

MEMO

Aan: Leden van de Raad van Bestuur van de Stichting FOM
p/a Stichting FOM, Postbus 3021, 3502 GA UTRECHT

Van: zie lijst van ondertekenaars¹

Datum: 28 april 2004

Betreft: Astrodeeltjesfysica in Nederland

CC: Stichting ASTRON, Gebiedsbestuur E van NWO

Samenvatting: Op 26 april 2004 is er een symposium georganiseerd in Amsterdam over een zich snel ontwikkelend gebied op het grensvlak van de natuurkunde en de sterrenkunde: *astrodeeltjesfysica*. Nu gebleken is dat meer dan 95% van de kosmos niet bestaat uit gewone materie en de grenzen van het Standaard Model van deeltjes en velden in zicht komen, wordt het steeds duidelijker dat er zeer belangrijke doorbraken in dit nieuwe interdisciplinaire gebied verwacht mogen worden. Tijdens het symposium hebben astrofysici, deeltjesfysici en kernfysici vastgesteld dat er unieke mogelijkheden bestaan voor bijdragen van de Nederlandse fysica aan dit nieuwe interdisciplinaire vakgebied door deel te nemen aan de projecten KM3NeT en LOFAR. Om deze plannen te realiseren moet er nu een aantal stappen worden gezet door de Stichting FOM, die wij voorleggen aan de Raad van Bestuur van FOM: (i) in de definitieve versie van het *Strategisch Plan van FOM/GBN 2004 – 2010* moet het grote belang van de astrodeeltjesfysica als nieuw interdisciplinair vakgebied onderkend worden; (ii) er moet gezocht worden naar wegen om financiële ruimte te creëren om dit nieuwe vakgebied op de grens van de sterrenkunde en de natuurkunde van de grond te krijgen; (iii) er moet een commissie ingesteld worden van astronomen, deeltjesfysici en kernfysici om een uitgewerkt plan op te stellen voor de vorming van dit nieuwe vakgebied binnen NWO.

Op het grensvlak van de natuurkunde en de sterrenkunde is op dit moment een aantal stormachtige ontwikkelingen gaande. Neutrino's blijken niet massaloos te zijn, de zichtbare materie blijkt slechts 4% van het totale energiebudget van de kosmos te representeren, er zijn aanwijzingen voor het bestaan van volstrekt nieuwe vormen van (donkere) materie en (donkere) energie, en er zijn kosmische stralen waargenomen met een energie die hoger is dan volgens gangbare theorieën mogelijk is. Tegelijkertijd worden er theoretische kaders ontwikkeld die verder gaan dan het Standaard Model van deeltjes en velden, en wordt er gespeculeerd over de rol van hypothetische supersymmetrische deeltjes (als mogelijk onderdeel van de donkere materie), de experimentele waarneming van extra dimensies, zwaartekrachtsgolven en de productie van mini zwarte gaten. Deze wetenschappelijke ontwikkelingen kunnen zulke

¹ De lijst van ondertekenaars is afgedrukt in de bijlage. Correspondentie met betrekking tot deze brief kan gericht worden aan G. van der Steenhoven, NIKHEF, Postbus 41882, 1009 DB Amsterdam (email: gerard@nikhef.nl).

verstrekken gevolgen hebben, dat het niet kan worden uitgesloten dat er een nieuw natuurkundig paradigma in het verschiet ligt.

Het fundamenteel natuurkundig onderzoek in Nederland zal bij deze ontwikkelingen betrokken moeten zijn, en waar mogelijk een leidende rol spelen. Dit wordt onderkend in het concept *Strategisch Plan van FOM/GBN 2004 - 2010* (FOM - 03.1434), waar op pagina 32 voorgesteld wordt om 2.5 M€ per jaar (via een accresaanvraag bij NWO) te reserveren voor de ontwikkeling van dit vakgebied op het grensvlak van de deeltjesfysica en de astronomie, dat kan worden aangeduid als *astrodeeltjesfysica*. Nu de Raad van Bestuur op het punt staat de definitieve tekst van het Strategisch Plan vast te stellen, is het van belang om te komen tot een meer concrete aanbeveling voor de ontwikkeling van dit nieuwe interdisciplinaire vakgebied. Ter voorbereiding hiervan is er op 26 april 2004 een symposium georganiseerd met als titel "*Astroparticle Physics*" in Amsterdam. Tijdens dit symposium kwamen meer dan 120 astronomen, deeltjesfysici en kernfysici bij elkaar om te spreken over toekomstige mogelijkheden voor wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de astrodeeltjesfysica in Nederland. Naast voordrachten over de centrale fysische en sterrenkundige vraagstellingen, zijn mogelijke experimenten, detectoren en de uitdagingen op het gebied van computing en dataverwerking aan de orde geweest. Dit memo is een weerslag van deze bijeenkomst².

In de afgelopen jaren is er binnen het natuurkundig onderzoek in Nederland al een aantal initiatieven genomen op het terrein van de astrodeeltjesfysica. Midden jaren negentig is er een project geëntameerd om een bolvormige *zwaartekrachtsgolfdetector* (GRAIL) te ontwikkelen. Kort daarna is in Nijmegen het initiatief genomen om het L3 experiment bij LEP (CERN) geschikt te maken voor de waarneming van *kosmische straling*. Dit succesvolle project heeft al geleid tot een drietal proefschriften. Eind jaren negentig is er besloten om vanuit het NIKHEF deel te nemen aan het Europese ANTARES project, een detector die op de bodem van de Middellandse Zee naar kosmische zeer *hoogenergetische neutrino's* zal speuren. Binnen dit project heeft de NIKHEF groep een aantal belangrijke detectorconcepten aangedragen ("all-data-to-shore"), die de reikwijdte van het project enorm vergroten. Ongeveer tegelijkertijd is in Groningen op het KVI de bestudering van kernfysische reacties begonnen die relevant zijn voor het begrijpen van *supernovae* en *gamma-ray bursts*. Dit heeft al geresulteerd in verschillende publicaties en proefschriften. Ook kan vermeld worden dat er in Nijmegen (op bescheiden niveau) deel genomen wordt aan het 'Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)' experiment dat gericht is op het vinden van directe bewijzen voor het bestaan van pure *antimaterie* en *donkere materie* in het heelal³.

De zich ontwikkelende interesse in kosmische straling en de noodzaak de belangstelling voor exacte vakken op de middelbare scholen te bevorderen, heeft ook geleid tot de constructie van waarnemingsstations voor kosmische stralen op middelbare scholen. Dit initiatief, dat in Nijmegen is gestart, is enthousiast ontvangen door leraren en scholieren.

² Informatie over het symposium is te vinden op <http://www.nikhef.nl/astroparticle/>, waar naast het programma en de deelnemerslijst ook elk van de presentaties beschikbaar is.

³ Het koelingsysteem van het AMS experiment, dat geïnstalleerd zal worden in het International Space Station (ISS), is door het NIKHEF ontwikkeld.

Inmiddels heeft het project landelijk navolging gevonden, en staat het bekend onder de naam HiSPARC. Het project illustreert op fraaie wijze hoe de drempel tussen scholieren en grensverleggende wetenschap weggenomen kan worden.

De hierboven genoemde eerste activiteiten op het gebied van de astrodeeltjesfysica tonen aan dat de interesse en deskundigheid hiervoor al vele jaren in Nederland bestaan. De schaal van deze activiteiten is echter momenteel onvoldoende om in te kunnen spelen op de grote ontwikkelingen in de astrodeeltjesfysica zoals deze aan het begin van dit document zijn geschetst. Om de gedachte te bepalen is het waarschijnlijk goed om de investeringskosten van succesvolle neutrinedetectoren zoals SuperKamiokande (in Japan) of belangrijke astrofysische satellieten zoals COBE of WMAP te vermelden. Deze kosten belopen enige tientallen tot honderden miljoenen euro's. Het is daarom duidelijk dat alleen een coherente inspanning van astronomen, deeltjesfysici en kernfysici in Nederland ervoor kan zorgen dat er voldoende menskracht en middelen ter beschikking komen om op het gewenste niveau – uiteraard in internationaal verband – onderzoek te kunnen doen op dit nieuwe vakgebied⁴.

Zowel in de Verenigde Staten als in Europa is recent een groot aantal nieuwe initiatieven genomen op het gebied van de astrodeeltjesfysica. Zo wordt op Antarctica een grote kosmische neutrinedetector ('IceCube') gebouwd, zijn er zowel in Europa als in de Verenigde Staten reusachtige zwaartekrachtsgolfinterferometers ('Virgo', 'Ligo', 'Lisa') in ontwikkeling, en worden er in Argentinië grote detectoren voor kosmische stralen ('Pierre Auger') gebouwd. Deze projecten, die slechts een greep vormen uit een groter aantal, illustreren nogmaals welke vlucht het werk in de astrodeeltjesfysica wereldwijd heeft genomen. Om te komen tot een gerichte bijdrage vanuit Nederland aan dit veld, moet nagegaan worden waar de Nederlandse fysica (en fysici) een cruciale en innoverende rol kunnen spelen. Op basis van dit soort overwegingen is tijdens het symposium van 26 april 2004 vastgesteld dat er dergelijke unieke kansen liggen voor de Nederlandse fysica bij de projecten KM3NeT en LOFAR, die hierna elk apart kort worden toegelicht.

Het KM3NeT is een Europese ontwerpstudie die moet leiden tot een detector met een volume van ongeveer 1 km³ welke op de bodem van de Middellandse Zee geplaatst zal worden. Met deze detector kunnen neutrino's van de allerhoogste energieën (10¹² – 10²⁰ eV) worden waargenomen, dat wil zeggen dat hiermee een energiegebied wordt bestreken dat in de voorzienbare toekomst niet met behulp van deeltjesversnellers kan worden bestudeerd. Dit is van het grootste belang omdat neutrino's van hoge energie het vervalsproduct kunnen blijken te zijn van de annihilatie van supersymmetrische deeltjes of andere kandidaten voor donkere materie⁵. Tevens kan hiermee voor het eerst neutrino

⁴ Naast een bijdrage aan de totale investering die nodig is voor de bouw van een nieuwe (internationale) faciliteit op het gebied van de astrodeeltjesfysica, zal er ook een (veel kleinere) bijdrage aan de exploitatiekosten geleverd moeten worden. De ervaring leert echter dat deze bijdrage relatief klein zal zijn vergeleken met de normale personele en institutionele kosten van een wetenschappelijke activiteit.

⁵ Zo bestaat er het vermoeden dat de lichtste supersymmetrische deeltjes ('neutralino's') zich ten gevolge van de zwaartekracht zouden kunnen ophopen in zware hemellichamen, waar zij annihileren. Daarbij zullen neutrino's vrijkomen die waarneembaar zijn indien de detectiedrempel laag genoeg is (10¹¹ – 10¹² eV). Het op deze pagina beschreven *all-data-to-shore* concept vergroot de richtingsgevoeligheid van de detector

astronomie worden bedreven, waarmee het mogelijk wordt om –bijvoorbeeld– de structuur en het werkingsmechanisme van de meest energierijke bronnen in de kosmos ('Gamma-Ray Bursts' en 'Active Galactic Nuclei') op te helderen. Zo bevindt zich vermoedelijk in het centrum van het Melkwegstelsel een zwaar zwart gat van 3×10^6 zonnemassa's dat een bron van neutrino's van zeer hoge energie zou kunnen blijken te zijn. Binnen het KM3NeT project kan Nederland een prominente rol spelen vanwege de bestaande expertise op het gebied van de *informatietechnologie*, en meer in het bijzonder m.b.t. het zogenaamde *all-data-to-shore* concept dat bij het ANTARES project al zeer succesvol is gebleken. Deze nieuwe technologie vergroot de mogelijkheden van de neutrinedetector enorm omdat de richtingsgevoeligheid en tijdsgevoeligheid van de signalen hiermee substantieel verbeterd worden.

Het LOFAR project omvat de constructie van een zeer grote radiosynthesetelescoop, waarvan het centrum in het oosten van de provincie Drente komt te liggen. Met deze 'Low Frequency Array' zal radioastronomie bedreven worden in het tot nu toe vrijwel ongeëxploreerde gebied tussen 10 en 250 MHz. Het project is geïnitieerd door de Nederlandse astronomische gemeenschap. Met deze telescoop wordt het mogelijk om waarnemingen te doen aan het vroege heelal en de eerste sterren en melkwegstelsels die ontstaan zijn na de oerknal. Voor de astrodeeltjesfysica biedt dit project verschillende nieuwe en unieke mogelijkheden. Eén van de meest spectaculaire opties is de gelijktijdige waarneming van radiostraling in LOFAR en gravitatiegolven in LIGO (of VIRGO) die vermoedelijk uitgezonden worden bij een botsing tussen twee neutronensterren of zwarte gaten. Daarnaast zal het mogelijk zijn om coherente synchrotronstraling te meten die uitgezonden wordt door de cascade van elektronen en positronen die geproduceerd worden na een botsing van een kosmisch deeltje in de aardatmosfeer⁶. Met LOFAR kan hiermee naar de oorsprong van de zeer hoogenergetische kosmische straling gezocht worden. Daarbij komen dezelfde vragen aan de orde als bij het hoogenergetische neutrinospectrum dat door een km^3 neutrinedetector wordt waargenomen: wat is de oorsprong van de kosmische stralen, kunnen ze vervalsproducten van nieuwe (donkere) materiedeeltjes zijn, etc. Voor de Nederlandse astrodeeltjesfysica leidt de complementariteit van de KM3NeT en LOFAR projecten tot een daadwerkelijke internationale meerwaarde van de onderzoeksinspanning. Omdat het LOFAR project voor een groot deel al door de Nederlandse overheid zal worden gefinancierd (ten behoeve van de radioastronomie en de verbetering van de kennisinfrastructuur in het noordoosten van het land), biedt dit project bovendien de unieke mogelijkheid om met een bescheiden additionele inspanning een nieuw interdisciplinair vakgebied van de grond te krijgen. Hoe vruchtbaar interdisciplinair onderzoek kan zijn bleek al tijdens het symposium van 26 april 2004, waar kernfysici uit Groningen en deeltjesfysici uit Nijmegen ideeën lanceerden over mogelijke uitbreidingen van het LOFAR concept op de middellange termijn⁷.

zodanig dat de drempel verlaagd kan worden tot 10^{11} eV, en het mogelijk wordt neutrino's afkomstig van een te voren gekozen hemellichamen (zoals het centrum van het Melkwegstelsel) te identificeren.

⁶ In Nijmegen wordt gewerkt aan het gebruik van LOFAR voor de waarneming van kosmische straling. Hiervoor heeft de Stichting FOM in 2003 een projectruimtevoorstel goedgekeurd.

⁷ Zo wordt overwogen om LOFAR uit te breiden met detectoren die gevoelig zijn voor de muonen die geproduceerd worden door de kosmische straling en de grond bereiken. Daarnaast is op het KVI het idee ontstaan om met dipoolantennes in diepe zoutkoepels signalen waar te nemen die afkomstig zijn van

Een goed wetenschappelijke klimaat voor de astrodeeltjesfysica in Nederland vereist dat er naast experimenteel werk aan KM3NeT en LOFAR ook theoretisch onderzoek plaats vindt op dit gebied. In dit verband is het verheugend dat vele theorieprogramma's (waaronder die in het FOM netwerk voor theoretische hoge-energiefysica) in recente beleidsnotities expliciet ambities in deze richting hebben geformuleerd. Daarbij worden onderwerpen genoemd zoals neutrino-fysica, supersymmetrie, unificatie van de ijkwisselwerkingen, donkere materie, faseovergangen in het vroege heelal, inflatie en quantumgravitatie.

Een substantiële bijdrage van de Nederlandse fysica aan KM3NeT en LOFAR geeft ook een directe impuls aan de kenniseconomie. Omdat er gebruik zal worden gemaakt van innoverende technologieën, die nog niet eerder massaal zijn toegepast, zal er nauw samengewerkt moeten worden met de Europese industrie, die de opgedane expertise weer elders kan toepassen. Een voorbeeld is de productie van een zeer groot aantal (orde 10^4 - 10^5) photomultiplierbuizen met unieke eigenschappen (grote quantumefficiëntie en mogelijk met meervoudige kathodes) voor KM3NeT. Een tweede voorbeeld ligt op het terrein van de informatietechnologie. Bij zowel LOFAR als KM3NeT zullen enorme dataverzamelingen worden geproduceerd die uitsluitend geïnterpreteerd kunnen worden indien er geavanceerde dataverwerkings-, dataopslag- en datadistributietechnieken beschikbaar komen. Voor LOFAR wordt op dit gebied al samengewerkt met IBM, wat mogelijk zal leiden tot de plaatsing van een geavanceerde supercomputer ('Blue Gene') in Groningen voor de eerste verwerking van de meetgegevens. Voor KM3NeT wordt gedacht aan de plaatsing van een lokaal cluster van PCs. Voor de verdere opslag, verwerking en analyse van de nog steeds zeer grote dataverzamelingen zal mogelijk gewerkt moeten worden aan een gedistribueerde computerinfrastructuur, ook wel aangeduid als 'Grid Computing'. Op dit gebied is in de deeltjesfysica (NIKHEF) een grote expertise opgebouwd, onder meer door deelname aan nationale en Europese projecten. Deze technologie zal verder worden ontwikkeld in het kader van het zogenaamde VL-e (Virtual Laboratory for e-Science) project, dat recent door de overheid is goedgekeurd ('Bsik'-gelden). In het VL-e project, dat geleid wordt vanuit het Instituut voor Informatica in Amsterdam, zal vooral het subprogramma *Data-intensive sciences* relevante kennis opleveren voor de verwerking van grote databestanden, zoals deze geproduceerd zullen worden door LOFAR en KM3NeT. In dit subprogramma wordt al samengewerkt tussen deeltjesfysici en astronomen. De bijdrage van dit werk aan de kenniseconomie is zeer direct in dit geval, vanwege de betrokkenheid van de volgende bedrijven en instellingen bij het VL-e project: IBM, KNMI, LogicaCMG, Philips, SARA, TNO-Telecom en Unilever. Een tweede 'Bsik' project, 'Gigaport Next Generation', waarmee VL-e nauw samenwerkt, zal borg staan voor de levering van de benodigde, breedbandige netwerkinfrastructuur binnen Nederland. Deze voorbeelden laten zien hoe de astrodeeltjesfysica een bijdrage zal leveren aan de vergroting (en profilering) van de ICT expertise in Nederland in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven.

neutrino's van zeer hoge energie. In Nijmegen is gesuggereerd om de antennes die voor LOFAR ontwikkeld zijn ook te installeren bij het Pierre Auger Observatory op het zuidelijke halfrond, waardoor vergelijkbare waarnemingen op elk halfrond gedaan kunnen worden.

Uit het bovenstaande moge duidelijk zijn dat er grote verwachtingen bestaan m.b.t. de snelle ontwikkeling van de astrodeeltjesfysica in de nabije toekomst. Tevens is duidelijk dat er unieke mogelijkheden bestaan voor bijdragen van de Nederlandse fysica aan dit nieuwe interdisciplinaire vakgebied door op substantieel niveau deel te nemen aan de projecten KM3NeT en LOFAR. Om deze plannen te realiseren moet nu op bestuurlijk niveau een aantal stappen worden gezet. Concreet leggen wij daarom de volgende verzoeken neer bij de Raad van Bestuur van FOM:

1. Om in de definitieve versie van het *Strategisch Plan van FOM/GBN 2004 – 2010* het grote belang van astrodeeltjesfysica als nieuw interdisciplinair vakgebied te onderkennen.
2. Om de financiële ruimte te creëren (mogelijk in overleg met andere belanghebbenden) die nodig is om dit nieuwe vakgebied op de grens van de sterrenkunde en de natuurkunde van de grond te krijgen⁸.
3. Om een commissie te vormen van astronomen, deeltjesfysici en kernfysici die een uitgewerkt plan moet opstellen hoe dit nieuwe vakgebied binnen NWO vorm te geven. Deze commissie zal concrete voorstellen doen met betrekking tot de rol van de Nederlandse fysici in de projecten KM3NeT en LOFAR, en de financiering, bemensing en organisatie daarvan.
4. Om bescheiden middelen ter beschikking te stellen ter financiering van activiteiten die samenhangen met het werk van voornoemde commissie en andere activiteiten die noodzakelijk zijn om de oprichting van dit nieuwe interdisciplinaire vakgebied mogelijk te maken.

Wij gaan ervan uit dat deze verzoeken besproken zullen worden in de eerstvolgende vergadering van de Raad van Bestuur van de Stichting FOM. Uiteraard zijn wij bereid een delegatie uit ons midden samen te stellen die onze voorstellen in uw vergadering kan toelichten.

⁸ De exacte hoeveelheid geld die nodig zal zijn voor investeringen, personele lasten, infrastructuur en exploitatiekosten kan uiteraard pas worden vastgesteld als de onder 3 genoemde commissie zijn werk heeft afgerond. De in het concept *Strategisch plan van FOM/GBN 2004 - 2010* (FOM - 03.1434) genoemde 2.5 M€ representeert een eerste indicatie van de orde van grootte van de verwachte jaarlijkse kosten (exclusief investeringen).