

“Ik droom dat we dicht bij de bigbang kunnen komen”

Interview met Nobelprijswinnaar Barry Barish

Op uitnodiging van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging kwam Nobelprijswinnaar Barry Barish in april anderhalve dag naar Nederland. Hij is een enthousiaste verteller en goede spreker, tot genoegen van de deelnemers aan Fysica 2018 in Utrecht, waar hij de laatste lezing van de dag gaf. Barish deelde de Nobelprijs Natuurkunde 2017 met Ray Weiss en Kip Thorne. Zo werd hij beloond voor de essentiële rol die hij vanaf 1994 speelde bij het realiseren van de Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) in de Verenigde Staten. Ik sprak de opmerkelijk energieke Barish in de lobby van zijn hotel in Amsterdam. Niets wees erop dat ik sprak met een 81-jarige die net een nachtvlucht uit Californië achter de rug had. Claud Biemans

De afgelopen tijd is er al veel geschreven over de waarnemingen van zwaartekrachtgolven door LIGO en VIRGO en de wetenschap en techniek daarachter [1,2,3]. Daarom focust dit interview vooral op het leven van Barish temidden van andere Nobelprijswinnaars en de financiering en toekomst van big science in de Verenigde Staten.

Tovenaar

Als jonge student met aanleg voor wiskunde en natuurwetenschappen ging Barry Barish midden jaren 1950 naar Berkeley, bij San Francisco, met het idee ingenieur te worden. Pas toen hij daar omringd werd door prominente natuurkundigen groeide zijn belangstelling voor fysica. “Owen Chamberlain was mijn mentor

toen ik studeerde in Berkeley. In 1959 won hij de Nobelprijs voor zijn ontdekking van het antiproton in 1955 met de Bevatron-versneller in Berkeley. Ik was een goede student en had tijd om onderzoek te doen, wat in die tijd niet standaard in het curriculum was opgenomen. Chamberlain had eigenlijk nooit tijd voor mij, maar hij was wel mijn toegangsticket tot het stralingslaboratorium op de berg boven de campus, waar Edwin McMillan en Ernest Lawrence voorheen gewerkt hadden aan de atoombom, het tegenwoordige Lawrence Berkeley National Laboratory. In die tijd waren er geen andere bachelorstudenten die daarheen gingen. Er was ook nog geen busje dat die steile helling opreed, dus ik ging altijd liften of lopen. Toen ik de eerste keer bovenkwam, ging ik

Chamberlain zoeken, maar hij had het te druk. Dus besloot ik een beetje rond te lopen en het gebouw te verkennen. Zo kwam ik bij de regelkamer van het cyclotron. Daar zat een kleine, oudere man die de machine bediende, dat was Joe Blow. En hij draaide aan al die knopjes. Hij was in mijn ogen de tovenaar die het allemaal liet werken. Ik probeerde te begrijpen hoe hij dat deed en het verwonderde me altijd dat als hij aan een knop draaide, dat hij dan ook wist hoe hij daarna de andere knoppen moest bijstellen. Ik vond dat erg boeiend en zo kwam ik zelf terecht tussen de versnellers.”

Barish studeerde af en promoveerde in 1962 op een onderzoek dat hij deed met de deeltjesversneller. Hij was toen pasgetrouwd en zijn vrouw studeerde nog, dus wilde hij geen baan elders

accepteren en gescheiden leven. Hij was daarom blij dat hij werd aangenomen als hoofd-operator van de Bevatron. “Toen mocht ikzelf het toverwerk doen!”

Feynman

Op een avond, het liep al tegen middernacht, kreeg hij onverwacht bezoek van een lange man: Alvin Tollestrup. Hij was professor aan Caltech in Pasadena bij Los Angeles en werkte later met Bob Wilson aan supergeleidende magneten voor de Tevatron van Fermilab in Illinois, bij Chicago. Barish: “Hij zocht mij! Heel bijzonder, want ik had mijn onderzoek altijd zelfstandig in mijn eentje gedaan en niemand kende mij. Maar blijkbaar zocht hij een postdoc en had hij op een of andere manier gehoord dat hier een man was die zijn eigen ding deed. En hij vroeg me of ik wilde werken bij Caltech, maar ik sloeg het aanbod af omdat ik bij mijn vrouw in Berkeley wilde zijn. Toen vroeg hij me of ik dan een keer naar Caltech wilde komen om een gastcollege te geven.”

Ook al had hij nog nooit college gegeven, dit aanbod wilde Barish niet afslaan. “Ik ging naar Caltech en vond het lokaal waar ik college zou geven en er druppelden zelfs ook wat mensen binnen. Op een gegeven moment kwam Dick [Richard] Feynman [Nobelprijs Natuurkunde 1965] binnen en hij ging op de eerste rij zitten. Ik voelde me absoluut geïntimideerd, maar gelukkig gaf ik het college zonder problemen. Na afloop kwam hij naar me toe en vroeg me van alles, terwijl alle anderen vertrokken. Zo zat ik daar nog een hele tijd met hem alleen. Je kunt je voorstellen dat ik in de zevende hemel was toen ik vertrok, omdat ik deze beroemde persoon had ontmoet. Toen ik thuis kwam zei ik tegen mijn vrouw dat ze me die baan hadden aangeboden en dat ik dat toch moest accepteren. Zo kwam ik dus op Caltech terecht. Maar binnen twee maanden had ik wel door dat Dick Feynman helemaal nooit op het rooster keek om te zien wie de gastcolleges gaven, hij kwam gewoon naar elk college over deeltjesfysica. En hij zat altijd op de eerste rij en stelde altijd heel veel vragen en bleef heel vaak alleen achter met de spreker... Hij vond mij helemaal niet zo bijzonder! Maar goed, wij werden vrij snel goede vrienden, we reisden altijd samen met onze



Barry Barish. Foto: NNV.

families naar conferenties. Ik heb veel van hem geleerd over wat het betekent om mens te zijn en over de manier van denken over wetenschap. Hij oordeelde altijd vrij snel of iemand een *complete fraud* was en in dat geval brandde hij iemand binnen twee minuten helemaal af. Maar als hij iemand interessant genoeg vond, wilde hij altijd eindeloos meer weten.”

Verkeerde inschatting

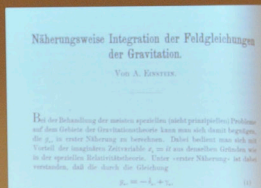
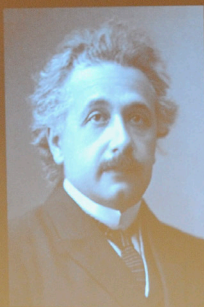
Vanuit Caltech ging Barish in 1968 werken aan een experiment bij het Stanford Linear Accelerator Center, SLAC, samen met Dick Taylor. “We wilden de structuur van het proton bestuderen bij hoge energie, dat was leuk. We wilden de verstrooiing van elektronen vergelijken met positronen. Daar hadden ze mij voor nodig, want ik kon positronen maken. Een ander experiment was diepe inelastische verstrooiing aan atoomkernen.

Naar mijn idee was dat experiment ontworpen om de onderzoekers een leven lang aan het werk te houden. Ik was jong en ongeduldig en ik besloot te vertrekken om iets anders te gaan doen. Mijn vriend, maar toen ook mentor, Dick Taylor heeft me daarna heel mijn leven gepest met het feit dat ik vertrok, vlak voordat hij samen met Jerry Friedman en Henry Kendal door deze experimenten het bewijs vond voor het bestaan van quarks. Goed, er konden toch maar drie personen de Nobelprijs [1990] krijgen en ik had alleen maar positronen voor ze gemaakt. Maar ik was weggelopen van een grensverleggend experiment, een kwestie van verkeerde inschatting.”

Magnetische monopolen

Barish ging werken aan een onderwerp waar hij al zijn hele leven door gefascineerd werd: magnetische monopolen. “Ik had altijd gedacht

Einstein Predicted Gravitational Waves in 1916



- 1st publication indicating the existence of gravitational waves by Einstein in 1916
 - Contained errors relating wave amplitude to source motions
- 1918 paper corrected earlier errors (factor of 2), and it contains the quadrupole formula for radiating source



Barry Barish tijdens zijn presentatie op FYSICA 2018 in Utrecht. Foto: NNV.

dat de ontdekking van magnetische monopolen nooit lang op zich zou laten wachten. Want er zijn die vier prachtige formules van Maxwell en natuurkundigen houden van symmetrie. Waarom staat er dan een elektrische lading in de ene formule, op de plaats waar in de andere formule een nul staat, terwijl ze verder totaal symmetrisch zijn? Wie me ook inspireerde was mijn collega op Caltech, Luis Alvarez, die in 1970 was uitgekozen om als eerste maanstenen te onderzoeken op magnetische monopolen. Het idee was dat ze zich daarin hadden opgehoopt.”

In de zomer van 1980 werd Barish uitgenodigd om les te geven op een zomerschool in St Andrews, Schotland. Twee personen gaven daar college op dezelfde dag. Ik was ingedeeld samen met Gerard 't Hooft. Tijdens zijn college werkte ik in de zaal op de achterste rij aan mijn transparanten voor de overheadprojector. Ik begreep erg weinig van wat hij vertelde – hij was in die tijd nog formeler dan tegenwoordig – maar het ging over wat er nodig was voor het opstellen van een unificatietheorie. Ik was wel geïnteresseerd in het onderwerp, het is het grootste probleem dat we nog steeds kennen, maar ik snapte er niets van.

Op zeker moment begon hij echter over het probleem van de magnetische monopool. Opeens was ik er helemaal bij, hoewel het nog steeds allemaal erg theoretisch was. 't Hooft had het over dezelfde wiskunde die we gebruiken in de deeltjesfysica, niet-Abelse ijtheorieën. Daarin moeten bepaalde singulariteiten bestaan en hij duidde die als magnetische monopolen. Dat vond ik fascinerend. Ik realiseerde me toen dat de schaal van deze magnetische monopolen de schaal was van de unificatietheorie. De massa's van monopolen moesten dus in de orde zijn van 10^{15} GeV, niet van 1 GeV, zoals een proton. Ik had daar in Schotland niet de beschikking over een bibliotheek of zo, maar ik begon na te denken over alle manieren waarop geprobeerd was magnetische monopolen te vinden met deeltjesversnellers. Er is geen versneller die ook maar in de buurt komt van 10^{15} GeV. En dan het idee dat monopolen met een enorme dichtheid in maanstenen zouden zitten, dat kon ook niet kloppen. Als ze zo zwaar zijn dan hebben ze zo'n grote impuls dat ze daar dwars doorheen vliegen en zich niet kunnen ophopen. Ik kon niet wachten tot ik naar huis kon gaan. En daar ontdekte ik dat inderdaad bij alle experimenten op een of andere ma-

nier een stille aanname was gedaan dat de massa van de magnetische monopool vergelijkbaar was met andere elementaire deeltjes.”

“Zo'n zwaar deeltje kon alleen gemaakt zijn tijdens de bigbang. Als we het op aarde willen waarnemen moet het bovendien tot nu overleven. Ook zijn er in het heelal magneetvelden en die worden minder sterk als er magnetische monopolen doorheen gaan. Als je de sterkte kent van deze magneetvelden dan kun je een limiet stellen voor de flux van magnetische monopolen. Je kunt het niet nauwkeurig voorspellen, maar je weet wel dat ze zeer zeldzaam moeten zijn. Ik bedacht een groot experiment. Ik bedacht dat ze zo zwaar zijn dat je een geluid zou horen als ze door een stuk aluminium gaan. Ik maakte grote aluminium staven in de kelders van Caltech en akoestische detectoren. Op een gegeven moment kon ik dit experiment op grotere schaal doen met scintillatorvloeistof in plaats van aluminium. Dat werd het MACRO-experiment in de Gran Sasso tunnels die op dat moment klaar waren voor het herbergen van grote opstellingen. In het kort komt het er uiteindelijk op neer dat ik tien jaar heb besteed aan het vinden van magnetische monopolen, zon-



Barry Barish in gesprek met Claud Biemans. Foto: NNV - Michiel Thijssen.

der resultaat. Maar we hebben wel de beste limiet gesteld voor de maximale flux van magnetische monopolen die mogelijk is. Ik zou op dit moment ook niet investeren in een nog groter experiment, want er is meer kennis nodig over de geldigheid van verschillende inflatietheorieën. In sommige theorieën ontstaan namelijk geen, of bijna geen monopolen, afhankelijk van de dynamiek van het jonge universum. Het is wel mogelijk dat we met zwaartekrachtdetectoren iets gaan leren over magnetische monopolen, maar op dit moment zijn LIGO noch VIRGO in staat om iets te zeggen over het jonge universum. Het is mijn droom dat we ooit met zwaartekrachtgolven heel dicht bij de bigbang kunnen komen, maar hiervoor zijn nog veel betere detectoren nodig.”

Teamwork

Vanaf 1990 gaf Barish leiding aan het experiment Gammas, Electrons, Muons, dat gebouwd werd voor de Superconducting Super Collider (SSC), waar in 1993 de stekker werd uitgetrokken door het Congres van de Verenigde Staten. “Toen de SSC stopte had ik zelf nog mijn aanstelling als professor bij Caltech. Maar veel collega’s hadden hun baan opgezegd

om bij de deeltjesversneller te kunnen werken. Dat was voor velen een persoonlijk drama, want het waren uitstekende mensen die nooit meer werk vonden in de natuurkunde en bijvoorbeeld op Wall Street terecht kwamen. Ik probeerde op dat moment vooral zoveel mogelijk collega’s aan het werk te helpen.”

Toen de kerstvakantie eind 1993 net begon, werd Barish gevraagd om als hoofdonderzoeker leiding te geven aan LIGO. De National Science Foundation (NSF) dreigde toen ook een eind te maken aan dit project. Er speelden dan ook verschillende organisatorische en technische problemen, waar Barish tijdens het interview niet op in wil gaan, maar waar al eerder veel over geschreven is [4] en waar Barish zelf uitgebreid over vertelde in een lang interview uit 1998 [5].

“Bij LIGO kon ik bepaalde dingen goed toepassen die ik geleerd had bij de SSC. Het gaat niet om degene die leiding geeft, dat kan iedereen zijn. Maar je maakt enorm ingewikkelde installaties en daarvoor zijn twee dingen nodig: het ontwikkelen van de juiste concepten en het vinden van de juiste mensen die het werk doen. Ik kon het team bij elkaar brengen dat nodig was en dat er uiteindelijk

in slaagde de klus te klaren. Bij LIGO kon ik veel voormalige SSC-collega’s inhuren en zij hebben een grote invloed gehad. Dus ik was niet de enige die LIGO kwam versterken. Ik kwam met de beste mensen die je in die tijd kon vinden in de Verenigde Staten, bijvoorbeeld voor het ontwerpen van digitale elektronica, iets waar de oorspronkelijke LIGO-mensen sterk op tegen waren, zij wilden gebruikmaken van analoge elektronica. Ik was zelf opgegroeid tussen de versnellers en ik wist dat digitale elektronica in de regelkamer alles veel betrouwbaarder maakt.”

“Ik keek ook naar de infrastructuur van LIGO en vroeg me af hoe die er over twintig jaar uit zou zien. Want ik begreep al in 1994 dat we LIGO in twee fases moesten ontwikkelen en dat dat allemaal moest passen in dezelfde infrastructuur. Met dit in het achterhoofd probeerden we alles zo flexibel mogelijk te ontwerpen. Dat betekende wel dat we opnieuw in gesprek moesten met de NSF, want we hadden vijftig procent meer budget nodig. Dat lukte en uiteindelijk heeft dat wel een belangrijk voordeel opgeleverd toen we overgingen naar Advanced LIGO, twee jaar voordat VIRGO die stap kon maken.”



Gerard 't Hooft en Barry Barish. Foto: NNV.

Big science in de Verenigde Staten

Barish: “De echte helden in het succesverhaal van LIGO zijn de mensen van NSF. Ik vind ze werkelijk wonderbaarlijk, want ik had al vaker te maken gehad met staatsbureaucratie. De drie belangrijkste financiers, NASA, het Department of Energy (DOE) en NSF hebben alle grote onderzoeksprogramma’s op het gebied van natuurkunde. Maar de bureaucratie van NASA is bijvoorbeeld verschrikkelijk en bovendien veranderen de vakgebieden waar ze aan werken met de politici die komen en gaan. NASA heeft zich nu bijvoorbeeld teruggetrokken uit het LISA-project, de zwaartekrachttelescoop in de ruimte. NASA kan ook niet veel bijdragen aan wetenschappelijke projecten, want de James Webb-telescoop verslindt het hele budget. Toch sluit ik niet uit dat ze in de toekomst weer meedoen aan LISA, maar de mate waarin en wan-

neer is onbekend. Dan is er DOE. Ik wil ze niet afvallen, maar fundamentele wetenschap die door hen gefinancierd wordt, is beperkt door het feit dat die alleen kan plaatsvinden rond de bestaande nationale laboratoria. De missie van NSF is echter in één woord: *science*. Er staat bovendien altijd iemand aan het hoofd die zelf een zeer goede wetenschapper is. Dat kun je niet zeggen van de DOE, hoewel ze soms ook zeer goede wetenschappers hadden als Steven Chu. Toen ik begon bij LIGO had ik te maken met Neil Lane, atoomfysicus aan de Rice University. Hij wist genoeg van het project en begreep dat je om echt goede wetenschap te doen, risico’s moet nemen, die je moet afwegen tegen de mogelijke resultaten. Hij wist dat de risico’s van LIGO groot waren, maar het wetenschappelijke rendement is enorm. Hij stond altijd achter LIGO. En dat is een wonder, want we hadden helemaal geen resultaten om te

laten zien. We hadden ook niet iets van metriek, resultaten in cijfers, waar de meeste regeringen zo van houden. Maar de NSF vraagt daar meestal ook niet naar. We hebben zelf ook nooit beloofd dat we volgend jaar dit of dat resultaat zouden hebben. Ik geef Neil Lane ook persoonlijk de credits voor de beslissing dat we Advanced LIGO konden bouwen.”

“Ik was zelf lange tijd betrokken bij de financiering van wetenschap in de Verenigde Staten. Ik was zeven jaar lid van de National Science Board, benoemd door de president en het Congres voor het geven van advies over wetenschap en het aansturen van de NSF. Ik begrijp hoe de regering van de Verenigde Staten werkt: het budget voor wetenschap gaat omhoog en omlaag en dat zal nooit veranderen. Een fundamenteel probleem speciaal in de Verenigde Staten is dat het systeem erg flexibel is, er wordt ieder jaar opnieuw beslist over het budget. Dat kan zijn voordelen hebben, omdat een regering zich niet op een bureaucratistische manier vastlegt met langetermijnverplichtingen. Maar het is absoluut het slechtste systeem dat je kunt bedenken voor grootschalige onderzoeksprojecten. Het brengt veel instabiliteit met zich mee. Hetzelfde geldt voor grootschalige infrastructuurprojecten, die hebben we ook al lange tijd niet gedaan in de Verenigde Staten. Verder is er geen uniform systeem om wetenschappelijke prioriteiten te stellen. Het is niet gebruikelijk dat NASA, DOE en NSF samenwerken, of zelfs maar onderling overleggen. Er zijn uitzonderingen, zoals de Amerikaanse bijdrage aan de LHC die door zowel NSF als DOE ondersteund wordt. Maar voor volgende LIGO-generaties wordt het lastig om financiering te vinden. Ik hoop dat de drie financiers er samen aan willen bijdragen.”

Referenties

- 1 Gijs Nelemans, *GW150914, de eerste zwaartekrachtsgolfbron*, NTvN **82-03** (2016).
- 2 Jo van den Brand, *Zwaartekrachtgolven: fysica at extrema*, NTvN **83-05** (2017).
- 3 Joep Engels, *Onderzoek naar zwaartekrachtgolven vergt een lange adem*, Trouw (21 april 2018).
- 4 Janna Levin, *Zwarte gaten blues*, Atlas Contact (2016).
- 5 Shirley K. Cohen, http://oralhistories.library.caltech.edu/178/1/Barish_OHO.pdf (mei-juli 1998).