatroon. Daardoor wordt er een enorme energie in opgeslagen, die aanleiding geeft tot de vorming van steeds meer Planck Particle Pairs (PPP) (aangegeven door de stippels). Na verloop van tijd verdwijnt de daardoor ontstane turbulentie en worden de PPPs omgezet naar elektromagnetische energie. Dit veld is in een rusteloze beweging, die steeds weer virtuele deeltjesparen doet ontstaan en weer verdwijnen.

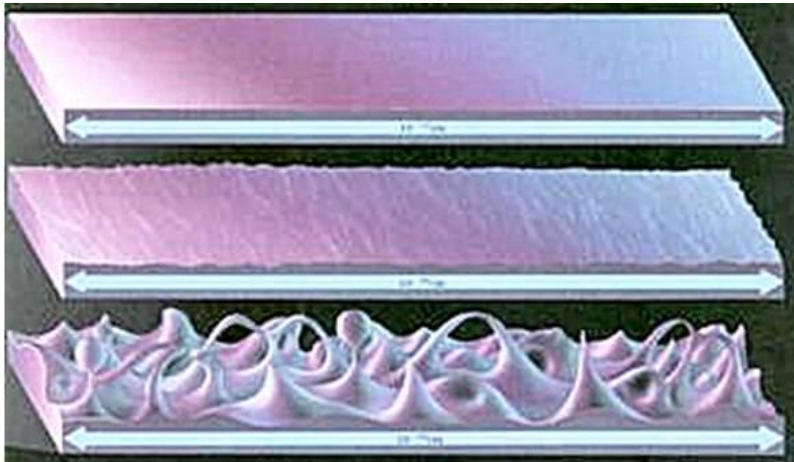


De expansie van de ruimte na het ontstaan

(Figuur 3)

Dus die elektromagnetische golven vullen het hele heelal. Ze bewegen op een random, chaotische manier. Als twee van die golven elkaar ontmoeten (dus botsen) dan vormen ze heel kort een virtueel deeltjespaar. En dat kan arbeid verrichten. Maar direct aansluitend klappen die deeltjes weer op elkaar. Het ZPF is immens en bevat myriaden van golven. In ons lichaam alleen al vormen zich op elk moment 10^{20} (= honderd triljoen) virtuele deeltjes, die praktisch gelijk weer verdwijnen. Zie de volgende figuur voor een indruk hoe je je dat kunt voorstellen.

De energie in elke cm^3 van het heelal is genoeg om alleen al onze Melkweg 10 miljard jaar te kunnen onderhouden. Onze schepper was niet karig! Dus vanaf die kant is er nog geen gevaar!



Kwantum-'schuim'(quantum foam),
 een ziedende zee van energie en virtuele deeltjes
 boven: op afstand, midden: dichterbij
 onder: van zeer dichtbij

(Figuur 4): Dit schema spreekt wel voor zichzelf.

In SED wordt dit gezien als de oorzaak en de bron van de Heisenberg Onzekerheidsrelatie (Heisenberg Uncertainty Principle - HUP). In QED is het zo dat de HUP (een wiskundig principe) het ZPF genereert (ook alleen maar een wiskundige realiteit). Tja. . .

Wat doet de ZPE?

Ja, wat is nu het nut, of wat is de belangrijke(!) functie van de zero point energie (ZPE) in de natuurkunde, in feite: in het hele heelal, met alles wat het bevat? Onder anderen de onderzoeker Harold (Hal) Puthoff werkt in zijn eigen instituut (Institute for Advanced Study in Austin (Texas)). Zie <http://www.gravitycontrol.org/puthoff.html> . Eén van de dingen die hij met zijn denktank heeft onderzocht en waarover hij veel heeft gepubliceerd, is de zero point energie. Hij gelooft dat deze de basis van alles in het heelal is. Dus niet Plancks 1^e maar 2^e theorie!

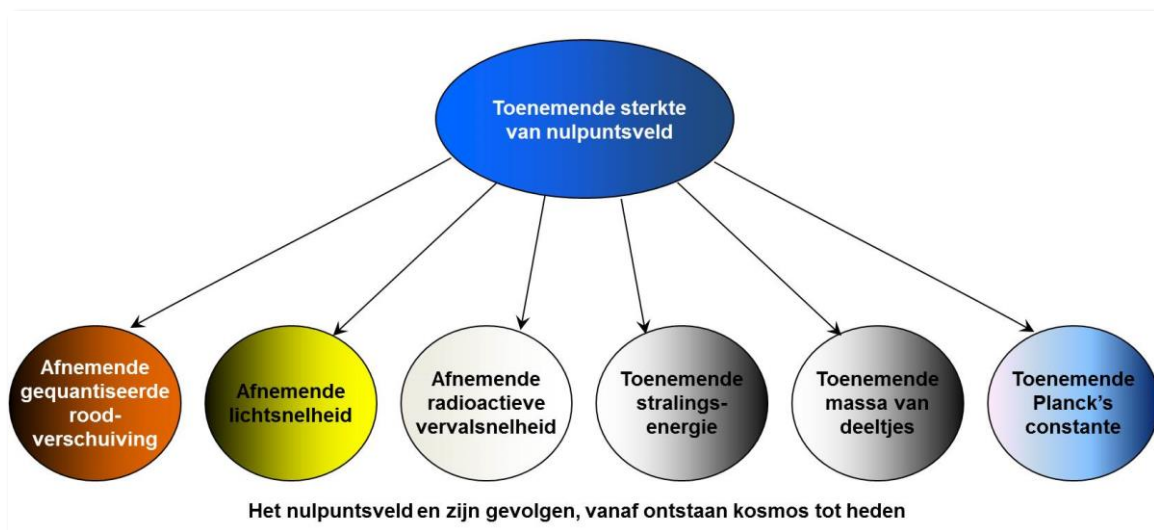
Een van de dingen die hij heeft ontdekt en geverifieerd is, dat de ZPE het heelal in stand houdt. Elektronen vallen in de kern van het atoom als er niet voortdurend energie wordt toegevoegd. In QED gebeurt dat niet. De reden daarvoor is een 'quantum wet'(!) Maar een wet is maar een door mensen ontdekte correlatie tussen bepaalde grootheden. Een wet doet niets in de realiteit! Dat door deze opvatting de – vaak bevestigde – wet van behoud van energie met voeten wordt getreden, valt kennelijk niet op. De hoeveelheid energie die voortdurend wordt toegevoegd, wordt geleverd door het ZPF, en is gelijk aan de energie die het elektron al rondgaande verliest. Die energie gaat weer terug naar het ZPF. Daardoor houdt deze energie het heelal in stand (technisch gesproken). Dat gebeurt doordat de virtuele deeltjesparen van het ZPF de elektronen onophoudelijk aanstoten; daardoor nemen ze de aangeboden energie over; zo vallen ze niet in de atoomkern. Daarna verdwijnen de deeltjes weer in het ZPF. Deze trillende beweging wordt in het Duits 'Zitterbewegung' genoemd. Dat is de onzekerheid die door Heisenberg ontdekt werd.

Het elektron is een deeltje, maar elk deeltje is gelijk ook een golf met een eigen frequentie, de zgn. 'Compton'-frequentie. Alleen de virtuele deeltjes met een frequentie, nagenoeg gelijk aan de Compton-frequentie van het elektron, nemen deel aan deze 'Zitterbewegung'. Dit gegeven geldt niet alleen voor het elektron, maar voor alle deeltjes in het atoom.

Zo houdt het ZPF het heelal dus in stand.

Alomvattendheid van de ZPE

Oningewijden zijn verbaasd, ja soms zelfs geschokt als ze zien welke centrale rol het ZPF speelt in de natuurkunde. Die lijkt wel allesbeheersend. En het is duidelijk dat het negéren van zo'n centraal gegeven de natuurkunde wel op een dwaalspoor heeft *moeten* leiden! Veel als zgn. 'natuurconstante' aangenomen grootheden blijken variabel te zijn, soms zelfs zeer variabel. Buitenstaanders denken dat dit tot grote problemen moet leiden in de werking van het heelal, en in de wiskundige beschrijvingen daarvan, en wijzen dit bij voorbaat af. Toch is dat niet zo, omdat veel van die variabelen hun tegenhanger hebben in andere, tegengesteld veranderende variabelen, waarmee zij meestal tezamen optreden. Het onderstaande schema geeft daarvan een goed overzicht:



(Figuur 5): De gevolgen van een in sterkte toenemend ZPF

De ZPE en zijn werking in het heelal is dus zeer complex. Er is nog genoeg ruimte voor verdere artikelen met uitleg over deze afhankelijkheden. Maar misschien daarover een volgende keer.