

Isaac Asimov en Fibonacci

Er zijn nog altijd mensen die neerkijken op wiskunde en de natuurwetenschappen. Dat vinden ze iets voor nerds. Dat vrouwen er minder goed in zijn dan mannen, uiteraard met de nodige uitzonderingen, wordt door sommigen als onbeduidend weggewuifd. Vrouwen zijn immers moreel en trouwens ook emotioneel superieur. Begrip van de wereld waarin we leven en ook van dat leven zelf begint echter met kennis. Die bouwt een gestaag groeiend stelsel van wetmatigheden op. Het stelsel kan vervolgens worden benut om tot onderzoek naar de leemten te inspireren en om voorspellingen te doen. Zo komt de mensheid stap voor stap verder. De twee klinkende namen in de titel van dit opstel markeren stappen in dit fascinerende proces.



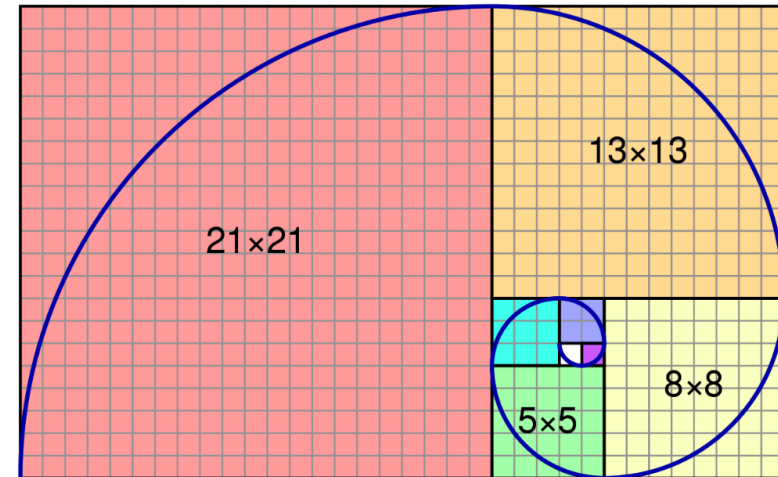
Leonardo di Pisa (ca 1170–1250)

Deze zoon van Bonaccio, vandaar zijn beklijvende bijnaam Fibonacci, was een wiskundige uit de vroege Italiaanse Renaissance, een eeuw vóór Dante. Hij bouwde als eerste voort op de kennis van de klassieken – de Babyloniërs, Grieken en Romeinen – en wat hij tijdens een verblijf in Algerije kennelijk had opgestoken van de

Arabische en Indische wiskunde, die inmiddels al verder was dan die klassieken. In 1202 publiceerde hij zijn *Liber abaci*, het boek van de abacus, het telraam. Gedrukte boeken bestonden toen overigens nog lang niet; het ging via handschriften die gekopieerd en geruild werden in de wereld van de geleerden. Dit handschrift ging over getallen en rekenen, en één van de onderwerpen die hij behandelde was een bepaalde rij van cijfers, namelijk deze:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 enz.

Typisch een reeks zoals we die uit intelligentie-tests wel kennen. Plek een en twee (1, 1) geven samen plek drie (2), plek twee en drie (1,2) geven plek vier (3), plek drie en vier (2, 3) geven plek vijf (5) en zo voorts. De optelsom van de twee voorafgaande getallen geeft het volgende getal, dus achter 34 en 55 in de bovenstaande reeks moet het getal 89 volgen.



Grafische weergave van de rij van Fibonacci als een kromme.

Wikipedia: De rij van Fibonacci wordt al genoemd in de Chhandah-shāstra („kunst van de versmaat“) van de Sanskriet schrijver Pingala (ca. 450 v. Chr. of volgens andere datering ca. 200 v. Chr.) onder de naam maatraameru („berg van de cadens“). Uitvoeriger behandelden in de 6e eeuw Virahanka en later Acharya Hemachandra (1089–1172) de rij, om rekentechnisch het metrum te beschrijven door de regelmatige verdeling in korte en lange lettergrepen. In het westen was het de Italiaanse wiskundige Fibonacci die als eerste de rij noemt in zijn *Liber abaci* (boek van de rekenkunst) bij het 'konijnenprobleem'.

We kunnen het ontstaan van precies deze rij (die sommigen laten beginnen met 0, anderen met 1) inderdaad koppelen aan konijnen of bijen die per generatie één jong voortbrengen en dan met dat jong in één hok zitten. Dat gaat dan als volgt:

We starten zonder konijnenparen en in de eerste maand hebben we één jong paar;

een paar is volwassen vanaf de tweede maand;

een volwassen paar krijgt elke maand één nieuw paar nakomelingen;

de konijnen sterven niet.

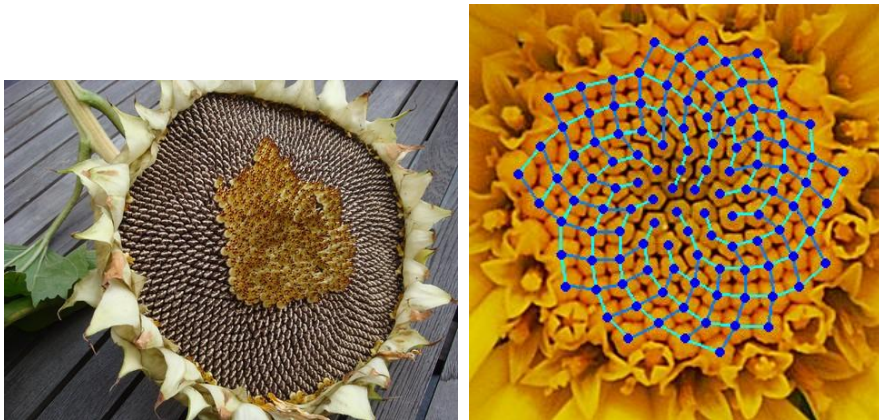
Het aantal aanwezige konijnenparen in een maand groeit dan precies volgens de reeks: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89.

Zo heeft bijvoorbeeld ook Ian Stewart het in zijn prachtige *The magical maze, seeing the world through mathematical eyes* (1997) als een van zijn vele voorbeelden van wiskundige fenomenen uitgelegd, maar de echte vragen zijn natuurlijk ten eerste: is het wiskundig te bewijzen dat deze

reeks eindeloos doorgaat (en wat is dan de voortbrengingsformule) en ten tweede: wat hebben we daaraan.

Welnu, de voortbrengende functie is na lang zoeken door latere wiskundigen vastgesteld op x gedeeld door $(1 - x - x^2)$. Zoals het bovenstaande diagram al doet vermoeden, blijkt de verhouding tussen de opeenvolgende getallen in de reeks verband te houden met de verhouding die bekend staat als de gulden snede (φ , met daarin $\sqrt{5}$, vandaar ook de relatie met het pentagram met vijf gelijke zijden) en die neerkomt op 1 op ongeveer 1,618. Voor de briljantste geleerden gaan hier hele werelden van reken- en meetkundige verbanden open.

Maar nu de praktische betekenis. Naast het verband met de gulden snede, bijvoorbeeld in de kristalvorming, blijken de getallen van Fibonacci ook elders in de natuur voor te komen. Ian Stewart demonstreert dit aan de hand van zonnebloempitten. Wikipedia vat het samen:



Links zonnebloemzaden, rechts camillezaden, met 21x blauwe en 13x lichtblauwe spiraalarmen. De zaadjes zijn binnen het gegeven ronde oppervlak zo compact mogelijk tegen elkaar aan gearrangeerd om geen flintertje ruimte te verspillen.

De reeks is te herkennen in de groei van takken aan bomen, de ordening van bladeren aan takken, de vruchten van een ananas, de bloemen van een artisjok, een ontvouwende varen, de ordening van de schubben van een dennenappel en de reeds genoemde honingbijenpopulaties. Ook het vermeerderen van bloembollen, zoals die van sneeuwkllokjes en krokussen, verloopt volgens de fibonacci-reeks: elk jaar 1,618 keer zoveel bollen, oftewel een groei van ruim 60%.

Darwin en de evolutietheorie

Wat al die genoemde voorbeelden in de natuur betreft komt het neer op een zo efficiënt mogelijke voortplanting van de soort. Ze zijn een schoolvoorbeeld van *the survival of the fittest*. De verdeling van de zaden is telkens uiteindelijk die van de *effectiefste* gebruikmaking van het zaad-dragende lichaam. Die variant overleeft immers het beste en het langste, die het hoogste aantal pitten in de beperkte ruimte weet op te nemen en dan te verspreiden. De ruimte moet optimaal benut worden en dat gebeurt door bijvoorbeeld een ronde zonnebloemkern te voorzien van de voor dat oppervlak maximaal mogelijke aantal pitten voor de voortplanting van die plant. In de loop van miljoenen jaren zijn de planten die dit *niet* op de optimale manier deden eenvoudig uitgestorven, omdat na miljoenen cycli van groeien, bloeien en afsterven de planten met veel

zaden *fitter* waren om voort te bestaan, *aangepaster, geschikter*, dan de varianten met minder zaadjes in hun zaaddragende lichamen.

Het verband lijkt zo eenvoudig, zo logisch, maar toch is de mensheid pas laat gaan beseffen dat zulke ordeningsprincipes niet een zaak van schéppen zijn, door een God of anderszins, dus geen vooropgestelde regels, waaraan schoonheid of iets anders ten grondslag heeft gelegen, maar juist kale, zakelijke factoren die een voortbestaan van de soort zo goed mogelijk garandeerden.

Dit is natuurlijk maar een enkel voorbeeldje van dit principe. Niet alleen vanuit de wiskunde, maar bijvoorbeeld ook uit de studie van de ontwikkeling van dier- en plantensoorten, zijn voorbeelden van deze dynamiek af te leiden, zoals met name Darwin dat uiteindelijk – zij het nog voorzichtig – als hypothese heeft durven te formuleren. Het ging immers ogenschijnlijk regelrecht in tegen de oude scheppingsverhalen (niet alleen die van de christelijke traditie). Het

idee dat ook het in gang zetten van een proces vanaf een Oerknal nog best ruimte laat voor een Schepper, sterker nog: die vraag alleen maar diepzinniger maakt, was en is niet aan iedereen besteed. Voor velen is de ‘theorie’ van Darwin dan ook nog steeds niet ‘echt bewezen’.

Uiteindelijk zal de gehele opbouw van het universum, vanuit de kleinste, subatomaire deeltjes tot en met de grootste melkwegstelsels, op een coherente manier verklaard of gereconstrueerd kunnen worden – al zal dat zeker nog vele generaties in beslag nemen.

Het verzamelen van kennis

Kennis van zichzelf, de wereld, het universum en de natuurwetten is de ruggegraat van de aangeboren, onbewuste overlevingsstrategie van de mens als soort. Ik denk dan niet alleen aan het herkennen van gevaar – wilde dieren, giftige planten, vijandige krijgers – maar ook aan het

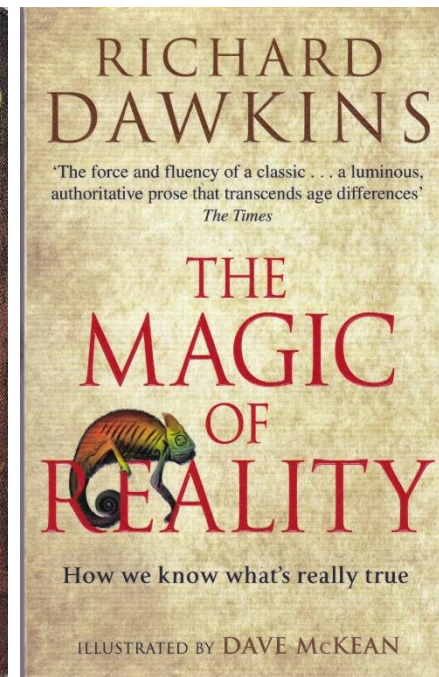
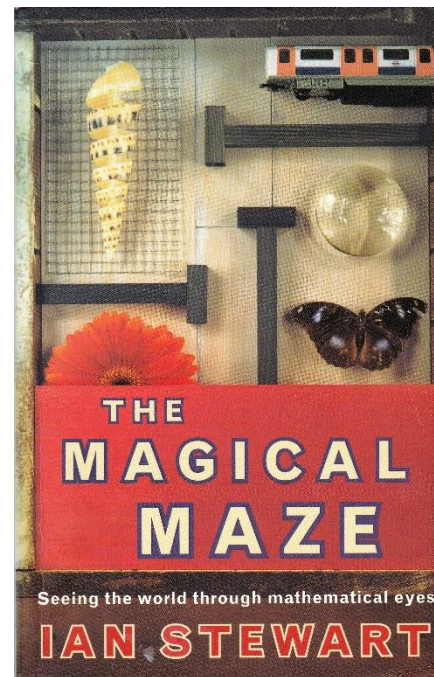
hogere niveau van familie- en clanvorming, landbouwmethoden, rekenkunde, het gebruik van werktuigen.

Nadat de Cro Magnon na honderdduizenden jaren van zoogdiervormen en apensoorten als dominant menstype was uitgeselecteerd of overgebleven, zeg maar 10.000 jaar geleden, is de kennis van de mensheid bijna exponentieel toegenomen. Er zijn in het verloop van dit proces enorm belangrijke mijlpalen aan te wijzen, zoals de ontwikkeling van de talen en de uitvinding van het schrift, het meten van de tijd in jaren en seizoenen, het gebruik van metalen, de vaststelling dat de aarde om de zon draait (en niet andersom), de drie wetten van Newton, de hypothese van Darwin, het periodiek systeem der elementen, de toepassing van electriciteit, de relatie tussen massa en energie volgens het $E = mc^2$ van Einstein, de computer, de gehele deeltjesfysica. En niet te vergeten de mens zelf, zijn DNA-keten en de onderdelen van zijn brein:

Ons oude 'reptielenbrein' (hersenstam) dat zorgt voor de basisbehoeften om te overleven zoals bloedsomloop en ademen.

Ons middelste 'zoogdierenbrein' alwaar we onze emoties verwerken en waar o.a. ons geheugen zit.

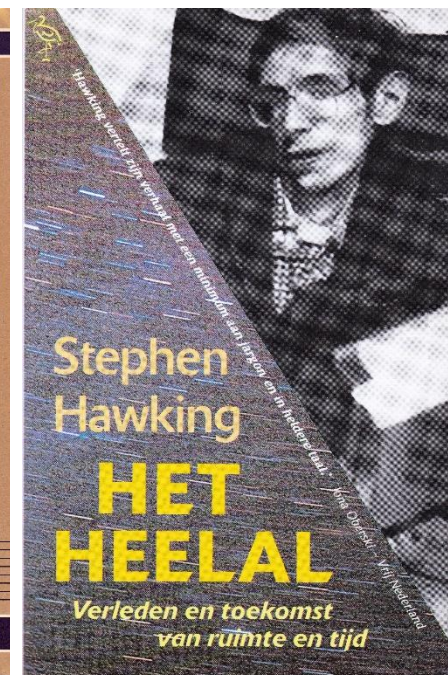
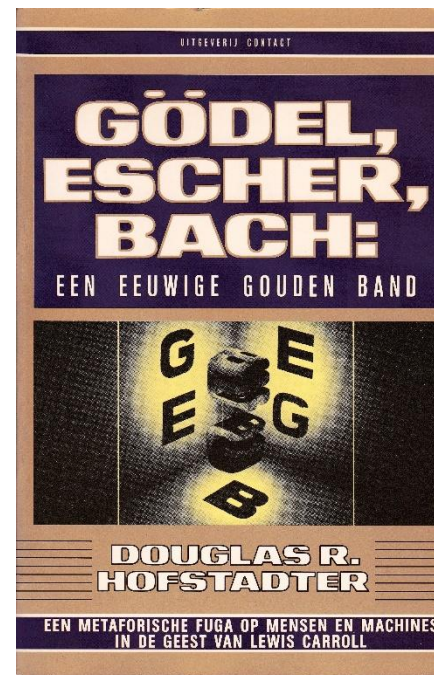
De neocortex, in de volksmond het 'menselijke brein'. We gebruiken dit brein om rationeel te redeneren.



Welnu, het ontdekken van deze dingen, van deze cruciale stappen vooruit, is voor mij ook met terugwerkende kracht steeds een sensatie. En natuurlijk ook voor heel veel anderen. Er zijn opmerkelijke boeken die zich op het wezen en de ontwikkeling van de wetenschap, vooral de 'exacte' wetenschappen, gericht hebben op een wijze die ook voor leken min of meer te volgen is. Ze hebben me altijd aangelokt.

Elementair, gericht op jongeren, zoals ook bij Stewart nadrukkelijk het geval was, is het heldere *The magic of reality* (2011), een van de vele fascinerende boeken van Richard Dawkins. Een klassieker die 'alles' overhoop haalde was *Gödel, Escher, Bach: een eeuwige gouden band* (1979) van Douglas R. Hofstadter, een veeleisend werk waar ikzelf overigens nooit doorheen ben gekomen. De vertaling omvat in 900 bladzijden 'een metaforische fuga op mensen en machines in de geest van Lewis Carroll'. In vergelijking daarmee is het eerder genoemde boek van Ian

Stewart, *The magical maze*, veel toegankelijker, zoals ook *A brief history of time* (1988) van de beroemde Stephen Hawking, in 1991 vertaald door Ronald Jonkers als *Het heelal, verleden en toekomst van ruimte en tijd*, voor belangstellende leken best te volgen is, al worden voor het onderwerp zélf al geestelijke salto's verlangd.





Behoorlijk wat lastiger zijn nog twee andere summary's van de stand van de moderne wetenschap die ik wil noemen. Het ene is *The emperor's new mind; concerning computers, minds, and the laws of physics* (1989) van Roger Penrose. Het andere is *The greatest story ever told... so far. Why we are here* (2017) van Lawrence Krauss (vertaald door Eddy Echternach

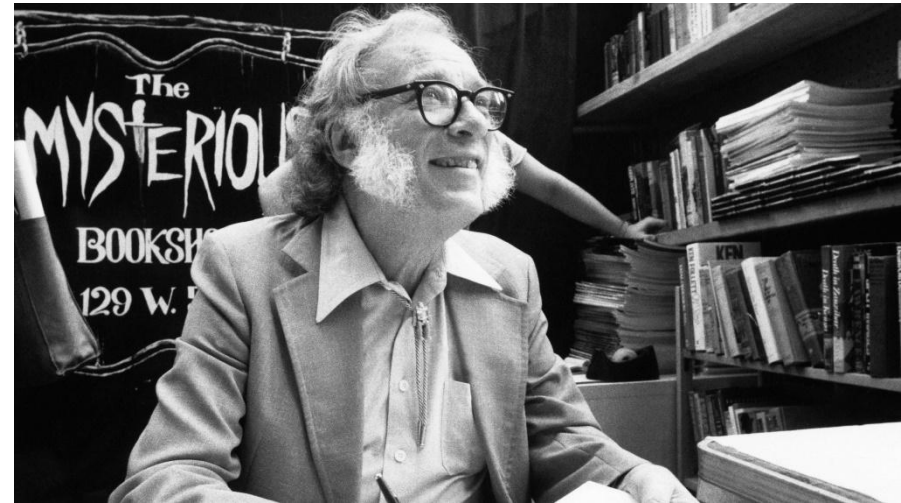
als *Het grootste project van de mens*), over de zoektocht naar de bouwstenen van het universum. Deze Amerikaanse fysicus behandelt vooral de vraag waarom er iets is in plaats van niets, dus welke natuurwetten zouden kunnen voorschrijven dat het niets voortdurend iets voortbrengt en dat dit iets kan uitgroeien tot een heelal. 'Het niets is alleen veel ingewikkelder dan we dachten,' zei Krauss eerder al in een interview met *Trouw* (Joep Engels, 20 september 2012).

Toekomstige generaties zullen over een kwestie als de Higgs-deeltjes precies weten of deze bestaan en wat dat betekent, maar het onderzoek ernaar knabbelt aan de grenzen van onze kennis, zoals er op talloze andere terreinen, zoals de DNA-modificatie, wordt geknabbeld en er hier en daar enorme happen uit worden weggenomen. Dan is de onwetendheid kleiner, de kennis opeens enorm gegroeid.

Dit langzaam opschuiven van de grenzen van de wetenschappelijk vergaarde en geveri-

fieerde kennis in de richting van meer inzicht in onze eigen aard en onze plaats in het universum bestaat uit een soort cultuurschokken met terugwerkende kracht. Het is voor mij altijd fascinerend geweest om erover te lezen. En ook om erover te speculeren, dus het grensgebied tussen feit en (nog) fictie te onderzoeken. Om eventuele lezers te gerieven die deze fascinatie delen heb ik de bovengenoemde titels genoemd en al die omslagen afgebeeld. Ze zijn de topjes van verschillende ijsbergen, maar voor sommigen zijn ze misschien wegwijzetrs die zij nog niet opgemerkt hadden.

Een vorm van (mogelijke) extrapolatie is het rijke en uitgebreide domein van de science fiction. Dat is aanvankelijk per definitie zo geweest – pas later zijn we ook vormen van fantasy en zelfs horror in die hoek gaan plaatsen – en een eminent voorbeeld van fictie en science in innige verstrengeling is de andere persoon die in de titel van dit opstel wordt genoemd.



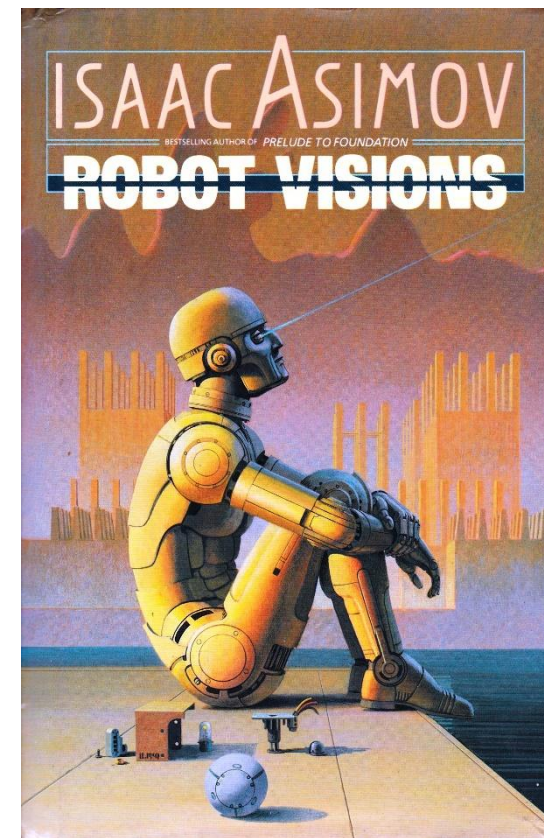
Isaac Asimov (1920–1992)

Een van de reuzen die ik in dat grensgebied jaren geleden al aantrof was een auteur, die als Isaak Judovitsj Ozimov ter wereld kwam in de Oblast Smolensk in Rusland, 400 km ten zuidwesten van Moskou, in een dorpje dat Petrovitsji heette. Dat was in 1920. Zijn familie emigreerde naar de Verenigde Staten toen hij drie jaar oud was. Hij groeide op in Brooklyn, New York.

Het is een historisch feit van groot belang dat tussen 1881 en 1933 bij benadering drie miljoen joden uit Oost-Europa en Rusland als immigrant in de Verenigde Staten terecht konden. Ze verhuisden 'niet uit weelde', z gezegd, maar min of meer letterlijk om te overleven. De USA lieten na 1923 nog slechts rond de 10.000 Oost-Europese joden per jaar toe (Stalin liet ze trouwens uit Rusland ook niet meer vertrekken), terwijl dat aan het begin van de eeuw en ook nog in 1921 ruim 100.000 per jaar was geweest. De Asimovs waren dus net op tijd. Het zou een thema voor een speculatieve roman kunnen zijn – een USA zónder deze joden of een Oost-Europa mét deze drie miljoen plus de vermoorde zes miljoen of meer.

Ter vergelijking roep ik een ander belangrijk historisch feit in herinnering: de totale hoeveelheid zwarte slaven die vanuit Afrika zijn weggevoerd tussen 1500 en 1866 wordt tegenwoordig op 12,5 miljoen geschat, van wie er

ongeveer tien procent in de Verenigde Staten terecht zijn gekomen. Grofweg dus dubbel zoveel joden als zwarten. Maar in de hedendaagse States is 2,6 % van de bevolking van joodse en 13,4 % van afro-afrikaanse afkomst.



1990

Misschien zijn zulke gedachtenexperimenten wel eens opgekomen in het hoofd van de jonge Isaac, want fantasie had hij in overvloed. Zijn hoofdwerk, de *Foundation* trilogie (1951–1953), later aangevuld met vervolgdelen, ging immers over een sociologische extrapolatie van tien-duizenden jaren. Ik kom er straks nog op terug. Maar eigenlijk haalde Asimov al zijn inspiratie uit de wetenschap.

Isaac groeide op in een gezin dat niet orthodox joods was. Zijn ouders hadden een snoepwinkel, waarin ze onder meer tijdschriften verkochten, zoals die nieuwerwetse pulpbladen met speculatieve verhalen erin. *Astounding Science Fiction* bestond vanaf 1930 en *Amazing Stories* vanaf 1926, het laatste onder de redactie van Hugo Gernsback. Die bladen moet Asimov als kind gelezen hebben. Hij studeerde af aan de Columbia University in New York (1939) en behaalde daar ook een doctoraat in de biochemie (1948). Hij verbond zich aan de Universiteit van

Boston, maar besteedde zijn tijd eigenlijk vanaf 1939, toen hij debuteerde met een kort verhaal, maar vooral vanaf 1950, toen zijn debuutboek *Pebble in the sky* verscheen, tot aan zijn dood vooral aan schrijven, heel veel schrijven. Hij schreef niet alleen science fiction, waaronder een serie van zes boeken voor de jeugd over *Lucky Starr* (1952–1957), maar ook fantasy en vooral tientallen populairwetenschappelijke boeken en essays voor een groot publiek. Alles bij elkaar heeft hij ongeveer 500 publicaties op zijn naam, waaronder in de laatste decennia veel nieuwe bundelingen van oud materiaal.

De *Foundation* en de robotverhalen

Wat de ingenieuze science fiction betreft wil ik slechts de bekendste creaties vóór 1960 noemen, de kern van zijn oeuvre, die ook allemaal in het Nederlands vertaald zijn, maar pas vanaf de jaren '60. Op het internet is over Asimov alle denkbare

informatie te vinden, want hij geldt als een van de aartsvaders van de science fiction. Dat hoef ik hier niet allemaal te herhalen.



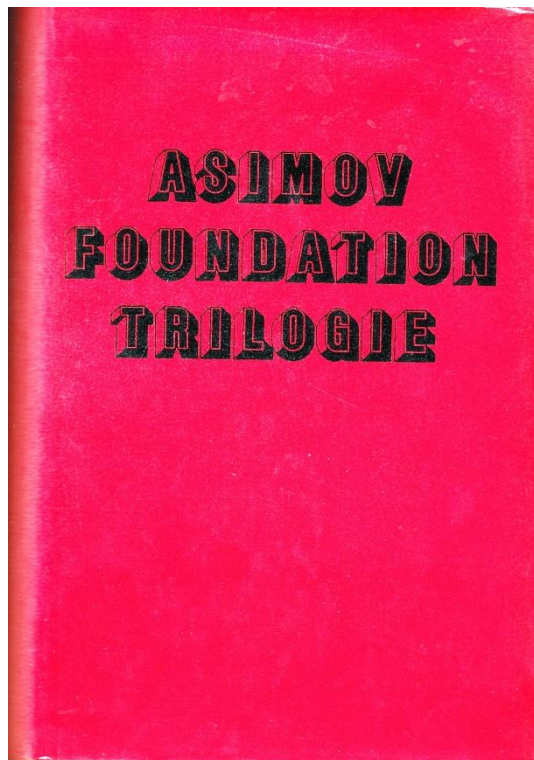
Het Spectrum, Prisma 527, 1019, 1046 (1960, 1964, 1965).

Afgezien van een aantal korte verhalen, die later diverse keren in bundels zijn opgenomen, en waarvan *Nightfall* (1941) het beroemdste is, debuteerde Asimov in boekvorm in 1950. Die roman, *Pebble in the sky*, verscheen als *Tussen twee voetstappen* al in 1952 als Zilvermeeuw bij de uitgeverij Servire (en werd in 1970 herdrukt in

een omnibus). Hierna volgden *The stars, like dust* (1951) en *The currents of space* (1952), in het Nederlands uitgekomen als *Een oceaan van sterren*, uitgever mij onbekend, en als *Spionage in de ruimte* (1965). Deze drie boeken spelen zich af in een zeer verre toekomst.

De twee allerbelangrijkste bronnen van Asimovs grote faam in sf-kringen zijn zijn robotverhalen en de al genoemde *Foundation* trilogie, verschenen in de jaren 1951–1953. Deel een was *Foundation*, deel twee *Foundation and Empire*, deel drie *Second Foundation*. Deze cyclus gaat over de opkomst en ondergang van een galactisch keizerrijk in de verre toekomst. Behalve reminiscenties aan *The decline and fall of the Roman empire* (1776–1788) van Edward Gibbon komen hierin bepaalde ideeën over het verloop van de geschiedenis tot uiting, die achteraf naïef aandoen, maar in 1950 best plausibel leken. Het idee namelijk, dat dit verloop een analogie met de natuurkunde volgt, en dus

wordt gedicteerd door macrofactoren, als een soort natuurwetten, ondanks het onvoorspelbare gedrag van individuele mensen, die als het ware de elementaire deeltjes van het maatschappelijke universum van het mensdom zijn.

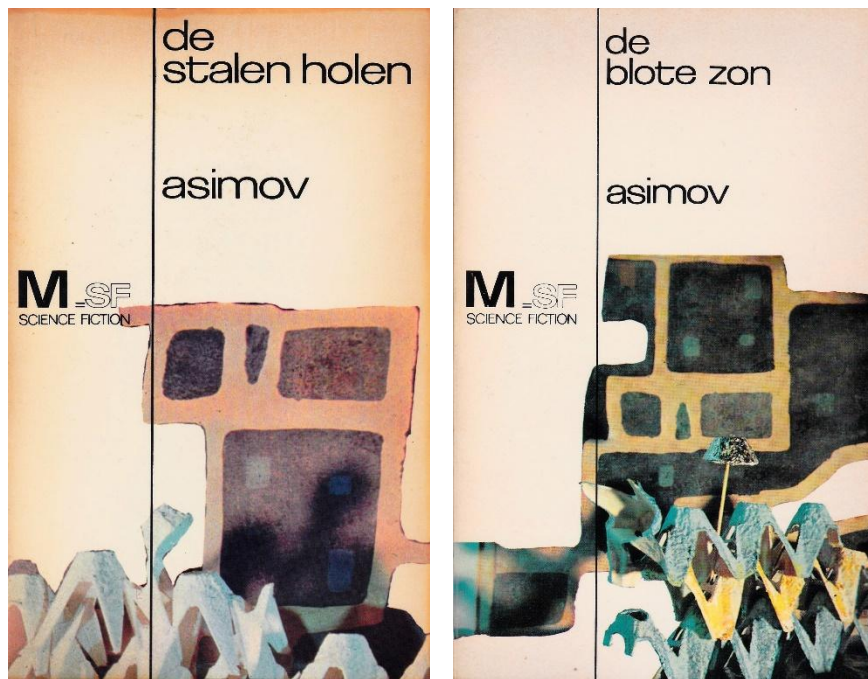


Omslag door Dick Bruna (1970).

Het verhaal begint met een wiskundige, Hari Seldon, die in de nadagen van 50.000 jaar van het Eerste Galactische Keizerrijk leeft. Hij ziet dat binnen een paar eeuwen een val van dat rijk onvermijdelijk is en ontwikkelt op basis van een door hem bedachte ‘psychohistorische wetenschap’ een remedie om de periode van wanorde en ellende van 30.000 jaar die dan zal volgen te beperken tot slechts één millennium. Daartoe worden twee stichtingen, zeg maar kolonies, van geleerden ingericht – een openbare en een geheime. En de boeken gaan er dan over hoe deze stichtingen met elkaar en met hun invloed op de geschiedenis omgaan.

De andere bron van Asimovs grote faam bestaat uit zijn enorme collectie robotverhalen, waarvan de eerste bundel, *I robot*, in 1950 verscheen. In die korte verhalen, die ook in vetaling verschenen zijn, zoals ook de langere, te weten *The caves of steel* (1954) en *The naked sun* (1957), heeft hij de zogeheten ‘wetten van de

robotica' geformuleerd, die natuurlijk in onze dagen van kunstmatige intelligentie nog actueler dan ooit zijn. Hij baseerde deze wetten op de basisprincipes die gelden voor veilig gereedschap, vanuit de redenering dat een robot feitelijk ook een soort gereedschap is.



Meulenhoff SF nr. 2 en 12 (1967, 1968).

LAW I

A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.

LAW II

A robot must obey orders given it by human beings except where such orders would conflict with the First Law.

LAW III

A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.

Natuurlijk leidt dit tot praktische en ethische problemen, vooral als de grens tussen mensen met robotonderdelen of implantaten en robots-met-menselijke-trekken vervagen. In vele verhalen en films is dat thema al van alle kanten aan de orde gesteld.

Aan de illustraties bij dit deel van het opstel is te zien dat de Nederlandse uitgevers het werk van Asimov gretig volgden, overigens als onderdeel van een grote belangstelling voor de science fiction als zodanig. Ik heb lang niet mijn gehele collectie van eigen exemplaren

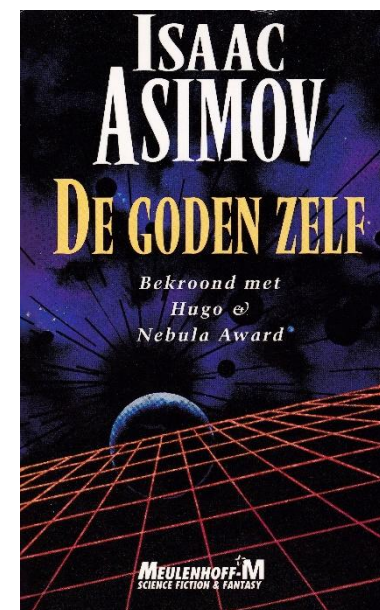
gereproduceerd en heb zelfs de vertalers niet genoemd, want dat waren telkens andere. Neem me niet kwalijk; omdat ik zelf ook boeken heb vertaald neem ik meestal graag de moeite.



Bruna SF 1, 27, ontwerp Dick Bruna/Jos Looman (1971, 1973), en SF 44, ontwerp Ivo de Weerd (1976).

Terloops wil ik hier nog opmerken dat ik Isaac Asimovs *The gods themselves* (1972) zelf heb mogen vertalen voor Meulenhoff (nadat het in 1976 in een andere vertaling bij Bruna was verschenen). Dit boek was bekroond met de Hugo én de Nebula Award, de hoogste sf-prijzen,

namelijk van de fans en van de collega's. (De Hugo heet zo naar Hugo Gernsback, de legendarische hoofdredacteur van *Amazing stories*.)



Omdat ik me de inhoud eerlijk gezegd nauwelijks kan herinneren, mijn vertaling verscheen in 1987 (een herdruk volgde in 1993), permitteer ik me hier de flaptekst over te nemen die de uitgever toen gefabriceerd heeft:

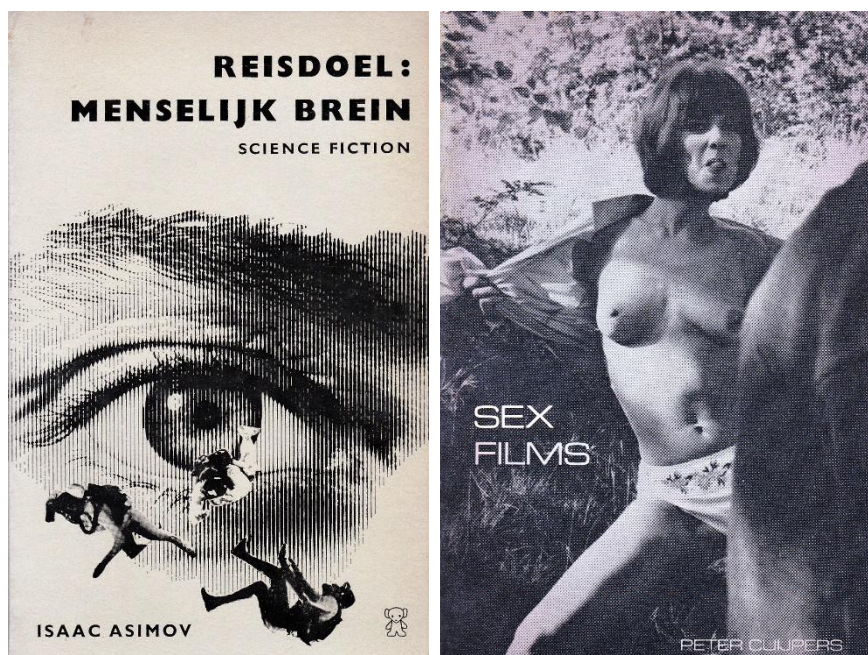
Een nieuwe onuitputtelijke energiebron is het resultaat van het contact dat vanuit een ander universum met het onze wordt gelegd. De andere kant brengt een wisselwerking op gang en aan beide zijden wordt energie afgetapt, via de Elektronenpomp, in ontzaglijke hoeveelheden. Geen mens begrijpt echter precies hoe het proces werkt, dat wil zeggen, de meningen lopen ver uiteen.

Geen mens. Maar wat weten de wezens in het andere universum er precies van?

Zonder het te willen is het ene heelal bezig langzaam het andere te vernietigen. Dat denken sommigen tenminste, aan weerskanten van de pomp. Maar ze zijn sterk in de minderheid. De rest kan alleen maar aan gratis energie denken en wil niet verder kijken. Vertwijfelde pogingen tot communicatie tussen de dissidenten in beide heelals – wat heel moeilijk is – moeten het naderende onheil afwenden. Als er inderdaad sprake is van onheil. Wordt het een race tegen de kosmische klok – of is er niets aan de hand? De afloop is in ieder geval heel onverwacht...

Mooi, actueel thema, alleen heette het toen nog niet 'klimaatverandering'. Asimov droeg dit boek op 'aan de Mensheid en de hoop dat de oorlog

tegen de domme onwetendheid toch op een goede dag ooit gewonnen wordt'. Dat moeten we inderdaad nog maar afwachten. Aan het front meevechten in die oorlog, dat lijkt me een voortreffelijke samenvatting van Asimovs ambitie en levensinstelling. Maar ondertussen schreef hij ook heel mooie en inventieve verhalen. Verwacht van hem geen literaire hoogstandjes of dieptepsychologie, maar recht-toe recht-aan geschreven, degelijk onderbouwde verhalen met suspense, verrassingen en humor. Dat ze in technisch opzicht grotendeels achterhaald zijn is na zeventig jaar niet verbazingwekkend en roept vaak een weemoedige glimlach op. Ze waren geschreven voor een tamelijk onwetend publiek van Amerikanen, midden in de Koude Oorlog, die primair geïnteresseerd waren in een narratief met vaart en verrassingen, en waren in *die* context geestverruimend en modern. En als Asimov iets niet in begrijpelijke taal kon uitleggen, dan kon niemand het.



Zwarte Beertjes 1075; Dick Bruna, 1970. Ernaast mijn eigen boekje uit 1971 (ZW 1407). Ontwerp ook van Dick Bruna, maar de foto van Essy Persson kwam van Centrafilm en was door mij aangeleverd.

De populariteit en nog voortdurende betekenis van Asimov zijn niet direct af te leiden uit zijn filmografie in de International Movie Database (IMDb). Weliswaar zijn er tientallen titels te zien, maar de meeste betreffen afleveringen in tv-series of tv-films. Ook is te constateren dat een

tiendelige tv-serie over de *Foundation* nu, in 2021, in het stadium van de post-production is gekomen. We zijn benieuwd.

Een vreemde eend in de bijt is de film *Fantastic voyage* (1966) van Richard Fleischer, die ik vooral niet nalaat te noemen omdat de vertaling als *Reisdoel: menselijk brein* bij Bruna uitkwam vlak voor mijn eigen boekje *Sexfilms* daar ook verscheen; Dick Bruna had kortstondig iets met foto's in het omslagontwerp. Nog prettiger is de kans nu een plaatje met Raquel Welch te laten zien. Maar haar heb ik er zeer figuurlijk met de haren bijgesleept, geef ik toe.

De film was namelijk gebaseerd op een verhaal van Otto Klement en Jay Lewis Bixby, dat door Harry Kleiner tot screenplay was verwerkt, maar tegelijkertijd heeft Isaac Asimov op basis van dit scenario er een boek van gemaakt, dat al zes maanden voor de film verscheen. Die film was op dat moment de duurste sf-film die ooit in Hollywood geproduceerd werd.

Het verhaal speelt zich af in 1995 en gaat over een briljante professor die een bloedstolsel in zijn hersenen krijgt. Om zijn leven te redden wordt een team van vijf specialisten, onder wie Raquel, ingekrompen tot het formaat van een bacterie, zeg maar, en door middel van de injectie van een soort duikbootje in zijn bloedbaan gebracht. Ze hebben precies zestig minuten de tijd, maar in hun midden bevindt zich één verrader die de professor dood wil hebben.



Zoals gezegd, relatief weinig stories van Asimov zijn regelrecht verfilmd, maar de indirecte invloed van met name de robotverhalen is enorm geweest. De bronnen hiervan – de beroemdste verhalen en diverse essays over dit onderwerp en de wetten van de robotica – zijn in 1990 nog eens gebundeld in het kloeki *Robot visions*.

Die ‘robotica’ vinden we bijvoorbeeld verwerkt in tot nu toe misschien wel de beste film op dit gebied, *Robocop* (1987) van Paul Verhoeven, die los staat van de verhalen van Asimov, maar wel de tragiek van half-mens-half-robot mooi uitdiept. Er zijn me slechts twee gevallen bekend, waarin rechtstreeks een verhaal van Asimov tot een bioscoopfilm op A-niveau is bewerkt (maar wat niet is, kan nog komen).

De ene is *The bicentennial man* (1999) van Chris Columbus, wiens ouders gevoel voor humor gehad moeten hebben, met Robin Williams, over een android die tweehonderd jaar in dienst is bij een mensenfamilie en die zelf

voortleeft, terwijl zijn huisgenoten steeds sterven. Het is een kort verhaal uit 1976, een komedie met een weemoedige ondertoon.



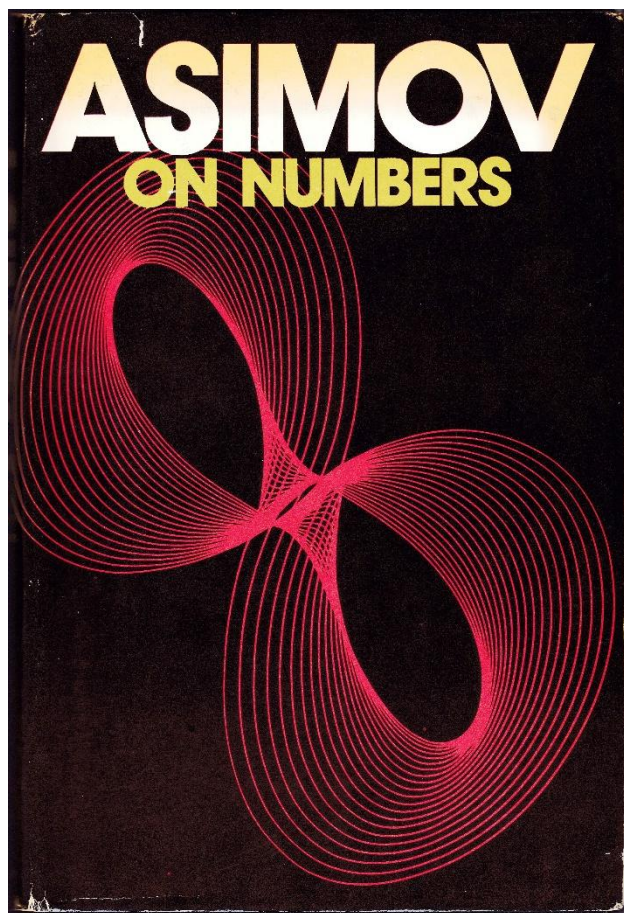
De andere is *I, robot* (2004) van Alex Proyas, met Will Smith, die zich net als *Robocop* in een grimmige sfeer afspeelt. Een androidvijandige rechercheur moet een geheimzinnig en dreigend complot ontwarren. Deze film opent met de drie wetten van de robotica, waarvan de tekst op het scherm wordt geprojecteerd.

Populaire wetenschap

Puur kwantitief gezien heeft Isaac Asimov meer non-fictie dan fictie geschreven. Hij was kennelijk, evenals een andere held van mij, Veldijk, een man die sneller schreef dan God kon lezen. In een interview heeft hij ooit gezegd dat schrijven voor hem net als ademen was: een noodzakelijke activiteit om in leven te blijven.

De essays verschenen in de loop van de decennia in allerlei tijdschriften en bundels, en de meeste werden later door Asimov zelf gebundeld in een stuk of vijf eigen verzamelingen, zoals *Asimov on physics*, *Asimov on chemistry*, *Asimov on astronomy*. Van zijn latere opstellen zijn er veel, vanaf 1959, eerst als maandelijkse bijdrage in *The Magazine of Fantasy and Science Fiction* verschenen. Zeventien daarvan, uit 1959–1966, staan in *Asimov on numbers* (1977). Het essay *T-formation*, van augustus 1963, is één van die zeventien, en in ruimere zin dus slechts een van

de honderden uit zijn koker. Ik vestig er de aandacht op om geen andere reden, dan dat in deze bundel een essay staat dat mijn link van Asimov met Fibonacci vormt.



Dit stuk, *T-formation* dus, gaat over zéér grote getallen en Asimov opperde om hiervoor de rekeneenheid T in het leven te roepen, een triljoen, dat is duizend miljard. Dat is dan T-1. Een triljoen maal een triljoen is T-2, en zo voorts en zo verder. Hij acht dit praktischer dan het gebruik van een 'googol' voor dat doel, een voorstel uit 1940 van de wiskundigen Edward Kasner en James Newman. Zo noemden zij 10 tot de macht 100 (10^{100}), hetgeen neerkomt op T-8½. In zijn betoog gaat Asimov van die googol naar een andere eenheid, het getal van Skewes, nog oneindig groter dan de googolplex, maar die redenering laat ik nu verder buiten beschouwing.

Als voorbeeld van zijn stijl en eerbetoon aan zijn heldere manier van uitleggen, wil ik nu ongeveer twee van de elf pagina's van dit essay (p. 44-57, minus twee grote illustraties) integraal vertalen. Enkele korte passages laat ik weg, omdat ze herhalen wat ik eerder al over Fibonacci en zijn rij heb meegedeeld. Asimov gebruikt deze

rij als koppelstuk in de uitleg van methoden om grote getallen inzichtelijk te maken, maar ook om zijdelings op het nut van zulke exercities te wijzen. Prekerig wordt hij nooit, maar zijn rationele kijk op de wereld is altijd duidelijk.

T-formation

Merk op dat een googol ($T-8\frac{1}{2}$) groter is dan $T-7$ en dat $T-7$ op zijn beurt veel groter is dan het aantal subatomaire deeltjes in het ons bekende heelal. Het zou een miljard triljoen van ons soort universa vergen om een googol aan subatomaire deeltjes te bevatten.

Wat is dan het nut van een googol, als het begrip zelfs te groot is om bruikbaar te zijn voor het tellen van de kleinst mogelijke deeltjes in het grootste volume dat we kennen?

Gewoon wegens de pure, abstracte schoonheid ervan, zou ik kunnen antwoorden.

Maar dan zouden jullie me allemaal met stenen bekogelen. Liever zeg ik dat er meer items in dit universum geteld kunnen worden dan alleen maar materiële dingetjes.

Neem als voorbeeld een gewoon spel kaarten. Voor er gespeeld wordt, worden ze geschud, en vanuit een bepaalde volgorde op hun stapeltje worden ze uitgedeeld. In hoeveel verschillende configuraties kunnen de kaarten [over vier handen van 13 stuks] worden verdeeld? [...] Er zijn 8×10^{67} mogelijkheden. In T -nummers uitgedrukt is dit circa $T-5\frac{3}{4}$ [eigenlijk staat er 5 tweederde, maar die breuk kan ik in Word niet vinden]. De arrangementen van een gewoon kaartspel zijn dus toereikend om een getal te bereiken dat min of meer overeenstemt met het aantal subatomaire deeltjes in ons universum.

Als we niet met 52 kaarten speelden, maar pakweg met 70 (niet ondenkbaar, want bijvoorbeeld canasta gebruikt er 108), zou het aantal mogelijkheden na het schudden juist boven het getal googol uitkomen.

Dus als het gaat om kaartspellen (laat staan schaken, economie of atoomoorlog) zijn getallen zo groot als googol of groter wél van nut.

Wiskundigen zijn trouwens geïnteresseerd in talloze soorten getallen (al of niet met praktische toepassing) waarin een omvang die veel, véél groter is dan googol snel bereikt wordt.

Neem bijvoorbeeld Leonardo Fibonacci. [...] Pisa was een grote koopmansstad en dreef handel met de Moren in Noord-Afrika. Leonardo kreeg de kans die regio te bezoeken en een Moorse opleiding te genieten. De moslimwereld had op dat moment een nieuw numeriek systeem overgenomen van de hindoes. Fibonacci pikte dat op en introduceerde deze 'arabische cijfers' in zijn boek uit 1202. Europa leed toen nog onder de barbarij van de Romeinse cijfers. Aangezien Arabische cijfers zeker een triljoen maal bruikbaar waren dan de Romeinse, kostte het slechts een paar eeuwtjes om de Europese kooplieden over te halen ervan gebruik te maken.

In hetzelfde boek besprak Fibonacci het konijnenprobleem, vervolgde Asimov, die dit daarna op zijn manier uitlegde. In de rij van Fibonacci is elk getal de som van de twee vorige, vat hij samen. Maar als je ergens een telfoutje maakt, is het hele vervolg van de reeks dus volstrekt waardeloos. Vanaf hier neem ik zijn tekst weer letterlijk over:



Maar waarom zou iemand de rij van Fibonacci steeds maar verder willen uitbreiden tot enorme aantallen? Wel, de serie kent toepassingen. Ze is verbonden met cumulatieve groei, zoals het konijnenvoorbeeld aantoont, maar ook met de verdeling van het aantal bladeren dat

spiraalvormig toeneemt naarmate de stam hoger wordt, of de verdeling van de schubben aan een dennenappel, of het aantal zaden in een zonnebloem, allemaal arrangementen die gerelateerd zijn aan de rij van Fibonacci. Deze is tevens verbonden met de 'gouden snede', die zowel in de kunst als in de mathematica belangrijk is. Maar nog los van dat alles: er zijn altijd mensen die gefascineerd zijn door enorm grote getallen op zichzelf. (Die fascinatie kan ik niet uitleggen, maar geloof me, ze bestaat echt.) En hoewel die fascinatie bijna letterlijk kan aanzetten tot ploeteren met pen en inkt tot het bittere einde, kunnen we tegenwoordig een computer dat werk laten doen. Daardoor kunnen we getallen halen waarvan het in de oude situatie onpraktisch zou zijn geweest ermee te werken.

Het oktobernummer 1962 van *Recreational Mathematics Magazine* (een klein tijdschrift dat ik freaks zoals ik van harte aanbeveel) geeft de eerste 571 Fibonacci-getallen, zoals berekend door een IBM 7090 computer. Het 51^{ste} Fibonacci-getal is de grens van triljoen al gepasseerd, zodat we kunnen zeggen dat F_{55} groter is dan $T-1$.

Vanaf dat punt passeert het F -nummer na elke 55 toevoegingen (het interval wordt heel langzaam telkens iets groter) een volgend T -nummer. En zo blijkt dan

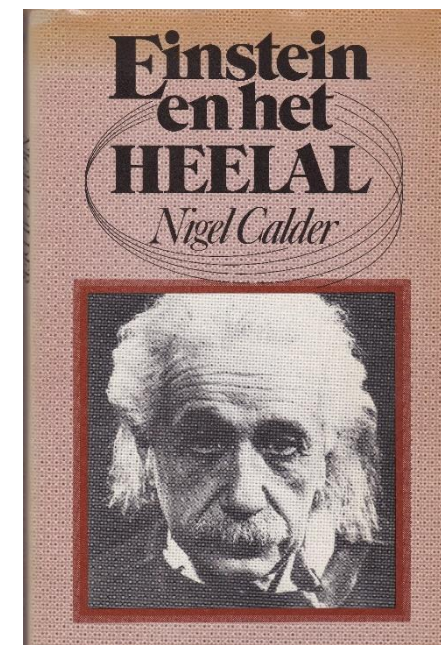
nogmaals dat F_{481} groter is dan een googol. Het getal is bijna $1\frac{1}{2}$ googol groot, om precies te zijn.

Met andere woorden: die zich [maandelijks] voortplantende konijnen zullen dus zeer snel zo talrijk zijn dat ze elke randvoorwaarde voor hun vermenigvuldiging doen ontploffen. Ze hebben veel meer nodig dan elke denkbare voedselbron kan leveren, veel meer ruimte ook dan iemand zich kan voorstellen. Het zijn er misschien pas 144 aan het einde van een jaar, maar al 50.000 na twee jaar, 15.000.000 na drie jaar, en zo voorts. Na dertig jaar zouden er meer konijnen zijn dan subatomaire deeltjes in heel ons bekende universum, en na veertig jaar zouden er meer dan een googol van konijnen zijn.

Natuurlijk vermenigvuldigen menselijke wezens zich niet zo snel als Fibonacci's konijnen, en oude mensen gaan dood [anders dan Fibonacci's konijnen, die allemaal blijven leven en ook maandelijks doorgaan met zich voort te planten]. Maar het principe blijft. Wat die konijnen in een paar jaar kunnen bereiken, krijgen wij in een paar eeuwen of millennia voor elkaar. Snel genoeg. Denk daaraan, als u de bevolkingsexplosie zo klein mogelijk wilt houden.

Voor de lol zou ik dit getal F_{571} voluit willen schrijven. Het is tot nu toe het grootste getal in dit essay (er komen nog grotere, maar die schrijf ik niet uit). [Er volgt dan een uitgeschreven getal van 119 cijfers. Dit benadert $T-10$. In een voetnoot meldt Asimov dat hij elf jaar later F_{1000} vernam. Dat bestond uit 209 cijfers en benaderde $T-17$.]

Voor een ander voorbeeld van grote getallen kunnen we de priemgetallen bekijken. Dit zijn getallen als 7, of 641, of 5237, die uitsluitend kunnen worden gedeeld door zichzelf of door één. Er zijn geen andere factoren. Men zou dan kunnen veronderstellen dat er, naarmate de getallen groter worden, geleidelijk minder priemgetallen voorkomen, omdat er steeds meer kleinere getallen zijn die dan mogelijk als factor in een deling kunnen dienen. Maar dit is niet het geval en zelfs de oude Grieken wisten dat. Euclides kon vrij eenvoudig bewijzen dat, als alle priemgetallen worden opgeschreven tot een 'hoogste priemgetal', het altijd mogelijk is een nog hoger getal te construeren dat ofwel zelf een priemgetal is, ofwel een priemgetal als factor heeft dat groter is dan het 'hoogste priemgetal' was. Daaruit volgt dat er niet zoiets bestaat als het 'hoogste priemgetal' en dat dus het aantal priemgetallen oneindig is.



Tot zo ver de tekst van Asimov zelf. Hierna gaat zijn essay nog een hele poos verder. Hij beschrijft onder meer het tot nu toe vergeefse zoeken naar een sluitende formule om zelfs de grootste priemgetallen te voorspellen, maar ik denk dat ik mijn punt nu wel gemaakt heb. De zuivere wiskunde is een universum op zichzelf, waar de grootste talenten zich op eenzame hoogte

bewegen, zoals in de schitterende roman van Paolo Giordano, waarin een ietwat wereldvreemde wiskundige als een abstractum in een vacuum figureert. Ook bijvoorbeeld Einsteins, topschakers en muzikale genieën bezitten een brein dat voor gewone mensen onnavolgbare dingen kan uitzoeken, toepassen en combineren.

Maar de raakvlakken tussen de wetenschap en het dagelijkse leven en onze plek in de wereld zijn niet altijd zo abstract en esoterisch. Ze zijn er op alle niveaus, ze zijn altijd het onderzoeken waard. De wetenschappelijke nieuwsgierigheid dwingt gewoonweg van de ene stap naar de volgende en het beantwoorden van één vraag leidt niet zelden tot twee of meer geheel nieuwe vragen, waaraan voordien geen mens gedacht had. Dat geldt natuurlijk niet alleen voor de exacte wetenschappen, merk ik terzijde op, maar ook voor de ogenschijnlijk wat minder exacte, zoals filosofie, taalkunde, psychologie en socio-

logie, omdat bijvoorbeeld logica en statistiek altijd noodzakelijke instrumenten zijn.

Het voorbeeld van de verbluffende toename – andere cijfers, maar een vergelijkbaar principe als in de rij van Fibonacci – kenden we al van het schaakbord en de graankorrels, waarvan ik me men te herinneren dat het eveneens uit de Arabische wereld stamt. Er was een slimmerik die de sultan slechts een bescheiden beloning vroeg, namelijk een graankorrel op het eerste veld van een schaakbord, twee korrels op het tweede veld, vier op het derde, acht op het vierde, en zo voorts. De sultan stemde onmiddellijk toe. Hij had niet doorgerekend tot en met het 64^{ste} veld. Dat zijn 2^{64} korrels. Iets uit *1001 Nacht* waarschijnlijk. Hoe dat verhaal afliep, weet ik niet meer. Of misschien werd dat al meteen aan onze verbeelding overgelaten.