

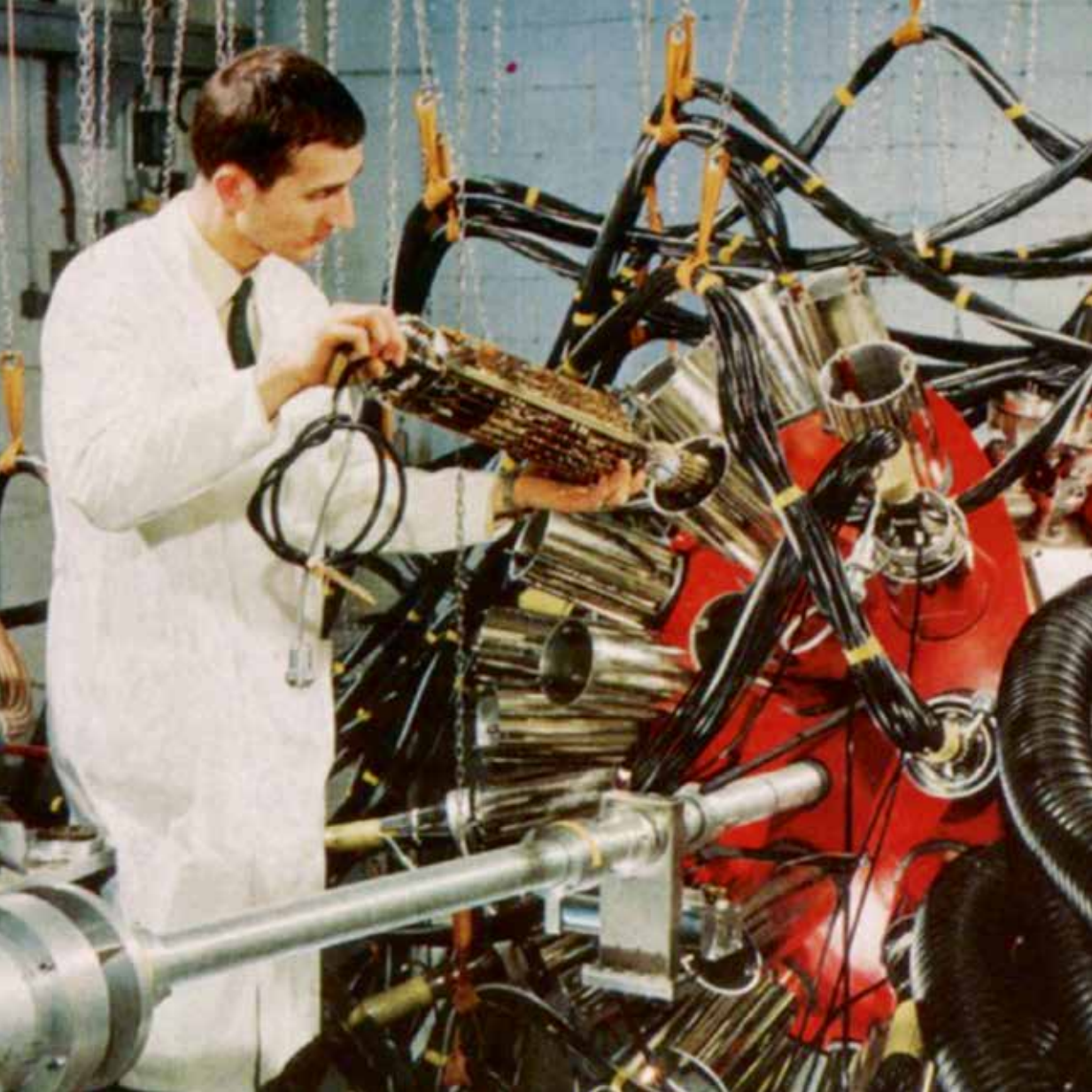


SNAREN, SPIEGELS EN PLAKBAND

70 jaar Nederlandse
natuurkunde

W BOOKS





SNAREN, SPIEGELS EN PLAKBAND

70 jaar Nederlandse natuurkunde

WBOOKS



INHOUD

De FOM is dood; leve de FOM!	8, 64, 98, 134, 166, 200, 222
Kathedralen van de wetenschap	18
Nuttig effect	30
Nobel, Spinoza en de rest	50
Lab met allure	72
Hora est	84
Het beste van twee werelden	108
Van werkplaats tot koffiehoeke	122
Hooggeëerd publiek	140
Van oude dingen	154
Fysische verschijningsvormen	176
Schoonheid in eenvoud	188
Hoog bezoek	210

Snaren, spiegels en plakband hebben alles met natuurkunde te maken, van ijle mathematische fysica tot prozaïsche experimenteerkunst.

Snaren, een soort mini-elastiekjes die op allerlei wijzen kunnen trillen, nemen in de snaartheorie (een extreme vorm van theoretische natuurkunde die werkt met extra dimensies) de plaats in van elementaire deeltjes als elektronen of quarks.

Spiegels, al dan niet half doorlatend, zijn een essentieel onderdeel in tal van natuurkunde-experimenten, van quantumteleportatie tot het aantonen van zwaartekrachtsgolven.

Plakband, dicht lekken en houdt laboratoriumopstellingen bij elkaar. De plakband-methode is het maken van grafen door dunne laagjes grafiet (potlood) af te pellen met een plakbandje.

De FOM is dood; leve de FOM!

In 2012 wist de groep van Leo Kouwenhoven aan de TU Delft als eerste het langgezochte Majorana-deeltje te detecteren. Drie jaar later bewezen collega-fysici onder aanvoering van Ronald Hanson het bestaan van 'spookachtige werking op afstand' in de quantumwereld – een experiment dat Einsteins ongelijk aantoonde en de voorpagina van de *New York Times* haalde. Twee voorbeelden van topfysica uitgevoerd met geld van FOM, de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie.

6

De Nederlandse natuurkunde staat er goed op. Dat komt door de hoge kwaliteit. Die betreft zowel onderzoek dat is ingegeven vanuit de drang de natuur op fundamenteel niveau te begrijpen, als onderzoek bedoeld om de samenleving vooruit te helpen. De bijzondere positie van de Nederlandse natuurkunde blijkt uit feedback en reviews van buitenlandse collega's, uit een artikel in *Nature* over de buitengewoon hoge impact van onze natuurkundepublicaties en natuurlijk uit klinkende resultaten. Toen *de Volkskrant* de tien invloedrijkste wetenschappers van het land in kaart bracht, bleken er acht fysicus.

Dat Nederlandse natuurkundig toponderzoek vindt plaats aan universiteiten, instituten en laboratoria van multinationals als Philips en Shell. In dit geheel neemt FOM een bijzondere positie in. Sinds 1946 beijvert FOM zich voor hoogstaand onderzoek dat ertoe doet. Begonnen als een kleine organisatie die vooral de kernfysica diende, is FOM in zijn zeventigjarig bestaan uitgroeid tot een speler van formaat met in 2015 een budget van 108 miljoen euro en 1100 werknemers. Die produceerden dat jaar 105 proefschriften en 1187 publicaties in vooraanstaande wetenschappelijke tijdschriften. Er is veel meer natuurkunde in Nederland, maar FOM is wel de onbetwiste aanjager en smaakmaker.

Nu FOM in het kader van de transformatie van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek per 1 januari 2017 opgaat in het nieuwe NWO, en daarmee als zelfstandige organisatie ophoudt te bestaan, is het alleszins de moeite waard de geschiedenis van dit markante, eigenzinnige en invloedrijke instituut – ‘een walvis in de vijver’ – in kort bestek weer te geven.

Dirk van Delft interviewde een aantal bepalende personen van het FOM-bureau. Hij schreef voor dit boek de geschiedenis van FOM. Verder is door de redactie geput uit het FOM-archief, jaarboeken en andere publicaties.

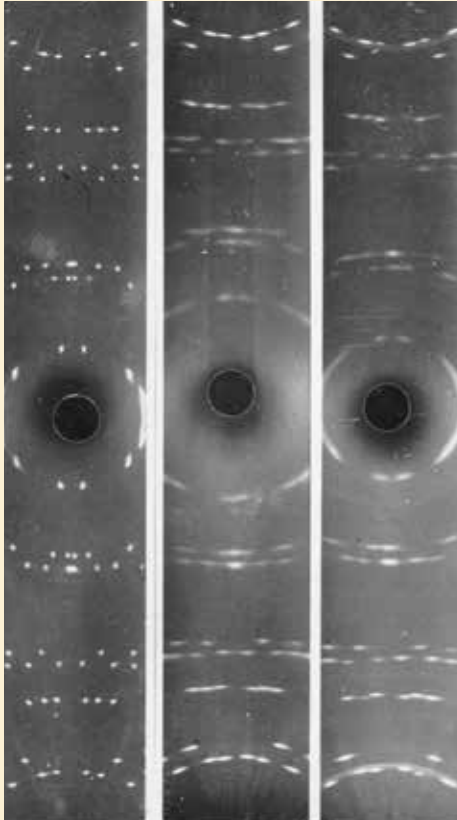


Zie het water in de grachten de gespiegelde gevels vervormen. Als lid van het organiserend comité van Strings '97, de internationale conferentie over snaartheorie, ontwierp Robbert Dijkgraaf een kunstwerk dat in één oogopslag duidelijk maakt waar de snaarfysici elkaar zouden ontmoeten: in Amsterdam. Vanaf 2012 is Dijkgraaf directeur van het Institute for Advanced Study in Princeton.

Waterstof in palladium

1958 - Wanneer palladium waterstof opneemt, vervormt zijn kristalstructuur. Een onderzoeksgroep in Delft heeft dat met behulp van röntgendiffractie waargenomen. Al in de

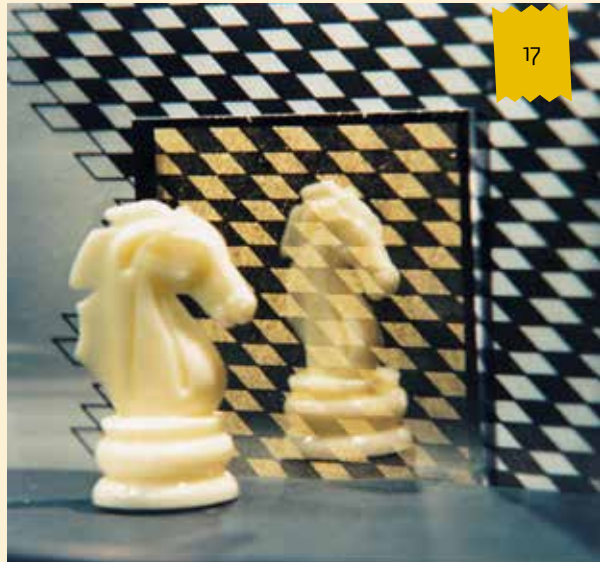
negentiende eeuw was bekend dat het metaal palladium grote hoeveelheden waterstof kan opnemen, dat heel snel doet en de opgenomen waterstof onder alledaagse omstandigheden vasthoudt. Na 1945 nam de belangstelling voor verbindingen van een metaal met waterstof (metaalhydriden) toe - als mogelijk materiaal om in kernreactoren neutronen af te remmen. Ook groeide de interesse vanuit technologisch oogpunt: waarom tast waterstof staal soms catastrofaal aan? En kun je met metallische semi-doorlatende membranen wellicht ultrazuiver waterstofgas maken?



Draaikristalopnamen van een palladium éénkristal, vóór en tijdens belading met waterstof en na ontgassing

Schakelbare spiegel

1995 - Aan de Vrije Universiteit in Amsterdam doen natuurkundigen in de groep van Ronald Griessen een opmerkelijke ontdekking. Ze zoeken naar een nieuwe supergeleider met hoge kritische temperatuur, bestaande uit metallisch waterstof dat ze 'vervuilen' met yttrium. In een experiment blijkt een spiegelend dun laagje yttrium door het opnemen van waterstof in een paar seconden tijd lichtgeel en doorzichtig te worden. Het proces blijkt omkeerbaar en onder lage druk zelfs bij kamertemperatuur op te treden. Een klassiek voorbeeld van serendipiteit: een ongezochte vondst. De ontdekking leidt uiteindelijk tot een nieuwe fysische meettechniek: hydrogenografie ofwel langs optische weg waterstofconcentraties bepalen.





Kathedralen van de wetenschap

De deeltjesversneller LHC in Genève, de 1600 meetstations van het Pierre Auger Observatorium in Argentinië, het grote magnetenlaboratorium in Nijmegen; het zijn kathedralen van de wetenschap. Natuurkundigen van over de hele wereld doen er hun experimenten. De gigantische gebouwen en de immense, kostbare apparaten die nodig zijn in de experimentele natuurkunde maken het een dure tak van sport. Dat was één reden om direct na de Tweede Wereldoorlog buiten de universiteiten een aparte organisatie voor de natuurkunde te stichten. De oprichters van FOM, de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie, voorzagen onderzoek dat te kostbaar was voor afzonderlijke universiteiten en dat een slagkracht vroeg, die er toen op universitair niveau niet was.

Om iets groots te kunnen realiseren is samenwerken essentieel. Fysici ontwikkelen en exploiteren samen onderzoeksfaciliteiten: installaties voor het maken en bestuderen van submicroneuvenices en materialen, NMR-installaties en meest recent faciliteiten voor nanofysica zijn er voorbeelden van.

Voor de allergrootste projecten is internationale samenwerking onvermijdelijk. Al vroeg ontstonden internationale onderzoekscentra in de kernfysica en de deeltjesfysica, later in het kernfusieonderzoek. Daar kwamen internationale faciliteiten voor neutronenbronnen en synchrotronstraling bij. Nederlandse onderzoeksgroepen en -instituten ontwikkelden zich tot de thuisbasis voor het Nederlandse aandeel in dit soort grote projecten. In eigen land kwam geleidelijk een einde aan nationale deeltjesversnellers. De Nederlandse natuurkunde vond andere niches waarin ons land internationaal uit kon blinken, zoals vrije-elektronenlasers en hoge magneetvelden.

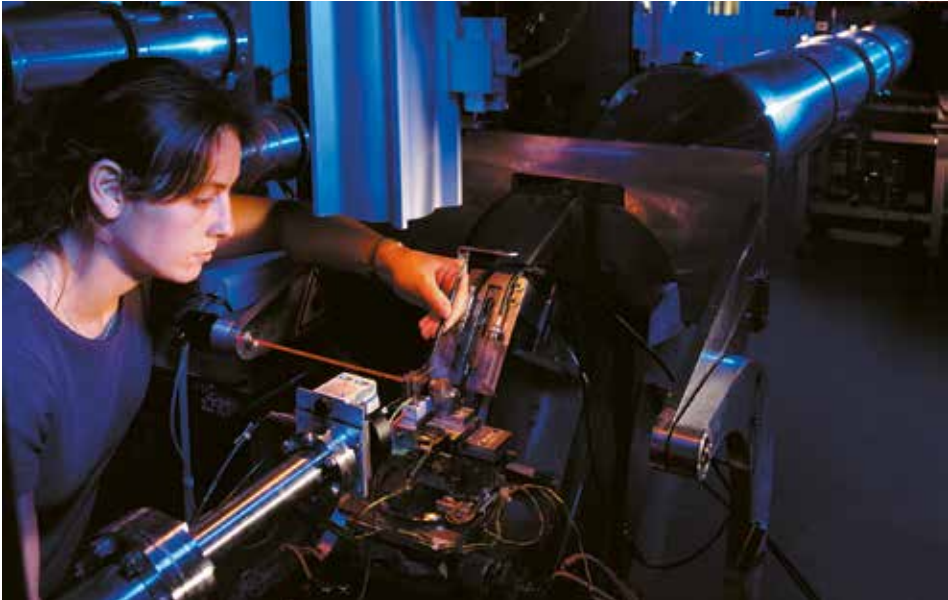
Bollen in zee

2006 - Op de bodem van de Middellandse Zee, op 2500 meter diepte, is de neutrinotelescoop ANTARES uitgerold. Hij bestaat uit twaalf verticale kabels van 350 meter lang, met om de vijftien meter drie grote bollen. In die bollen zitten fotobuizen, waarmee de telescoop naar de zeebodem kijkt. ANTARES meet neutrino's, deeltjes die vanuit het heelal ongehinderd dwars door de aarde vliegen. Een incidentele botsing van een neutrino met een atoomkern zorgt in zee voor Cherenkovstraling: die straling vangt ANTARES op. Aan het project werkten 150 fysici en technici mee uit zeven landen, waaronder Nederland. Anno 2016 wordt neutrinotelescoop KM3NeT gebouwd, als opvolger van ANTARES.

Schouders van reuzen

Nee, die wereldberoemde versneller LHC van CERN, ingebouwd in een ondergrondse buis van 27 kilometer, is niet de enige in zijn soort. Generaties versnellers gingen eraan vooraf. Een van zijn voorgangers was de versneller HERA (1992 - 2007) in Hamburg, met een ring van zes kilometer ook geen klein meisje. Nederland werkte mee aan de experimenten met HERA. Veel experimenten met HERA dienden om de structuur van het proton te ontrafelen, het kerndeeltje dat in alle atoomkernen zit. Door in de versneller protonen kapot te schieten en de brokstukken te analyseren, kwamen natuurkundigen er pas echt achter hoe het proton in elkaar stak.





Nederlandse bundel in Frankrijk

2000 - Wie als natuurkundige voor zijn experimenten harde röntgenstraling nodig heeft, kan terecht in Frankrijk. In Grenoble staat de European Synchrotron Radiation Facility (ESRF): een apparaat dat röntgenstraling maakt die honderd miljard keer intenser is dan de straling die wordt gebruikt voor een röntgenfoto van een gebroken arm. Die straling wordt 'afgetapt' in bundellijnen, 43 in totaal. Nederland en Vlaanderen beschikken sinds 2000 over één van die bundellijnen, DUBBLE, gebouwd op AMOLF. De röntgenstraling van de DUBBLE-lijn heeft inmiddels licht geworpen op de kristalstructuur van cacaoboter, op bloedstolsels, zonnecellen en op pigmenten van schilderijen.

Nederlands-Franse ionenuversneller

1996 - Bij het Kernfysisch Versneller Instituut in Groningen nemen kernfysici het cyclotron AGOR (Accélérateur Groningen Orsay) in gebruik. Deze compacte met supergeleidende spoelen uitgeruste versneller is het grootste wetenschappelijke project dat Nederland en

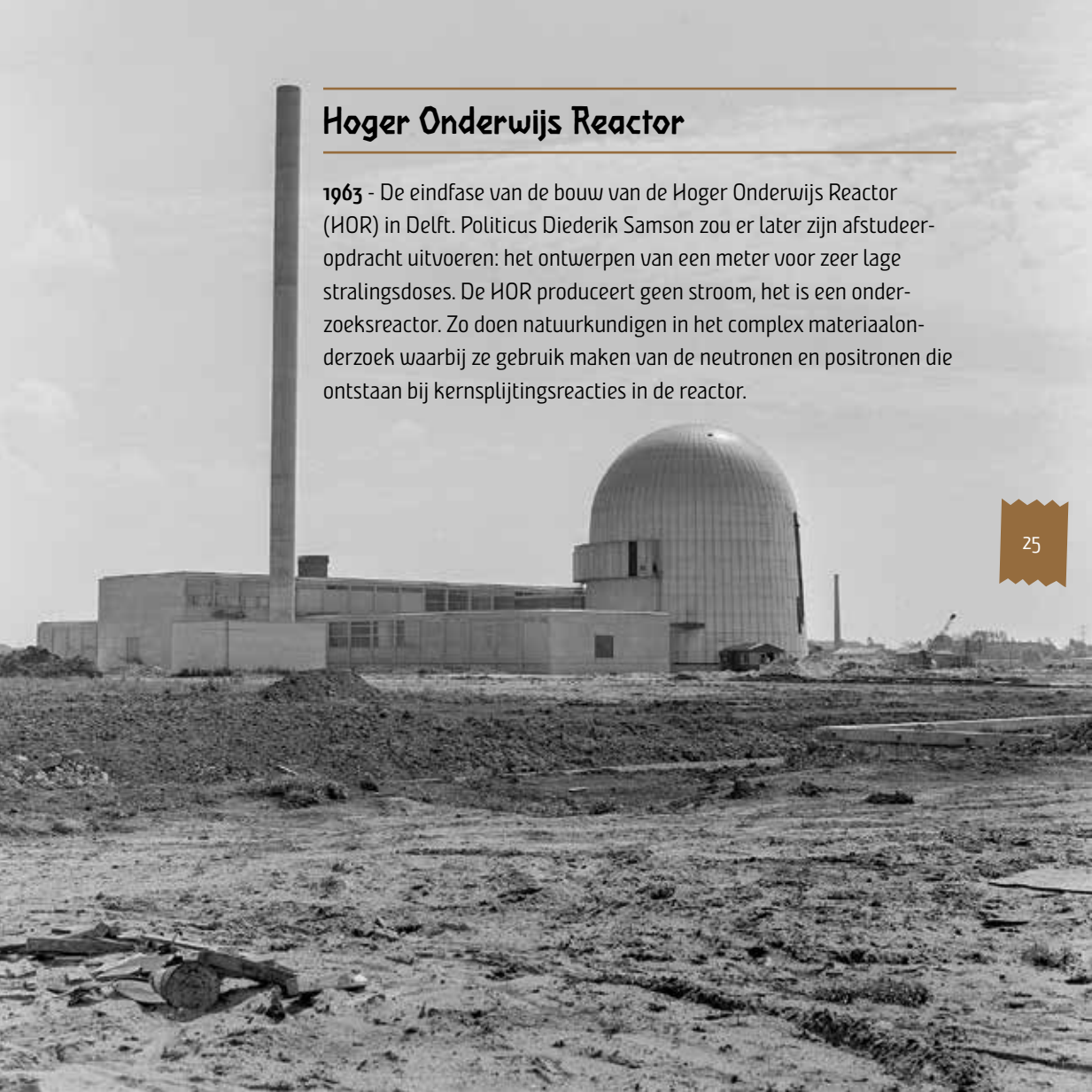
Frankrijk ooit samen hebben uitgevoerd. AGOR versnelt ionen van alle elementen uit het periodiek systeem. Onderzoekers gebruiken die versnelde ionen om de rol van de structuur van atoomkernen in supernova's te bestuderen en de wisselwerking te onderzoeken van hadronen, kerndeeltjes die uit quarks bestaan. Verder werken ze aan de verbetering van protontherapie, een nieuwe bestralingmethode tegen kanker. Naast al het onderzoek wordt de versneller gebruikt voor bepaling van de stralingshardheid van elektronica voor de lucht- en ruimtevaart.



In het vat

2010 - Als een insect in zijn hol: een installatierobot kruipt door het drie meter hoge reactievat van fusiemachine JET in Engeland om een nieuwe wand te installeren. Die wand beschermt het vat tegen het ijle, gloeiend hete plasma dat natuurkundigen er in opsluiten. Bij kernfusie smelten lichte atoomkernen samen tot zwaardere; daar komt veel energie bij vrij. In Frankrijk is de bouw gestart van fusiereactor ITER, weer beduidend groter dan JET. Met ITER hopen de fysici de technische haalbaarheid van fusie als energiebron aan te tonen. Zowel JET als ITER zijn internationale samenwerkingen, waar ook Nederland aan mee doet.





Hoger Onderwijs Reactor

1963 - De eindfase van de bouw van de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) in Delft. Politicus Diederik Samson zou er later zijn afstudeeropdracht uitvoeren: het ontwerpen van een meter voor zeer lage stralingsdoses. De HOR produceert geen stroom, het is een onderzoeksreactor. Zo doen natuurkundigen in het complex materiaalonderzoek waarbij ze gebruik maken van de neutronen en positronen die ontstaan bij kernsplijtingsreacties in de reactor.

Snaren, spiegels en plakband – 70 jaar Nederlandse natuurkunde verschijnt ter gelegenheid van het 70-jarig bestaan van de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM). FOM heeft in de naoorlogse Nederlandse natuurkunde een bepalende rol gespeeld. In dit boek komen vele anekdotes, verhalen en beelden voorbij uit de afgelopen zeventig jaar waarbij FOM altijd prominent in beeld was.

FOM bestrijkt het hele spectrum van fundamenteel onderzoek, om het even of pure nieuwsgierigheid de drijfveer was dan wel de wens om tot toepassingen te komen. FOM maakt deel uit van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), zal vanaf 2017 daarin geïntegreerd verder gaan en zich in zijn nieuwe rol blijven inzetten voor de Nederlandse natuurkunde. FOM heeft de status van een Algemeen Nut Beogende Instelling.

De hier gepubliceerde teksten vallen onder verantwoordelijkheid van de auteurs, en weerspiegelen niet noodzakelijk het standpunt van het bestuur en de directie van FOM.

Dank aan velen die behulpzaam zijn geweest bij de totstandkoming van dit boek!

Uitgave

WBOOKS, Zwolle
info@wbooks.com
www.wbooks.com
samen met
Stichting voor Fundamenteel
Onderzoek der Materie
info@fom.nl
www.fom.nl

Tekst

Dirk van Delft
Huub Eggen
Anita van Stel
Anouck Vrouwe
Gabby Zegers

Vormgeving

Richard Bos, Wergea

© 2017 WBOOKS

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd, opge-
slagen in een geautomatiseerd
gegevensbestand, of openbaar
gemaakt, in enige vorm of op
enige wijze, hetzij elektronisch,
mechanisch, door fotokopieën,
opnamen of op enige andere
wijze, zonder voorafgaande
schriftelijke toestemming van de
uitgever.

De uitgever heeft ernaar
gestreefd de rechten met betrek-
king tot de illustraties volgens de
wettelijke bepalingen te regelen.
Desondanks menen

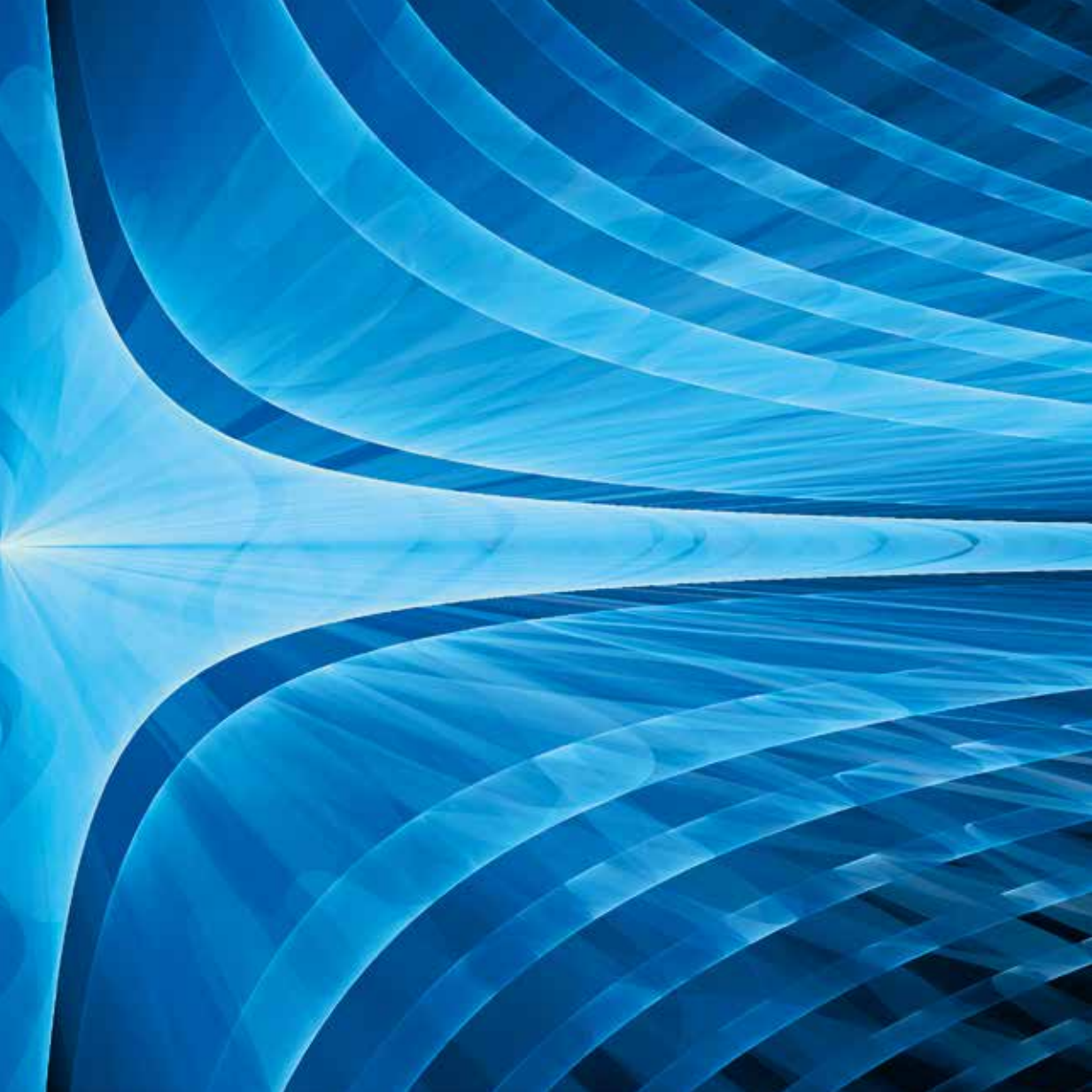
zekere rechten te kunnen doen
gelden, kunnen zich alsnog tot de
uitgever wenden.

Van werken van beeldende
kunstenaars aangesloten bij een
CISAC-organisatie is het auteurs-
recht geregeld met Pictoright te
Amsterdam.

© c/o Pictoright Amsterdam 2017

ISBN 978 94 625 8168 5
(Nederlands)
ISBN 978 94 625 8199 9
(Engels)

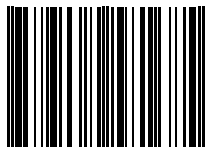
W BOOKS





In 2012 wist de groep van Leo Kouwenhoven aan de TU Delft als eerste het langgezochte Majorana-deeltje te detecteren. Drie jaar later bewezen collega-fysici onder aanvoering van Ronald Hanson het bestaan van 'spookachtige werking op afstand' in de quantumwereld – een experiment dat Einsteins ongelijk aantoonde en de voorpagina van de *New York Times* haalde. Twee voorbeelden van Nederlandse topfysica mede uitgevoerd met geld van FOM, de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie.

Nu FOM per 1 januari 2017 is opgegaan in het nieuwe NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek) is het alleszins de moeite waard de geschiedenis van deze eigenzinnige en invloedrijke FOM – 'een walvis in de vijver' – in beeld te brengen. *Snaren, spiegels en plakband* toont zeventig jaar inventief natuurkundig onderzoek dat ertoe doet, van het verrijkte uranium van Jaap Kistemaker tot de zwaartekrachttheorie van Erik Verlinde die de kosmos op zijn kop zet.



9 789462 581685



WWW.WBOOKS.COM