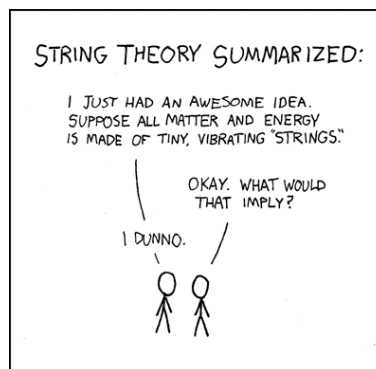


Snaartheorie

Het Elegante Universum

NATUURKUNDE
PROFIELWERKSTUK
HAVO-5I



30 maart 2008



Auteur:

W. HORDIJK

<wouterhordijk@gmail.com>

Begeleidend Docent:

H. ASSEN

“I think the problem is that the question was too broadly based...”

“Forty two?!” yelled Loonquawl. “Is that all you’ve got to show for seven and a half million years’ work?”

“I checked it very thoroughly,” said the computer, “and that quite definitely is the answer. I think the problem, to be quite honest with you, is that you’ve never actually known what the question is.”

Douglas Adams’ “The Hitchhiker’s Guide to the Galaxy”

Voorwoord

De ruimte om mij heen heeft mij altijd al gefascineerd. Van kinds af aan vroeg ik mijn vader de oren van het hoofd over de zon, de maan de sterren en alles wat daar voorbij lag. Het onvermogen al het grootse te bevatten waarvan ik maar zo'n klein deel uitmaakte bleek zich echter niet alleen naar die kant uit te strekken, want toen de klassieke natuurkunde inmiddels niet meer geheel onbekend voor mij was kreeg ik te lezen over de mogelijke verklaringen van gedragingen van deeltjes op subatomair niveau. Daar bleek een bijna net zo'n ongrijpbare werkelijkheid te zijn waarover wetenschappers zich al decennia bogen. Een theorie die in het bijzonder mijn aandacht greep was de snaartheorie: een theorie die de elegantie van het universum bewaarde door zich deeltjes en krachten voor te stellen als producten van onwaarneembare snaren.

Dit profielwerkstuk heeft als doel u een klein inzicht in de schoonheid van de snaartheorie te verschaffen en daarmee mijn handelingsdeel betreffende de opleiding HAVO voor het vak natuurkunde aan het Zadkine te Capelle aan den IJssel met goed gevolg af te sluiten.

Inhoudsopgave

Voorwoord	ii
Inhoudsopgave	iii
Lijst van Figuren	iv
Samenvatting	v
1 Introductie	1
2 Deeltjes en Golven	2
3 Snaartheorie	3
3.1 Geschiedenis	3
3.2 Inhoudelijk	4
3.3 Verschillen in Snaartheorieën	5
3.4 Nieuwe Blik	5
3.5 Macro- en Microscopische Schaal	6
3.6 Sterke en Zwakke Kernkracht	7
3.7 Samengevat	7
4 Fundamentele Theorie	9
4.1 Meer dan Snaren	9
4.2 Hoe Veel Dimensies?	9
4.3 M Theorie	10
5 Conclusie	12
Evaluatie	a
Logboek	b
Referenties	c

Lijst van figuren

1	Verskillende bestaansmogelijkheden van trillingen in een snaar. . .	4
2	Deze analogie is populair om je meerdere dimensies ‘voor te stellen’. Het menselijk waarnemingsvermogen schiet in het geval van meer dan vier dimensies echter te kort.	10

Samenvatting

In de introductie van dit werkstuk wil ik een korte introductie houden over de wetenschap die zich bezighoudt met snaartheorie: de theoretische natuurkunde. Vervolgens zullen in sectie 2 de basisbegrippen achter snaartheorie worden toegelicht.

In sectie 3 komt dan de snaartheorie zelf aan bod. Hierin wordt Einstein's relativiteitstheorie in verband gebracht met Newton's klassieke mechanica en wordt aangetoond dat een verband tussen de verklaring van natuurgedrag op macroscopische en op microscopische schaal nodig zijn om een alomvattende theorie op te stellen. In deze sectie wordt tevens ingegaan op de verschillende snaartheorieën die bestaan en de verschillen en overeenkomsten hiertussen zullen kort worden toegelicht.

In de laatste sectie wordt er ingegaan op het principe van de Theorie van Alles: de theorie die alle natuurverschijnselen op alle schalen zou moeten kunnen beschrijven. Deze sectie is het meest gebaseerd op speculatie van vooraanstaande wetenschappers en zodoende (nog) niet bewezen. Het is desalniettemin van een toevoegende waarde aangezien bepaalde wetenschappers een zekere geloofwaardigheid hebben verkregen door hun onderzoeken met baanbrekende resultaten. In deze sectie wordt onder andere aandacht besteed aan de verwachtingen en voorspellingen van deze wetenschappers ten slotte wordt in sectie 5 een eigen visie van de auteur geprojecteerd over dit onderwerp.

1 Introductie

“In de theoretische natuurkunde streeft men ernaar natuurverschijnselen te omschrijven middels een wiskundige uitleg en zodoende het verkregen model toe te passen opdat waarnemingen uit de natuur nauwkeurig kunnen worden verklaard en voorspeld.”

Zo omschrijft de Encyclopaedia Britannica [4] het begrip ‘Theoretische Natuurkunde’.

Toen Sir Isaac Newton begon met het uiteenzetten van zijn ideeën over de algemene bewegingsleer, waren mensen al bezig geweest om bijvoorbeeld bouwwerken te ontwerpen met behulp van algebra en meetkunde. Algebra en meetkunde beperkten zich echter tot slechts het omschrijven van stilstaande dingen. Om bewegende of veranderlijke dingen te omschrijven en te voorspellen introduceerde Newton het concept van analyse.

De mens heeft zich altijd al bezig gehouden met wat zich om hem heen afspeelde: het bewegen van de zon, de maan, de planeten en de sterren. Met Newton’s concept van analyse in combinatie met zijn bewegingsleer kon er een wiskundig model worden opgesteld dat niet alleen een beschrijving leverde voor de werkende zwaartekracht(en), en daarmee samenhangend de beweging van planeten en sterren, maar ook voor kanonskogelbanen en slingersystemen hier op aarde. Huidige wetenschappers zijn continue bezig met het verkennen van de grenzen van het hedendaagse wiskundige inzicht en vinden daarbij soms nieuwe methoden om een probleem aan te pakken zoals Newton dat deed met zijn analyseprincipe.

Newton was zowel een theoreticus als een empiricus: hij heeft veel tijd en energie, totdat zelfs zijn gezondheid hiervan de dupe begon te worden, in het observeren van de natuur met als doel een betere beschrijving voor zijn waarnemingen te kunnen opstellen gestoken. Newton’s “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*” is zodoende geen regelboek waaraan de natuur zich dient te houden, maar een wiskundige beschrijving van de waarnemingen van het gedrag van de natuur. In de tijd van Newton gingen het opstellen van een theorie en het experimenteren hand in hand.

Vandaag de dag wordt er een sterk onderscheid gemaakt tussen theoretici en empirici. Zowel experimenteren als theoretiseren is tegenwoordig veel complexer dan in de tijd van Newton. Theoretici verkennen nu gebieden van de natuur in vormen van wiskunde die (nog) niet aantoonbaar zijn met experimenten. Veel van de wiskundige theoriën die nu worden ontwikkeld zullen niet binnen een aanzienlijke tijd getoetst kunnen worden aan de fysische werkelijkheid: theoretici zullen moeten accepteren dat de theoriën die zij ontwikkelen van een onzekere en dubbelzinnige aard zijn.

In dit werkstuk wil ik ingaan op deze vorm van natuurkunde, die de basis legt voor de toegepaste natuurkunde zoals wij die meekrijgen van de middelbare school.

2 Deeltjes en Golven

In de 18^e en 19^e eeuw werden Newton's analysemethode en beschrijving van de werking van de zwaartekracht algemeen aanvaard binnen de natuurwetenschap en nieuwe natuurkundige onderwerpen zoals elektromagnetisme leunden op dit principe. Analyse bewees een stabiele theorie te zijn waarop andere theoriën konden steunen en ontwikkelde zich op die wijze tot bouwsteen van de moderne natuurkunde.

Toen elektromagnetische velden zorgvuldig waren omschreven met behulp van de wiskunde waren veel natuurkundigen ervan overtuigd dat er op het gebied van de natuurkunde niets meer viel te ontdekken: alles kon worden verklaard aan de hand van de tot dan toe ontwikkelde wiskundige modellen.

Kort daarna werd het elektron ontdekt waarmee de deeltjesfysica geboren was. Met behulp van de wiskunde achter quantummechanica en empirische observatie kon men er van uitgaan dat alle bekende deeltjes in twee groepen waren onder te brengen: bosonen en fermionen. Bosonen werden opgevat als de deeltjes die krachten overbrengen: zodoende kunnen er meerdere bosonen op dezelfde plaats aanwezig zijn. Fermionen kunnen dit niet: slechts één fermion kan zich op een gegeven moment op een bepaalde plaats bevinden. Vanwege deze eigenschap werden fermionen beschouwd als de deeltjes waaruit materie is opgebouwd: materie werd tenslotte niet geacht zich door elkaar heen te kunnen bewegen in tegenstelling tot krachten die daarin geen problemen ondervinden.

Terwijl de deeltjesfysica (wanneer we het begin van die wetenschap toeschrijven aan de ontdekking van het elektron door J.J. Thomson in 1897) zich wist te ontwikkelen, wezen meerdere waarnemingen aan dat licht, dat toen als een elektromagnetische straling werd opgevat, zich in een vacuüm met een vaste snelheid voortbeweegt, ongeacht de richting en de waarnemer. Deze ontdekking en het wiskundige model wat Albert Einstein hiervoor opstelde in zijn "Relativity: the Special and General Theory" [1] werd later gecombineerd met het tot dan toe bekende van de quantummechanica en leverde nieuwe wetenschappelijke stroming op van de relativistische quantumtheorie. Dit werd het fundament waarop de huidige theoretische natuurkunde nog steeds steunt: het stelde wetenschappers in de tweede helft van de 20^e eeuw in staat het gedrag van subatomaire deeltjes te beschrijven.

De volgende stap was het door Einstein samenvoegen van de speciale relativiteitstheorie met Newton's zwaartekrachttheorie. Het resultaat was de algemene relativiteitstheorie. Dit bracht de wiskunde binnen de natuurkunde op een geheel nieuw niveau: differentiaalvergelijkingen deden hun intrede en werden noodzakelijk om de nieuwe theoriën te ondersteunen.

De algemene relativiteitstheorie heeft veel succes geboekt wat betreft het omschrijven van de natuur, maar leidde ook tot twee conclusies die de natuurkundige verbeeldingen te boven gingen: namelijk het uitdijende heelal en het concept van zwarte gaten die in de wiskundige zin in strijd waren met het gehele principe van realiteit en bestaan.

3 Snaartheorie

3.1 Geschiedenis

Een probleem dat ontstond was dat de relativistische quantumtheorie prima in staat was het gedrag van elementaire deeltjes vast te stellen, te beschrijven en te voorspellen, maar alleen wanneer de zwaartekracht geen invloed had op het experiment en dus buiten beschouwing zou worden gelaten. De deeltjestheorie leek alleen op te gaan zonder de zwaartekrachttheorie.

De algemene relativiteitstheorie heeft ons een ontzettend inzicht doen verkrijgen in het universum, de banen van planeten, de ontwikkeling van sterren en sterrenstelsels, de Big Bang en de relatief recent ontdekte zwarte gaten en gravitatielenzen. Ondanks dat, werkt deze theorie enkel wanneer we de quantummechanica buiten beschouwing laten. Wanneer we dus bezig zijn het heelal op macroscopische schaal te beschrijven volstaat de klassieke leer, wanneer we dit op microscopische schaal doen moeten we ons beroepen op de quantummechanica, echter *beide theoriën zijn niet samen te gebruiken*. Er zijn theoretici die beweren dat de Snaartheorie het gat tussen deze bestaande theoriën weet te dichten.

Oorspronkelijk is de snaartheorie ontwikkeld om een uitleg te geven aan de waargenomen relatie tussen massa en spin van bepaalde deeltjes die hadronen, waaronder bijvoorbeeld protonen en neutronen vallen, worden genoemd. Dit liep echter op niets uit en de theorie werd vervangen door de quantumchromodynamica die een betere verklaring leek te geven.

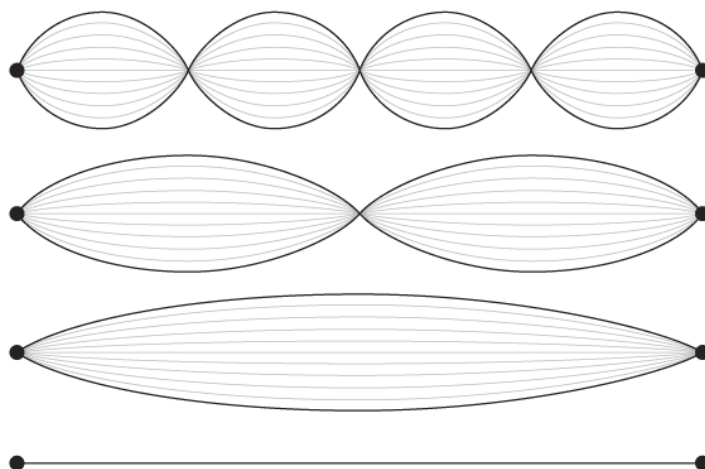
Deeltjes worden binnen de snaartheorie uitgelegd als trillingen van een snaar die de eigenschappen als massa en spin aan het deeltje geven en de snaartheorie stelt op die wijze ook de mogelijkheid voor het bestaan van een deeltje met een massa van 0 en twee eenheden spin.

Als er een goede quantumtheorie zou zijn voor zwaartekracht, dan zou het boson (het deeltje dat de kracht overbrengt) een massa van 0 hebben en twee eenheden spin. Theoretische natuurkundigen zijn het al lange tijd over deze eigenschappen eens en hadden dit theoretische deeltje reeds het graviton gedoopt.

Deze veronderstelling leidde ertoe dat de eerste snaartheoretici er van uitgingen dat de snaartheorie niet moest worden toegepast op hadronen (bosonen) maar op gravitonen en zo de quantumzwaartekracht geïntroduceerd kon worden: hetgeen waarnaar natuurkundigen al decennia op zoek waren geweest en een einde zou betekenen van de dualiteit tussen enerzijds de quantummechanica en anderzijds de algemene relativiteitstheorie.

Het feit dat het bestaan van een deeltje als het graviton werd voorspeld door de snaartheorie was echter niet voldoende. Men kan wel een graviton toevoegen aan de quantumtheorie maar op dat moment gaan de bestaande berekeningen voor het beschrijven van het gedrag van botsende deeltjes niet meer op: volgens de quantummechanica vindt de interactie tussen deeltjes plaats op een ruimtetijd afstand van 0, en voor zo'n afstand houdt de gehele algemene relativiteitstheorie geen stand meer. De snaartheorie stelt echter tevens dat interactie tussen deeltjes kan worden voorgesteld als een botsing van snaren waarbij er dus sprake is van een afstand tot de deeltjes bij interactie, hoewel zeer klein. Dit maakt het toepassen van de algemene relativiteitstheorie *wel* weer van nut.

Hoewel dit niet betekent dat de snaartheorie als leidende theorie kan worden



Figuur 1: Verschillende bestaansmogelijkheden van trillingen in een snaar.

aangenomen, biedt hij wel een oplossing voor het probleem van de 0-afstand en heeft ervoor gezorgd dat quantumzwaartekracht kan worden beschreven waardoor snaren als verklaring kunnen dienen voor het bestaan van een deeltje dat de zwaartekracht overbrengt.

3.2 Inhoudelijk

Als metafoer kan er bij het voorstellen van de snaartheorie het trillen van een gitaarsnaar worden gebruikt. De krachtspanning die op de snaar staat bepaalt de trillingsfrequentie en zo in combinatie met de manier waarop de snaar wordt aangeslagen de toon die de snaar voortbrengt, waarbij het dus gaat om boven-tonen van de snaar. Je kunt de noten opvatten als bestaansmogelijkheden van de gespannen snaar.

Op eenzelfde manier kan je stellen dat in de snaartheorie elementaire deeltjes beschouwd kunnen worden als muzieknoden die ontstaan door de bestaansmogelijkheden van de elementaire snaren.

In de snaartheorie moet, net als bij een gitaarsnaar, de snaar uitgerekt worden in een staat van krachtspanning om een bestaan te verkrijgen. Echter, de snaren uit de snaartheorie bevinden zich in de ruimtetijd en zitten dus niet vast aan een gitaar. Ondanks dat, staat er toch een krachtspanning op. De snaarspanning in de snaartheorie wordt uitgedrukt in $\frac{1}{2pa'}$, waarin a' staat voor het kwadraat van de lengte van de snaar.

Wil de snaartheorie volstaan als theorie voor quantumzwaartekracht, dan zou de gemiddelde grootte van een snaar in de buurt moeten zitten van de lengteschaal van quantumzwaartekracht, genaamde de Planklengte die ongeveer $1 \cdot 10^{-35}$ meter groot is. Dit heeft echter tot gevolg dat snaren met geen huidige of de in de nabije toekomst liggende mogelijkheden waar te nemen zijn, dus snaartheoretici zullen hun bewijzen voor het bestaan ervan op andere vlakken moeten aanvoeren.

Snaartheoriën worden onderverdeeld in snaren die gesloten en snaren die open zijn, en of het deeltjesspectrum het bestaan van fermionen toelaat of niet. Om fermionen op te kunnen nemen in de snaartheorie, moet er een speciaal soort symmetrie bestaan die wordt aangeduid met de term ‘supersymmetrie’. Deze theorie houdt in dat voor ieder boson dat er bestaat (het soort deeltje dat krachten overdraagt) er een corresponderend fermion bestaat (het soort deeltje waaruit materie voortkomt). Supersymmetrie creeërt een verband tussen deze twee soorten deeltjes.

De theoretische supersymmetrie is nog niet aangetoond door waarneming, maar theoretici geloven dat dit komt omdat supersymmetrische deeltjes te massief zijn voor de bestaande deeltjesversnellers. Er wordt verwacht dat er nog deze eeuw deeltjesversnellers gebouwd kunnen worden die op het bestaan van deze energierijke supersymmetrie kunnen wijzen. Wanneer dit kan worden aangetoond is er een goede reden om aan te nemen dat de snaartheorie een doeltreffend model is om de natuur op haar kleinste schaal te omschrijven.

3.3 Verschillen in Snaartheorieën

Er zijn verschillende manieren waarop theoretici snaartheorieën kunnen ontwikkelen. Men begint met het elementaire ingrediënt: een bewegende, kleine snaar. Vervolgens wordt er bepaald of het een open of een gesloten snaar betreft. De volgende vraag wordt of het bestaan van slechts bosonen voldoet of dat er een noodzaak is voor de aanwezigheid van fermionen om de theorie kloppend te maken. Hierbij worden deeltjes beschouwd als noten die worden voortgebracht door het trillen van een snaar.

Als het antwoord op de laatst gestelde vraag luidt dat slechts het bestaan van bosonen voldoende is om de theorie te staven, dan volgt daaruit een bosonische snaartheorie. Als materie ook een deel van de theorie uitmaakt dan komt daar een theorie uit voort die het bestaan van een supersymmetrie vereist wat inhoudt dat er een balans bestaat tussen bosonen en fermionen. Een supersymmetrische snaartheorie wordt een supersnaartheorie genoemd waarop inmiddels vijf varianten zijn bedacht.

De laatste vraag die speelt bij het opstellen van een snaartheorie is de vraag of quantummechanica zinvol is toe te passen. Voor bosonische snaartheorieën wordt deze vraag alleen beantwoord indien we uitgaan van een ruimtetijd die uit 26 dimensies bestaat. Als we het over supersnaren hebben, volstaan tien dimensies. Hoe we vanuit hier de snaartheorieën kunnen herleiden naar de door ons waargenomen vier dimensies is een heel ander verhaal.

3.4 Nieuwe Blick

Op een gegeven moment hadden theoretici het stadium bereikt waarin plaats was voor vijf verschillende supersnaartheorieën: Type I, Type IIA en IIB en de twee hybride theorieën van bosonische en supersnaartheorieën. De gedachte was dat vanuit deze vijf theorieën er een zou gelden voor de Theorie van Alles; dit zou de theorie zijn die met zijn lage energielimiet vanuit tien dimensies werkzaam zou zijn op ‘onze’ vier dimensies en zo overeen zou komen met onze waarnemingen in de wereld. De andere theorieën zouden logischerwijs worden afgewezen omdat er geen behoefte meer aan zou zijn wanneer de enige geldige theorie aangewezen zou worden.

Nu wordt echter ingezien dat dit beeld niet klopt en dat de vijf aparte theorieën iets met elkaar te maken lijken te hebben en alle een uiting zijn van een fundamentele theorie die daar onder ligt. Deze theorieën zijn in zogenaamde dualiteit met elkaar: de ene theorie kan dusdanig worden getransformeerd zodat hij er precies uit kan komen te zien als een andere theorie. De twee theorieën zijn dan zogezegd *duaal ten opzichte van elkaar onder de transformatie*.

Deze dualiteiten wijzen op overeenkomsten van eigenschappen van de theorieën die eerder als eigen werden beschouwd. Macroscopische en microscopische schaal, zwakke en sterke kernkracht: deze eigenschappen hebben altijd heel specifiek limieten van het gedrag van een fysisch systeem kunnen beschrijven, in zowel de klassieke mechanica als in de quantum deeltjesfysica. Snaren daarentegen gaan de verschillen tussen klein en groot of zwak en sterk te boven en daarom kan het dat deze vijf verschillende theorieën toch overeenkomstig zijn.

3.5 Macro- en Microscopische Schaal

De dualiteitsymmetrie die ervoor zorgt dat onderscheid tussen macro- en microscopische schalen niet meer gemaakt hoeft te worden wordt T-dualiteit genoemd en komt voort uit het samentrekken van extra ruimtedimensies tot een tiendimensionale supersnaartheorie.

Stel dat het universum is opgebouwd uit tien ruimtetijdsmatenschappen: ervan uitgaand dat dit inhoudt dat er negen ruimtelijke dimensies zijn en een voor tijd. Neem een van die negen dimensies en buig hem rond totdat er een cirkel ontstaat met een straal r . De afstand die je over de cirkel aflegt om vervolgens weer uit te komen op de plek waar je begon kunnen we uitdrukken als $l = 2\pi r$.

Een deeltje dat over deze cirkel reist zal een bepaalde frequentie vinden in zijn reis rond de cirkel, wat bijdraagt aan de energiewaarde van het deeltje. In een snaar echter werkt dit heel anders omdat behalve dat een deeltje om de cirkel kan bewegen, een snaar ook nog in staat is zich rond de cirkel te wikkelen. Het aantal keer dat een snaar rond de cirkel gewikkeld zit wordt het windingnummer genoemd en draagt ook bij aan de energiewaarde van het deeltje.

Het aparte van snaartheorie is nu dat de waarden die voortkomen uit die frequenties en windingnummers kunnen worden omgewisseld, zolang de straal r van de cirkel daarbij ook wordt vermenigvuldigd met $\frac{l_{st}^2}{r}$, waarbij l_{st} staat voor de lengte van de snaar.

Op het moment dat r veel kleiner wordt dan de lengte van de snaar, dan wordt de hoeveelheid $\frac{l_{st}^2}{r}$ heel groot. Het uitwisselen van de beweging langs de snaar en het windingnummer betekent zodoende tevens het uitwisselen van een grote afstand met een kleine afstand.

Dit type dualiteit wordt T-dualiteit genoemd. T-dualiteit brengt de supersnaartheorieën Type IIA en Type IIB samen, wat inhoudt dat als we een van die twee theorieën nemen en die uitdrukken als zijnde op een cirkel, vervolgens de beweging en het windingnummer omwisselen en daarmee de afstandsschaal veranderen wordt de ene theorie in feite de andere. De twee hybride theorieën zijn op precies dezelfde manier met elkaar verbonden.

Op deze wijze doet T-dualiteit het verschil tussen beschrijvingen op macro- en op microscopische schaal verdwijnen. Wat eruitziet als een grote afstand ten opzichte van de beweging van een snaar ‘over de cirkel’ ziet er als een kleine afstand uit ten opzichte van de winding van de snaar ‘om de cirkel’. Dit druist

in tegen de tot dan toe bekende visies op het gebied van natuurkunde die reeds stand hielden sinds de tijd van Kepler en Newton.

3.6 Sterke en Zwakke Kernkracht

Wat is een koppelconstante? Met de bindingsconstante wordt een waarde bedoeld die aangeeft hoe sterk twee systemen op elkaar inwerken. De constante van Newton is bijvoorbeeld de koppelconstante voor de zwaartekracht. Als deze constante twee keer zo groot zou zijn, dan zouden we twee keer zoveel zwaartekracht ervaren: zowel op ons eigen lichaam als op dat van de zon, de maan enzovoort. Een grote koppelconstante impliceert een grote kracht, een kleine koppelconstante een zwakke kracht.

Iedere kracht heeft een koppelconstante. Bij elektromagnetisme is de koppelingsconstante proportioneel verbonden aan het kwadraat van de elektrische lading. Wanneer fysici het quantumgedrag van elektromagnetisme onderzoeken, kunnen ze niet de hele theorie in een keer toepassen. Daarom wordt het onderzoek in kleinere stukken opgedeeld: ieder stuk bevat een deel van de kracht van de koppelconstante. Bij ‘gewone’ energieniveaus is de koppelconstante klein en kunnen de eerste opgeloste stukjes al een goede voorspelling opleveren van het eindantwoord. Wanneer de koppelconstante echter groot begint te worden, hebben de afzonderlijke stukjes geen waarde meer en doen geen voorspelling meer over het totaalplaatje.

Op deze manier kan het ook binnen een snaartheorie lopen. Snaartheorieën hebben ook een koppelconstante, echter is dit geen vast getal maar een variabele die afhangt van de trilvariëaties in de snaar. Dit wordt *dilatatie* genoemd. Omdat er een sterke wisseling is in het dilatieveld is er ook een sterke wisselwerking tussen een grote en een kleine koppelconstante.

Deze symmetrie staat bekend als de S-dualiteit. Als twee snaartheorieën met elkaar zijn verbonden door deze dualiteit, dan wil dat zeggen dat de ene theorie die er een grote koppelconstante op nahoudt in balans is met de andere theorie die een kleine koppelconstante eist. De theorie met de zwakke koppelconstante kan gemakkelijker worden aangetoond en bewezen en daarmee in feite dus ook de theorie met de sterke koppelconstante.

De supersnaartheorieën die met elkaar verbonden zijn door middel van de S-dualiteit zijn Type I en Hybride SO(32), en Type IIB en zichzelf.

3.7 Samengevat

T-dualiteit is zo bijzonder omdat het een eigenschap is die deeltjes niet kunnen hebben: zij kunnen zich tenslotte niet als een snaar rond een cirkel wikkelen.

Indien de snaartheorie een geldige theorie voor de omschrijving van de natuur inhoudt, dan impliceert dit dat op een bepaald niveau de onderverdeling tussen grote en kleine schalen geen vast gegeven is, maar een dynamische onderverdeling afhankelijk van de manier waarop we afstand meten en de toestand daarvan.

Hetzelfde geldt voor S-dualiteit, welke beschrijft dat de zwakke koppelkracht van de ene snaartheorie te vertalen valt naar de sterke koppelkracht van de andere snaartheorie.

Dit klinkt alsof het ingaat tegen iedere vorm van de huidige geaccepteerde natuurkunde maar is in feite een reële uitkomst voor de quantumtheorie achter

zwaartekracht omdat Einstein's zwaartekrachttheorie[1, 2] ons uitlegt hoe hoe de omvang van objecten van invloed is op de vorm van de ruimtetijd.

4 Fundamentele Theorie

4.1 Meer dan Snaren

Een andere opzienbare openbaring is dat de supersnaartheorieën niet alleen gelden voor eendimensionale objecten. Binnen de snaartheorie bestaan er objecten die zich manifesteren op tot negen dimensies, deze objecten worden p-branen genoemd. Als we denken aan wat we verstaan onder branen, zouden we volgens deze theorie een membraan een twee-braan noemen, een snaar zou een een-braan zijn en een punt is een nul-braan.

Waaruit is een p-braan opgebouwd? Een p-braan is een ruimtetijdobject dat een oplossing biedt voor de Einsteinvergelijking betreffende de lage energielimiet uit de supersnaartheorie, wat de energiedichtheden van de energievelden die niet met zwaartekracht te maken hebben een plaats kan geven in een p-dimensionale subruimte, ergens in de negen ruimtedimensie uit de theorie. Bijvoorbeeld, in een oplossing die een elektrische lading bevat waarbij de energiedichtheid van het elektromagnetische veld verdeeld zou worden over een lijn in de ruimtetijd, dan zou deze eendimensionale lijn worden opgevat als een p-braan met de eigenschap $p = 1$.

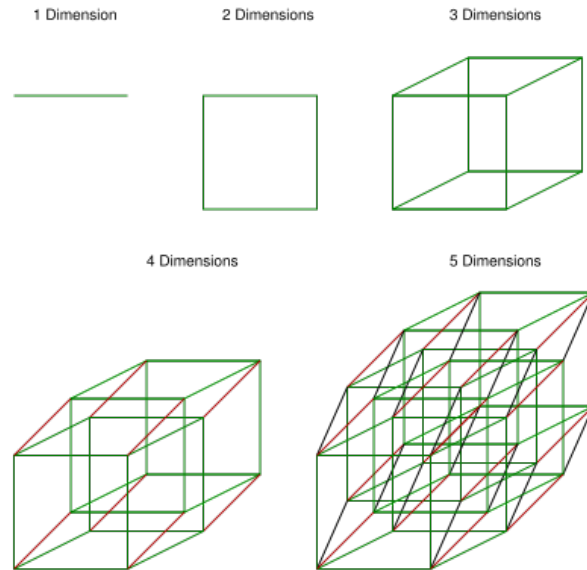
Een speciale orde p-branen binnen de snaartheorie worden de D branen genoemd. Het D braan kan worden uitgelegd als een p-braan waarop de uiteindes van snaren uitkomen. Een D braan brengt houdt zodoende het verband tussen alle snaren. Het had lang geduurd voordat deze objecten binnen de snaartheorie waren bedacht omdat ze diep verschillen zitten in de wiskunde achter de T-dualiteit. D branen spelen een belangrijke rol bij het begrijpen van het concept van zwarte gaten binnen de snaartheorie, vooral bij het tellen van de quantumtoestanden die leiden tot een zwart gat. Deze uitleg was een belangrijke overwinning voor de snaartheorie.

4.2 Hoe Veel Dimensies?

Voordat de snaartheorie de volledige aandacht van de vooraanstaanden van de theoretische natuurkunde had, was de meest populaire theorie die het meest correct de natuur beschreef en voorspelde een theorie die uitging van elf dimensies en superzwaartekracht, wat een supersymmetrie inhoudt die gecombineerd wordt met zwaartekracht. De ruimtetijd die uit elf dimensies zou bestaan werden ineen gepropt op bijvoorbeeld een kleine, vierdimensionale bol waardoor er nog vier ruimtetijd dimensie overbleven voor waarnemers die op afstand waren.

Deze theorie ging niet op als zijnde een geünificeerde theorie voor deeltjes, omdat het geen vastomschreven quantumlimiet ommvatte zoals dat wel het geval is bij de puntdeeltjestheorie. Toch zou deze elfdimensionale theorie niet ten onder gaan, maar zelfs een terugkeer maken in de vorm van de sterke koppelmiet die men tegenkwam in de tiendimensionale supersnaartheorie.

Hoe kon een supersnaartheorie met tien ruimtetijddimensies veranderen in een superzwaartekrachtheorie met elf ruimtetijddimensies? We weten al dat dualiteiten op een relatie kunnen wijzen tussen twee heel verschillende theorieën, het verschil tussen grote afstanden en kleine afstanden kunnen doen verdwijnen en sterke koppekracht met zwakke koppelkracht kan uitwisselen. Zodoende zou er dus een dualiteitsrelatie moeten bestaan die de relatie tussen de tiendimensionale supersnaartheorie en de theorie die elf ruimtetijddimensies vereist.



Figuur 2: Deze analogie is populair om je meerdere dimensies ‘voor te stellen’. Het menselijk waarnemingsvermogen schiet in het geval van meer dan vier dimensies echter te kort.

Omdat we weten dat alle snaartheorieën op de een of andere wijze met elkaar verbonden zijn en een overkoepelende theorie hen allemaal zou moeten kunnen beschrijven zouden we ons kunnen afvragen of die over overkoepelende theorie misschien bestaat met behulp van elf dimensies. Dit brengt ons tot de M theorie.

4.3 M Theorie

De M theorie beschrijft een realiteit die uit elf dimensies bestaat waarin de lage energielimiet wordt beschreven door de eerder genoemde superzwaartekracht. Er wordt echter meer gezocht achter deze M theorie, sommige wetenschappers geloven dat dit het opstapje is naar de Theorie van Alles van waaruit de andere supersnaartheorieën kunnen worden afgeleid.

De fundamentele M theorie is nog niet achterhaald, maar er is al wel flink onderzoek naar geweest en de manier waarop het met zijn elf dimensies in verband staat met de tiendimensionale supersnaartheorieën.

In de M theorie wordt er ook gesproken over branen, maar hier hebben we het over M branen in plaats van D branen. Een bepaalde klasse van het soort branen in de M theorie spreidt zich over twee dimensies en staat bekend als de M2 braan.

Stel je nu de tien dimensies uit de M theories voor als een compacte cirkel met een straal r . Als je nu de M2 braan over een van zijn twee ruimtelijke dimensies om die cirkel heen windt, ontstaat er iets wat te vergelijken is met de fundamentele snaar (Een-braan) van het type wat we terugvinden in de IIA supersnaartheorie. Dit IIA type lijkt in eerste instantie een tiendimensionale

theorie, maar onthult hierdoor een extra dimensie en betreft er op die wijze de sterke koppelkracht bij waardoor er weer overeenstemming is met de M theorie.

De fundamentele theorie achter snaartheorie is nog steeds niet achterhaald, maar vanwege al deze verwantschappen moet het wel een interessante en rijke theorie waar dingen als afstand, sterkte en dimensies niet vaststaan, maar volledig afhankelijk zijn van de waarnemer.

5 Conclusie

Het verbinden van een treffende conclusie aan een ingewikkeld principe dat veel uitleg behoeft is niet eenvoudig. Wellicht is het ook niet van belang een conclusie te verbinden aan het principe van de theorie, maar aan de manier van denken. De manier van denken van vooraanstaande mensen is bepalend voor hoe de wereld wordt gezien, beschreven en omschreven. Wanneer er iemand opstaat die er een andere zienswijze op nahoudt kan dit wetenschappelijke revoluties teweeg brengen, zoals de geschiedenis ons dat leert in de gevallen van Newton, Einstein of Hawking.

Revoluties dragen niet voor niets de naam die zij doen: zij ondervinden weerstand van het overheersende gedachtegoed, de massa, of een bepalend systeem als de economie, en betekenen tevens een drastische verandering waardoor er nooit meer met dezelfde ogen naar te wereld gekeken kan worden. Zij schrijven geschiedenis, maar bepalen feitelijk de toekomst.

Het idee om af te stappen van de klassieke denkbeelden van het los zien van materie (dat voorstellend als tastbaar) en krachten (dat voorstellend als ontastbaar, al dan niet onuitlegbaar) heeft ingrijpende gevolgen voor ons begrip van de wereld om ons heen.

Door vervolgens nog een stap verder te gaan en te pogen de nieuw gevonden theoriën te verbinden aan de bestaande theoriën en ze zodoende in overeenstemming te laten zijn met elkaar met als doel de Theorie van Alles op te kunnen stellen is een misschien onhaalbaar streven. Zijn wij mensen überhaupt in staat de wereld om ons heen tot in evenwel in het kleinste detail als in het grootste opzicht te kunnen begrijpen? Hoe lang je een hond ook een algebra uitlegt, hij zal het niet leren omdat zijn hersenen daarvoor niet ontwikkeld zijn. Zijn onze mensenhersenen ontwikkeld genoeg om 'alles' te begrijpen? Is sowieso voor de een het begrip 'alles' hetzelfde als voor de ander?

In dit werkstuk worden gegevens als afstand en tijd, die tijden lang voor waar en onveranderlijk werden aangenomen, in twijfel getrokken en in hun geheel zelfs onder dezelfde noemer geplaatst. Dankzij deze sceptische houding jegens het tot dan toe 'absolute' konden de snaartheoriën worden ontwikkeld die zijn beschreven en die ons alles een stapje dichterbij een completer begrip hebben gebracht, in de hoop er ooit één fundamentele theorie van te smeden.

Evaluatie

Dit profielwerkstuk is een leerzame gebeurtenis geweest en heeft met name bijgedragen aan het vermogen op de wat langere termijn zaken in te plannen. Hoewel ikzelf al enige tijd hobbymatig met dit onderwerp bezig was, blijft het een gecompliceerde verzameling van theoriën en is het lastig de juiste informatie te filteren en ‘kort’ weer te geven. Dit heeft waarschijnlijk als oorzaak dat er nog steeds nieuwe ontwikkelingen zijn op het gebied van snaartheorie maar tegelijkertijd ook veel kritiek van sceptici, behalve dat het een ver strekkend en uitgebreid onderwerp is.

Evengoed heb ik plezier beleefd aan het schrijven van dit werkstuk en het doen van onderzoek daarvoor. Ik weet niet of dit een onderwerp is waar ik me met een toekomstige opleiding mee bezig ga houden, maar het blijft voor mij evengoed een interessante ontwikkeling en is hoe dan ook de moeite van het volgen waard.

Logboek

Datum	Plaats	Activiteit	Duur	Totaal
26-09-2007	school	voorlichting onderwerp keuze	1 uur	1 uur
12-10-2007	school / thuis	opdoen van inspiratie en verdieping in keuze onderwerp	1 uur	2 uur
19-10-2007	school / thuis	idem	1 uur	3 uur
26-10-2007	school / thuis	idem	1 uur	4 uur
01-11-2007	thuis	constructie Plan van Aanpak	3 uur	7 uur
08-11-2007	thuis	verwerken van informatie	2 uur	9 uur
15-11-2007	thuis	constructie structuuropzet	2 uur	11 uur
22-11-2007	thuis	invoeren van informatie	2 uur	13 uur
24-11-2007	thuis	idem	2 uur	15 uur
01-12-2007	thuis	preparatie voor indiening concept	3 uur	16 uur
19-12-2007	<i>inleveren eerste concept</i>			
19-01-2008	thuis	verwerken van veranderingen	2 uur	18 uur
26-01-2008	thuis	constructie titelblad	2 uur	20 uur
05-03-2008	school	lezen voor eventueel gemiste informatie	1 uur	21 uur
12-03-2008	school	lezen voor eventueel gemiste informatie	1 uur	21 uur
25-03-2008	thuis	schrijven van conclusie en evaluatie	2 uur	23 uur
26-03-2008	thuis	afronding	3 uur	26 uur

Referenties

- [1] Stephen Hawking. *A Brief History of Time*. Bantam Press, 1988.
- [2] Stephen Hawking. *The Universe in a Nutshell*. Bantam Press, 2001.
- [3] Website: <http://en.wikipedia.org>. *Wikipedia*.
- [4] Website: <http://www.britannica.co.uk>. *Encyclopædia Britannica*.