

## In gesprek met Erik Verlinde, hoogleraar theoretische fysica

### **Voor veel mensen is theoretische fysica een abstract concept. Hoe zou u het aan de niet wetenschappelijk ingestelde leek uitleggen?**

Welnu, we proberen te begrijpen hoe de natuur werkt en hoe alle materie die we zien in het universum werkt, inclusief de krachten daartussen. We doen dit in de theoretische fysica door na te denken over de vergelijkingen die materie, ruimte en tijd beschrijven. Vervolgens proberen we wetten te vinden die we kunnen gebruiken voor het maken van voorspellingen, die we testen door middel van experimenten. Op deze wijze boeken we vooruitgang bij ons begrip van de natuur.

### **De snaartheorie is een nogal 'hip', modern concept in de fysica. Kunt u uitleggen wat het inhoudt?**

We hebben kwantummechanica nodig om te kunnen beschrijven wat er gebeurt met deeltjes op de allerkleinste schaal, en we weten dat kwantumtheorie goed werkt. We kunnen ook kijken naar dingen met betrekking tot zwaartekracht, ruimte en tijd, en de algemene relativiteit. Men probeert al heel lang kwantummechanica en de algemene relativiteit in één kader te combineren. De snaartheorie doet dit op een elegante wijze. Zij heeft een zeer precieze wiskundige structuur waar je op kunt bouwen. Vervolgens kun je er berekeningen mee uitvoeren die deze twee aspecten – kwantummechanica en de algemene relativiteit – samenbrengen.

### **U bent beroemd vanwege het ontwikkelen van deze nieuwe theorie, of idee, over zwaartekracht waarin u stelt dat zwaartekracht een illusie is. Kunt u ons uitleggen wat u hiermee bedoelt?**

Wel, natuurlijk is zwaartekracht geen illusie in de zin dat we weten dat voorwerpen vallen. De meeste mensen, zeker in de fysica, denken dat we zwaartekracht perfect kunnen beschrijven met behulp van Einstein's algemene relativiteitstheorie. Nu blijkt echter dat we ook kunnen uitgaan van een minimale formulering waar geen zwaartekracht is om mee te beginnen, maar die je kunt afleiden. Dit noemen we 'emergentie'.

We hebben in de fysica soortgelijke fenomenen. Neem bijvoorbeeld een concept als 'temperatuur'. We ervaren het iedere dag. We kunnen temperatuur voelen. Maar als je echt nadenkt over de microscopische moleculen, dan ontbreekt daar iedere notie van temperatuur. Het is iets wat te maken heeft met het eigendom van alle moleculen tezamen; het is zoals de gemiddelde energie per molecuul.

Hetzelfde kun je zeggen van zwaartekracht. Het is echt iets wat alleen verschijnt op het moment dat je veel dingen tegelijkertijd op een microscopische schaal zet. Dan zie je plotseling bepaalde vergelijkingen ontstaan.

### **Wat is het praktische belang van deze nieuwe manier om naar zwaartekracht te kijken?**

Als wetenschappers willen we allereerst de natuur en het heelal begrijpen. Daarbij hebben we dingen waargenomen die zeer raadselachtig zijn, zoals verschijnselen die gerelateerd worden aan donkere materie. We zien dingen gebeuren die we niet begrijpen. Er moet daar meer materie zijn, materie die we niet kunnen zien. Er is ook zoiets als 'donkere energie'. En dan is er nog het hele raadsel van het begin van het universum. We hebben nu wat genoemd wordt de oerknaltheorie.

Ik denk dat de ideeën die ik heb een heel nieuw licht werpen op deze materie en sommige van deze raadsels kunnen oplossen.

Een beter begrip van wat zwaartekracht is zal ons meer leren over het heelal om ons heen. De praktische implicaties zullen alleen in de toekomst onthuld worden en zijn niet van direct belang voor mij als wetenschapper. Ik ben er meer in geïnteresseerd te ontdekken hoe de natuur werkt.

**Kunt u het concept van ‘donkere materie’ en ‘donkere energie’ uitleggen en aangeven waarom deze concepten belangrijk zijn in relatie tot zwaartekracht?**

We denken dat we in de meeste situaties zwaartekracht begrijpen, maar als we naar sterrenstelsels kijken en, op veel grotere schaal, naar clusters van sterrenstelsels, zien we dingen gebeuren die we niet kunnen begrijpen door gebruik te maken van bekende vergelijkingen, zoals Newton’s vergelijking van zwaartekracht of zelfs Einstein’s zwaartekracht. We moeten dus aannemen dat er een mysterieuze vorm van materie is, die we donkere materie noemen, materie die we niet kunnen zien. Donkere energie is zelfs nog vreemder, in de zin dat we zelfs niet weten waaruit ze bestaat. Het is iets qat we bij onze vergelijkingen kunnen gebruiken om dingen te laten werken, maar het is in feite een grote puzzel die in elkaar gezet moet worden op basis van vragen als: waarom is het daar en waaruit bestaat het? Momenteel hebben we nog niet echt de juiste vergelijkingen gevonden om donkere energie te beschrijven.

Er zal duidelijk vooruitgang moeten worden geboekt in de zin van het vinden van een betere zwaartekrachttheorie en het begrijpen van wat er in ons heelal gebeurt.

**Een artikel in *The New York Times* meldde dat ‘sommige van de beste fysici ter wereld zeggen dat ze dr. Verlinde’s paper niet begrijpen, en velen zijn zelfs ronduit sceptisch’. Wat vindt u daarvan?**

Ik had een nieuw idee dat, naar ik dacht, opwindend was. Sommige mensen met wie ik erover sprak, begrepen dit onmiddellijk. Toen ik het aan Robbert Dijkgraaf uitlegde, was zijn reactie: ‘Hier is iets aan het gebeuren wat een impact zal hebben.’ Ik heb het in een erg pure vorm opgeschreven, op advies van Robbert, omdat het een erg simpel argument is. Ik denk dat mensen die het hebben gelezen, mogelijk verrast waren omdat ik geen zware wiskunde gebruik. Het was ook erg intuïtief, en als je niet de tijd neemt om die intuïtie te begrijpen, kan het lastig zijn het te bevatten. Maar ik heb een en ander uitgewerkt en vele lezingen aan Princeton en Harvard gegeven, en mensen nemen dit idee nu volstrekt serieus. Na afloop kreeg ik van mensen die me bedankten te horen: ‘Nu begrijpen we wat je bedoelt.’ Het heeft wat tijd gekost. Dat is ook niet vreemd; je ontmoet nu eenmaal weerstand als je de wijze waarop mensen denken verandert.

**Klopt het dat uw ‘grote idee’ in u opkwam toen u op vakantie was?**

Ik moest vakantie blijven houden omdat mijn autosleutels waren gestolen. Ik besloot dat ik die tijd zou gebruiken om na te denken over een belangrijke vraag waar ik me al enige tijd mee bezig hield. Plotseling kwam een idee in me op. Het was een ‘eureka’-moment, een moment waarop ik dacht dat ik op een verrassende wijze echt iets fundamenteels begreep over zwaartekracht, traagheid en de wetten van Newton. Wekenlang stond ik op met een gevoel van verwondering. Ik voelde dat wat ik deed spectaculair was. Ik was dus niet geheel verrast dat mijn paper veel aandacht kreeg. Het was een van die momenten die slechts één keer in je leven voorkomen.

**Als u zo vertelt over inspiratie en dat ‘eureka’-moment lijkt het alsof er wellicht parallellen bestaan tussen theoretische fysica en een creatief proces dat meer gerelateerd is aan geesteswetenschappen.**

Het is waar dat theoretische fysica ook veel inspiratie met zich meebrengt. Het is niet altijd, zoals veel mensen denken, alleen maar rekenen. Je moet over nieuwe ideeën nadenken. Het is veel belangrijker voor een theoretisch fysicus om bestaande ideeën ter discussie te stellen.

**Bestaat er een link tussen theoretische fysica en filosofie?**

Die is er inderdaad. Door het werk dat ik heb verricht, ben ik gevoeliger voor deze link. Er zijn filosofen die nadenken over de manier waarop we wetenschap bedrijven en zich vragen stellen als: 'Wat is een paradigma?' In de wetenschap gaan we doorgaans van enkele basisregels uit, maar soms is het noodzakelijk een aantal van deze regels overboord te zetten. Dit hangt nauw samen met een filosofische manier van denken over de natuur. Niet veel fysici doen dit. Zij denken na over wiskunde en houden vast aan dezelfde regels. Het veranderen van regels is niet iets wat gemakkelijk wordt gedaan. Je hebt enige intuïtie nodig om dit te doen. Je hebt ook wat filosofische ideeën nodig om te bepalen wat je wilt houden en vanuit welke principes je zou moeten starten.

**Hoe dicht bent u naar uw gevoel bij het zodanig uitwerken van uw theorie dat deze als een wetenschappelijk feit geaccepteerd zal worden ?**

Momenteel werk ik in het bijzonder aan donkere materie, en ik heb behoorlijke vorderingen gemaakt bij het verklaren van sommige van deze fenomenen. Mijn redeneringen bevatten nog wat kleine hiaten en dingen die ik nog steeds op basis van intuïtie doe. Ik probeer die leemtes op te vullen.

**Denkt u dat u deze leemtes nog tijdens uw leven kunt opvullen?**

Ik denk dat ik nog voldoende jaren tot mijn beschikking heb om deze leemtes op te vullen. De kwantummechanica had ongeveer 26 jaar nodig om zich te ontwikkelen. We hebben al 40 jaar de snaartheorie en daar is nog niets uitgekomen dat direct door middel van observaties of experimenten getest kan worden. Ik denk dat mijn idee een grotere kans heeft om via observaties getest te worden, en dat is een opwindend idee. Ik denk dat het niet meer dan 10 of 15 jaar nodig heeft.

**Zal het eindresultaat leiden tot een paradigmaverschuiving in het denken over het ontstaan van het heelal?**

Ja, maar ook wat betreft de vraag wat krachten zijn en wat materie is, en hoe al deze dingen samenkomen. Ik gebruik veel ideeën van de snaartheorie, maar ik vind deze wiskundig te complex en te geconstrueerd.

Mijns inziens zouden we moeten proberen de essentie ervan te extraheren en vanuit bepaalde principes te starten. De snaartheorie berust op enkele ad hoc veronderstellingen. Ik denk dat de principes belangrijker zijn. Mijn paper ging over een principe. Men was denk ik nog niet klaar waren om het te begrijpen, maar uiteindelijk zal het wel begrepen worden.

**U sprak over de gebreken van de snaartheorie. Zouden deze kunnen leiden tot het ontstaan van een nieuw studieveld of een nieuwe theorie?**

De snaartheorie is op tal van punten correct, maar ik denk dat we het uitgangspunt moeten heroverwegen. We hebben een groot aantal uiteenlopende elementen, maar we weten niet precies hoe ze met elkaar samenhangen. Uiteindelijk zullen we een uitgangspunt kunnen creëren dat het geheel helder maakt; dan zullen we begrijpen wat zwaartekracht en de andere krachten zijn en zullen we de vragen over donkere energie kunnen beantwoorden. We moeten dit nieuwe uitgangspunt vinden. In plaats van de snaartheorie als een gegeven te beschouwen en de vergelijkingen daaruit te gebruiken, wil ik de richting die we ingaan veranderen.

**U beweert dat niet alles verklaard of gekwantificeerd hoeft te worden. Wat bedoelt u daarmee?**

Je ziet vaak papers waarin alles nauwkeurig met behulp van zeer precieze wiskundige vergelijkingen beschreven is, maar soms moet je een sprong maken. Hiervoor moet je een beroep doen op je intuïtie. Vervolgens combineer je dingen wat minder precies, waardoor je in staat bent een conceptueel punt te maken. Je verandert de wijze waarop mensen denken. Naar mijn mening zijn dergelijke papers in het algemeen belangrijker omdat ze – meer dan technische papers die slechts een klein, technisch probleem behandelen – invloed hebben op de wijze waarop de fysica vooruitgang boekt.

**U zei, onder nadrukkelijke verwijzing naar Stephen Hawking, dat populaire wetenschap probeert alles te verklaren en dat dit wellicht groetheidswaanzin is. Wat bedoelt u hiermee?**

In populair-wetenschappelijke boeken wekken mensen heel vaak de indruk dat we alles al weten over het heelal. En ze vertellen het publiek dat 'dit is zoals het is'. Het is waar dat we veel begrijpen. Maar het idee bestaat dat als we onze vergelijkingen uitwerken, we in staat zullen zijn alles te voorspellen. Ik denk dat dit idee niet klopt. We zijn mijns inziens als mensen in staat veel te beschrijven, maar er zijn ook veel zaken die we niet begrijpen. Soms is het beter om dat feit te accepteren. Ik denk dat dit een vruchtbaarder manier is om over fysica na te denken. En we moeten accepteren dat we als mensen beperkte mogelijkheden hebben om het universum te begrijpen. Het heelal is veel gecompliceerder dan we denken.

**Was u betrokken bij de recente ontwikkelingen bij CERN omtrent het Higgs-deeltje?**

Ik heb de ontwikkelingen op de voet gevolgd en er ook met wetenschappers over gesproken. Je voelt de opwinding die ze voelen, maar ook hun verbazing, omdat ze nog steeds moeten onderzoeken of dit deeltje echt het Higgs-deeltje is. Er zijn nog wel wat vragen die op een antwoord wachten. Voor mij is het erg interessant. Het zou ook heel interessant zijn als ze iets zouden vinden dat niet precies het Higgs-deeltje is zoals voorspeld door het Standaardmodel, maar daar iets van afwijkt.

**U heeft zich uitgelaten over de oerknaltheorie en aangegeven dat het onlogisch is te denken dat er 'niets' was dat vervolgens explodeerde. Kunt u dit uitleggen?**

Wat ik onlogisch vind aan de oerknaltheorie is het idee dat op een gegeven moment dingen plotseling beginnen te exploderen en te groeien, en dat ons heelal groter wordt. Ik vind het erg onlogisch te denken dat het uit dit ene moment is ontstaan. We gebruiken concepten als tijd en ruimte, maar we begrijpen niet echt wat dit microscopisch betekent. Dat kan veranderen. De oerknal heeft te maken met ons begrip van wat tijd zou moeten zijn, en ik denk dat we daarvan in de toekomst een veel beter begrip zullen hebben. We zullen er denk ik achter komen dat wat we dachten dat de oerknal was in feite een ander soort gebeurtenis was. Of wellicht dat we niet moeten denken dat het universum echt op een bepaald moment begon en dat er een andere wijze zal zijn om het te beschrijven.

**Wat zou een alternatief zijn voor de oerknaltheorie?**

Naar mijn mening beschrijven de informatie die we op dit moment tot onze beschikking hebben en de vergelijkingen die we nu gebruiken, slechts een heel klein deel van wat er feitelijk gebeurt. Als je denkt dat iets groeit, zoals ons heelal, dan moet iets anders kleiner worden. Ik denk dat er iets is dat we nog niet hebben gevonden, en dat dit ons zal helpen de oorsprong van ons heelal te ontdekken. Het heelal ontstond kortom uit iets, niet uit niets. Er was iets daar, en daarvoor moeten we de vergelijkingen vinden. Het heeft iets te maken

met donkere energie en met de wijze waarop die is gerelateerd aan donkere materie. Als we de vergelijkingen voor deze componenten van ons universum begrijpen, denk ik dat we ook een beter begrip hebben van de manier waarop ons heelal is ontstaan. Het heeft mijns inziens allemaal te maken met het samenspel van al deze verschillende vormen van energie en materie.

**Is de oerknal dus gewoon een drogreden?**

Wel, het idee werkt goed in de zin dat het ons enig inzicht biedt in de totstandkoming van speciale elementen in ons heelal. Er zijn ook andere zaken die we kunnen waarnemen, zoals de straling die uit de oerknal is voortgekomen. Maar het hele idee van een uitdijend universum dat begon met een grote explosie... dat idee zal denk ik veranderen. Je moet over de vergelijkingen nadenken in een bredere context. Je moet meer beschrijven dan alleen de materiedeeltjes. Je moet meer weten over wat ruimte/tijd is. Al deze zaken moeten samenkomen om te verklaren wat de oerknal inhoudt.

**Robbert Dijkgraaf zei in een interview dat hij op de universiteit een rebellenclub vormde met u en uw broer. In hoeverre heeft u het gevoel dat u nog steeds rebelleert tegen de gevestigde orde of de normen?**

Ik ben iemand die ideeën ter discussie stelt, maar dat betekent niet dat ik opstandig ben. Over het algemeen gebruik ik veel bekende theorieën en bouw ik daarop voort. Ik heb ook werk verricht dat dicht bij wiskundige fysica komt, maar het bevat mijns inziens een element van verrassing of iets nieuws. Het heeft geloof ik meer te maken met origineel zijn en niet willen herhalen wat anderen al gedaan hebben.

**In hoeverre wordt dat gewaardeerd in de wetenschappelijke gemeenschap?**

Ik denk dat het essentieel is. Ik heb verschillende vergelijkingen of formules die mijn naam droegen. Originaliteit is erg belangrijk en zorgt voor enthousiasme binnen het studieveld. Theoretische fysica is een erg spannend onderwerp.

**Welk gebied van de fysica vindt u het spannendst? Zijn er nieuwe studievelden?**

Er zijn behoorlijk spannende ontwikkelingen gaande op het vlak van gecondenseerde materie en kwantumcomputers. Wat mijn werk betreft is de kosmologie denk ik het terrein waar echt iets gebeurt.

**Wat onderscheidt de UvA van andere universiteiten? Wat is de toegevoegde waarde voor (internationale) studenten om hier te komen studeren?**

We doen spannende fysica. Theoretische fysica is hier sterk vertegenwoordigd; we hebben ook collega's die met hoge-energiefysica en astrofysica en met gecondenseerde materie en kwantumcomputing werken. We beschikken over state-of-the-art-faciliteiten en mensen worden direct in contact gebracht met *cutting edge*-onderzoek.