# Kijkje in de wetenschap: Enrico Pajer

Ooit gehoord van het ‘gesmolten chocolade’-model om het universum

mee te beschrijven? Enrico Pajer is een theoretisch kosmoloog aan de Universiteit van Utrecht en werkt aan een theorie met deze bijnaam. In 2015 ontving hij een prestigieuze VIDI-beurs om dit werk mee voort te zetten. In dit interview vertelt Enrico wat zijn onderzoek precies inhoudt, waarom hij er zo enthousiast over is, en wat het nu precies met chocolade te maken heeft.


- Welke vragen drijven je als theoretisch fysicus? Welke vragen hoop je te beantwoorden?
- Hoe ben je bij deze vragen gekomen en wat heeft je hiertoe geïnspireerd?
- Hoe probeer je deze vragen te beantwoorden? Welke methoden gebruik je?
- Hoe ervaar je de link tussen de experimentele en theoretische fysica?
- Wat vind je leuk en minder leuk aan dit werk?
- Hoe denk je dat je vakgebied eruit ziet over 10 jaar?
- Heb je advies voor mensen die geïnteresseerd zijn in een carrière in theoretische fysica?

**Welke vragen drijven je als theoretisch fysicus? Welke vragen hoop je te beantwoorden?**

Ik ben bezig met vragen op verschillende niveaus: de grote vragen en de kleine deelvragen. Een van de grootste dingen die we ontdekt hebben de laatste 20-30 jaar is dat 95% van het universum bestaat uit iets wat we nog nooit gezien hebben. Het bestaat niet uit atomen of licht, maar het is echt iets anders. Voor mij vormt dit een van de grote vragen. Van die 95% denken we dat twee derde bestaat uit een mysterieuze vorm van energie. Het overige deel noemen we *donkere materie*. Donkere materie is iets minder mysterieus, maar we weten nog steeds niet wat het precies is. Dit zijn de grote vragen waar ik nieuwsgierig naar ben. Ik zou willen dat ik 200 jaar in de toekomst een kijkje kon nemen om te kijken wat we dan allemaal hebben begrepen. In de breedste zin ben ik bezig met nog een andere set vragen: Waar bestaat het universum uit? En wat zijn de natuurwetten die het beheersen? Het heel vroege heelal was heel klein en heel heet. De natuurwetten die daar speelden kunnen we nooit zo testen op aarde. De heetste plek die de mens op aarde heeft weten te bouwen is de LHC, maar het is daar bij lange na niet zo heet als in het heelal in de eerste fracties van een seconde. Het onderzoeken van deze extreme periode geeft een kans om de natuurwetten te testen.

*Terug naar begin*

**Hoe ben je bij deze vragen gekomen en wat heeft je hiertoe geïnspireerd?**

Ik ben eigenlijk begonnen met snaartheorie, maar de vragen waar ik nu mee bezig ben zijn in de context van kosmologie. Ik denk dat ik begon met snaartheorie omdat het heel interessant was om naar de raakvlakken tussen de twee meest fundamentele theorieën in de natuurkunde te kijken. Dit zijn de quantummechanica, voor het beschrijven van processen op de allerkleinste schaal, en de algemene relativiteitstheorie, die heel goed processen op grote schaal beschrijft: de schaal van planeten en sterrenstelsels. Het zijn dus twee uiteindes van een spectrum, maar deze theorieën moeten op een bepaald punt samenkomen. Wij natuurkundigen hebben misschien een geïdealiseerd beeld dat er een algemene theorie is die het allemaal beschrijft. Maar op zijn minst moeten de onderliggende principes van de twee theorieën verenigbaar zijn. Er zijn namelijk verschillende verschijnselen waar deze twee samenkomen, bijvoorbeeld in zwarte gaten of het hele vroege heelal. Snaartheorie probeert deze twee succesvolle theorieën samen te voegen op een consistente manier. Dit is dus mijn achtergrond en ik begon met het benaderen van de vragen vanuit een snaartheoretisch oogpunt. Automatisch word je gedreven naar het zoeken van hints in de natuur om deze

vragen te beantwoorden. En dat laatste heeft me bij de studie van kosmologie gebracht. Want we denken dat in het heel vroege universum er een punt is waar we tot bepaalde hoogte de link tussen de quantummechanica en de algemene relativiteitstheorie kunnen testen.

*Terug naar begin*

**Hoe probeer je deze vragen te beantwoorden? Welke methoden gebruik je?**

Als je probeert te verklaren waar het universum uit bestaat, dan is het eerste wat je doet omhoog kijken naar de hemel om te zien wat er allemaal is. Dan zie je vooral sterrenstelsels en probeer je te verklaren hoe deze bewegen. Als je ogen ook nog gevoelig zouden zijn voor microgolfstraling, dan zou je ook licht afkomstig van het heel vroege universum zien. Dit wordt de kosmische achtergrondstraling genoemd. Dit probeer je dan ook te beschrijven. Eigenlijk probeer je eerst alles wat je ziet in het universum te beschrijven. En bij het beschrijven leer je natuurlijk waar het universum uit opgebouwd is. Maar als je een ingrediënt mist, bijvoorbeeld als je geen rekening houdt met donkere materie en donkere energie, dan beschrijven je vergelijkingen niet meer wat je waarneemt.

De theorie waar ik nu aan werk is het idee dat we de distributie van materie in het universum kunnen beschrijven op dezelfde manier als we een normale vloeistof beschrijven. Bijvoorbeeld water of gesmolten chocolade. De vergelijking met gesmolten chocolade is passend omdat het een viscositeit heeft die vergelijkbaar is met hoe we zien dat materie beweegt in de ruimte. Dit is een heel veelbelovende theorie en hij komt in een heel spannende tijd, want ook al worden er al een heel lange tijd astronomische waarnemingen gedaan, de hoeveelheid data van hoge kwaliteit die nu binnenkomt is ongeëvenaard. Het zal vergelijkbaar of zelfs meer zijn dan de data die verzameld wordt in andere grote experimenten zoals de LHC. We leven in de gouden eeuw voor kosmologie want dankzij die data is er veel potentie voor ons theoretici om een theorie te bouwen die de waarnemingen kan verklaren.

De hoofdmethode van het model dat ik ontwikkel is dus het beschrijven van dingen als een vloeistof. Deze methode stelt ons in staat om de precisie van de voorspellingen systematisch te verbeteren. Dus in eerste instantie kun je een voorspelling doen met een precisie van 10%, maar als je doorwerkt kun je dit verbeteren naar 1%, 1 promille en nog verder. We

hebben de theorie nog niet, maar we zijn hem aan het ontwikkelen, want we denken dat hij essentieel zal zijn in de komende 5 tot 10 jaar om al de binnenkomende data te analyseren.

*Terug naar begin*

**Hoe ervaar je de link tussen de experimentele en theoretische fysica?**

Hoe ouder ik word, hoe belangrijker de experimentele kant voor mij is. Ik vind het fijn om aan theorieën te werken die te toetsen zijn, of die ten minste in de nabije toekomst te toetsen zijn. De onderliggende ideeën van het model waar ik aan werk worden al meer dan 50 jaar succesvol gebruikt in de natuurkunde. Vaak worden zulke theorieën *effectieve veldentheorieën* genoemd. Ze worden vaak gebruikt in gebieden als deeltjesfysica en gecondenseerde materie. Ik probeer ze nu ook toe te passen binnen de kosmologie. Maar wanneer je deze technieken toe probeert te passen binnen de kosmologie, bij het beschrijven van de distributie van materie in het universum, dan moet je heel goed naar de resultaten van waarnemingen kijken. Voor mijn werk is dus zowel de experimentele als theoretische kant erg belangrijk. Dat vind ik juist een van de leukste dingen eraan! Ik kan namelijk heel abstract bezig zijn voor een paar dagen of maanden terwijl ik nadenk over wat voor beschrijving werkt, maar daarna moet ik kijken of het in overeenstemming is met wat de data ons leert.

*Terug naar begin*

**Wat vind je leuk en minder leuk aan dit werk?**

Wat ik echt leuk vind is dat ik zelf kan kiezen naar welke spannende onderwerpen ik onderzoek doe. Ik denk dat deze mate van flexibiliteit en onafhankelijkheid best zeldzaam is in ander werk. ‘s Ochtends kan ik een bepaald idee hebben en dan besluiten er een dag of week aan te werken omdat ik het interessant vind. Dan wil ik echt proberen dat probleem op te lossen. Dat is iets waar ik van houd en dat zeldzaam is om te vinden in een baan. Naast deze onafhankelijkheid vind ik ook de flexibiliteit heel fijn. Ik kan zelf kiezen hoe ik mijn werk organiseer en daardoor vind ik het altijd stimulerend. Als ik me niet gestimuleerd voel is het mijn eigen schuld, want ik heb immers zelf de onderwerpen waar ik aan werk gekozen, dus dan kan ik het even omgooien of gaan lezen om andere ideeën te krijgen. Dit is een van mijn favoriete dingen: er is nooit alleen maar routine, het is nooit saai of herhalend.

Soms is het wel moeilijk: als je over natuurkunde leest in kranten of historische boeken, of naar documentaires kijkt, dan lijkt het net alsof de geniale natuurkundige ging zitten, een briljant idee had, en alles was opgelost. In werkelijkheid zit er veel werk achter. Soms is het frustrerend als je het gevoel hebt dat je niet veel vooruitgang boekt. Maar dat is ook een uitdaging. Ik denk dat dit werk voor mensen die  van uitdagingen houden en enthousiast zijn een goede balans heeft.

*Terug naar begin*

**Hoe denk je dat je vakgebied eruit ziet over 10 jaar?**

Over tien jaar zal het denk ik heel erg spannend zijn. Er zijn nu namelijk een aantal grote experimenten (van miljarden euro's) in de planning die data zullen leveren binnen tien jaar. Bij sommige van deze experimenten zijn honderden wetenschappers betrokken. Deze experimenten horen bij de grootste experimenten ooit gedaan door de mensheid. Ze zullen het veld hoe dan ook vooruit helpen. Hoe het vakgebied er over tien jaar uitziet hangt af van wat deze grote experimenten zullen vinden. Dat kan een grote verassing zijn, zoals het de afgelopen 20 jaar is geweest. Er zijn vaak dingen gevonden die niet voorspeld of verwacht werden. Een voorbeeld hiervan is de ontdekking dat de uitdijing van het heelal *versnelt*, en dat er een vorm van donkere energie nodig is. Het is een spannende mogelijkheid dat we weer verassingen zullen vinden. Aan de andere kant kan ook het huidige standaardmodel van de kosmologie bevestigd worden waarbij er geen extensies of aanpassingen nodig zijn. Ik denk dat dingen óf veel duidelijker óf veel spannender zullen zijn in tien jaar.

*Terug naar begin*

**Heb je advies voor mensen die geïnteresseerd zijn in een carrière in theoretische fysica?**

Ik denk dat het belangrijkste is dat je geniet van wat je studeert. Het is belangrijk om het echt leuk te vinden om een probleem op te lossen of een boek te lezen over natuurkunde. Ik denk namelijk dat het belangrijkste ingrediënt om succes te hebben in dit veld (naast het begrijpen van wat wiskunde) motivatie is. Dat is volgens mij het grootste verschil tussen wie succesvol is en wie niet. Als ik om me heen kijk zie ik dat de mensen die echt heel goed zijn in wat ze doen, dat zijn omdat ze een brandende passie hebben om een probleem op te

lossen. Ze denken er op de gekste tijden aan. Dan staan ze bijvoorbeeld in de supermarkt en hebben ze ineens een idee voor een oplossing. Dat soort dingen is niet te forceren. Mijn advies is dus om goed om je heen te kijken naar de problemen die er zijn en iets te vinden waar je echt gepassioneerd over bent. Kies iets waarbij je als je ’s ochtends wakker wordt nooit denkt: ‘oh moet ik dit weer doen..’. Ik denk dat dat het belangrijkste is: werk aan iets dat je echt interesseert!

*Terug naar begin*