

Skiboxen op het



Uit het heelal komt straling - afzender onbekend - met een energie waarbij die van aardse deeltjesversnellers in het niet valt. Deze deeltjes zijn zo zeldzaam dat een speciaal meetnet nodig is om ze te betrappen. Scholieren bouwen mee aan dit HiSparc-netwerk.

Erick Vermeulen

Op 18 juli 2004 sloegen zeven stralingsdetectoren op schooldaken in Nijmegen gelijktijdig uit met een nog niet eerder vertoonde heftigheid. De stad en de omgeving werden gebombardeerd met elektronen en muonen, afkomstig van kernreacties hoog in de atmosfeer. Zulke kernreacties ontstaan als een deeltje uit het heelal met bijna de lichtsnelheid op een atoomkern in de lucht botst. Dankzij de detectoren, die hun gegevens naar een centrale computer sturen, werd duidelijk dat dit keer een wel heel bijzonder

schooldak

projectiel de atmosfeer boven de Nijmegen geraakt had. Z'n energie moet bijna 10^{18} elektronvolt geweest zijn, honderdduizend maal zo veel als wij met onze grootste deeltjesversnellers op aarde kunnen bereiken.

Henk Jan Bulten, een van de initiatiefnemers van HiSparc: "Omdat je dergelijke energieën met versnellers op aarde nooit zal bereiken, is het heeal voor astrofysici en deeltjesnatuurkundigen eigenlijk een uniek laboratorium."

En nu dus ook voor de leerlingen die meedoen aan het project. Bulten: "Het zou prachtig zijn als we *events* van meer dan 10^{19} elektronvolt kunnen melden. Daarvan zijn er nog geen honderd bekend."

Een van de leerlingen die meedoen is Sjors Toen. Met eindeloos geduld wrijft hij voorzichtig met schuurpapier langs de zijkant van een doorzichtig blokje kunststof. Het is peperduur materiaal. "Daar word ik niet warm of koud van", verklaart hij stoer terwijl hij het schuurmiddel bevochtigt. Met vijf klasgenoten bouwt hij een deeltjesdetector voor zijn school, het Kennemer College in Beverwijk. Dat gebeurt op het Nederlands Instituut voor Kern- en Hoge-Energie Fysica (Nikhef) in Amsterdam, waar een speciale werkplaats is ingericht.

Diamantstof De zes leerlingen werken in groepjes van twee aan de detector, en brengen elk drie bezoeken aan het Nikhef. Sjors en Dennis hebben de taak het oppervlak van de lichtgeleider en een verbindingstukje te polijsten, eerst met schuurpapier korrel 1200 en daarna met een met diamantstof bedekt schuurblokje. Een secuur werkje, volgens Dennis: "Als we het oppervlak niet glad en recht genoeg maken, komen er bij het lijmen luchtbellin in de lijmlaag. Die

werken als spiegels en belemmeren het lichttransport."

Vervolgens moeten ze een scintillatorplaat vastlijmen op de brede kant van de lichtgeleider. De plaat produceert kleine lichtflitsjes als die door een energierijk deeltje getroffen wordt. Aan de smalle kant van de lichtgeleider komt de fotomultiplicatorbuis, die lichtsignalen omzet in een elektrisch signaal. Pim en Stéphanie testen de buis, die lichtdicht ingepakt moet zijn. "De eerste keer mislukte het", verzucht Stéphanie. "Volgens onze metingen kwam er toch nog licht in." Een tweede poging lijkt succesvol. Ze meten eerst de achtergrondruis van de buis. Daarna voeren ze in stappen van honderd volt de spanning op de buis op en meten ze de versterking. Pim: "Op school hebben we nooit iets geleerd over de fotomultiplicatorbuis, maar ik begrijp nu goed hoe die werkt."

Uiteindelijk plaatsen de leerlingen alle onderdelen, samen met een gps-ontvanger, in een skibox. Over een maand hopen ze twee van zulke skiboxen, met onderlinge afstand van tien meter, op het dak van hun school te plaatsen.

De detector registreert ook grote aantallen toevallig passerende energierijke deeltjes. Maar alleen als beide skiboxen tegelijkertijd een signaal ontvangen, registreert een meetkastje dit, samen met de plaats- en tijdgegevens uit de gps-ontvangers. Daardoor is de meting goed vergelijkbaar is met metingen op andere scholen. Voor betrouwbare metingen zijn detectoren nodig op een onderlinge afstand van een kilometer. Met tien tot vijftien detectoren op scholen in en nabij een grote stad heb je al een goede dekking.

Kegel Van Eijk: "Een hoogenergetisch deeltje dat de atmosfeer binnendringt, gedraagt zich als de afstootbal bij pool-

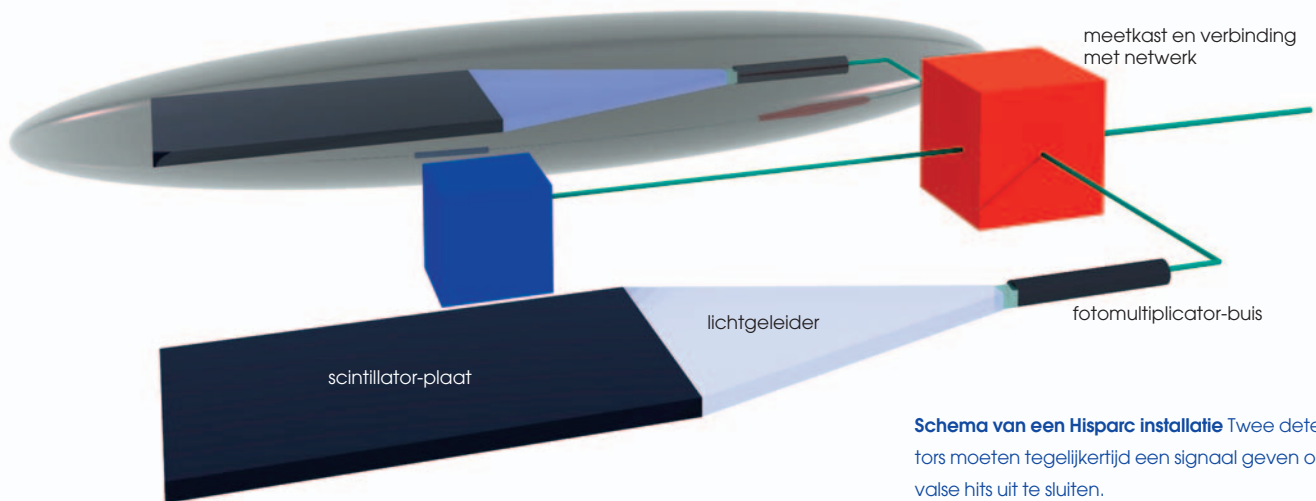
biljart. De inkomende bal treft een van de tien ballen, en dat is een elastische botsing, waarbij na de botsing de energie van de deeltjes samen gelijk is aan de energie die de keu aan de afstootbal gaf. De getroffen bal geeft vervolgens zijn deel van de energie weer door."

Zo'n kosmisch deeltje is meestal een proton of een kleine atoomkern, maar het kan ook een ijzerkern zijn. Die botst met een atoomkern van zuurstof of stikstof in de lucht. Er is zoveel bewegingsenergie beschikbaar dat, volgens Einsteins $E=mc^2$, die kan worden omgezet in allerlei secundaire deeltjes, die op hun beurt snel weer vervallen naar meer stabiele deeltjes.

Die eerste botsing levert zo een kegelvormige regen van secundaire deeltjes op, met de punt op een hoogte van veertig tot zestig kilometer. Op zeeniveau blijven vooral elektronen en hun zwaardere broertjes, de muonen, over. De levensduur van muonen is gemiddeld slechts 2,2 microseconden, dus zelfs met bijna de lichtsnelheid zouden ze hooguit 660 meter kunnen afleggen. Elk muon dat het aardoppervlak bereikt is daarom een levend bewijs voor Einsteins relativiteitstheorie, die stelt dat de tijd voor snel bewegende objecten trager verstrijkt.

De regen van muonen en elektronen bestrijkt op het aardoppervlak tientallen vierkante kilometers. De zwaardere muonen komen vooral in het centrum van de kegel voor, terwijl naar de rand toe het aandeel elektronen toeneemt.

Voor de waarneming van deze geladen deeltjes bevat de detector een scintillatieplaat. Deze bestaat uit kunststof met een geringe bijmenging metaal-atomen. Als een muon of elektron in de deeltjesregen zo'n metaalatom treft, krijgt dat een hogere energie. Daarna staat het die extra energie weer af in de



Schema van een Hisparc installatie Twee detectors moeten tegelijkertijd een signaal geven om valse hits uit te sluiten.

vorm van een lichtdeeltje, een foton, en dat kan worden gemeten.

Het netwerk van detectoren in een regio kan de energie en richting van het primaire deeltje bepalen. De richting volgt uit het tijdsverschil tussen de metingen van drie of meer scholen, zoals vastgelegd door de gps-ontvangers.

Eind dit jaar zullen er op schooldaken circa veertig detectoren opgesteld zijn. Van Eijk klopt op het plastic van zo'n box: "Gelukkig konden we nog een partij van deze grote skiboxen kopen. Dat past precies. Die worden steeds zeldzamer nu mensen kiezen voor de kleinere carve-ski's." Hij hoopt dat de prijs van een detector, tegen de zeventuizend euro, in de toekomst nog wat omlaag kan.

Per regio vormen diverse scholen een meetnet, waarvan de data belanden bij een wetenschappelijke instelling in de buurt. Leerlingen – ook van aangemelde scholen die geen detector hebben – kunnen over de meetresultaten beschikken voor bijvoorbeeld hun profielwerkstuk. Na Nijmegen en Amsterdam komen er nu clusters met detectoren in de regio's Utrecht, Groningen en Leiden.

Scholen werken zo in de praktijk mee aan volwaardig natuurkundig onderzoek. Hisparc (High School Project on Astro-Physics Research with Cosmics) kwam twee jaar geleden op gang, op initiatief van onder meer Nikhef-onderzoekers prof dr Bob van Eijk en dr

Henk Jan Bulten. Het project is begonnen met de Nijmegen Area High School Array, opgezet door natuurkundigen en sterrenkundigen aan de Radboud Universiteit.

Hisparc kwam dit jaar in een stroomversnelling nadat het in Parijs de Altran Foundation Award 2004 won. Dat betekende extra geld en faciliteiten, aandacht en erkenning. Inmiddels is er een wachtlijst voor scholen die mee willen doen.

Onvrede "Dit project is ook wel uit onvrede geboren," verklaart Bob Van Eijk zijn motivatie. Hij maakt zich zorgen over de dalende instroom van goede studenten. "Het imago van de wetenschap moet beter worden. Met dit project kunnen ze erachter komen dat we lang niet allemaal nerds met witte laboratoriumjassen en een grote bril zijn." In de diverse regio's helpen assistenten-in-opleiding, die naast onderzoek een onderwijstaak hebben, bij het project. "Dat is voor de leerlingen leuker dan iemand met grijzend haar en een bril", grapt Van Eijk terwijl hij zijn bril wegsteekt, "het leeftijdsverschil is veel kleiner."

"Maar Hisparc vormt een echte wetenschappelijke uitdaging.", vervolgt Van Eijk. "We begrijpen namelijk nog niet waar die deeltjes met extreem hoge energie vandaan komen. Dit is dus geen experiment dat talloze malen is uitgevoerd en waarvan de resultaten bekend zijn. Alle leerlingen die meedoen, dragen

een steentje bij aan nieuwe kennis. Het is niet ondenkbaar dat ze ooit als auteurs vermeld staan bij een publicatie in een natuurkundig vakblad."

Niet alleen de leerlingen, maar ook docenten wil hij met het project bereiken. "Het moet een impuls zijn voor natuurkundeleraars die al jaren hun lessen op school afdraaien. Nu brengen we ze weer in directe aanraking met wetenschappelijk onderzoek. De vonk moet overslaan, zodat ze weer leerlingen enthousiast maken voor hun vak."

Het Hisparc-project staat los van zijn eigenlijke werk, de Atlas-detector die vanaf 2007 bij de Large Hadron Collider in Genève naar het higgsdeeltje gaat zoeken. Van Eijk steekt graag tijd en energie in Hisparc, maar over drie jaar wil hij het kunnen overdragen aan een professionele organisatie.

Meefouten De meeste kosmische straling komt van de zon, maar dat zijn voornamelijk deeltjes met een vrij lage energie. De schaarsere deeltjes met een energie tot 10^{15} elektronvolt zijn vooral afkomstig van supernovae. Hisparc zoekt juist naar deeltjes boven de 10^{15} elektronvolt. Die zijn nog zeldzamer, onder meer doordat ze genoeg energie hebben om aan het magneetveld van de Melkweg te ontsnappen. Dat betekent ook dat de deeltjes die Hisparc meet van andere sterrenstelsels afkomstig



De lichtgeleider wordt door een leerling passend gemaakt.

kunnen zijn. Een detector zal slechts enkele malen per jaar zo'n deeltje waarnemen.

Boven de 10^{19} elektronvolt, zo dachten natuurkundigen, komt helemaal geen kosmische straling meer voor. Bij die extreme energie botsen deeltjes soms met de fotonen ('lichtdeeltjes') in de kosmische achtergrondstraling die het heelal vult, waardoor ze energie verliezen. Meer dan honderdvijftig miljoen lichtjaar kunnen zulke deeltjes niet door het heelal afleggen. Toch zijn er sinds 1993 tientallen malen deeltjes gemeld die deze grenswaarde overtreffen. De recordhouder had ruim 10^{20} elektronvolt,

met zoveel als een tennisbal met een snelheid van driehonderd kilometer per uur. Dat leverde fysici stof tot nadenken, omdat men geen idee heeft welke bron in het nabije heelal zulke deeltjes kan produceren. Mogelijk zijn er meetfouten gemaakt, of ontstaan deze deeltjes door nog onbegrepen processen in de Melkweg of een naburig sterrenstelsel.

Profielwerkstuk De opzet van Hisparc – een array van detectoren verspreid over een groot gebied en met centrale verwerking van meetresultaten – vertoont overeenkomst met het in aanbouw zijnde Lofar-project. Daarbij leveren, verspreid over Noord-Nederland, vele kleine radiotelescopieën meetsignalen die

centraal worden geïntegreerd. De natuurkundigen aan Nikhef zien mogelijkheden voor samenwerking. Als ze de richting van een hoogenergetisch deeltje weten, kan de telescoop kijken of radiogolven uit diezelfde richting duiden op een kosmische gebeurtenis. Bovendien ontstaan er radiogolven in de atmosfeer als elektronen en muonen zich daar een weg door banen. Een hoogleraar aan het rekencentrum SARA onderzoekt in dit kader *grid*-aspecten, ofwel de wijze waarop meetsignalen via snelle internetverbindingen kunnen worden verzameld en weer beschikbaar gesteld.

“Leerlingen die meedoen hoeven niet per se een natuurkundig profielwerkstuk over dit onderwerp te maken”, voegt Van Eijk toe. “Hisparc, en met name het bijbehorende netwerk, bieden ook voor andere vakken interessante mogelijkheden. Vorig jaar maakten enkele leerlingen een mediareportage van het project. Daarnaast hebben twee leerlingen een computerprogramma geschreven dat nu door andere leerlingen kan worden gebruikt.”

“Verder willen we op termijn meteorologische stations koppelen aan de detectors. Weersomstandigheden zoals temperatuur en luchtdruk hebben namelijk invloed op de waarnemingen. De weerstations dan meteorologische informatie leveren voor een vak als aardrijkskunde. Je kunt het netwerk ook gebruiken voor andere maatschappelijk relevante onderzoeksthema's. Het zou leuk zijn als leerlingen met een schoolexperiment aantonen hoe vaak vliegtuigen afwijken van de voorgeschreven trajecten.” ■

Informatie

<http://www.lorentz.leidenuniv.nl/vanbaal/FT/cosmic.html>
<http://www.hisparc.nl/>