

Wetenschappelijk onkruid

Geoffrey West, Marcelo Gleiser, A. C. Grayling, Seth Lloyd, Scott Atran, Leo Chalupa, Howard Gardner, Victoria Wyatt, Nigel Goldenfeld, Nicholas Humphrey, Lee Smolin, Alan Guth, Bruce Parker, Andrei Linde, **Max Tegmark**, Lawrence Krauss, Paul Steinhardt, Eric Weinstein, Frank Tipler, Gordon Kane, Peter Woit, Freeman Dyson, **David Deutsch**, W. Daniel Hillis, Nina Jablonski, **Richard Dawkins**, Peter Richerson, samengesteld door John Brockman, Julia Clarke, Kurt Gray, Michael Shermer, **Douglas Rushkoff**, Roger Highfield, Anton Zeilinger, Steve Giddings, **Amanda Geffer**, Haim Harari, Sarah Demers, Maria Spiropulu, Ed Regis, Sean Carroll, Nicholas Carr, Stine Jensen, Rebecca Newberger Goldstein, Ian Bogost, Sam Harris, **Daniel Dennett**, Susan Blackmore, Todd Sacktor, Bruce Hood, Thomas Metzinger, Jerry Coyne, Robert Provine, Jonathan Gottschall, **George Dyson**, Alan Alda, Gavin Schmidt, Martin Rees, Seirian Sumner, Kevin Kelly, Eric Topol, Timo Hannay, Robert Sapolsky, Athena Vouloumanos, **Steven Pinker**, Alison Gopnik, Kiley Hamlin, Oliver Scott Curry, Simon Baron-Cohen, Daniel Everett, Tor Nørretranders, Jamil Zaki, Adam Waytz, Gary Klein, Dean Ornish, **Richard Nisbett**, Azra Raza, Paul Davies, Christine Mummery, Stewart Brand, Benjamin Bergen, N.J. Enfield, John McWhorter, Dan Sperber, Kai Krause, **Ian McEwan**, Gary Marcus, Christine Finn, Dimitar Sasselov, **Sherry Turkle**, Roger Schank, Tania Lombrozo, Frank Wilczek, Alexander Wissner-Gross, David Gelernter, Terrence Sejnowski, Patricia Churchland, Tom Griffiths, Robert Kurzban, **Rodney Brooks**, Sarah-Jayne Blakemore, Stephen Kosslyn, Andrian Kreye, Ernst Pöppel, Andy Clark, Laurie Santos & Tamar Gendler, Jay Rosen, Alex Pentland, Margaret Levi, **Richard Thaler**, Susan Fiske, **Matt Ridley**, Cesar Hidalgo, Hans Ulrich Obrist, Victor van Daal, Luca De Biase, Michael Norton, Giulio Boccaletti, Laurence Smith, Daniel Goleman, Stuart Pimm, Buddhini Samarasinghe, Scott Sampson, Edward Slingerland, Alex Holcombe, Adam Alter, Brian Christian, Kathryn Glancy, Aubrey de Grey, Ross Anderson, Kate Mills, Melanie Swan, Fiery Cushman, Samuel Arbesman, June Gruber, **Eldar Shafir**, David Berreby, David Buss, Helen Fisher, Brian Knutson, Paul Bloom, Pascal Boyer, Laura Betzig, John Tooby, Stephen Stich, Alun Anderson, **Martin Nowak**, Michael McCullough, Kate Jeffery, Irene Pepperberg, **Peter Hagoort**, Steve Fuller, Satyajit Das, Donald Hoffman, Gregory Benford, Carlo Rovelli, Andrew Lih, Neil Gershenfeld, Samuel Barondes, Hugo Mercier, **Jared Diamond**, Mihaly Csikszentmihalyi, Mary Catherine Bateson, Jonathan Haidt, Gerald Smallberg, Lisa Barrett, Abigail Marsh, David Myers, Joel Gold & Ian Gold, Beatrice Golomb, Eduardo Salcedo-Albarán, Charles Seife, **Gerd Gigerenzer**, Emanuel Derman, Victoria Stodden, Nicholas Christakis, **Nassim Nicholas Taleb**, Bart Kosko, Richard Saul Wurman, Paul Saffo

179 hardnekkige ideeën die vooruitgang blokkeren

'Een forum voor 's werelds meest briljante geesten.'
THE GUARDIAN

De beste nieuwe inzichten kunnen pas ontstaan als we oude theorieën loslaten. Daarom vroeg John Brockman, oprichter van edge.org, aan een selectie van de meest invloedrijke denkers ter wereld:

'Welk wetenschappelijk idee is rijp voor de prullenbak?'

Steven Pinker, Richard Dawkins, Ian McEwan, Nassim Nicholas Taleb, Jared Diamond en 174 andere bekende wetenschappers, auteurs en kunstenaars geven kort en krachtig antwoord.

Eerder verscheen in deze populaire serie:

**Dit verklaart alles, Hier word je slimmer van,
Hoe verandert internet je manier van denken?
en 153 x cafeïne voor je geest.**

'Een schatkamer aan ideeën en observaties.'
DE VOLKSKRANT

**'Excellente hersengymnastiek (...)
ideale shots van inspiratie.'**
DE MORGEN

MAVEN
PUBLISHING
mavenpublishing.nl



Kill your darlings

Wetenschappelijk onkruid

179 hardnekkige ideeën die vooruitgang blokkeren

Samengesteld door John Brockman

Vertaling onder redactie van Frits van der Waa en Henny Corver

Vertaald door

Aad Janssen, Agaath Diemel, Annemie de Vries, Arjanne van Luipen,
Catalien van Paassen, Corien den Boer, Dieuwke van der Veen, Erica Feberwee,
Floris Blommaert, Frank Lekens, Frits van der Waa, Gerda Baardman,
Henny Corver, Ineke van den Elskamp, Jan van den Berg, Jan Willem Reitsma,
Jeske Nelissen, Joost Mulder, Laura van Zon, Luud Dorresteyn,
Marianne Hoogenboom, Marianne Offereins, Marianne Palm, Merel Leene,
Mirjam Nieman, Nannie de Nijs Bik-Plasman, Nicole Seegers, Patty Adelaar,
Paul Heijman, Percy Balemans, Peter van Nieuwkoop, Pon Ruiter, Ronald Jonkers,
Ronnie Boley, Stina de Graaf, Tiny Mulder, Tracey Drost-Plegt, Willem van Paassen,
Wilma Chappin-Berndsen, Yolande Samwel

Inleiding: De Edge-vraag

De wetenschap boekt vooruitgang door nieuwe dingen te ontdekken en nieuwe ideeën te ontwikkelen. Er worden maar weinig werkelijk nieuwe ideeën ontwikkeld zonder dat er eerst oude het veld moeten ruimen. Theoretisch natuurkundige Max Planck (1858-1947) gaf het al aan: 'Een nieuwe wetenschappelijke waarheid wint het pleit niet door tegenstanders te overtuigen en hen het licht te doen zien, maar veeleer omdat de tegenstanders op den duur sterven, en er een nieuwe generatie opgroeit, voor wie ze vertrouwde materie is.' Met andere woorden, de wetenschap komt vooruit dankzij een hele reeks begravenissen. Maar waarom zouden we zo lang wachten?

De Edge-vraag van 2014:

Welk wetenschappelijk idee is rijp voor de prullenbak?

Denkbeelden veranderen, en de tijd waarin we leven verandert. Misschien is de grootste verandering van deze tijd wel het tempo waarin de dingen veranderen. Welk gevestigd wetenschappelijk concept moet nu maar eens met pensioen gestuurd worden, zodat de wetenschap verder kan oprukken?

De Theorie van Alles

Geoffrey West

Theoretisch natuurkundige; universiteitshoogleraar aan
en voormalig president van het Santa Fe Institute

Álles? Nou ja zeg. Misschien is het inmiddels overbodig om vraagtekens te zetten bij een Theorie van Alles, want ik ben zeker niet de eerste die zich stoort aan de impliciete overdrijving. Hoe dan ook, als je je vakgebied ‘de Theorie van Alles’ noemt, klinkt dat nogal arrogant en naïef. Hoewel deze term nog maar een relatief korte tijd in gebruik is en misschien al een natuurlijke dood aan het sterven is, zou hij niet meer gebruikt moeten worden in serieuze wetenschappelijke publicaties en discussies. (Dat geldt overigens zeker niet voor het streven dat ermee uitgedrukt wordt.)

22

Ik zal dat toelichten. De zoektocht naar grote syntheses, naar overeenkomsten, regelmatigigheden, ideeën en concepten die de nauwe grenzen van specifieke problemen en disciplines overstijgen, is iets wat de wetenschap voortstuwt en wetenschappers in hoge mate inspireert. Je zou ook kunnen stellen dat het een bepalend kenmerk is van *Homo sapiens sapiens*. Misschien is de vorm met dubbele *sapiens* een soort verwrongen poëtische erkenning daarvan. Net als de uitvinding van goden en God geeft het concept van een Theorie van Alles de ultieme grootse visie weer, de inspiratie van alle inspiraties: dat we het hele heelal kunnen samenvatten en uiteenzetten in een klein aantal voorschriften – in dit geval een beknopt stelsel van wiskundige vergelijkingen. Net als het concept van God is dit echter potentieel misleidend en intellectueel riskant.

Tot de klassieke grote syntheses in de wetenschap behoren de wetten van Newton, die ons leerden dat de hemelse wetten niet anders waren dan de aardse; Maxwells unificatie van elektriciteit en magnetisme, die de efemere ether in ons leven bracht; Darwins theorie van natuurlijke selectie, die ons eraan herinnerde dat we uiteindelijk

gewoon dieren en planten zijn; en de wetten van de thermodynamica, waaruit je zou kunnen afleiden dat we niet eeuwig kunnen doorgaan. Elk van deze syntheses heeft ingrijpende gevolgen gehad – niet alleen omdat ze onze manier van denken over de wereld hebben veranderd, maar ook doordat ze het fundament hebben gelegd voor de technologische vooruitgang die heeft gezorgd voor de hoge levensstandaard waar velen van ons nu van mogen genieten. Niettemin zijn ze allemaal in uiteenlopende mate onvolledig. Doordat we inzicht hebben gekregen in de grenzen van hun toepasbaarheid en de beperkingen van hun voorspellende waarde, en doordat we blijven zoeken naar uitzonderingen, strijdigheden en fouten, komen we voor nog diepere vragen en uitdagingen te staan, wat weer een stimulans is voor de verdere voortgang van de wetenschap en de ontwikkeling van nieuwe ideeën, technieken en concepten.

Een van de grote wetenschappelijke uitdagingen is de zoektocht naar één Grote Theorie van de elementaire deeltjes en hun interacties, die tevens inzicht moet geven in de kosmos en zelfs in de oorsprong van de ruimtetijd zelf. Zo'n theorie zou gebaseerd zijn op een beperkte reeks onderliggende mathematische universele principes die alle fundamentele krachten van de natuur verklaren en met elkaar integreren, van zwaartekracht en elektromagnetisme tot de zwakke en sterke kernkracht, en waarin de wetten van Newton, de kwantummechanica en de algemene relativiteit geïncorporeerd zijn. Fundamentele grootheden als de snelheid van het licht, de dimensionaliteit van ruimtetijd en de massa van elementaire deeltjes zouden allemaal voorspeld kunnen worden, en de vergelijkingen die van toepassing zijn op de oorsprong en evolutie van het heelal, tot en met de vorming van sterrenstelsels en alles wat daarna komt, zouden ervan kunnen worden afgeleid – enzovoort. Dat is de Theorie van Alles. Het is een waarlijk opmerkelijke en uiterst ambitieuze zoektocht, die duizenden onderzoekers al meer dan vijftig jaar bezighoudt en al miljarden dollars heeft gekost. Deze zoektocht is nog ver verwijderd van zijn einddoel, maar gemeten naar vrijwel elke maatstaf is er nu al sprake van een groot succes, met bijvoorbeeld de ontdekking van quarks en het higgsdeeltje, van zwarte gaten en de oerknal, van kwantumchromodynamica en snaartheorieën... en met vele Nobelprijzen.

Maar 'Alles'? Bij lange na niet. Waar is het leven, waar zijn dieren

en cellen, hersenen en bewustzijn, steden en ondernemingen, liefde en haat, enzovoort enzovoort? Waar komen de uitzonderlijke diversiteit en complexiteit die we hier op aarde zien vandaan? Het simplistische antwoord is dat die het onvermijdelijke gevolg zijn van de interacties en de dynamiek die zijn vervat in de Theorie. Tijd evolueert vanuit de geometrie en de dynamiek van snaren, het heelal dijt uit en koelt af, en de hiërarchie – van quarks tot nucleonen, tot atomen en moleculen, tot cellen, hersenen, emoties en al het andere – komt naar buiten getuimeld, als een soort deus ex machina, een gevolg van het ‘gewoon’ aanzwengelen van steeds ingewikkelder vergelijkingen en berekeningen waarvan wordt aangenomen dat ze in principe oplosbaar zijn met een acceptabele mate van nauwkeurigheid. Kwalitatief heeft deze extreme vorm van reductionisme misschien nog wel enige validiteit, maar Iets ontbreekt eraan.

24

Tot dit ‘Iets’ behoren begrippen als informatie, emergentie, accidenten, historische eventualiteiten, aanpassing en selectie – allemaal kenmerken van complexe adaptieve systemen, of het nu organismen zijn, samenlevingen, ecosystemen of economieën. Die zijn samengesteld uit allerhande individuele onderdelen of werktuigen, die collectieve kenmerken aannemen die in het algemeen niet voorspeld kunnen worden (zeker niet in detail) vanuit hun onderliggende componenten, zelfs niet als de interactieve dynamiek bekend is. Anders dan het newtoniaanse paradigma waarop de Theorie van Alles gebaseerd is, kunnen de complete dynamiek en structuur van complexe adaptieve systemen niet worden weergegeven in een klein aantal vergelijkingen, in de meeste gevallen waarschijnlijk zelfs niet in een oneindig aantal! Ook zijn voorspellingen met enige mate van nauwkeurigheid principieel onmogelijk.

Misschien is het verrassendste gevolg van een visionaire Theorie van Alles dan ook dat die impliceert dat het heelal – inclusief zijn oorsprong en evolutie – in het grote geheel weliswaar extreem ingewikkeld is, maar niet complex en in feite verrassend eenvoudig, aangezien het kan worden weergegeven in een beperkt aantal vergelijkingen, mogelijk zelfs maar één. Dit vormt een scherp contrast met de situatie hier op aarde, waar we deel uitmaken van enkele van de meest uiteenlopende, complexe en ongeordende verschijnselen die in het heelal voorkomen, en waarvoor aanvullende, mogelijk niet-ma-

thematiseerbare concepten nodig zijn om ze te begrijpen. Kortom, de zoektocht naar een Grote Integrale Theorie van alle basiskrachten in de natuur kunnen we alleen maar toejuichen en bewonderen, maar laten we daarmee vooral niet impliceren dat die in principe álles kan verklaren en voorspellen. Laten we in plaats daarvan beginnen met een parallelle zoektocht naar een Grote Integrale Theorie van de Complexiteit. De ontwikkeling van een kwantitatief, analytisch, principieel, voorspellend raamwerk om inzicht te krijgen in complexe adaptieve systemen is zonder meer een van de grote uitdagingen van de eenentwintigste eeuw. Net als alle grote syntheses zal deze onvermijdelijk onvolledig blijven, maar niettemin ongetwijfeld een inspiratiebron zijn voor waardevolle, mogelijk revolutionaire nieuwe ideeën, concepten en technieken.

Unificatie

Marcelo Gleiser

Theoretisch natuurkundige, Dartmouth College;
auteur van *The Island of Knowledge: The Limits
of Science and the Search for Meaning*

26

Zo! Ik heb het gezegd! Het eerbiedwaardige begrip Unificatie moet weg. Ik bedoel niet de kleinere unificaties waar wij wetenschappers constant naar op zoek zijn, met als doel zo weinig mogelijk principes te koppelen aan zo veel mogelijk natuurverschijnselen. Dat soort wetenschappelijke zuinigheid is een belangrijke hoeksteen van ons vak: we zoeken en we vereenvoudigen. Door de eeuwen heen hebben wetenschappers wonderen verricht door dit motto na te streven: Newtons wet van de universele zwaartekracht, de wetten van de thermodynamica, elektromagnetisme, universeel gedrag bij faseovergangen...

De problemen beginnen als we dit idee te ver doorvoeren en op zoek gaan naar de *Über*-unificatie, de Theorie van Alles, de aartsreductionistische stelling dat alle natuurkrachten slechts manifestaties zijn van één enkele kracht. Dat is het idee waar ik van af wil. En ik schrijf dit met bezwaard gemoed, want mijn vroege wetenschappelijke aspiraties en mijn wetenschappelijke vorming werden indertijd in hoge mate gevoed door de impuls om alles met elkaar te integreren.

Het idee van unificatie is vrij oud, zo oud als de westerse filosofie. Thales, de eerste presocratische filosoof, stelde dat 'alles water is', en had daarmee één enkel materieel principe bedacht om de hele natuur te beschrijven. Plato kwam met ongrijpbare geometrische vormen als de archetypische structuren achter al het bestaande. Wiskunde werd gelijkgesteld aan schoonheid en schoonheid aan waarheid. De hoogste aspiratie na Plato werd dan ook om voor al het bestaande een zuiver wiskundige verklaring op te stellen: de alomvattende kosmische blauwdruk, het meesterwerk van een superieure intelligentie. Het behoeft geen uitleg dat het altijd allemaal over onze intelligentie ging,

hoe vaak het ook werd toegeschreven aan een of andere mistige ‘geest van God’-metafoor. We verklaren de wereld op de manier waarop we erover denken. We komen onze eigen gedachtenwereld niet uit.

De neiging om alles met elkaar te integreren zit heel diep bij wiskundigen en theoretisch natuurkundigen, van het Langlandsprogramma tot de supersnaartheorie. Maar dat is nu net het probleem: zuivere wiskunde is geen natuurkunde. De wiskunde ontleent haar kracht juist aan het ontbreken van een direct verband met de fysieke werkelijkheid. Een wiskundige kan elke werkelijkheid creëren die hij maar wil en daar allerlei spelletjes mee doen. Een natuurkundige kan dat niet: zijn taak is om de natuur te omschrijven zoals wij die waarnemen. Niettemin is het unificatiespel al sinds Galilei een integraal onderdeel van de natuurkunde en heeft het ook opgeleverd wat de bedoeling was: een benadering van unificatie.

Jawel, zelfs de heiligste huisjes onder onze unificaties zijn slechts benaderingen. Neem bijvoorbeeld elektromagnetisme. De vergelijkingen die elektriciteit en magnetisme beschrijven zijn alleen maar volmaakt symmetrisch bij afwezigheid van enige bron van lading of magnetisme – dat wil zeggen: in de lege ruimte. Of neem het beroemde (en fraaie) standaardmodel van de deeltjesfysica, gebaseerd op de unificatie van elektromagnetisme en de zwakke kernkracht. Ook hier is er geen sprake van echte unificatie, aangezien de theorie vanaf het begin twee krachten behoudt. (In iets technischer jargon uitgedrukt zijn er twee koppelingsconstanten en twee ijkgroepen.) Echte unificaties, zoals de veronderstelde Grote Unificatie tussen de sterke, de zwakke en de elektromagnetische krachten, veertig jaar geleden al geponeerd, zijn tot nu toe uitgebleven.

Dus wat is er aan de hand? Waarom streven zovelen ernaar om het Ene in de natuur te vinden, terwijl de Natuur ons steeds weer laat weten dat er juist sprake is van Veelheid?

Om te beginnen heeft de wetenschappelijke neiging tot unificatie welhaast religieuze trekken. Het Westen is al duizenden jaren ondergedompeld in monotheïsme, en zelfs in polytheïstische culturen is er altijd een alfgod die de leiding heeft (Zeus, Ra, Para-Brahman). Verder zit er iets uiterst aantrekkelijks in het gelijkstellen van alles in de natuur aan één creatief beginsel: de ‘geest van God’ ontcijferen is iets bijzonders, een antwoord op een hogere roeping. Zuivere wis-

kundigen die geloven in de realiteit van wiskundige waarheden zijn monniken van een geheime orde die alleen openstaat voor ingewijden. In het geval van hoge-energiefysica steunen alle unificatietheorieën op geavanceerde wiskunde in combinatie met zuiver geometrische structuren: het geloof is dat de ultieme code van de natuur bestaat in de etherische wereld van wiskundige waarheden en dat we die code kunnen ontcijferen.

Recente experimentele gegevens hebben een deuk geslagen in dat geloof – geen spoor van supersymmetrische deeltjes, van extra dimensies of van donkere materie van welke soort dan ook, allemaal langverwachte tekenen van de unificatiefysica. Misschien komt er nog iets; om te vinden moeten we zoeken. Het probleem met unificatie in de hoge-energiefysica is dat die altijd het experimenteel haalbare kan overstijgen. ‘Is de Large Hadron Collider tot 7 TeV gekomen en is er niets gevonden? Geen probleem! Wie zegt dat de natuur voor de eenvoudigste versie van unificatie hoort te kiezen? Misschien gebeurt het allemaal op veel hogere energieniveaus, ver buiten ons bereik.’

28 Er is niets mis met dit soort stellingen. Je kunt ze geloven tot je dood en gelukkig sterven. Of je kunt concluderen dat we het beste zijn in het construeren van benaderingsmodellen van hoe de natuur werkt en dat een gevonden symmetrie slechts een beschrijving is van wat er daadwerkelijk gebeurt. Volmaaktheid is een te zware last om aan de natuur op te leggen.

Veel mensen vinden dit soort redeneringen defaitistisch, afkomstig van iemand die gefrustreerd is geraakt en het heeft opgegeven. (Net zoiets als ‘Hij is van zijn geloof gevallen’.) Dat is een grote vergissing. Zoeken naar eenvoud raakt aan de kern van wat wetenschappers doen. Ik doe het ook. Er bestaan essentiële organisatieprincipes in de natuur, en de wetten die we vinden kunnen die uitstekend beschrijven. Maar van zulke wetten zijn er veel, het is er niet maar één. We zijn succesvolle rationele zoogdieren die zoeken naar patronen. Alleen daar moeten we al blij mee zijn. Laten we onze beschrijvingen en modellen echter niet verwarren met de werkelijkheid. Wij kunnen de volmaaktheid maar beter beschouwen als een soort ijle muze. Intussen gaat de natuur gewoon haar eigen gang. Dat wij erin slagen om een glimp op te vangen van de manier waarop alles werkt is gewoonweg miraculeus. En dat zou genoeg moeten zijn.

Eenvoud

A.C. Grayling

Filosoof; oprichter en ‘master’ van New College of the Humanities, Londen; ‘supernumerary fellow’, St. Anne’s College, Oxford; auteur van *The God Argument: The Case against Religion and for Humanism*

Als twee hypothesen even goed bij de gegevens passen en evenveel voorspellende waarde hebben, kunnen niet-theoretische criteria een rol spelen bij de keuze tussen de twee. Daarbij gaat het niet alleen om vragen omtrent de beste aansluiting bij andere hypothesen of theorieën die al door onderzoek zijn gestaafd, maar ook om de esthetische kwaliteiten van de rivaliserende hypothesen zelf – welke is aantrekkelijker, eleganter, mooier – en natuurlijk om de vraag welke van de twee het eenvoudigst is.

29

Eenvoud is een desideratum in de wetenschap en de zoektocht naar eenvoud een drijvende kracht bij de taak om complexe verschijnselen te reduceren tot hun samenstellende delen. Het eenvoudsstreven ligt ten grondslag aan de aanname dat er één enkele kracht in de natuur moet zijn, waarvan de zwaartekracht, de elektrozwakke wisselwerking en de sterke kernkracht slechts manifestaties zijn; en deze aanname is op zijn beurt een voorbeeld van de algemene visie dat er uiteindelijk wellicht één enkel verschijnsel is (een ding of een stof of een veld of iets wat we tot nu toe nog niet bedacht hebben) dat via fundamentele en eenvoudige principes de variëteit voortbrengt.

Hoe onweerstaanbaar het idee van eenvoud ook is, er is geen garantie dat de natuur er zelf net zoveel belang bij heeft als degenen die haar proberen te beschrijven. Als het idee van emergente eigenschappen nog steeds houvast biedt, kunnen biologische entiteiten alleen volledig verklaard worden in die termen, dat wil zeggen in hun volle complexiteit, ook al zijn overwegingen van structuur en compositie onmisbaar.

Twee maten voor complexiteit zijn de lengte van de boodschap die nodig is om een gegeven verschijnsel te beschrijven en de lengte van de evolutionaire geschiedenis van dat verschijnsel. Vanuit een bepaalde optiek maakt dat een schilderij van Jackson Pollock complex volgens de eerstgenoemde maat en eenvoudig volgens de tweede, terwijl een gladde kiezel op een strand eenvoudig is volgens de eerste en complex volgens de tweede. De eenvoud die de wetenschap nastreeft wordt wellicht gezien als datgene wat wordt bereikt door de beschrijvende boodschap in te korten – bijvoorbeeld door inkapseling in een vergelijking. Maar zou er een omgekeerd evenredige verhouding kunnen bestaan tussen de mate van eenvoud die is bereikt en de mate van exactheid die daar het resultaat van is?

Natuurlijk zou het mooi zijn als alles uiteindelijk eenvoudig zou blijken, of op eenvoudige wijze beschreven kon worden. Maar sommige zaken kun je wellicht beter of duidelijker uitleggen in hun complexiteit – ook daarbij denk ik aan biologische systemen. Door je te verzetten tegen een te ver doorgevoerd reductionisme kun je misschien de flauwe kritiek afwenden van het type ‘de wetenschap wil in de parel alleen maar de ziekte van de oester zien’.

Het heelal

Seth Lloyd

Hoogleraar kwantummechanica aan het Massachusetts Institute of Technology; auteur van *Programming the Universe*

Ik weet het. Het heelal is er al 13,8 miljard jaar en zal het waarschijnlijk nog wel minstens 100 miljard jaar uithouden. Bovendien: waar moet het heelal heen als we het met pensioen sturen? Florida is te klein. Maar het is tijd om afscheid te nemen van het 2500 jaar oude wetenschappelijke idee van het heelal als het enkelvoudige geheel van ruimte en tijd dat alles omvat. De eenentwintigste-eeuwse kosmologie heeft sterke aanwijzingen opgeleverd voor de stelling dat wat wij in de kosmos zien – sterren, sterrenstelsels, ruimte en tijd sinds de oerknal – niet de hele werkelijkheid omvat. Kosmos, tijd om te gaan rentenieren.

31

Wat is dat heelal eigenlijk? Om je kennis van het heelal te toetsen mag je de volgende zin afmaken: Het heelal

- a) bestaat uit alles wat zichtbaar en onzichtbaar is – wat er is, wat er ooit is geweest en wat er ooit zal komen;
- b) is 13,8 miljard jaar geleden begonnen met een gigantische explosie – de oerknal – en omvat alle planeten, sterren, sterrenstelsels, ruimte en tijd;
- c) is uit de zilte rand van de oervuurpoel gelikt door een gigantische koe;
- d) alle drie de antwoorden zijn correct.

(Het juiste antwoord staat aan het einde van dit hoofdstuk.)

Het idee van het heelal als iets wat we hebben geobserveerd en gemeten houdt al duizenden jaren stand. Die observaties en metingen zijn zo succesvol geweest dat we tegenwoordig meer weten over de oorsprong van het heelal dan over de oorsprong van het leven op aarde.

Maar het succes van de observationele kosmologie heeft ons op een punt gebracht waarop het niet meer mogelijk is om het heelal – in de zin van het hierboven genoemde antwoord a – te identificeren met de waargenomen kosmos, antwoord b. Dezelfde observaties waarmee de gedetailleerde geschiedenis van de kosmos is vastgesteld, impliceren dat de waargenomen kosmos een verwaarloosbaar klein onderdeel is van een oneindig heelal. Doordat er een eindige hoeveelheid tijd is verstreken sinds de oerknal reiken onze waarnemingen niet verder dan circa tien miljard lichtjaren van de aarde. Achter die horizon van onze waarnemingen ligt meer van hetzelfde – een oneindige ruimte vol met sterrenstelsels. Hoelang het heelal ook bestaat, we zullen altijd slechts toegang hebben tot een eindig deel ervan, terwijl een oneindige hoeveelheid ruimte altijd buiten bereik zal blijven. Op een oneindig kleine fractie na is het heelal onkenbaar voor ons.

Dat is een domper. Het wetenschappelijke concept ‘heelal = waarneembaar heelal’ heeft de handdoek in de ring gegooid. Misschien is dat niet erg. Wat zou je tegen kunnen hebben op een heelal dat oneindige onkenbare ruimte omvat? Maar we blijven klappen incasieren. Naarmate kosmologen dieper in het verleden graven, vinden ze meer en meer aanwijzingen dat er hoe dan ook meer is dan alleen de oneindige ruimte achter onze horizon. Terug in de tijd extrapolerend tot aan de oerknal hebben kosmologen een tijdperk ontdekt dat ze ‘inflatie’ noemen, waarin het heelal in een fractie van een seconde vele malen is verdubbeld in omvang. Het overgrote deel van de ruimtetijd bestaat uit dit snel uitdijende spul. Ons eigen heelal, hoe oneindig ook, is slechts een ‘bubbel’ die een kern vormt in deze inflatoire zee.

Het wordt nog erger. De inflatoire zee bestaat uit oneindig veel andere bubbels, elk zelf ook weer een oneindig heelal. In verschillende bubbels kunnen de wetten van de natuurkunde verschillende vormen aannemen. Ergens in een ander bubbelheelal heeft het elektron een andere massa. In weer een andere bubbel bestaan er helemaal geen elektronen. Omdat het heelal, het universum, niet uit één kosmos bestaat maar uit vele, wordt het multibubbeluniversum vaak een multiversum genoemd. De promiscue aard van het multiversum is misschien onaantrekkelijk (William James, die de term bedacht heeft, noemde het multiversum een ‘sloerie’), maar lastig om vanaf te komen. Als een laatste belediging van de eenheid duiden de wetten van de

kwantummechanica erop dat het universum zich constant splitst in meervoudige historiën, of ‘vele werelden’, waarvan de wereld die wij ervaren er maar één is. De andere werelden bevatten de gebeurtenissen die niet in onze wereld hebben plaatsgevonden.

Na een looptijd van twee millennia is het afgelopen met het heelal als waarneembare kosmos. Achter wat wij kunnen zien bestaat een oneindige reeks sterrenstelsels. Achter die oneindige reeks dobert een oneindig aantal bubbeluniversums in de inflatoire zee. Dichterbij, maar totaal ontoegankelijk, vertakken en verspreiden de vele werelden van de kwantummechanica zich. MIT-kosmoloog Max Tegmark noemt deze drie soorten zich vermenigvuldigende werkelijkheden de multiversa van het type I, II en III. Waar zal het ooit eindigen? Op de een of andere manier komt één enkel, toegankelijk universum waar-diger over.

Maar er is hoop. Multipliciteit staat zelf ook voor een soort eenheid. We weten nu dat het heelal meer bevat dan we ooit kunnen zien, horen of aanraken. In plaats van de multipliciteit van fysieke werkelijkheden als een probleem te beschouwen, kunnen we die beter als een kans zien.

Stel dat alles wat kan bestaan ook echt bestaat. Het multiversum is geen virus, maar iets functioneels. We moeten voorzichtig zijn: de verzameling van alles wat zou kunnen bestaan behoort tot het domein van de metafysica, niet van de fysica. Tegmark en ik hebben echter aangetoond dat we ons met een kleine beperking kunnen terugtrekken van de metafysische rand. Stel dat het fysieke multiversum alle zaken bevat die lokaal eindig zijn, in de zin dat elk eindig deel van zo’n zaak beschreven kan worden door een eindige hoeveelheid informatie. De verzameling lokaal eindige zaken is wiskundig scherp gedefinieerd en bestaat uit zaken waarvan het gedrag kan worden gesimuleerd op een computer (preciezer gezegd: op een kwantumcomputer). Omdat ze lokaal eindig zijn, zijn het universum dat we waarnemen en de diverse andere universums allemaal in dit computeruniversum opgenomen. Net als, ergens, een gigantische koe.

Het juiste antwoord op de vraag is c.

IQ

Scott Atran

Antropoloog, Centre nationale de la recherche scientifique,
Parijs; auteur van *Talking to the Enemy: Religion,
Brotherhood, and the (Un)Making of Terrorists*

34

Er is geen reden om aan te nemen, en er zijn genoeg redenen om dat niet te doen, dat het zogenaamde ‘intelligentiequotiënt’ op enigerlei wijze een algemeen cognitief vermogen of een soort natuurlijke eigenschap van de menselijke geest weerspiegelt. Het IQ als algemene maat van intelligentie wordt niet gestaafd door recente ontdekkingen in de cognitieve psychologie of de ontwikkelingspsychologie. Het is in tegenspraak met domeinspecifieke vaardigheden – denk aan specifieke mentale vermogens als geometrisch en ruimtelijk inzicht in vormen en posities, mechanisch inzicht in massa en beweging, taxonomisch inzicht in biologische soorten en sociaal inzicht in de overtuigingen en verlangens van andere mensen, enzovoort; de enige geestelijke vermogens waarvoor een evolutionaire verklaring aannemelijk lijkt, in de zin van natuurlijke selectie voor taakspecifieke vaardigheden.

Nergens in het planten- of dierenrijk lijkt er ooit sprake te zijn geweest van natuurlijke selectie voor een aanpassing die niet taakspecifiek was. Een algemene maatstaf voor intelligentie of verstandelijk vermogen is net zoiets als een algemene maatstaf voor ‘het lichaam’, zonder rekening te houden met de verschillende organen en lichaamsfuncties als hart, longen, maag, bloedsomloop, ademhaling, spijsvertering enzovoort. Leg je een enkelvoudige waarde voor ‘lichaamsquotiënt’ (LQ) voor aan een arts, dan kan die daar niet zoveel mee.

Het IQ is een maatstaf voor wat onze samenleving ziet als het vermogen om te redeneren en te onderscheiden. IQ-tests werden ontwikkeld in de hoogtijdagen van het behaviorisme, toen er nog weinig belangstelling was voor de cognitieve structuur. Het scoresysteem werd zo ingericht dat de distributie van de uitkomsten een normale verdeling

vertoont met een gemiddelde van 100 en een standaardafwijking van 15.

In andere samenlevingen zou die normale distributie van een algemene intelligentiemaatstaf er weleens heel anders uit kunnen zien; van iemand die bij ons 'normaal' scoort, zou de score daar een standaardafwijking kunnen hebben ten opzichte van de 'normale' scores in de test. In ipsatieve tests (gedwongen keuze) gaven Oost-Aziatische studenten de voorkeur aan veldafhankelijke boven veldonafhankelijke perceptie, aan thematisch redeneren boven taxonomisch redeneren en aan exemplaarbaseerde boven regelgebaseerde categorisatie. Bij Amerikaanse studenten is dat meestal precies omgekeerd.

Als deze denk- en redeneervaardigheden werden getest, dan scoorden de Oost-Aziaten en de Amerikanen gemiddeld hoger op hun respectieve voorkeuren. Die afwijkende distributie zegt niet zoveel, behalve dat het een aanwijzing is voor onderliggende socioculturele verschillen.

Er wordt al heel lang fel gediscussieerd of, en zo ja welke, facetten van het IQ erfelijk zijn. Het interessantst zijn onderzoeken naar adoptie en naar tweelingen die gescheiden van elkaar zijn opgegroeid. Onderzoek naar tweelingen betreft meestal kleine populaties; bovendien gaat het vaak om tweelingen die bij de geboorte gescheiden zijn. Eén kind werd dan afgestaan en opgevoed door familie, vrienden of burens, omdat een van de ouders was overleden of omdat ze financieel niet in staat waren om beide kinderen op te voeden. Dan geldt niet meer dat je de effecten van de sociale leefomgeving en opvoeding kunt uitsluiten, die tweelingen anders zo goed vergelijkbaar maken. Het grootste probleem bij adoptieonderzoek is dat adoptie sowieso het IQ aannemelijk verhoogt, zonder enig verband tussen het IQ van de kinderen en hun biologische ouders. Niemand heeft er een oorzakelijke verklaring voor hoe of waarom genen, alleen of in combinatie, het IQ zouden beïnvloeden. Dat komt denk ik niet doordat het zo'n moeilijk vraagstuk is, maar doordat IQ slechts een veronderstelling is en geen natuurlijke eigenschap.

Hersenplasticiteit

Leo M. Chalupa

Oogheelkundige en neurobioloog, George Washington University

36

Met hersenplasticiteit bedoelen we het vermogen van neuronen om hun structuur en functie te veranderen door ervaring. Niet zo verrassend: elk deel van het lichaam verandert naarmate je ouder wordt. Bijzonder aan de plasticiteit van de hersenen (maar niet voorbehouden aan dit orgaan) is dat die veranderingen op gang worden gebracht door gebeurtenissen die tot op zekere hoogte beïnvloedbaar zijn. Hersenplasticiteit als specialisme vindt haar oorsprong vooral in het baanbrekende onderzoek van Torsten Wiesel en David Hubel. Zij toonden aan dat wanneer je één oog in de vroege ontwikkelingsfase normale visuele input onthoudt, het aantal functionele verbindingen tussen dat oog en de visuele cortex afneemt; bij het oog waarbij dat niet gebeurt, neemt het aantal verbindingen toe.

Dit onderzoek toont overtuigend aan dat vroege verbindingen in de hersenen niet vastliggen, maar kunnen worden aangepast aan de hand van vroege ervaringen. Daarom noemen we de hersenen plastisch, ofwel kneedbaar. Voor dit en gerelateerd onderzoek dat Wiesel en Hubel in de jaren zestig deden, ontvingen ze in 1981 de Nobelprijs voor de Fysiologie of Geneeskunde. Sindsdien zijn er duizenden onderzoeken uitgevoerd naar allerlei veranderingen in neuronen in vrijwel elk hersengebied, uiteenlopend van onderzoek op moleculair niveau tot op het niveau van systemen, en bij kinderen, volwassenen en ouderen. Het gevolg was dat we tegen het eind van de twintigste eeuw de hersenen niet meer beschouwden als iets permanents maar als iets wat voortdurend verandert. Vandaag de dag is 'plasticiteit' een van de meest gangbare woorden in de neurowetenschappelijke literatuur. Ja, ik heb het begrip zelf ook vele malen gebezigd in mijn wetenschappelijke artikelen en soms gebruikt in de titel van boeken waar ik redacteur van was. Dus wat is er mis mee, kun je je afvragen.

Om te beginnen is de term ‘hersenplasticiteit’ grotendeels betekenisloos geworden doordat hij voortdurend werd gebruikt voor elke vorm van veranderingen in de functie en structuur van neuronen. Als je bijna elke neuronenverandering aanmerkt als plasticiteit, wordt het begrip zo veelomvattend dat het geen zinvolle informatie meer bevat. Bovendien voeren veel onderzoeken hersenplasticiteit op als onderliggende oorzaak van aangepaste gedragstoestanden, zonder direct bewijs voor veranderingen in de neuronen. Buitengewoon frappant zijn onderzoeken die laten zien dat de uitvoering van een specifieke handeling verbetert door oefening. Het feit dat oefenen leidt tot prestatieverbetering was al bekend voor we ook maar iets wisten over de hersenen. Voegt het dan echt iets toe om te stellen dat zulke functieverbeteringen duiden op opvallende plasticiteit van het brein? Het woord ‘opvallend’ wordt hier vaak gebruikt om het effect van oefening bij senioren te beschrijven, alsof wie de ∞ -leeftijd heeft bereikt niet meer in staat zou zijn prestaties te verbeteren door te oefenen.

Dit soort onderzoek heeft ertoe geleid dat het verschijnsel breintraining een heuse industrie is geworden. Veel breintrainingen zijn gericht op heel jonge kinderen. De afgelopen jaren was het ‘Mozart-effect’ erg in zwang, wat ertoe leidde dat ouders die zelf geen enkele belangstelling hadden voor klassieke muziek, voortdurend Mozart voor hun kleintjes draaiden. Die trend is een beetje op zijn retour, maar daarvoor in de plaats is er nu een veelheid aan spelletjes die zogenaamd de hersenen van kinderen van alle leeftijden verbeteren. De grootste ontwikkeling in de markt zie je bij de breintrainingen voor het ouder wordende brein. Dat is wel te begrijpen, gezien de zorgen die velen onder ons zich maken over geheugenverlies en het afnemen van de cognitieve vaardigheden met het ouder worden. Er kan goed mee verdiend worden, zoals blijkt uit het aantal bedrijven dat de laatste jaren in deze sector floreert.

Er is natuurlijk niks mis mee dat kinderen of ouderen dingen doen die hun cognitieve functies op de proef stellen. Er zitten waarschijnlijk wel voordelen aan ook. Het trainen van je brein is in ieder geval te verkiezen boven dagelijks urenlang tv-kijken. Het is ook zo dat alle veranderingen in prestatie een teken zijn van een verandering in de hersenen. Hoe kan het ook anders, aangezien de hersenen al ons gedrag sturen? Maar tot op heden weten we nog niet wat er precies in de

hersenen gebeurt als je beter presteert bij een videogame; evenmin weten we hoe we zulke veranderingen blijvend kunnen maken of hoe ze te generaliseren naar andere cognitieve toestanden. Zulke inspanningen betitelen als 'breintraining' of 'toegenomen breinplasticiteit' is meestal gewoon een hype die is bedoeld om een product te verkopen. Dat betekent niet dat we moeten stoppen met zogenaamde hersenoefeningen. Ze kunnen waarschijnlijk geen kwaad en misschien doen ze zelfs wel goed. Houd er alleen alsjeblieft mee op om de resultaten, opvallend of anderszins, te verklaren door het over hersenplasticiteit te hebben.

De hersenen veranderen

Howard Gardner

Bekleedt de Hobbs-leerstoel in Cognitie en Educatie
aan de Harvard Graduate School of Education; auteur
van *Truth, Beauty, and Goodness Reframed*

Als ik met studenten of met een lekenpubliek praat over welke vorm van digitale innovatie dan ook, krijg ik meestal dit soort feedback: ‘Kunnen smartphones de hersenen veranderen?’ of ‘We moeten onze kinderen niet met tabletcomputers laten spelen, want dat kan hun hersenen beïnvloeden’. Ik probeer dan uit te leggen dat álles wat we doen ons zenuwstelsel beïnvloedt en dat hun opmerkingen ofwel betekenisloos zijn, of dat we ze kleiner moeten maken.

Dat kleiner maken doe je zo: ‘Heeft deze gebeurtenis een aanmerkelijke en misschien zelfs blijvende invloed op het zenuwstelsel?’ Of: ‘Bedoel je “kan het verstand beïnvloeden” of “kan de hersenen beïnvloeden”?’

Als de vraagsteller dan wazig kijkt, begrijp ik dat hij of zij opfriscursussen filosofie, psychologie en neurowetenschap nodig heeft.

Register

- Alda, Alan 174
Alter, Adam 375
Anderson, Alun 438
Anderson, Ross 387
Arbesman, Samuel 400
Atran, Scott 34
Baron-Cohen, Simon 214
Barondes, Samuel 480
Barrett, Lisa 497
Bateson, Mary Catherine 490
Benford, Gregory 468
Bergen, Benjamin K. 251
Berreby, David 409
Betzig, Laura 428
Blackmore, Susan 153
Blakemore, Sarah-Jayne 304
Bloom, Paul 422
Boccaletti, Giulio 347
Bogost, Ian 144
Boyer, Pascal 425
Brand, Stewart 248
Brooks, Rodney A. 301
Buss, David M. 412
Carr, Nicholas G. 137
Carroll Sean 133
Chalupa, Leo M. 36
Christakis, Nicholas A. 528
Christian, Brian 377
Churchland, Patricia S. 293
Clancy, Kathryn 380
Clark, Andy 314
Clarke, Julia 103
Coyne, Jerry 164
Csikszentmihalyi, Mihaly 489
Curry, Oliver Scott 210
Cushman, Fiery 397
Daal, Victor van 339
Das, Satyajit 462
Davies, Paul 242
Dawkins, Richard 95
De Biase, Luca 342
de Grey, Aubrey 383
Demers, Sarah 126
Dennett, Daniel C. 151
Derman, Emanuel 523
Deutsch, David 85
Diamond, Jared 485
Dyson, Freeman 84
Dyson, George 173
Enfield, N.J. 253
Everett, Daniel L. 217
Finn, Christine 270
Fisher, Helen 415
Fiske, Susan 330
Fuller, Steve 458
Gardner, Howard 39
Gefter, Amanda 120
Gelernter, David 286
Gendler, Tamar 316
Gershenfeld, Neil 477
Giddings, Steve 118
Gigerenzer, Gerd 519
Gleiser, Marcelo 26
Goldenfeld, Nigel 43
Gold, Ian 504
Gold, Joel 504
Goleman, Daniel 353
Golomb, Beatrice 507
Gopnik, Alison 202
Gottschall, Jonathan 170
Gray, Kurt 106
Grayling, A.C. 29
Griffiths, Tom 295
Gruber, June 403
Guth, Alan 52
Hagoort, Peter 455
Haidt, Jonathan 492
Hamlin, Kiley 206
Hannay, Timo 190
Harari, Haim 124
Harris, Sam 148
Hidalgo, Cesar 335
Highfield, Roger 114
Hillis, W. Daniel 88
Hoffman, Donald D. 466
Holcombe, Alex 371
Hood, Bruce 158
Humphrey, Nicholas 45
Jablonski, Nina 91
Jeffery, Kate 449
Jensen, Stine 138
Kane, Gordon 78
Kelly, Kevin 185
Klein, Gary 228
Knutson, Brian 419
Kosko, Bart 534
Kosslyn, Stephen M. 306
Krause, Kai 263
Krauss, Lawrence M. 66
Kreye, Andrian 308
Kurzban, Robert 298
Levi, Margaret 323
Lih, Andrew 474
Linde, Andrei 59
Lloyd, Seth 31
Lombrozo, Tania 280
Marcus, Gary 268
Marsh, Abigail 500
McCullough, Michael 445
McEwan, Ian 266
McWhorter, John 255

Register

- Mercier, Hugo 482
Metzinger, Thomas 160
Mills, Kate 390
Mummery, Christine 245
Myers, David G. 503
Newberger Goldstein, Rebecca 141
Nisbett, Richard 235
Nørretranders, Tor 220
Norton, Michael I. 345
Nowak, Martin 441
Obrist, Hans Ulrich 336
Ornish, Dean 231
Parker, Bruce 56
Pentland, Alex (Sandy) 320
Pepperberg, Irene 452
Pimm, Stuart 356
Pinker, Steven 198
Pöppel, Ernst 311
Provine, Robert 168
Raza, Azra 239
Rees, Martin 178
Regis, Ed 130
Richerson, Peter 99
Ridley, Matt 332
Rosen, Jay 318
Rovelli, Carlo 472
Rushkoff, Douglas 113
Sacktor, Todd C. 156
Saffo, Paul 538
Salcedo-Albarán, Eduardo 511
Samarasinghe, Buddhini 360
Sampson, Scott 364
Santos, Lauri R. 316
Sapolsky, Robert 193
Sasselov, Dimitar D. 272
Schank, Roger 277
Schmidt, Gavin 176
Seife, Charles 515
Sejnowski, Terrence J. 290
Shafir, Eldar 406
Shermer, Michael 110
Slingerland, Edward 367
Smallberg, Gerald 495
Smith, Laurence C. 351
Smolin, Lee 48
Sperber, Dan 259
Spiropulu, Maria 129
Steinhardt, Paul 69
Stich, Stephen 435
Stodden, Victoria 525
Sumner, Seirian 181
Swan, Melanie 393
Taleb, Nassim Nicholas 531
Tegmark, Max 62
Thaler, Richard H. 326
Tipler, Frank 76
Tooby, John 431
Topol, Eric J. 188
Turkle, Sherry 274
Vouloumanos, Athena 196
Waytz, Adam 225
Weinstein, Eric R. 73
West, Geoffrey 22
Wilczek, Frank 283
Wissner-Gross, Alexander 285
Woit, Peter 81
Wurman, Richard Saul 537
Wyatt, Victoria 40
Zaki, Jamil 222
Zeilinger, Anton 116