



De grenzen van het onbekende

Zwaartekrachtsgolven, het higgsboson: de media rapporteren vaak over mooie onderzoeksresultaten rond exotische deeltjes, kosmische straling of de geheimen van ons heelal. Maar waar komen al die ontdekkingen vandaan? We nemen je mee naar het Nationaal instituut voor subatomaire fysica: Nikhef.

Door Ans Hekkenberg

Op het Amsterdam Science Park, ietwat verstopt aan de achterzijde, ligt het hoofgebouw van Nikhef. Een nietsvermoedende voorbijganger zou zomaar kunnen langslopen zonder te beseffen dat hier de grenzen van het onbekende worden opgezocht en overwonnen. Het instituut doet onderzoek naar de grootste wetenschappelijke vragen van onze tijd. Hoe zien de bouwstenen van ons universum eruit? Wat is donkere materie? Wat gebeurde er vlak na de oerknal?

Wetenschapsmachines

Die vragen kunnen niet worden beantwoord zonder experimenten. Daarvoor zijn apparaten nodig, zoals gigantische deeltjesversnellers, detectoren die ongrijpbare materie kunnen vinden of telescopen die kosmische straling meten. Deze wetenschapsmachines kun je niet in een winkel kopen. Ze moeten dus voor elke specifieke klus worden ontworpen en gemaakt. 'Nikhef heeft drie technische afdelingen die de

apparaten in elkaar zetten,' zegt Niels van Bakel, hoofd van de onderzoeksgroep die de instrumenten ontwerpt. 'Zonder hen zouden de wetenschappers hun mooie ideeën niet kunnen uitvoeren.'

De begane grond van het Nikhef-gebouw staat dan ook voornamelijk in het teken van dit technische werk. Hier zijn de werkplaatsen te vinden waar technici de apparaten in elkaar zetten. Sommige van deze machines vinden een toepassing in de maatschappij, zoals sensoren of apparaten voor medische beeldvorming. Andere bouwsels gaan juist op pad naar grote wetenschappelijke experimenten. Onderdelen voor de CERN-detectoren gaan naar Genève, waar diep onder de grond de gigantische deeltjesversneller LHC op ze wacht. Grote glazen bollen waarin lichtsensoren zitten verstopt, zullen naar de bodem van de Middellandse Zee afdalen om daar neutrino's te meten.

Internationaal

Dat is dan ook kenmerkend aan Nikhef: het Nederlandse instituut is betrokken bij veel internationale samenwerkingen.

We begrijpen alles in de versneller, maar niets in het heelal zelf

Nikhef-wetenschappers zijn te vinden bij CERN, maar ook bij een Italiaans lab dat zoekt naar donkere materie en bij een observatorium op de Argentijnse pampa dat kosmische straling bestudeert.

Van dat laatste project, dat bij het Pierre Auger Observatory plaatsvindt, is Sijbrand de Jong de Nikhef-projectleider. Volgens hem kent het onderzoek van Nikhef twee overkoepelende thema's. 'Ten eerste onderzoeken we elementaire deeltjes met behulp van experimenten die we helemaal zelf in de hand hebben. Daarbij schieten we bewust deeltjes op elkaar af in grote versnellers. Ten tweede onderzoeken we deeltjes die vanuit de kosmos op de aarde afzalen. Ook die komen eigenlijk uit een versneller, maar dan een natuurlijke. Ergens in het heelal krijgen deze deeltjes immers een enorme portie energie mee.' Beide onderzoeksvelden hebben zo hun voor- en nadelen. De Jong: 'Kosmische

deeltjes hebben soms zelfs veertig keer zoveel energie als die bij in de LHC-versneller van CERN. Daarentegen observeren wij bij Auger hoogstens zo'n 25 deeltjes per jaar, terwijl de LHC dat aantal in een fractie van een seconde produceert.'

What the hell is going on?

Hoewel de natuur de beste deeltjesversnellers biedt, bestaat er een spanningsveld tussen de wereld in het lab en die daarbuiten. Marcel Merk, Nikhef-groepsleider van een van de CERN-experimenten: 'De huidige theorie, die alle deeltjes en krachten beschrijft, lijkt te kloppen met wat we in deeltjesversnellers zien. Maar dezelfde theorie kan niet verklaren wat we in het heelal zien. We kunnen bijvoorbeeld niet verklaren waarom er wel materie in het heelal zit, maar geen antimaterie,' zegt Merk. 'We begrijpen dus alles in de versneller, maar niets in het heelal zelf. Daar

ligt nog een grote uitdaging. *What the hell is going on?*

Die drang om de openstaande vragen te beantwoorden deelt Merk met al zijn Nikhef-collega's. Jo van de Brand wil met zwaartekrachtsgolven de oerknal bestuderen, want 'we begrijpen nog niets van die periode.' Patrick Decowski wil een directe meting van donkere materie doen, omdat 'het letterlijk nog nooit door iemand is gedaan.' En collega Wouter Verkerke wil met zijn onderzoeksgroep 'naar de frontlinie van het allerkleinste, om bij te dragen aan een beter begrip van de bouwstenen van alles wat we om ons heen zien.'

Van tafelblad tot theorie

Maar niet iedereen heeft gigantische experimenten nodig om de grenzen van de kennis te verleggen. Het Nikhef-samenwerkingsverband bestaat uit de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie en

vijf universiteiten (de Rijksuniversiteit Groningen, Radboud Universiteit Nijmegen, Universiteit van Amsterdam, Universiteit Utrecht en de Vrije Universiteit in Amsterdam). In Groningen zit een groep wiens experiment gemakkelijk op het tafelblad past. 'Nikhef staat natuurlijk bekend om grote apparaten,' beaamt de Groningse groepsleider Steven Hoeksta. 'Maar met onze kleine opstelling kunnen ook wij fundamentele fysica onderzoeken. We zetten moleculen vrijwel stil en bestuderen vervolgens of elektronen wel rond zijn.'

Waar het werk ook plaatsvindt, het doel is hetzelfde: met slimme proefopstellingen ontdekken hoe de wereld in elkaar steekt. Maar Nikhef kent ook een afdeling die juist niet zelf aan de knoppen van een experiment draait. Bovenin het Nikhef-gebouw – toepasselijk 'met het hoofd in de wolken' – zit de theoriegroep. 'Wij werken aan theoretische modellen,' zegt groepsleider

Eric Laenen. 'Over verschillende onderwerpen, van deeltjesfysica tot kosmologie. We overleggen veel met onze experimentele collega's. Samen worstelen we met ideeën en bedenken we nieuwe concepten. Ons doel is om een steeds dieper begrip te krijgen van de fysica. Het is net als een nieuwe taal leren: om je de taal eigen te maken, moet je die niet alleen kunnen volgen, maar ook beheersen.'

Of de theoretici de taal van de natuurkunde daadwerkelijk hebben doorgrond, dat beproeven hun experimentele collega's. En om die experimenten uit te kunnen voeren, rekenen zij op hun technische collega's. Zo loopt er een rode draad door Nikhef: van het worstelen met wetenschappelijke theorieën tot het hands-on bouwen van experimenten, oftewel van denken tot doen. Met als resultaat: een instituut dat de grenzen van de menselijke kennis beetje bij beetje verschuift. ■



Niels van Bakel

Detector R&D

'Wat is donkere materie? Wat zijn de kleinste deeltjes? Om fundamentele raadsels op te lossen, zijn experimenten nodig. Maar er is geen catalogus van deeltjesversnellers of zwaartekrachtsgolfdetectoren. Dat lost de Detector R&D-groep op: wij bouwen apparaten waarmee Nikhef-onderzoekers hun experimenten uitvoeren.'



Marcel Merk

LHCb

'Je zou verwachten dat het heelal evenveel materie als antimaterie bevat, maar dat is niet zo. Er is alleen materie. Waarom? Ik ben geobsedeerd door dit vraagstuk. Nu gebeurde er tijdens de oerknal iets waanzinnigs: deeltjes kregen spontaan massa. Ik wil weten of die gebeurtenis de afwezigheid van antimaterie kan verklaren.'



Sijbrand de Jong

AUGER

'We onderzoeken deeltjes met ongelofelijk veel energie, die uit het universum op ons afkomen. Dan moet je bijvoorbeeld denken aan protonen, bouwstenen van atomen, die dezelfde energie bevatten als een hard geslagen squashbal. Wij willen weten waar zulke deeltjes vandaan komen en wat er gebeurt als ze de atmosfeer raken.'



Jo van de Brand

Virgo

'Op 14 september 2015 maten we voor het eerst zwaartekrachtsgolven: rimpelingen in ruimte en tijd. Zwaartekrachtsgolven bieden ons een nieuwe manier om het universum te bestuderen. Nu kunnen we eindelijk het hoofdstuk schrijven over hoe de ruimtetijd van ons heelal in elkaar zit. Een mijlpaal in de geschiedenis van de mensheid!'



Patrick Decowski

Xenon1T

'Ongeveer 85 procent van alle materie in het heelal is 'donkere materie': we weten niet wat het is en we kunnen het ook niet rechtstreeks zien. Maar het is overal. Elke seconde razen zo'n miljard donkere-materiedeeltjes door ons heen. Met ondergrondse detectoren hopen we donkere materie aan het licht te brengen.'



Jeff Templon

Advanced Computing for Research

'Sommige experimenten leveren enorm veel data op. Denk aan de LHC, waar in een seconde miljarden botsingen plaatsvinden. Om die informatie te verwerken, hebben we grensverleggende computersystemen nodig. Daar is mijn groep voor verantwoordelijk. Onze ambitie is dat computing nooit de wetenschap vertraagt.'



Eric Laenen

Theorie

'De theoriegroep werkt aan veel onderwerpen, van deeltjes tot kosmologie. De afdeling is een levendige markt waar ideeën worden gedeeld, uitgewisseld en gebruikt. Dat levert mooie inzichten op: een idee uit het ene vakgebied is soms ook in een ander te gebruiken. Daarom zijn juist discussies bij de koffietafel zo waardevol.'



Aart Heijboer

KM3NET

'Met KM3NeT gaan we neutrino's uit het heelal meten. Andere detectoren kunnen dat ook, maar onze detector kan veel beter de richting van de deeltjes bepalen. Die zal dus kunnen ontcijferen waar ze vandaan komen. We kunnen dan heel veel leren over de kosmische bronnen en over de eigenschappen van neutrino's.'



Nicolo de Groot

ATLAS

'De natuurkunde kent het standaardmodel, de theorie die alle bekende krachten en materiedeeltjes beschrijft. We weten al dat dit model niet compleet is. De komende jaren hebben we een unieke kans om te ontdekken wat er nog ontbreekt. Met ATLAS gaan we op zoek naar nieuwe deeltjes en nieuwe fysica.'



Wouter Verkerke

ATLAS

'De LHC, de deeltjesversneller van CERN, laat protonen op elkaar botsen. Zo'n proton is eigenlijk niet één deeltje, maar eerder een zak met troep. Door zo'n botsing knallen de protonen dan ook uiteen in allerlei andere deeltjes. Door de brokstukken te bestuderen, kijken we als het ware onder de motorkap van de natuur.'



Raimond Snellings

ALICE

'Mijn groep maakt soep. Niet zomaar soep, maar een soep van deeltjes die het quark-gluon-plasma heet. Direct na de oerknal was het universum hiermee gevuld. Microseconden later veranderde het quark-gluon-plasma in de deeltjes die we nu kennen: protonen en neutronen. Wij maken dus eigenlijk mini-oerknallen in het lab.'



Steven Hoekstra

eEDM (eind 2016)

'De meeste Nikhef-wetenschappers versnellen deeltjes voor hun onderzoek in gigantische apparaten. Onze groep in Groningen vertraagt ze juist, met een experiment dat op het tafelblad past. We zetten moleculen vrijwel stil en bestuderen vervolgens de elektronen. Op deze manier hopen we te ontdekken of een elektron wel helemaal rond is.'