

“Veld”

Terwijl er zich eigenlijk niets tussen zon en aarde bevindt, behalve dan iets wat men “het elektromagnetische veld” noemt, “trekt” de zon toch aan de aarde. Vroeger dacht men dat de aarde, maan, zon, sterren, sterrenstelsels etc. zweefden in een onzichtbare, onvoelbare stof, die overal was en overal doorheen ging. Die stof noemde men “ether”. Door allerlei proeven en waarnemingen heeft men indertijd het begrip “ether” op moeten geven en uiteindelijk vervangen door het “elektromagnetisch veld” van Maxwell (die daardoor beroemd is geworden)! Het is een begrip waarmee men van alles kan verklaren, maar dat (voor mij) eigenlijk nog steeds onbegrijpelijk is: wat is eigenlijk een “veld”?

“Een veld is een wiskundig begrip voor een’ grootheid’, die in ieder punt van de (betreffende) ruimte een waarde heeft.”

Nou, dit is wel begrijpelijk maar erg veel wijzer worden we er niet van. Een andere beschrijving, die ik las, luidt:

“Wanneer in een ruimte in ieder punt een bepaalde krachtwerking optreedt, zegt men dat in die ruimte een veld heerst.”

Iets duidelijker, maar ook hier worden we weinig wijzer van. Waar bestaat zo’n veld dan uit? En vooral, waar bestaat het elektromagnetische veld nu eigenlijk uit? Hoever strekt dit “veld” zich uit? Over het hele heelal? Overal? Ook buiten het heelal, zo er al iets buiten het heelal is? Wat de zaak niet helderder maakt is het feit dat, als je in het begrip “veld” duikt, er over nog veel meer velden gesproken wordt, zoals: het “zwaartekrachtveld”, het “Higgsveld”, het “morfogenetische veld”, het “elektronenveld”, het “protonenveld”, het “aardmagnetisch veld”, enzovoorts.

Het belangrijkste veld (denken sommigen) zou het “zero point field” (het nulpuntsveld) zijn, waar bijna alle energie in zou zitten. Dit veld is al in 1911 gesuggereerd door Max Planck (van de kwantumtheorie). Bij het absolute nulpunt, 0⁰ Kelvin, blijken atomen toch nog energie over te hebben, de elektronen blijven vrolijk rondcirkelen. Uit allerlei berekeningen zou blijken dat er een enorme hoop energie in het vacuüm aanwezig moet zijn. Dit nulpuntsveld zou je, volgens sommigen, kunnen beschouwen als een zeer diepe oceaan van energie waar de materie (sterren, planeten, gaswolken en al het andere heelalpul) als een laagje schuim bovenop ligt. Ook “ons” elektromagnetisch veld zou er dus deel van uitmaken. Dit “ZPF” (zero point field) werd vroeger in alle berekeningen (letterlijk) weggecijferd of als een onbelangrijke constante beschouwd, maar blijkt nu steeds meer zaken te kunnen verklaren.

En dit veld zou niet alleen enorm veel energie, de “ZPE”, de “zero point energy”, bevatten, maar ook alle informatie, ons geheugen, onze kennis, alles! Dit is dus wel iets waar we meer van moeten weten, want als dit veld werkelijk bestaat, zoals men suggereert, dan kan hiermee van alles gedaan en verklaard worden! Men zoekt thans naar manieren om deze “nulpuntsenergie” af te tappen! Dit zou dan te vergelijken zijn met een schip dat de benodigde energie voor z’n voortstuwing uit het zeewater haalt! Er zijn zelfs al claims dat men apparaten heeft die elektriciteit uit het nulpuntsveld kunnen aftappen, maar die moeten wel “cum grano salis” genomen worden. Als er echt zo’n apparaat ontwikkeld zou zijn dan hadden we het toch wel gehoord? Nu zijn er alleen verhalen over het dwarsbomen door de “grote oliemaatschappijen” en ook die verhalen moeten met een flinke korrel zout genomen

worden. Er vaart trouwens ook nog steeds geen schip dat zijn energie uit het water haalt, terwijl dat theoretisch, althans voor een deel, mogelijk moet zijn.

Toch moeten we van dit “ZPF” meer weten, ik zal er dan ook zeker op terugkomen!

Einstein

Maar eerst...terug naar de zwaartekracht. De aarde beweegt zich door de ruimte, maar doordat de aarde zich in het “zwaartekrachtveld” van de zon bevindt, blijven wij in een enigszins elliptische baan om de zon cirkelen, evenals nog een heel stel andere planeten. Omdat de zon ongelooflijk veel meer massa heeft dan de aarde, is het “zwaartekrachtveld” van de zon veel uitgestrekter dan dat van de aarde. De banen van de planeten liggen allen in een min of meer plat vlak om de zon, maar verder zijn de banen erg verschillend: dichterbij of verder weg van de zon, andere ellipsbaan, andere snelheid, (soms andere richting) en met een veel langere of kortere omlooptijd. Maar... alle planeten zijn gevangen in het “zwaartekrachtveld” van de zon en ze blijven maar om hem heen draaien, ondanks het ontbreken van wat voor verbinding dan ook. Berekenen kan men het allemaal, door het denkwerk van Newton en anderen kan men de ellipsvormige banen en snelheden vrij precies berekenen.

Maar hoe trekt die zon nu toch aan de aarde, en, hoe trekt de aarde aan de maan en hoe omgekeerd? Albert Einstein, groot natuurkundige uit de twintigste eeuw, heeft er flink over gepiekerd en zag de zwaartekracht als volgt: hij poneerde dat de zwaartekracht geen simpele kracht is die de zon op de een of andere manier op de planeten Aarde, Venus, Jupiter etc. uitoefent, nee, volgens hem veroorzaakt de zon als betrekkelijk zeer grote massa “een kromming van de ruimte”. En wij als aarde zijn dus in deze “gekromde ruimte” gevangen. Maar wat in 's heelals naam moeten we onder “kromming van de ruimte” verstaan? Hierbij een verklaring (denk erom, niet door mij verzonnen hoor):

Wij mensen leven in een driedimensionale ruimte. Dit houdt in dat we de afmetingen of plaats van ieder voorwerp op aarde met drie afmetingen (dimensies) kunnen aangeven, namelijk lengte, breedte, hoogte van een voorwerp, of bij een plaatsbepaling: lengtegraden, breedtegraden en hoogte of diepte. Bij een schip zijn twee waardes al voldoende om iedere plaats op aarde aan te geven: tweedimensionaal omdat de zeeën overal min of meer even hoog liggen en een soort tweedimensionaal (maar wel bolvormig) oppervlak vormen. (Bij een onderzeeër zijn er trouwens wél drie dimensies nodig).

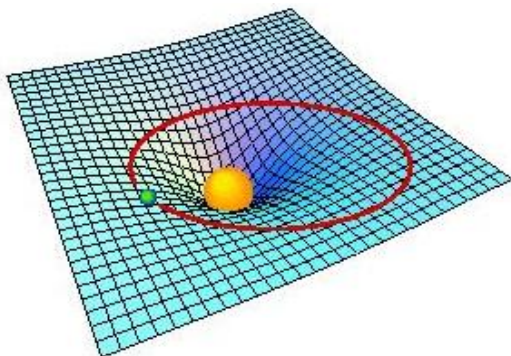


Fig. 6.1 Gekromde ruimte

Stellen we ons nu een plat vlak voor bestaande uit een groot, strak gespannen, rubberen doek. In 't midden van dit vlak leggen we een biljartbal. Door z'n gewicht zakt de bal een eindje weg in het rubber en veroorzaakt zo een soort trechter in het rubberdoek. Beschouwen we nu dit rubberen vlak als een tweedimensionale ruimte, dan zouden we ons ongeveer voor kunnen stellen hoe het zit met Einsteins gekromde ruimte en de daardoor veroorzaakte zwaartekracht.

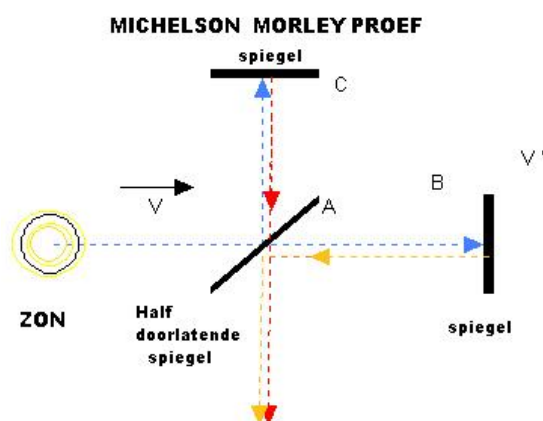
Door het gewicht (de massa) van de biljartbal wordt deze (tweedimensionale) ruimte ter

plaatse “gekromd”. Nemen we nu een knikker en schieten we deze in de richting van de biljartbal, dan hebben we kans, als we niet al te goed mikken, dat deze knikker in de trechter (“kromming”) rond de biljartbal rond gaat cirkelen. Door de wrijving zal dit spoedig afgelopen zijn, maar... als er geen wrijving zou zijn (en in de ruimte is geen of bijna geen

wrijving), dan zou die knikker rond de biljartbal blijven cirkelen! Zo zou de zon dus de ruimte krommen en de planeten (waaronder wij) zijn dus in die kromming gevangen. Dit is één verklaring die populair-wetenschappelijke schrijvers geven voor Einsteins “gekromde ruimte”. Het is al veel moeilijker, zo niet onmogelijk, om je op deze wijze voor te stellen hoe een kromming van een driedimensionale ruimte eruit ziet, maar dit zal wel te maken hebben met de beperktheid van onze (mijn) hersenen.

Terug naar de loden kogels uit een eerder hoofdstuk. Hoe is het te verklaren waarom deze twee, vrij opgehangen, loden ballen elkaar aantrekken? Deze proef is ooit genomen om de zwaartekrachtconstante te bepalen en de zwaartekrachtformule van Newton te bewijzen en te toetsen. Normaal zouden we dus zeggen dat massa’s (hier dus loden ballen) elkaar aantrekken door het fenomeen, dat we “zwaartekracht” noemen. Volgens Einstein echter zouden deze ballen dus allebei de ruimte een beetje krommen, waardoor ze iets naar elkaar toe bewegen. Zou er een soort holte (net als bij de biljartbal op het rubberdoek) in de ruimte ontstaan, een soort “ruimtevacuüm” in het elektromagnetische veld, waardoor er een soort “zuiging” ontstaat en ze naar elkaar toegedrukt worden, want zuigen is bewegen door drukverschil! Maar dan moeten we het elektromagnetische veld zien als “iets”. Maar wat dan? Die hele kleine deeltjes? Zouden die kunnen “krommen” of een soort holte vormen?

Eerder is het vroegere begrip: “ether” al genoemd, een stof die overal was, die overal doorheen ging, die overal aanwezig was en waar zich alles door en “ten opzichte van” bewoog.



Ooit werd een beroemde proef gedaan, de “proef van Michelson en Morly”, waarbij de “etherwind” gemeten zou worden. Deze proef ging als volgt: Er werd een opstelling gemaakt waarbij een bundel zonnestralen gesplitst werd. Door één lichtstraal V loodrecht op de baan van de aarde en één tegen de bewegingsrichting V’ van de aarde met elkaar te vergelijken, wilde men een interferentie-effect aantonen. Dit splitsen werd gedaan door zonnestralen met behulp van een schuinstaande, halfdoorlatende spiegel.

Fig. 6.2 Schema M.M.proef

De hele opstelling dreef in een bak met kwik en daardoor kon men het geheel ook 90 graden draaien en de proef nog eens herhalen, om onnauwkeurigheden uit te sluiten. Daar de aarde met ongeveer 30 km per seconde rond de zon cirkelt, hoopte men dus een lichteffect te zien, daar waar de lichtstralen elkaar weer ontmoetten. De ene straal ging immers 30 km sneller (of langzamer) dan de andere? Dus zouden de lichtgolven niet synchroon lopen en elkaar inhalen, waardoor er dan om de zoveel golven een uitdoving plaats zou vinden. Dit verschijnsel noemt men “interferentie”. Er bleek echter geen enkel verschil te zien, terwijl 30 km op 300 000 km per seconde (de lichtsnelheid c) toch wel degelijk een “interferentie” effect op had moeten leveren.

Ook 90 graden draaien maakte niets uit: geen interferentie. Men heeft deze proef zeer vaak herhaald, maar altijd was er dezelfde uitkomst: geen effect. Men moest dus wel concluderen dat de “etherwind” en dus de ether, zoals men zich deze toen voorstelde, niet bestond! Ook kon men de uitkomst van deze proef zien als een bevestiging van de eerdere constatering dat, hoe men de lichtsnelheid ook meet, deze altijd dezelfde is, of men beweegt of niet. Dit nu is een constatering die eigenlijk onbegrijpelijk is!

Deze conclusies: er is geen ether en men meet altijd dezelfde lichtsnelheid, brachten dan ook grote beroering in de wetenschap.

Onze professor Hendrik Lorentz en een zekere Fitzgerald hadden trouwens wel een verklaring voor het feit dat men altijd dezelfde lichtsnelheid meet: de zogenaamde Lorentz (of Fitzgerald)contractie. Lorentz (en ook Fitzgerald) veronderstelden dat lichamen (en dus ook meetlatten) krimpen, korter worden dus, naarmate ze sneller bewegen (ten opzichte van de waarnemer!). En deze “contractie” zou dus precies het snelheidsverschil compenseren! Lorentz en Fitzgerald waren op de goede weg, maar Einstein kon het met z'n relativiteitstheorie later pas écht aannemelijk verklaren. Niet alleen contractie, maar ook de “tijddilatatie” (tijduitrekking) speelt een rol.

Einstein was de eerste (of was het Lorentz?) die concludeerde dat tijd niet absoluut was, maar van beweging afhing. Hij zag in, dat de tijd merkbaar langzamer moest verstrijken, als je met hoge snelheid bewoog ten opzichte van een “waarnemer”! Zelf merk je het niet, pas als je de klokken zou vergelijken, wordt het verschil zichtbaar. En dus zullen, bij hoge snelheden en vanuit de waarnemer gezien, lichamen niet alleen korter worden, maar zal ook de tijd langzamer gaan! En... nog vreemder: bij de lichtsnelheid is alles gekrompen tot nul, de massa tot oneindig toegenomen en staat de tijd stil! Lichtdeeltjes (“fotonen”), die geen massa hebben en met de lichtsnelheid bewegen, kennen dus geen tijd!

Met een raket of wat voor transportmiddel dan ook, kan men dus nooit de lichtsnelheid bereiken, dit alles volgens Einstein! Maar toch zijn er SF (science fiction) boeken over “superluminous travel”. En ook zouden er “tachyonen” bestaan, deeltjes die sneller dan het licht bewegen! Er wordt dan ook druk getwijfeld aan Einsteins bevindingen, maar nog niemand heeft z'n theorie onderuit kunnen schoppen.

Elektromagnetisch veld

Door die proef van Michelson en Morly was men genoodzaakt de ethertheorie, terecht of onterecht, af te danken. En men heeft intussen de “ether” nu dus vervangen door het “elektromagnetische veld”! Maar ik kan niet zeggen dat de zaken er daardoor (voor mij en ik denk ook voor vele anderen) veel duidelijker en aannemelijker op geworden zijn. Inderdaad, Maxwell en andere geleerden hebben uitstekend werkende wetten en formules over het elektromagnetische veld gemaakt. Die formules lijken trouwens precies op de zwaartekrachtformules van Newton! Ongelijke ladingen trekken elkaar op de zelfde wijze als de zwaartekracht aan! En die kracht neemt ook kwadratisch af. Maar wat dit elektromagnetische veld zelf nu precies is en waar dit veld eigenlijk uit bestaat, daar wordt wel eens over gesproken, maar wijzer word je er niet van! Nog een keer:

“Een veld is een wiskundig begrip voor een' grootheid' die in ieder punt van de (betreffende) ruimte een waarde heeft”

Is dat veld overal aanwezig en is het wel overal gelijkmatig aanwezig? In het ons bekende heelal denk ik wel, want de bekendste elektromagnetische straling: licht, komt uit de verste uithoeken van het heelal!

Als we aan de vloedlijn op het strand staan, komen er, afhankelijk van weer en wind, golven aanrollen. Die golven komen van ver en planten zich voort door middel van het water. We zien ook dat er een (niet al te) constante afstand tussen de golven zit: de “golflengte”. Ze (de golven) komen, ook weer afhankelijk van het weer, met een bepaalde snelheid op ons af. Deze “frequentie” (snelheid gedeeld door de golflengte) varieert daardoor nogal. Met de frequentie bedoelen we dus het aantal golven per tijdseenheid.

We zien de golven alleen op het wateroppervlak, onder water zijn er ook golvingen, maar die zien we niet. We zouden dus kunnen zeggen dat het zeewater het veld is voor de golven, die uiteindelijk op het strand rollen en daar dood lopen, want daar is geen zee en dus geen “veld” meer. Zou dat trouwens aan de rand van het heelal ook zo zijn? Volgens mij kunnen we de zee toch wel als een “veld” zien. Overal in de zee heeft bijvoorbeeld de waterdruk een zekere waarde! En ook zien we in de golven weer andere golfjes etc. Toch mogen we, zeggen de geleerden, de zee en z'n golven niet echt te vergelijken met het elektromagnetische veld, alleen al bijvoorbeeld doordat de E.M. golven alle kanten opgaan.

Beter te vergelijken, denk ik, is geluid. Als we geluid horen, wat voor geluid dan ook, horen we iets dat óók bestaat uit golven. Geluid plant zich voort door de lucht (maar ook door andere gassen en stoffen). Is er geen lucht (of ander gas) dan is er ook geen geluid. Hier zouden we dus de lucht wel degelijk als “veld” voor de geluidsgolven kunnen zien, want ook hier zijn er grootheden, bijvoorbeeld de luchtdruk, de temperatuur of de dichtheid! En in de definitie van een veld gaat het daarover:

“Een’ grootheid’ die in ieder punt van de (betreffende) ruimte een waarde heeft.”

Ook wordt in dit “veld“ (de lucht dus) gesproken over (geluid)snelheid en frequentie, minder over golflengte. En toch mogen we van de wetenschap ook de atmosfeer niet als “veld” zien! Waarom niet? Dat heb ik nooit precies begrepen! Iets moet er toch golven? Zou het niet zo zijn, dat als je de vergelijking met geluidsgolven in de lucht accepteert, je dan ook moet aannemen dat het zogenoemde elektromagnetische veld uit iets (deeltjes?) bestaat?

In bepaalde verhandelingen wordt gesproken over “virtuele deeltjes”, deeltjes die uit het niets zouden ontstaan en na zeer korte tijd (10^{-22} seconde) weer verdwijnen. Zo zouden er voortdurend virtuele fotonen en elektronen voor zeer korte tijd opduiken en weer verdwijnen. Verder wordt ook nogal eens gesproken over zogenaamde “Planckdeeltjes”, deeltjes met zo'n kleine afmeting, in de orde van grootte van 10^{-31} meter, zó klein dat we ze nooit kunnen waarnemen!

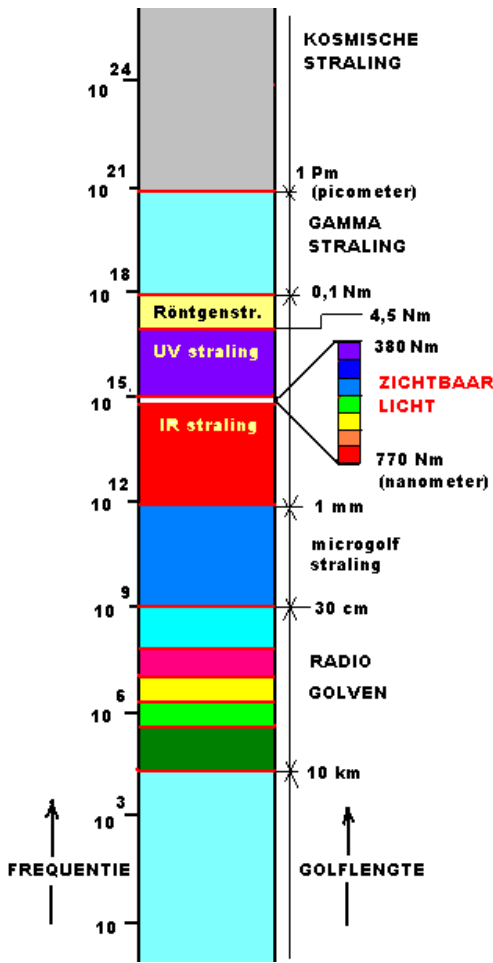
Alles in dit heelal bestaat uit golven, maar nogmaals: **wat golft er dan?** Bekijken we nu weer het “licht”: licht plant zich voort door of door middel van het elektromagnetische veld. Als er geen elektromagnetisch veld is, is er dan ook geen licht? Dat moet wel want men noemt licht een “elektromagnetische straling”, en voor zo ver men nu weet is het elektromagnetische veld, evenals het nulpuntveld, overal! Maar als we (volgens de wetenschap) een dergelijk veld niet mogen vergelijken met water of lucht, waarmee dan wel?

Eerst maar eens de elektromagnetische straling zelf. Behalve licht blijken er nog veel meer soorten elektromagnetische straling te zijn. Afhankelijk van hun golflengte worden ze in soorten ingedeeld. Van lange golflengte naar steeds kortere golflengte onderscheiden we respectievelijk: radiogolven (meters), radar of microgolven (miljoenste of “micro”meters), licht (miljardste of “nano”meters), x- en gammastralen (nog korter).

Ook licht wordt onderverdeeld, namelijk in: “onzichtbaar” infrarood (“IR”) licht, het (voor ons mensen) zichtbare licht en het eveneens onzichtbare ultraviolette (“UV”) licht. Het voor ons zichtbare licht beslaat een heel klein gebiedje tussen het IR en UV licht. Dit gebiedje (“spectrum”) van het (voor ons) zichtbare licht bevindt zich tussen golflengte 770 tot 380 nanometer. Boven de 770 Nm. (tot 1200 Nm) spreken we over IR: infrarood licht, onder de 380 Nm (tot 0,4 Nm) noemen we het UV: ultraviolet licht.

Hieronder een schemaatje van alle elektromagnetische straling, waarvan het voor ons zichtbare licht dus een heel klein deel uitmaakt. Rechts staan de golflengtes, links is de frequentie in “Hertz” uitgezet. Daar de elektromagnetische straling (in vacuüm) zich met de lichtsnelheid beweegt, zijn frequentie en golflengte onlosmakelijk met elkaar verbonden: door de lichtsnelheid “c” te delen door de golflengte krijgen we de frequentie.

Hier de verdeling van de verschillende soorten elektromagnetische “straling”. Het spectrum loopt van kosmische straling via het licht naar de radiogolven. Infrarood licht is de voor ons voelbare warmtestraling. De ultraviolette straling is, evenals de infrarode straling, onzichtbaar, maar het is wel de straling die onze huid bruint (of verbrandt). UV straling is een gevaarlijke straling en heeft een vernietigende invloed op planten en dieren. Gelukkig houdt de dampkring, vooral de ozonlaag, deze UV straling grotendeels tegen, zo lang de ozonlaag in takt blijft natuurlijk....



Bij het samenstellen van de spectrumverdeling kwam ik voor de zoveelste maal op tegenstrijdigheden. Standaardisering is niet de sterkste zijde van deze planeet! De grenzen waarbij de ene straling verandert in de volgende variëren nogal. Zo stuitte ik op verschillende bereiken voor UV, Röntgen en gammastraling.

Het volgende is al eerder genoemd: hoe korter de golflengte, hoe energierijker de straling is! Zonbankstudio's zeggen dat ze met ongevaarlijke UV (A) straling werken. Wel, eigenlijk het enige dat we daarbij moeten hopen is, dat het dan UV straling van net onder de 380 Nm en van relatief lage intensiteit is. Men beschouwt elektromagnetische straling met een golflengte tussen 380 tot 200 Nanometer als UV licht: "A", "B" en "C". De types A en B bereiken onze aarde, C (en nog korter) wordt door de atmosfeer tegengehouden! Maar er is dus ook UV straling onder de 200 Nanometer.

Fig 6.3 spectrumverdeling van het elektromagnetische veld.

Ter verduidelijking, men onderscheidt de volgende UV stralingen:

-UV "A":	golflengte 380 – 315 Nm
-UV "B":	„ 315 – 280 Nm
-UV "C":	„ 280 – 200 Nm
“Vacuüm“ straling	„ 200 – 100 Nm

Onder de 200 Nm wordt de UV straling pas echt gevaarlijk. Men noemt dat dus “vacuüm UV”. Maar...onder de 100 Nm? Die is onbenoemd, geen naam, maar we komen nu in het gebied van de “ioniserende” straling en die straling is daardoor echt gevaarlijk! Gaan we nog dieper, gaan we lager dan 4,5 Nm, dan komen we in het Röntgenstralinggebied, maar niet volgens iedereen! De grens varieert tussen 100 en 1 Nm. Ook de grens tussen Röntgen en gammastraling varieert: tussen 0,1 Nm (100 pm) en 10 Pm! Sorry, ik heb m'n best gedaan.

Nu nog even over de relatie: frequentie / golflengte. Gaan we uit van de waarde: 300.000 km per seconde voor de lichtsnelheid **c**, dan krijgen we het volgende tabelletje:

Frequentie		Golflengte	
• 1	hertz = 10^0 Hz →	300.000	Kilometer 10^3 meter
• 1	Kilohertz = 10^3 Hz →	300	Kilometer 10^3 meter
• 1	Megahertz = 10^6 Hz →	300	meter 10^0 meter
• 1	Gigahertz = 10^9 Hz →	3	Centimeter 10^{-2} meter
• 1	Terahertz = 10^{12} Hz →	0,3	Millimeter 10^{-3} meter
• 1	Petahertz = 10^{15} Hz →	300	Nanometer 10^{-9} meter
• 1	Exahertz = 10^{18} Hz →	300	Picometer 10^{-12} meter
• 1	Zettahertz = 10^{21} Hz →	300	Femtometer 10^{-15} meter
• 1	Yottahertz = 10^{24} Hz →	300	Attometer 10^{-18} meter

Nog even over UV (ultraviolet) straling in zonnebanken. Bruin worden onder een zonnebank of in een studio? Doe het niet! Ga er maar liever niet naar toe! En... als je toch gaat, dan kan je goed zien hoe je er dan later uit komt te zien. Wij allemaal kennen ze toch, die vrouwen met zo'n "mooie" bruine (rimpel)bek? Zij vinden dat blijkbaar chic of sportief. Nou, ik niet! Voor mannen is dat misschien wat minder erg, maar mooi is anders! Wat dacht je van huidkanker? Wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door UV straling! We kunnen niet helemaal zonder UV licht, voor de vorming van pigment en vitamine D, maar toch, vermijd overmatige blootstelling!

Voorbij de UV straling komt er achtereenvolgens: de Röntgen of X-straling, daarna de zeer gevaarlijke gammastraling. De tot nu toe kortste golflengte komt voor in "kosmische" straling. Kosmische straling is eigenlijk een verzamelnaam voor allerlei "straling". Het zijn allerlei verschillende deeltjes die met grote snelheid uit de ruimte op ons afkomen. Door botsing met de luchtdeeltjes in onze atmosfeer zet een deel hiervan zich om in zeer energierijke, kortgolvlige en dus zeer gevaarlijke gammastraling. En zoals bekend, hoe korter de golflengte is, hoe energierijker de straling is, hoewel natuurlijk ook de intensiteit een rol speelt. Gelukkig wordt het grootste deel van de kosmische straling uit de ruimte tegengehouden door die zelfde aardatmosfeer en vooral door het aardmagnetische veld om de aarde. Was dat niet het geval dan was de aarde onleefbaar, of zou er misschien wel een totaal andere natuur zijn ontstaan! In ieder geval is onze natuur van nu niet "UV-bestendig" en zeker niet bestand tegen straling met nog kortere golven!

Plancks kwantumformule

Dat kortgolvlige straling energierijker is blijkt uit een heel eenvoudige maar beroemde formule, de formule van Max Planck, de man van de kwantumtheorie. Door bestudering van een "zwart stralingslichaam" ontdekte hij dat energie niet geleidelijk maar in hoeveelheden, "kwanta" genoemd, vrij komt. De oorspronkelijke formule van Planck luidt:

$$E = n \cdot h \times \nu$$

Hierin is:

E = de energie (in Joules)

h = de "constante van Planck" (in joule.seconde)

ν = de golflengte van de straling (in meters)

n = een geheel getal: 1, 2, 3, 4, enz.

Deze formule bleek te gelden voor “oscillatoren” (trillende lichamen) in het algemeen en, naar later bleek: ook voor de (rust)energie van elektronen om een atoomkern. “**n**” Is dan een geheel getal (1,2,3, 4...), dat afhangt van de “schil” waarin een elektron zich bevindt.

Daar de energie van één zo’n deeltje zeer klein is, is ook die “Planckconstante” een zeer klein getal namelijk:

$6,626 \times 10^{-34}$ (j.s = joule.seconde).

(10^{-34} zou men kunnen schrijven als: één gedeeld door een één met vierendertig nullen!)

Planck was eigenlijk helemaal niet blij met z’n ontdekking, deze strookte helemaal niet met z’n eigen ideeën. Maar... Einstein en z’n collega Niels Bohr (Deense geleerde) waren wel blij! Het was een opzienbarende ontdekking waarmee eindelijk een aantal zaken kon worden verklaard.

Einstein kon hiermee eindelijk het “foto-elektrisch effect” verklaren. En... hij deed nog een ontdekking. Hij kwam tot de vaststelling dat licht (eigenlijk alle elektromagnetische straling) bestaat uit deeltjes, die een energie **E** bezitten gelijk aan aan **h.v** (zonder n want die is dan één).

Deze energiepakketjes van de elektromagnetische straling, werden later “**fotonen**” genoemd naar het Griekse woord “photos” dat licht betekent. Intussen weten we nu dus dat alle E.M. straling, dus niet alleen licht, uit fotonen bestaat en spreekt men bijvoorbeeld van “gammafotonen”. De formule voor een “**foton**” luidt dus:

$$E = h \times v$$

Deze formule laat ons duidelijk zien dat, hoe hoger de frequentie **v** is, hoe hoger E (= energie) wordt. En de frequentie wordt hoger, naarmate de golflengte korter is. Want we kunnen de golflengte eenvoudig omrekenen door de lichtsnelheid “**c**” (**300 000 000 m/s**) te delen door de frequentie:

$$\text{Golflengte } \lambda \text{ (in meter)} = c : v !$$

En ook is: $\text{Frequentie } v = \text{Golflengte } \lambda : c$

Foto-elektrisch effect

Wat houdt nu toch dat foto-elektrisch effect in waar men toen zo’n moeite mee had? Men had ontdekt dat er bij sommige metalen elektronen werden losgeslagen als men er licht op liet vallen. Het vreemde was nu dat er verschil was tussen langgolvig (rood) licht en kortgolvig (blauw violet)) licht. Bij rood licht kwamen er nauwelijks elektronen vrij. Zelfs als men de intensiteit sterk opvoerde gebeurde er niets. Maar violet licht werkte veel beter en daar nam het aantal elektronen sterk toe als men de intensiteit (hoeveelheid fotonen) verhoogde. Met de nieuwe ontdekking kon men dit ineens verklaren. Licht bestaat dus uit deeltjes (fotonen) en de “rode” fotonen hebben onvoldoende energie: te lage frequentie. De “violette” fotonen waren wel sterk genoeg, **h x v** was nu groter door de hogere frequentie **v**. Blijkbaar is er een drempelwaarde voor het losslaan van elektronen, een waarde die zich ergens tussen rood en violet licht in bevindt. Wel moest men van nu af aan aannemen dat E.M. straling zowel als golven, maar ook als deeltjes gezien moest worden, een fenomeen waarmee de wetenschap het altijd (en nog) moeilijk mee heeft gehad.

Deeltje / golf

Nog even terug naar de E.M straling. Alle elektromagnetische straling plant zich voort via het elektromagnetische veld. De voor ons meest bekende en makkelijkst voorstelbare elektromagnetische straling is het zichtbare licht, omdat onze ogen (toevallig?) voor dit heel kleine stralingsgebiedje gevoelig zijn. Alle ziende dieren en insecten hebben zintuigen (ogen) die deze straling kunnen “zien” hoewel er wel verschillen zijn. Soms zijn hun ogen voor een groter, soms voor een kleiner stralingsgebied gevoelig. Sommige zijn ook gevoelig voor IR en UV straling, maar enorme verschillen zijn er niet.

Het is eigenlijk vreemd: alle levende wezens die kunnen “zien” hebben zintuigen (“ogen”) die alleen voor dit relatief heel kleine gebiedje van het elektromagnetische spectrum gevoelig zijn. Nooit voor andere straling, want voor zover ik weet kan geen mens of dier radio- of radargolven etc. zien! De oorzaak moet liggen in het feit dat onze dampkring de meeste E.M. straling tegen houdt, behalve dit zichtbare licht.

IR (warmte)straling wordt wél gedeeltelijk doorgelaten. UV licht veel minder, deze wordt voornamelijk door de ozonlaag tegengehouden, een laag waar we de laatste tijd eindelijk wat zuiniger op zijn geworden!

We weten nu dat, volgens de inzichten van allerlei geleerden, alle elektromagnetische straling, en dus niet alleen licht, uit deeltjes bestaat, die “fotonen” genoemd worden. Het lijkt erop dat, hoe korter de golflengte is, hoe meer straling zich als deeltjes gedraagt. Er ontstond verwarring. Zijn het nu deeltjes of golven? Maar door de aanname: straling gedraagt zich soms als deeltjes, soms als golven (idee o.a. van Einstein en de Broglie) kon men wel eindelijk allerlei verschijnselen verklaren.

Fotonen zijn eigenlijk maar vreemde “deeltjes” of “golfjes”! Ze hebben geen massa, bewegen zich alleen maar met de maximale snelheid, de lichtsnelheid, door het heelal. Ze kennen daardoor geen tijd en kunnen dus ook geen afmeting hebben! Hun bereik is oneindig! Wat zijn het dan eigenlijk voor dingen? Ze hebben geen massa en dat ze toch door de zwaartekracht worden beïnvloed zou komen doordat ze wel energie hebben:

$$h \text{ (Planckconstante)} \times \nu \text{ (frequentie)}$$

En daar energie (volgens Einstein) ook een vorm van massa is, worden fotonen (en dus licht) toch beïnvloed door de zwaartekracht!

Volgens Einstein volgen de fotonen de “geodeten”, de ruimte-tijdlijnen in het heelal, die niet recht hoeven te zijn, daar ze “gekromd” worden door zwaartekrachtvelden van hemellichamen. Zo kan tijdens een zonsverduistering waargenomen worden dat ook onze zon lichtstralen afbuigt! (Indertijd een ideetje geopperd door Einstein!) Maar... die “geodeten”, wat zijn dát nou weer? Hoe zit dat? Je zou ze kunnen vergelijken met bepaalde lijnen op onze aarde. Een verbindingslijn op aarde is ook niet recht maar volgt de kromming van de aarde. Als wij van de ene plaats naar de andere rijden langs een zo recht mogelijke weg, dan is dit op aarde de kortste afstand tussen die plaatsen. Toch is deze weg aanzienlijk langer dan de echt kortste afstand: die is door de grond!

Ik weet nog dat ik in mijn middelbare schooltijd voor ’t eerst hoorde dat de kortste verbinding tussen twee punten geen rechte lijn hoefde te zijn. Het leek mij absurd maar ik heb het intussen wel kunnen accepteren. “Ruimtetijd”, “kromming van de ruimte”, het zijn allemaal begrippen van Einstein, die toen (in de vijftiger jaren) nog leefde en ook toen al beroemd was!

Op zee kreeg ik er ook mee te maken! Als wij “de lange reis” opgingen, over de oceaan dus, volgden we niet één koers, gingen niet in een rechte lijn, maar voeren “grootcirkel”. Dat was korter dan de rechte lijn (op de kaart). De aarde is een bol, de kaart is

plat! Dit “grootcirkel”varen hield ook in dat we regelmatig iets van koers moesten veranderen. En toch was dat de kortste weg! Ook vliegtuigen vliegen “grootcirkel” en volgen zo de “geodeten” van de aarde!

Maar dat “veld”, nog steeds weten we niet waar het vacuüm, het veld, het nulpuntsveld, het elektromagnetische veld zélf nu eigenlijk uit bestaat. Bestaat het inderdaad uit virtuele of planckdeeltjes? Vormen bepaalde deeltjes, waar we nog weinig van weten, het elektromagnetische veld?

Er is al vaak geopperd dat de materie eigenlijk een verschijningsvorm van het elektromagnetische veld is. Eerder is verteld dat er in het veld zo maar “deeltjesparen” spontaan verschijnen (en ook weer zeer snel verdwijnen). Iemand zei eens: “Het vacuüm is een bruisende zee van deeltjes die maar een fractie van een moment (kunnen) bestaan!” Dan moet het veld dus toch uit (zeer kleine) deeltjes bestaan?

En dan nog wat, hoe kan het veld overal zijn? En..... is het wel overal? Men heeft onlangs (begin 2004), met één van de zeer sterke telescopen in Chili, sterrenstelsels ontdekt die zich op ruim 13 miljard lichtjaar afstand van ons af zouden bevinden. Dit betekent dat het elektromagnetische veld zich in ieder geval over deze, eigenlijk onvoorstelbare grote, afstand uitstrekt. Het betekent ook dat het licht (de fotonen dus) van deze stelsels er 13 miljard jaar over doet om ons te bereiken en dat wij deze stelsels zien zoals ze 13 miljard jaar geleden er uit zagen. Intussen staan die stelsels natuurlijk al lang niet meer op de plaats waar wij ze nu zien en misschien bestaan ze wel helemaal niet meer. Als we weten dat één lichtjaar ongeveer 9,5 miljard kilometer bedraagt, praten we hier over kilometergetallen met twintig nullen! Voor die fotonen is dat geen probleem, zij kennen geen tijd, maar voor ons zijn het onvoorstelbaar (let op: géén oneindig) lange tijden en afstanden.

Einsteinfactor

Zoals gezegd: afstanden in het heelal worden gemeten in lichtjaren, de afstand die licht in een jaar aflegt. En met de snelheid van licht is, zoals al eerder vermeld, iets raars aan de hand. Het licht plant zich voort door het elektromagnetische veld met een snelheid van bijna 300 000 kilometer per seconde. Onthoud: dit geldt alléén in het luchtledige. In een vloeistof, bijvoorbeeld in water, is deze snelheid lager. Ook in de lucht is de snelheid iets lager.

We hebben gezien dat een hogere snelheid dan de lichtsnelheid, niet mogelijk is, althans dat denken de meeste geleerden. Niets kan zich (in ons heelal tenminste) sneller bewegen dan met de lichtsnelheid, zeggen zij. En ook, dankzij de Lorentzcontractie en de tijddilatatie, is deze lichtsnelheid, hoe men die ook meet, altijd de zelfde. De lichtsnelheid is dus een *natuurconstante*, die kortweg als “c” aangegeven wordt. Deze snelheid “c” komt ook voor in Einsteins beroemde formule: $E = m \cdot c^2$, waarmee “het verband tussen massa en energie” wordt aangegeven.

Waarom is dit zo, waarom is dit de absolute snelheid en waarom bedraagt deze zo’n 300 000 kilometer per seconde, waarom geen ander getal? Het getal klopt wél, metingen hebben dit intussen wel bewezen. Maar je kan dus proberen wat je wilt, niets gaat sneller dan het licht! Hoe kan dit toch? Kan het elektromagnetische veld niet meer snelheid verdragen?

Deze bevindingen over de lichtsnelheid hebben grote consequenties gehad voor de wetenschap en hebben een ander soort denken over tijd en ruimte ingeleid. Totdat Einstein kwam bepaalde Newton hoe snelheid en kracht in ons heelal in elkaar stak. Voor hem (Newton dus) was tijd iets vast, iets absoluuts.

Hoewel men dit vaak wel denkt en zegt, was het niet Einstein die deze absoluteheid van de lichtsnelheid ontdekte. Maar Einstein was wel de eerste die de consequenties van een absolute maximum snelheid (c dus) en het betrekkelijke van tijd het beste inzag en zodoende

tot de relativiteitstheorie is gekomen. Die theorie moest er wel komen, want hoe kan je anders het volgende verklaren:

Als twee auto's op een autoweg elkaar tegemoet rijden, beiden met 100 km per uur, dan is de snelheid van de ene auto ten opzichte van de andere auto $100 + 100 = 200$ km per uur. Maar... nu nemen we twee raketten die elkaar tegemoet vliegen, beide met een snelheid die in de buurt van de lichtsnelheid c ligt. Laten we bijvoorbeeld aannemen dat beide raketten elkaar naderen met snelheid: $0,6c$ (dus 180 000 km per seconde), dan zou de relatieve snelheid van de raketten ten opzichte van elkaar dus $0,6c + 0,6c = 1,2c$ bedragen. Dit kan echter niet, omdat we dan boven de absolute snelheid c komen. Albert Einstein heeft hier met z'n theorie een (wiskundige) oplossing voor gegeven, die goed werkt, maar moeilijk te accepteren is. Deze oplossing heeft Einstein afgeleid uit de zogenaamde Lorentztransformatie, een wiskundige methode van onze professor Hendrik Lorentz! Dit betekende dat er aanpassingen op de bestaande formules voor tijd en snelheid moesten komen. Die spelen echter alleen bij zeer hoge snelheden een rol en kunnen bij onze aardse snelheden verwaarloosd worden.

Voor zeer hoge snelheden gaat het als volgt. Bekijken we "lichamen" die zich (zeer snel) in de zelfde lijn bewegen, dan komt 't er op neer, dat we hun snelheden eerst gewoon optellen:

$$V1 + V2, \text{ en dan delen door een soort "Einsteinfactor": } 1 + \frac{V1 \cdot V2}{c^2}$$

De formule voor het optellen van twee snelheden $V1$ en $V2$ luidt nu dus:

$$\frac{V1 + V2}{1 + \frac{V1 \cdot V2}{c^2}}$$

Bij de snelheden: $0,6c$ van beide raketten wordt die "Einsteinfactor" dan:

$$1 + \frac{0,6c \cdot 0,6c}{c^2} = 1 + \frac{0,36c^2}{c^2} = 1,36$$

Als we nu de som van de snelheden $V1 + V2 = 1,2c$ delen door 1,36, dan komen we uit op:

$$\frac{1,2c}{1,36} = 0,882c.$$

Bij "aardse" snelheden is het product: $V1 \cdot V2$ zeer klein vergeleken bij c^2 . Nemen we bijvoorbeeld die auto's die elkaar met 100 km per uur naderen en berekenen we de relatieve snelheid volgens Einsteins speciale relativiteitstheorie (voor éénparige snelheden), dan moeten we dus de snelheden optellen en dan delen door de Einsteinfactor. De uitkomst wordt dan:

$$\frac{100 + 100}{1 + 10000/c^2} = \frac{200}{1 + 0,00000011}$$

Deze 0,00000011 maakt zo weinig verschil op de uitkomst, dat we dit rustig kunnen verwaarlozen! De "Einsteinfactor": $1 + V1 \cdot V2/c^2$ kunnen we dus, door de enorme waarde van c^2 , bij normale "aardse" snelheden, gelijk aan 1 stellen..

Maar nu nemen we eens twee elkaar tegemoet vliegende raketten, die allebei met de lichtsnelheid c reizen. Dit kan eigenlijk niet omdat de massa bij snelheid c oneindig wordt. Maar we berekenen het toch even om te kijken of de formule klopt, want ook de relatieve

snelheid, de snelheid van de ene raket ten opzichte van de andere, mag niet boven de lichtsnelheid c komen!

$$V_1 + V_2 = 2c, \text{ en dit moeten we dus delen door } 1 + V_1.V_2/c^2 .$$

$$V_1.V_2 = c \times c = c^2$$

$$\text{We krijgen nu: } 2c : (1 + c^2/c^2) = 2c : (1 + 1) = 2c : 2 = c!$$

Het klopt dus wel. Hieruit blijkt dus inderdaad dat de lichtsnelheid c de maximale snelheid is! Maar... je kunt het ook zo bekijken: Albert Einstein is uitgegaan van het feit dat de wetenschap (dus niet Albert) had vastgesteld dat c (300.000 km/s) de absolute snelheid in het heelal is. Daarvan uitgaande heeft hij de bestaande formules betreffende snelheid en tijd wiskundig zo aangepast dat de bevinding van de wetenschap betreffende de lichtsnelheid gewaarborgd blijft, wat natuurlijk een grote prestatie is. Wat deze prestatie nog groter maakt is het feit dat deze wiskundige aanpassing in werkelijkheid ook blijken te kloppen! Dat heeft men onder andere bij het bestuderen van zeer snelle deeltjes kunnen verifiëren.

Voor ons "aardlingen" kunnen we rustig de oude, eenvoudige formules van Newton blijven gebruiken. Maar... voor zeer hoge snelheden, bijvoorbeeld in deeltjesversnellers, speelt de Einstein factor dus wel degelijk een rol van betekenis. Wie er meer over weten wil en niet bang is voor wat (niet al te ingewikkelde) wiskunde, lees het boekje "Mijn Theorie" maar eens, door Albert Einstein in 1916 geschreven voor leken! Daarin staat ook de "Lorentz transformatie", uitgedacht door onze grote (Nederlandse) geleerde professor Hendrik Lorentz. De Lorentz transformatie is een wiskundige methode die de natuurwetten van stelsels, die ten opzichte van elkaar bewegen, met elkaar in overeenstemming brengt. Door Lorentz' werk werd Einstein geïnspireerd, verbond dit werk met z'n eigen denkwerk en kwam zo tot zijn meesterwerk: de "speciale" en later de "algemene relativiteitstheorie". Door dit denkwerk van Hendrik Lorentz, die hij trouwens zeer bewonderde en respecteerde, kwam Einstein ook op zijn beroemde formule:

$$\begin{array}{rcl} \mathbf{E} & = & \mathbf{m} \cdot \mathbf{c}^2 \\ \text{Energie} & = & \text{Massa} \times \text{Lichtsnelheid}^2 \end{array}$$

Al dit denkwerk dateert uit het begin van de twintigste eeuw, maar geldt nog steeds.

Intussen begint men wel aan de absoluutheid van de lichtsnelheid te twijfelen. Hoewel vrij algemeen nog steeds aangenomen wordt dat " c " de absolute snelheid en daarom dus een constante in het heelal is, wordt er tegenwoordig wel steeds meer geknaagd aan dit gegeven. Is c wel een constante en had deze c altijd dezelfde waarde?

Zo heeft o.a. de Amerikaanse (nogal alternatieve) geleerde bioloog Rupert Sheldrake geconstateerd dat in de geschiedenis van het meten van deze lichtsnelheid tamelijk grote afwijkingen voorkomen, die volgens hem niet alleen aan meetfouten geweten kunnen worden. Dat zou dan kunnen betekenen dat de lichtsnelheid c geen echte constante is, hij zou variëren. Rupert noemt de snelheid van het licht dan ook liever een "gewoonte" van de natuur in plaats van een natuurconstante.

Men heeft in 't begin van de twintigste eeuw gesteld dat de lichtsnelheid altijd dezelfde is, hoe groot de afstand ook is die het licht aflegt. De golflengte mag dan toenemen, de intensiteit mag afnemen, de snelheid blijft altijd 300 000 km/sec. (om precies te zijn $299.792.458 \pm 1,2$ meter per seconde).

De laatste tijd leest men nog al eens dat ook hierover twijfels zijn. In 2003 beweerden Australische wetenschappers dat zij geconstateerd hadden dat het licht van zeer verafgelegen sterrenstelsels zich niet meer met de exacte snelheid c beweegt! Dit was groot nieuws! Later bleek echter dat de afwijking niet meer dan enkele honderden meters per seconde bedraagt,

wat op het enorme getal van 300 miljoen meter per seconde natuurlijk weinig is. Het geeft echter wel te denken.

Intussen heeft men ook ontdekt dat, uit de vele (niet altijd accurate) metingen van de laatste 300 jaar, vrij zeker blijkt dat de lichtsnelheid in die tijd is afgenomen. Sterker nog: volgens sommigen was de lichtsnelheid vroeger zeer veel hoger (factor miljoen of meer) en nam vanaf de oerknal steeds verder af.

Als dit alles waar is dan heeft dit grote gevolgen voor de bestaande theorieën over het ontstaan en de leeftijd van het Heelal. En ook de afstanden in het heelal en daarmee de grootte van het heelal zouden dus wel eens veel kleiner kunnen zijn dan waar men nu van uit gaat.

Het is voor velen waarschijnlijk moeilijk te accepteren en er wordt heftig verzet gepleegd door de gevestigde orde, maar: **de lichtsnelheid als natuurconstante is niet meer heilig!**