

# VAKIDIOOT

## QUANTUM COMPUTING

Hoe werkt het eigenlijk?  
"Maar dan wel zonder al  
te veel wiskunde, alsjeblieft"

## IMPOSTER SYNDROOM

"Jullie leiden aan imposter syndroom"  
vertelde hij ons.  
"Dat is heel gebruikelijk  
onder bétastudenten."

## BIJEN EN WISKUNDE

Een bij zal zich ten allen tijde opofferen in het  
belang van de overleving en het voortbestaan  
van de kolonie en daarmee ook de soort.

## DIMENSIONISME

Het concept van tijd als vierde  
dimensie en een niet-Euclidische  
ruimte in moderne kunst.



# TEGENDDEEL

# In dit nummer

	<b>Van de Voorzitter</b> <i>Matthieu Barentsen</i>	4
	<b>Bijen en wiskunde</b> <i>John de Greef</i>	5
	<b>Percolation Puzzel</b> <i>Felix Lans</i>	9
	<b>Dimensionisme</b> <i>Lotte Polling</i>	10
	<b>The never-ending learning journey</b> <i>ASML</i>	12
	<b>Hoe kwantummechanica trekvogels helpt navigeren</b> <i>Dianne Hubers</i>	14
	<b>Quantum Computing</b> <i>Jan Pieter van der Plas</i>	18
	<b>Gedichten</b> <i>Anna Reinhold</i>	21
	<b>Wiskunde is nep en dat kan ik natuurkundig bewijzen</b> <i>Leon Kamermans</i>	22
	<b>Diesweek Collage</b> <i>Noor ten Veen</i>	25
	<b>Impostor syndroom</b> <i>Milena Wittermans</i>	26
	<b>De mysterieuze verdwijning van Ettore Majorana</b> <i>Eva Groenendijk</i>	28
	<b>Waarom bèta studeren helemaal kut is.</b> <i>Door J. Leon Kamermans BSc., Masterstudent Natuurkunde.</i>	30
	<b>Prijsvraag: het tegendeelkettingspel</b> <i>Anna Reinhold</i>	32
	<b>Trekken tegenpolen elkaar aan?</b> <i>Lisette Helder</i>	33
	<b>Mijn Eigen Tegendeel</b> <i>Anna Reinhold</i>	35
	<b>De Strip</b> <i>Lotte Polling</i>	36

**Uitgave** 15 april 2022  
**Oplage** 1845  
**Deadline** 8 mei 2022

**De Vakidioot is een uitgave van**  
 Studievereniging A-Eskwadraat  
 Princetonplein 5  
 3584 CC Utrecht

**Telefoon** (030) 253 4499  
**Fax** (030) 253 5787  
**Website** a-eskwadraat.nl/vakid  
**E-mail** vakid@a-eskwadraat.nl

Wil je de Vakidioot niet meer ontvangen of ben je verhuisd? Pas dan je gegevens aan op [www.a-eskwadraat.nl](http://www.a-eskwadraat.nl).

#### Redactie

Lisette Helder  
 Dianne Hubers  
 Leon Kamermans  
 Vivian Ning  
 Lotte Polling  
 Jan Pieter van der Plas  
 Anna Reinhold  
 Amber Visser

#### Voorzitter

Lotte Polling

#### Eindredactie

Jan Pieter van der Plas

#### Secretaris-Generaal

Amber Visser

#### Omslag

Vivian Ning  
 Lotte Polling

#### Met dank aan

John de Greef  
 Eva Groenendijk  
 Felix Lans  
 Noor ten Veen  
 Milena Wittermans

## Redactioneel

### Lieve lezer,

Het leven lijkt weer normaal. We kunnen weer zonder mondkapje naar de universiteit en werkavonden in de UB houden (helaas niet in het BBG, want er is een portierstekort). Ikzelf heb door dit alles de neiging m'n leven helemaal vol te plannen, want er zijn zoveel leuke dingen te doen! Er is zo veel te leren, er zijn zo veel mensen om te ontmoeten en zo veel moois om te zien. Toch is het goed op dat soort momenten juist een stapje terug te doen. Al deze dingen geven mij namelijk niet alleen vreugde en geluk, maar soms ook stress. Ik sta er met mijn neus bovenop, verdrink er haast in. Dan doe ik een stapje achteruit, net zoals schilders doen als ze al heel lang dicht op een schilderij staan. Je zet je ene voet achter de andere en de andere achter de ene en je ziet waar je nou daadwerkelijk mee bezig bent. Je ziet de compositie en het kleurgebruik en krijgt een gevoel bij het schilderij. Zo zag ik tijdens het in elkaar zetten van deze editie dat het goed is om op anderen (mijn commissie) te vertrouwen. Als ik even niet weet hoe ik alles moet regelen, hoef ik het maar te vragen en er komt hulp van een (meestal) capabel persoon. Deze editie zit dan ook vol fijne, leuke en interessante stukken. Er valt voor de verandering poëzie te lezen en je kunt leren hoe trekvogels navigeren met behulp van quantummechanica en er is een interessant stuk over Majorana. Dan wil ik ten slotte graag nog benoemen dat we wederom een nieuw commissielid hebben: Dianne Hubers! Lieve groetjes en veel leesplezier gewenst namens de commissie,

Lotte Polling

*Voorzitter Vakidioot*



# Van de Voorzitter

Matthieu Barentsen



Lieve leden,

Het is weer eens zover! De winter zit er weer bijna op en het wordt zo langzamerhand toch weer warmer (al mag dat wat mij betreft wel wat sneller gaan). Op het moment dat ik dit schrijf zitten we midden in een grote storm, waar regen en wind het land onveilig maken. Ook hadden we kortgeleden de Diesweek. Ik heb genoten van taart in de kamer, ben ingemaakt bij het schaaktoernooi, heb glühwijn en warme chocomel aan mensen uitgedeeld en moest helaas de borrel missen vanwege corona. Al met al zou ik het een geslaagde week noemen. Ook corona lijkt nu de goede kant op te gaan. De kamer mag binnenkort weer open (en ik hoop dat dat nog steeds zo is op het moment dat jullie dit lezen) en er mogen steeds meer activiteiten fysiek plaatsvinden.

Daarover gesproken: er is binnenkort natuurlijk ook weer van alles te doen. Dingen als het Science Symposium, de AV, een voorstelling in het DeLaMar theater en een eerstejaarsweekend (de BREEK). Aangezien dit allemaal waarschijnlijk al is gebeurd op het moment dat jullie dit lezen, hoop ik dat het leuk was! Iets verder in de toekomst kunnen we vooruitkijken op allerlei leuke dingen: All-In, de studiereis (naar Spanje en Portugal!) en natuurlijk

ook een verscheidenheid aan kleinere activiteiten, wat ervoor zorgt dat er voor iedereen iets leuks bij zit!

En dan zijn we alweer in mei! Omdat we in februari nog een beetje zaten met de maatregelen in verband met de pandemie, zullen we in mei naast de Carrièremaand ook nog eens wat HEF-activiteiten hebben. Het gala is daar een mooi voorbeeld van. Nou heeft iemand mij ingefluisterd dat het deze keer in een heus kasteel plaats zal vinden. Ik moet zeggen dat ik daar zelf heel erg naar uitkijk. Niet alleen extra fancy een feestje bouwen, maar dan ook nog eens extra gaaf in een middeleeuws kasteel!

Vergeet ook vooral niet de mei Carrièremaand. Want mocht je ooit het geniale idee gehad hebben om een baan te willen, is dit een perfecte kans voor je om te kijken waar je later terecht wil komen. Bij dit jaarlijkse evenement wordt er van alles georganiseerd. Zorg er dus voor dat je de site in de gaten houdt om zeker te weten dat jij een goeie kans hebt om je te kunnen oriënteren op wat je de rest van je leven wil gaan doen.

Wij zijn als bestuur op het moment natuurlijk ook druk bezig met het vinden en leren kennen van onze mogelijke opvolgers. Wanneer jullie dit lezen zal de deadline voor het aanmelden voor het kandidaatsbestuur waarschijnlijk net geweest zijn, maar ik kan jullie garanderen dat wij ons best zullen doen om ervoor te zorgen dat er volgend jaar weer een mooi bestuur staat om A-Eskwadraat draaiende te houden. Kijk dus ook vooral uit naar het bekendmakingsmoment, wat, als alles goed gaat (waar we natuurlijk vanuit gaan), zal zijn op 26 april. Ik heb er zelf in ieder geval veel zin in!

Nou heb ik zelf inmiddels weinig onderwerpen in mijn hoofd om het over te hebben, dus ik zal het vanaf hier kort houden. Mocht je dingen hebben waar je graag mijn gedachten, hersenspinsels of meningen over wil horen, kom dan zeker langs bij de kamer. Succes aan iedereen met aankomende tentamens, en ik hoop tot snel!

Toedels!

Groetjes,  
Matthieu Barentsen  
Voorzitter A-Eskwadraat

# Bijen en wiskunde

John de Greef

Een bijenvolk is een uitermate bijzonder fenomeen. Het bestaat uit duizenden individuen maar functioneren als één geheel. Noodzakelijke levensfuncties zoals voortplanting, voeding en verdediging worden door het volk als één organisme vervuld. Daarom beschouwen we een bijenvolk ook als een 'superorganisme', een verenigde entiteit. Eén afzonderlijke bij is niet in staat om te overleven en is van het volk afhankelijk voor zijn of haar voortbestaan. Alle taken worden in het volk verdeeld en zo optimaal mogelijk tot uitvoer gebracht. De bij zal zich ten allen tijde opofferen in het belang van de overleving en het voortbestaan van de kolonie en daarmee ook de soort.

## Honingbijen

Een bijenvolk bestaat uit 1 koningin, vele duizenden vrouwelijke werkers (variërend van 10.000 tot 80.000 individuen afhankelijk van het jaargetijde en het ras) en darren (mannelijke individuen), waarvan het aantal kan variëren tussen 1500 en 2500. Daarbij valt op te merken dat er alleen darren in het volk aanwezig zijn in de periode van grofweg maart tot september. Buiten die periode om vindt geen bevruchting van jonge koninginnen plaats vanwege de lage buitentemperaturen. De darren zijn buiten die periode feitelijk nutteloos en zouden dan onnodig de aanwezige voedselvoorraden aanvreten, waardoor zij door de werkers rond september/oktober genadeloos om het leven gebracht worden. In Imkerjargon wordt dit de darrenslacht genoemd. Over efficiëntie gesproken...

Bij het produceren van darren doet zich een sterk afwijkend proces voor. Darrencellen zijn significant groter dan reguliere cellen in de kolonie: 6,9mm. De koningin tast deze cel af met behulp van haar zintuigen en kan deze duidelijk onderscheiden van een werkstercel of koninginnencel. Op basis van haar waarneming zal zij hierin een eikel leggen maar deze niet bevruchten. De eikel bevat in dat geval dus slechts 1 set van 16 chromosomen. Dit wordt ook wel haploidie genoemd. De facto betekent dit dus dat een dar geen vader heeft, maar wel een moeder (de koningin) en een grootvader en een grootmoeder. De koninginnen hebben namelijk wel een vader en een moeder. Hierdoor ontstaat een bijzondere situatie. Laten we dit nader beschouwen.

De koningin is een vrouwtje en die komt voort uit een bevruchte eikel. Zij heeft dus een vader en een moeder, en de dar die geen vader heeft, heeft dus twee (2) grootouders, een dar en een koningin. Deze twee grootouders hebben 1 ouder (de dar)

+ 2 ouders (de koningin en een dar). Onze dar heeft dus drie (3) overgrootouders: 2 koninginnen en een dar. 2 koninginnen hebben 4 ouders, een dar 1. De dar heeft dus 5 betovergrootouders. En naarmate de generaties naar boven oplopen en als we aannemen dat er geen inteelt plaatsvindt, volgt daaruit een getalsmatige reeks, namelijk 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 en zo verder. Wellicht dat u deze reeks onmiddellijk als gebiologeerd mathematicus herkent en een archimediëers 'eureka moment' beleeft, althans dat hoop ik, waarbij de beleving uiteraard nog volmaakter zou zijn als u dit artikel leest terwijl u van een heerlijk bad zou genieten.

Dit is namelijk niet zomaar een toevallige reeks, maar de reeks van Fibonacci. Hij noemt de rij in zijn boek Liber abaci (Boek over rekenen) uit 1202. Deze getallenreeks blijkt zeer interessante eigenschappen te bezitten, vele verbanden te hebben en de gulden snede te benaderen. Het is inmiddels bekend dat de reeks van Fibonacci in vele facetten van de natuur regelmatig worden waargenomen, en in dit bijzondere geval dus ook bij bijen. Er wordt zelfs gesuggereerd dat feitelijk de bijenhouders van Béjaïa (de stad in Algerije waar Fibonacci destijds woonde en werkte) hun kennis van de bijen en van hun stambomen de inspiratie vormden voor de ontdekking van deze reeks van Fibonacci. Maar we kunnen dit niet met zekerheid aannemen.

## De structuur van de bijenraat

Er zijn in de natuur veel moleculaire en atomaire hexagonale verbindingen waar te nemen, gevormd door hun onderlinge verbindingen. Voorbeelden hiervan zijn grafen, cyclohexaan en benzeen welke alle een zeshoekige geometrie vertonen. Andere in de natuur goed waarneembare hexagonalen zijn aan te treffen in bijvoorbeeld een sneeuwvlok en de geologisch geometrische vormen van gestolde lava zoals we die aantreffen bij de Giants Causeway in



Noord-Ierland. Als een teveel aan zeepbellen zichzelf gaat organiseren in een beperkte ruimte, dan nemen ook zij de vorm aan van een zeshoek. Zo ook worden deze geometrische vormen aangetroffen in de door honingbijen van bijenwas geconstrueerde raten. De gemeenschappelijke deler van dit fenomeen wordt gevormd door het isoperimeterische optimum of -quotiënt. In de meetkunde is het isoperimetrisch quotiënt een maat voor de relatie tussen de omsloten oppervlakte en de omtrek van vlakken, het ingesloten volume en de oppervlakte van de ruimtelijke figuren. Feitelijk een maat voor de relatie tussen de 'buitenzijde' en de 'binnenzijde' van een isometrische vorm. Die maat is voor gelijkvormige figuren zoals de cirkel en de bolvorm gelijk. Het gaat er bij het isoperimetrisch probleem om bij een gegeven omtrek of oppervlakte de figuur met de grootste oppervlakte, respectievelijk het grootste volume te vinden. De cirkel is de vlakke, en de bol het lichaam die de volmaakte oplossingen zijn. Daarom is het isoperimetrisch quotiënt zo gedefinieerd dat het voor deze figuren de waarde 1 heeft. Het isoperimetrisch quotiënt is voor alle andere geometrische figuren dus altijd kleiner dan 1; dat wordt ook wel de isoperimetrische ongelijkheid genoemd. En in het geval van de vorm van de bijencellen wordt dit 'The Honeycomb Conjecture' genoemd. De hexagonale vorm van de bijenraatcellen benaderd het optimum vrij dicht. Het isoperimetrisch quotiënt van een regelmatige zeshoek is 0,907. Waarbij de tussenliggende 'nutteloze' ruimte tussen de hexagonen nul is. De hexagonen sluiten perfect op elkaar aan, een gegeven dat bij cirkel- of bolvormige figuren niet het geval is.



Maar nu even terug naar de bijen zelf. Het zal u hopelijk duidelijk zijn dat de honingbij zich gedurende de evolutie niet heeft bezig gehouden met

de wiskundige uitwerking van de geometrie en daarmee de optimalisering van hun nestconstructie. Evolutionair kunnen we stellen dat natuurkundige wetmatigheden zich in de loop van de tijd hebben vertaald in de vorm van de raat zoals we die heden kunnen vaststellen. Maar hoe is deze bouwwijze in de loop van de tijd dan tot stand gekomen? Ik zal proberen dit evolutionaire verloop te verklaren, waarbij ik meteen de kanttekening plaats dat dit zeker niet als een vaststaand feit dient te worden gezien.

## Communicatie

De taal van de bijen bestaat uit verschillende methoden van communiceren die tezamen 1 bijentaal vormen. Op hoofdlijnen bestaat de bijentaal uit de volgende onderdelen:

- Trillingen op de raat waarbij de frequenties van 15 Hz en 260 Hz bijzonder goed doorgeleid worden;
- Complexe feromonale communicatie waarvan we er op dit moment zo'n 10 verschillende feromonen hebben geïdentificeerd, maar waarvan er in mijn ogen nog veel onontdekt zijn;
- Bijendansen (ronde/sikkel/8-vorm) welke plaatsvinden op bepaalde delen van de raten, ook wel dansvloeren genoemd.

De meest aansprekende vorm van bijencommunicatie vindt plaats tijdens de bijendansen. Tijdens deze dansen komen de zintuigelijke vormen van waarneming en communicatie duidelijk tot uiting.

## De bijendansen

Er bestaan verschillende typen bijendansen waarbij de zintuigelijke waarnemingen of behoeften van de individuele bij tot uitdrukking worden gebracht en mee worden gedeeld aan haar collega's.

### 1. De rondedans

De rondedans dient om nabijgelegen voedingsbronnen aan andere bijen bekend te maken (namelijk binnen een bereik van 50 meter). Daarbij loopt de werkster eerst op een raat (op de dansvloer) naar boven en prikkelt andere bijen, zodat ze de volledige aandacht krijgt. Ze laat eventjes van het voedsel van de bron proeven om de omvang van

de bron te communiceren. Hierna gaat de werkster in een kleine cirkel lopen met in het midden maar één broedcel. Andere werksters lopen achter haar aan. Na enkele volledige cirkels draait ze zich om en loopt ze in de tegenovergestelde richting, met enkele werksters weer achter haar aan. Deze rondedans kan 10 minuten duren. Daarna laat de werkster weer een beetje van het voedsel proeven en volgt er een herhaling van de dans. De werkster vliegt weg en de andere werksters kunnen op eigen gelegenheid de bron vinden.



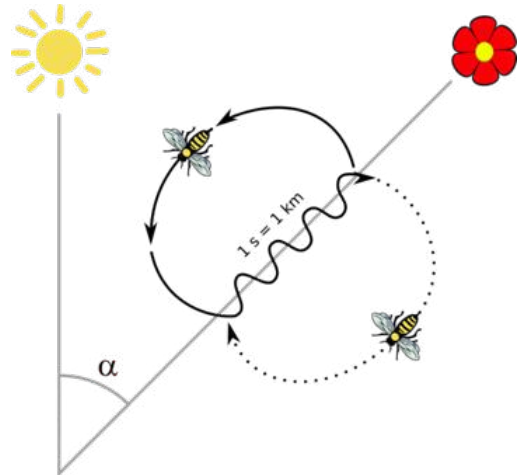
## 2. De sikkeldans

Wanneer de voedselbron verder weg is dan 50 meter, maar minder dan 150 meter, heeft de dans een sikkelvorm in plaats van een cirkelvorm. De sikkeldans vormt een overgang naar de kwispeldans;

## 3. Kwispeldans

De kwispeldans begint hetzelfde. Deze dans wordt uitgevoerd als het voedsel verder dan 150 meter verderop ligt. De werkster duwt tegen enkele andere werksters en laat hen proeven. Daarna loopt de werkster in een halve cirkel. Op het einde van deze halve cirkel keert ze in een rechte lijn naar het uitgangspunt terug. Tijdens het rechte traject kwispelt ze met haar achterlijf (vandaar de naam, kwispeldans). De duur (in seconden) van het trillen van haar achterlijf representeert daarbij de afstand van het nest tot de voedselbron. Daarna herhaalt ze de halve cirkel en het rechte stuk in de tegenovergestelde draairichting. Zo krijgt de hele dans de vorm van het cijfer 8. Bij deze dans krijgen de andere werksters informatie over de richting en de afstand tot de bron. De hoek die de werkster maakt met de verticale as (want deze dans gebeurt op een verticaal vlak), is gelijk aan de hoek van de weg

naar de bron ten opzichte van de zon. De afstand wordt meegegeeld door de snelheid waarmee de bij danst. Hoe sneller wordt gedanst, hoe dichterbij de voedselbron is;



## 4. De verzorgingsdans

Een verzorgingsdans of schuddende dans is een dans, die wordt uitgevoerd door een honingbij die verzorging van zichzelf door andere bijen wil uitlokken. Deze dans werd het eerst gerapporteerd in 1945 door bioloog Mykola H. Hadak. Deze dans werd vaker geobserveerd in bijenvolken die door Varroamijt geïnfecteerd zijn en ook bij bijen die bestrooid zijn met fijn krijtstof;

## 5. De trildans

Karl Ritter von Frisch heeft deze trildans (vertaald vanuit het engelse 'tremble dance') al in 1920 beschreven, maar hij kon er niet de betekenis van achterhalen. In 1993 ontdekte Wolfgang Kirchner dat de trildans als gevolg had dat bijen die deze dans waarnamen er niet meer op uit gingen om voedsel te halen, maar dat is slechts één van de betekenissen die de trildans kan hebben. Inmiddels wordt verondersteld dat de betekenis van de trildans afhankelijk is van de context.

## Hoe kiest een zwerm een nieuwe nestlokatie?

Zoals hierboven al gesteld zijn er inmiddels speurbijen onderweg om een nieuwe woonruimte te zoeken, te beoordelen op geschiktheid, om dat vervol-

gens weer te communiceren met de zwerm. Omdat de zwerm een voedselvoorraad voor ongeveer 3 dagen heeft kunnen ze in die tijd op een tijdelijke lokatie afwachten totdat de keuze voor een nieuwe nestruimte is gemaakt. De speurbijen zoeken naar een geschikte lokatie die voldoet aan (onder andere) de volgende voorwaarden:

- Het volume dient tussen 20 en 80 liter te bedragen (afhankelijk van het ras), gemiddeld genomen blijkt 40 liter doorgaans de voorkeur te hebben;
- De nestingang dient bij voorkeur op het zuiden te zijn gericht, niet te groot, en zich aan de onderzijde van de ruimte te bevinden;
- Een cilindrische vorm heeft de voorkeur (bijvoorbeeld een oude holle boom);
- Als er oude raten aanwezig zijn heeft dat de voorkeur, die kunnen ze benutten of recyclen;

Ongetwijfeld zullen de bijen nog meer specifieke voorkeuren hebben, maar deze kwamen duidelijk naar voren bij het onderzoek dat Thomas D. Seely over een periode van vele jaren heeft uitgevoerd. En ook nu blijken bijen over meetkundige en communicatieve vaardigheden te beschikken en zich daar bewust van te zijn. Hoe bepalen zij de grootte van de nieuwe nestruimte? Hoe onthouden en communiceren zij alle waargenomen variabelen aan hun zwermgenoten? En hoe bepaalt de zwerm in gezamenlijkheid welke nestruimte uiteindelijk gekozen zal worden? Een ding is zeker, er wordt gedanst.... Met die vragen laat ik u achter in het ongewisse met de hoop dat dit artikel uw interesse en nieuwsgierigheid heeft gewekt. Ik hoop zelfs dat het u zal bewegen zich verder te verdiepen in de fascinerende wereld van de (honing)bijen. En misschien wordt u zelfs in de nabije toekomst wel een imker, wat ik u overigens van harte kan aanbevelen!



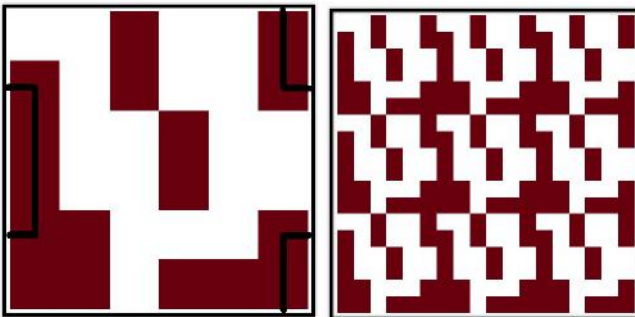


# Percolation Puzzel

Felix Lans

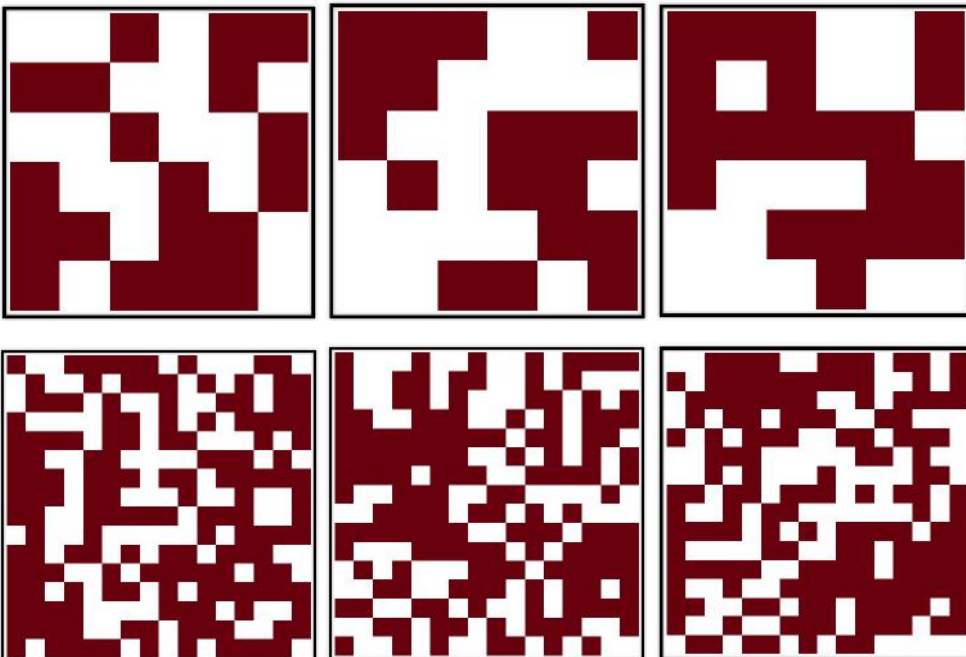
Stel je voor, je zit in een college statistical mechanics van Joost de Graaf. Het onderwerp van vandaag: tweedimensionale percolatie-theorie. Joost legt uit: "There exists a probability for blocks to be occupied above which the occupied blocks will percolate the lattice, i.e., form a connected path from left to right or top to bottom, and below which they do not." Hierna wordt een voorbeeld gegeven van een systeem dat percoleert en een dat dat niet doet. Maar wacht, ze percoleren beide! Of toch niet? Het is moeilijk om er zeker van te zijn – ook Joost krabt even aan zijn hoofd als spiegelbeeld van onze verwarring (of hij is de rumoerigheid schoon beu, waar ik hem groot gelijk voor zou geven). Als ode aan deze verwarring volgen hier een aantal voorbeelden waar je zelf je hoofd over kunt buigen.

Regels: Voor elk rooster moet bepaald worden of er sprake is van percolatie. Dit betekent dat er een pad van rode blokken van links naar rechts of van boven naar onder te vinden is. Diagonaal aan elkaar grenzende blokken tellen niet als een verbonden pad. Belangrijk: periodic boundary conditions zijn van toepassing, dus je moet je voorstellen dat het plaatje aan alle kanten weer aan zichzelf vastgeplakt zit.



Een voorbeeld: Links zie je een rooster, waarbij je moet uitzoeken of er sprake is van percolatie. Als je het zwarte pad door de puzzel volgt, krijg je een doorlopend pad van boven naar onder. Er is dus sprake van percolatie. Dit is ook te zien in het rechter figuur, waarin het rooster meerdere keren aan zichzelf vastgeplakt is.

Dan nu een paar puzzels voor jou!



# Dimensionisme

Lotte Polling

Toen Einstein in 1921 de Nobelprijs won voor zijn onderzoek naar het foto-elektrisch effect, maakte dat hem heel bekend. Hij was natuurlijk al heel lang bezig in het onderzoek. Met de speciale relativiteitstheorie in 1905 en de algemene relativiteitstheorie in 1917 leverde hij een zeer belangrijke bijdrage aan de natuurkunde. Voor algemene relativiteitstheorie was Riemann-meetkunde (niet-Euclidisch) nodig, wat tot op dat moment niet was opgenomen in ons model voor de ruimte om ons heen. Toen de algemene relativiteitstheorie werd getest tijdens een zonsverduistering, kreeg hij ook een hoop bekendheid en legitimeerde dit zijn uitspraken. Zo raakten ook kunstenaars in deze periode op de hoogte van zijn ideeën. Het concept van tijd als vierde dimensie en een niet-Euclidische ruimte fascineerde de modernistische kunstenaars in dit tijdperk. De modernistische kunstenaar hield zich namelijk niet alleen bezig met esthetiek of het realistisch weergeven van je onderwerp, maar juist ook met maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen.

De concepten die uit Einsteins onderzoek volgden, werden voor het eerst verwerkt in de kunststroming Kubisme. Vooral het concept van een vierde dimensie werd toegepast. In een kubistisch werk worden meerdere perspectieven in één kunstwerk verwerkt, zoals bijvoorbeeld een portret van Picasso. Hier werd een vierde dimensie uiteindelijk gezien als de dimensie die alle andere dimensies zou bevatten, die net als een kubistisch schilderij verschillende perspectieven zou bevatten. In 1949 zei de kunsthistoricus Paul LaPorte: "The new pictorial idiom created by Cubism is most satisfactorily explained by applying to it the concept of the space-time continuum." Deze uitspraak werd (vanzelfsprekend) afgewezen door Einstein.



Gestileerd Portret van Jaqueline van Pablo Picasso (1962)

Er waren in de tussentijd ook al stromingen als het Futurisme aan de gang. Futurisme verwerkte per ongeluk tijd ook wel echt als vierde dimensie. Dit gebeurde door een beeld op verschillende momenten in één beeld af te beelden. Dit deden ze niet door de invloed van natuurkundige ideeën, maar door een fascinatie met tijd, innovatie en de toekomst.

De ideeën van Einstein werden in het Dimensionisme heel bewust in de kunst geïmplementeerd. In 1936 kwam het dimensionistische manifest uit. In deze tijd vol avant-gardisten was het heel populair een kunststroming te verklaren in een manifest. Het concept hiervan is ontwikkeld vanuit het Communistisch Manifest van Marx en Engel, maar is natuurlijk een eigen leven gaan leiden.<sup>1</sup> Het dimensionistisch manifest werd geschreven door een redelijk obscure Hongaarse dichter, Charles Sirató. Hij publiceerde het manifest in Parijs, in die periode de hoofdstad van de kunst. Hij schreef:

*"Dimensionism is a general movement of the arts. Its unconscious origins reaching back to Cubism and Futurism, it has been continuously elaborated and developed since then by all the peoples of Western civilization."*

De stroming Dimensionisme zou als karakteristieke vergelijking ' $N + 1$ ' hebben. Dit houdt in dat een dimensionistisch werk over het algemeen een dimensie meer heeft dan je zou verwachten. Zo is een schilderij ruimtelijk en bewegen sculpturen. Gedichten speelden zich niet meer op de regel af, maar op het vlak. En het gaat niet alleen om ruim-

<sup>1</sup>Als je hier meer over wil weten raad ik het boek "100 Artists Manifestos" van Alex Danchev aan.

telijke dimensies: tijd wordt betrokken, net zoals zintuiglijke waarneming buiten het zicht om. Het uiteindelijke doel van deze kunststroming was dan ook 'kosmische kunst' te produceren, die met alle zintuigen ervaren dient te worden.



Een aantal van de Rotoreliefs van Marcel Duchamp (1935)



Painting in Space van Edvard Kocchar

Voorbeelden van toepassingen van deze ideeën zijn

de Rotoreliefs van Marcel Duchamp en de Painting in Space serie van Ervand Kocchar. De Rotoreliefs zijn reliëfs die op een draaitafelconstructie tussen de 40 en 60 rpm rondgedraaid dienden te worden. Hiermee wordt de dimensie tijd actief betrokken in de sculpturen en past het dus goed bij het Dimensionisme. Ook bij de Painting in Space serie is de verbinding tussen het werk en het Dimensionisme duidelijk zichtbaar.

In het manifest wordt er ook over gesproken dat non-Euclidische meetkunde wordt betrokken, maar het is niet duidelijk hoe. Dit idee zorgt wel voor inspiratie onder de kunstenaars die het manifest onderschrijven. Een goed voorbeeld hiervan is Alexander Calder.

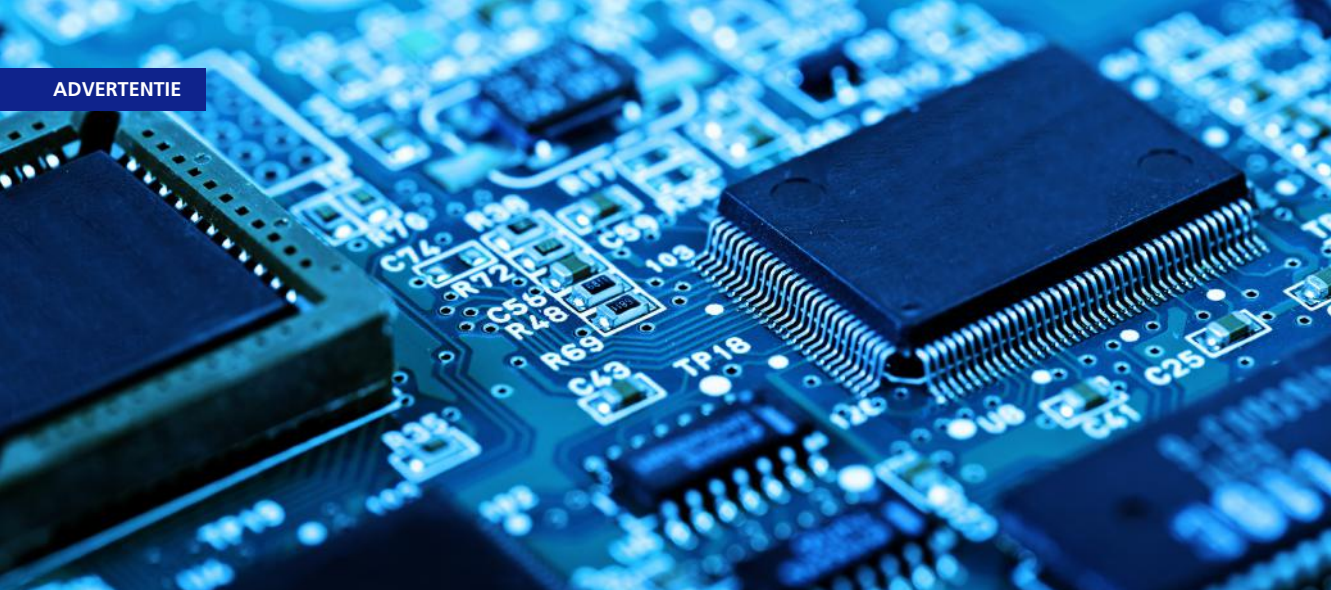


Calder bij de installatie Alexander Calder: A Retrospective Exhibition in 1964

Calder maakte abstracte mobiels die geïnspireerd waren door het concept van non-Euclidische ruimte. Dit zie je terug in de gebogen vormen die worden gebruikt. Bovendien zijn de sculpturen ontworpen om te bewegen. Hun vorm verandert continu. Dit maakt deze sculpturen heel interessant om naar te kijken.

Het is te zien dat natuurkundig onderzoek tastbaar impact heeft gehad op de kunst. De theorieën worden misschien niet altijd goed begrepen, maar zorgen voor veel inspiratie. Het is interessant de verschillende interpretaties van ruimte en relativiteit te bekijken om te zien waar het fout gaat, maar ook om te zien waar het goed gaat op een *nét* andere manier dan je had verwacht.





## The never-ending learning journey **ASML**

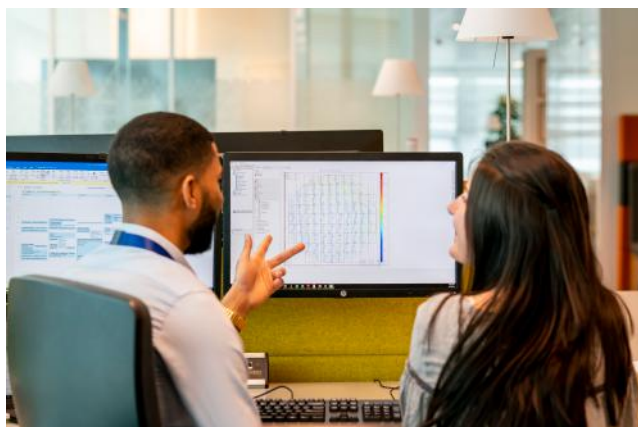
ASML

Nontas Rontogiannis has the rather narrow sounding job title of **Software Architect** within the **Software Innovation Team** at **ASML**. But what Nontas loves about his job is how wide it really is – the freedom it gives him to be creative, to be challenged and to learn and grow.

Nontas: “I was always a curious child – always asking questions, wanting to know how everything worked, especially technology. It was natural then that I went on to study **Electrical & Computer Engineering**.” When you meet Nontas, you see immediately how energetic he is. Collaborating more, learning more and getting more hands-on with people and industry is in his nature. In 2015, he came to the Netherlands for a **PDEng** in **Software Technology** at the **Eindhoven University of Technology**. His graduation project was at **ASML**, and his experience there was enough for him to eagerly take up a full-time post in 2017.

### A technical university in a box

“My primary motivation for choosing **ASML** is the machines we make. For a curious person like me, an **ASML TWINSKAN** system is like a technical university in a box! Every possible engineering discipline is inside – cutting-edge physics, mechanical engineering, electrical engineering, software...you name it,” says Nontas. “And you can explore them all – you not only get to work alongside other disciplines; you have the opportunity to move around and develop yourself wherever you want to go.”



### Maintaining a code base of more than fifty million lines of code

“Well, I don’t have to dress head to toe in a cleanroom suit,” laughs Nontas. “Depending on the day, I start by getting together with my colleagues to discuss the latest challenges on modelling software using state machines. It is important to align and engage with different engineering communities within **ASML**, like the one here at the **Veldhoven** headquarters

and in Wilton and San Diego in the US. We use mathematics to prove certain properties of our software and create architectural patterns that not only enable us to get the most out of the machines, but also ensure that the codebase of more than fifty million lines of code is maintainable. To achieve all this, often we have to join forces with academia. Every week is different, you never stand still, and what's great is the culture of open collaboration – no idea is off-limits. Everyone is here to learn from each other in order to push the boundaries together."

## Programs to invest in technical talent

Nontas enjoys that his learning journey never stops, and he makes the most of extra opportunities. He follows, among others, the ASML Technical Talent Program – a two-year program providing an all-round technical and non-technical lithography domain training. "This program shows how ASML invests in its technical talent. It inspires me to give back too," he says. As such, he volunteered to become a mentor to future talent as part of the student ASML Technology Scholarship: "To me, the more you put in, the more you get out. And the more I learn, the more I can teach others."

## Some final advice from Nontas?

"Dare to dream big!" he says. "Don't settle for OK, when you can do better. And ASML is definitely one of those places that dares you to dream big and where you can always be better. Your career options are only limited by your ambitions."

*Are you interested to learn more about ASML? Visit [www.asml.com/students](http://www.asml.com/students) for more information about our events, internships and scholarship program.*

ASML provides chipmakers with hardware, software and services to mass produce patterns on silicon. Our lithography machines are essential in the process of building the electronic devices that keep us informed, entertained, connected and safe.

We're a dynamic team of 28,000 people from 120 different nationalities and counting. Headquartered in Europe's tech hub, the Brainport Eindhoven region in the Netherlands, we have over 60 locations in 16 countries and annual net sales of €14.0 billion in 2020.



Curious to learn how you can be a part of progress? Contact our campus promoter Niek at your university at [uu@workingatasml.com](mailto:uu@workingatasml.com) with all of your questions about ASML or visit [www.asml.com/students](http://www.asml.com/students).

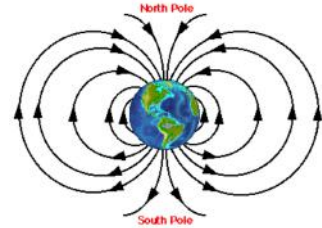


# Hoe kwantummechanica trekvogels helpt navigeren

Dianne Hubers

Biologen zijn al langer bekend met de mechanismen die zintuiglijke waarnemingen zoals ruiken, proeven, voelen, zien en horen mogelijk maken. Maar er bestaat nog een vorm van waarnemen: “magnetosensing”. Dit stelt trekvogels in staat het magnetische veld van de Aarde te detecteren. Lange tijd is het een raadsel geweest hoe het kompas van vogels in elkaar zit. Nu zijn er nieuwe aanwijzingen dat er kwantummechanica achter dit zintuig schuilgaat.

Om het interne kompas van vogels op een globaal niveau wat beter te begrijpen, moeten we eerst wijzer worden wat betreft het geomagnetische veld. De veldlijnen staan op de magnetische Noord- en Zuidpool loodrecht op het aardoppervlak, maar hoe dichter bij de magnetische evenaar je komt, hoe meer parallel aan de Aarde deze lijnen staan. Dit kun je ook zien in de afbeelding 1. De sterkte van het magnetisch veld is ongeveer twee keer zo groot aan de polen dan bij de evenaar en is in de orde van grootte van  $10^{-5}$  Tesla [1]. Onderzoekers stellen dat het kompas van de vogel gebaseerd is op de hoek tussen de veldlijn en de zwaartekracht vector[11].



Figuur 1

Het is maar goed dat dit magnetische veld er is. Stel je toch eens alle teleurgestelde vogels voor die niet kunnen overwinteren in op een Spaans Costa del Sol, maar in plaats daarvan in het koude Noord-Europa zouden moeten verblijven. Allemaal door gebrek aan navigatie bij hun wintertocht. Hè nee toch.

Maar dan vraag je je af: het is toch een super zwak magnetisch veld, hoe kunnen vogels daarop navigeren? Lange tijd hebben wetenschappers zich met deze kwestie beziggehouden. Eén van de winnende hypothesen lijkt nu van een natuurkundige te komen.

Voor we de hypothese introduceren, moeten we wat scheikundige termen en feiten oprakelen. Een radicaal is een molecuul dat een ongebonden valentie-elektron heeft. Een “radical pair” is een combinatie van twee radicalen die op hetzelfde moment gecreëerd zijn, bijvoorbeeld door blootstelling aan zonlicht, en wel zó dat de twee ongebonden elektronen een kwantummechanisch systeem vormen. Uit de bijbehorende kwantumchemie werd verwacht dat “radical pairs” gevoelig zijn voor magnetische velden. Op basis van deze observatie werd in 1978 voorgesteld dat dieren door middel van radical pairs het geomagnetisch veld kunnen waarnemen.

Later werden daarmee de volgende gegevens gecombineerd:

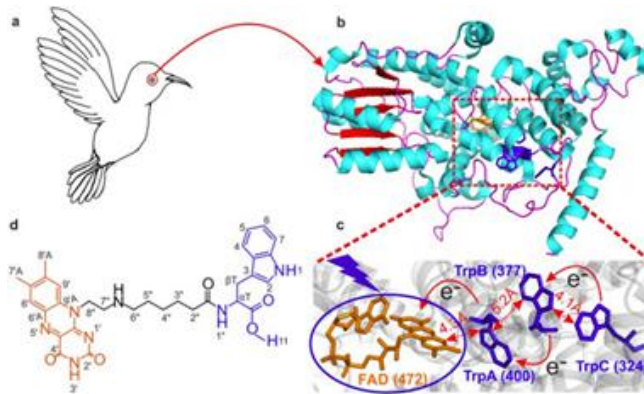
- Vogels verwerken het geomagnetische veld met behulp van het visuele hersengebied. Dit blijkt uit eerdere onderzoeken en biologen weten dit al langer [4]. Het vermogen tot magnetosensing in vogels lijkt bijvoorbeeld verstoord in de afwezigheid van licht [9].
- Planten bezitten eiwitten die hun dag-nacht-ritme reguleren en geactiveerd worden door zonlicht. Deze moleculen heten cryptochromes [10]. Dit waren de enige moleculen waarvan we destijds wisten dat ze in organismen radical pairs vormen [4].



Op basis van onder andere bovenstaande gegevens werd een hypothese geformuleerd die stelt dat vogels navigeren op basis van cryptochromes. In de volgende twee alinea's onderbouwen we dit idee met onderzoeksresultaten.

Wetenschappers onderzochten of Europese roodborstjes deze cryptochromes in zich hadden. Waar gingen ze als eerste kijken? Ja, je raadt het al, in de ogen, want daar valt immers de zonneschijn op. Deze tekst zou natuurlijk niet geschreven zijn als de cryptochromes daar niet gevonden waren [4].

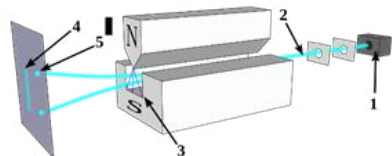
Biologen begonnen in 2004 met het gereedmaken van cryptochromes voor laboratoriumonderzoek. In 2021 lukte het hen deze eiwitten te onderzoeken op hun gevoeligheid voor het magnetische veld. De onderzoekers vonden inderdaad dat de kwantumchemie van de cryptochromes overeenkwam met de voorspellingen van de kwantumchemici qua reactie op magnetische velden [4].



Om beter te begrijpen hoe het achterliggende mechanisme in elkaar zit, geven we een oppervlakkige omschrijving van de werking van de cryptochromes. We hebben een vogel en er valt licht op het netvlies. Dan gaat een elektron naar een hogere energetische toestand in het FAD. Om even in te zoomen op het specifieke onderdeel van het cryptochrome hebben we plaatje c. van de figuur hierboven [5]. Er volgt een kettingreactie, waarbij er netto een elektron van het aminozuur Triptofaan verplaatst via twee andere Triptofaans naar het FAD dat zo fungeert als elektronacceptor. We hebben hier dus te maken met een redoxreactie. Weet je nog, bij scheikunde, op de middelbare? Het FAD heeft nu een elektron “te veel” en is negatief geladen. Op deze manier ontstaat er een situatie waarin twee FAD-Trp moleculen een radical pair kunnen worden, wat betekent dat twee elektronen een kwantummechanisch systeem vormen [5]. Wat innovatief trouwens, om je kwantummechanische kompas te activeren met de gratis energie van de zon!

Dus welke kwantummechanische eigenschap in de radical pairs zorgt voor het vermogen om te navigeren? Met behulp van het Stern-Gerlach experiment introduceren we het concept spin, dat van essentieel belang is om de magnetische gevoeligheid van radical pairs te begrijpen.

In een onderdeel van het Stern-Gerlach experiment worden kwantumdeeltjes door een inhomogeen magnetisch veld gestuurd (pijl 2). Deeltjes met een magnetisch moment veranderen daardoor van richting. De deeltjes bleken verdeeld te zijn over twee discrete vlekken op het scherm (pijl 5), anders dan het continuüm dat je op basis van de klassieke theorie zou verwachten (pijl 4). [6]



We weten dat ook elektronen in combinatie met een magnetisch veld een gekwantiseerd ‘two-level system’ vormen en we noemen deze levels spin-up en spin-down. De kwantummechanische eigenschap die voor de twee discrete

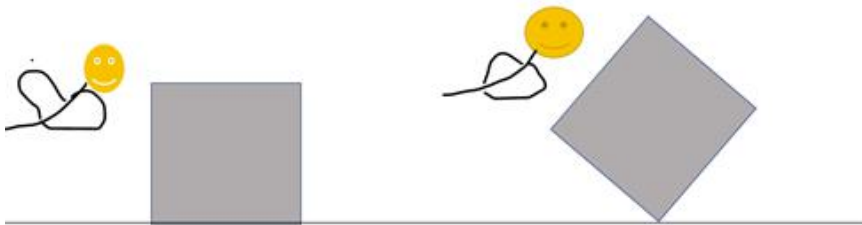
vlekken zorgt, inherent aan deeltjes, heet namelijk spin. Spin geeft elektronen een magnetisch moment, en een magnetisch veld heeft hierdoor invloed op de elektronen die we daarom minimagneetjes mogen noemen. Dit effect is er niet bij elektronen die in paren voorkomen (wat in moleculen normaliter altijd het geval is), omdat de magneetjes elkaar dan opheffen. Maar radicalen zijn juist niet op die manier gepaard. Zo heeft het geomagnetische veld mogelijk invloed op de radicale elektronen in de cryptochromes van de vogels.

Het achterliggende principe van spin kan ook toegepast worden op een combinatie van spin-deeltjes. Een radical pair bestaat zoals gezegd niet uit slechts één elektron, maar uit twee elektronen met ieder een bijbehorende spin. Daardoor is zowel het gedrag als het aantal "levels" van het systeem anders. Een radical pair kan zowel in een toestand zijn waarbij slechts één "level" bestaat als in een "three-level" toestand verkeren. We noemen deze toestanden respectievelijk singlet en triplet [7].

De radical pairs, van de cryptochromes in de ogen van vogels, worden altijd gevormd in de singlet toestand. Daarna treedt er een wisselwerking op tussen de singlet en de triplet toestand. De balans tussen de singlet en de triplet toestand hangt af van het geomagnetische veld. De verandering in de balans zien onderzoekers als de basis van magnetosensing. Onderzoekers suggereren dat vogels het magnetische veld kunnen visualiseren, bijvoorbeeld als een schaduw over het zicht [4]. Maar we kunnen de vogel helaas niet vragen of dit klopt, want vogels praten niet. Behalve dan Donald Duck, Pino uit Sesemstraat natuurlijk, Calimero en Meneer de Uil, bekend van de uitspraak: "oogjes dicht en snveltjes toe", al helpt ons dat niet verder.

"Oké", denk je nu, "back to business, want ik heb inmiddels wel een idee hoe het mechanisme achter magnetosensing in elkaar zit, maar ik geloof het nog niet helemaal; heeft iemand eerder gehoord heeft van een scheikundig proces of überhaupt een proces dat verstoord of beïnvloed werd door het magnetische veld van de Aarde? Het geomagnetische veld is erg zwak. Hoe kan het dan dat juist deze zwakke kracht een reactie veroorzaakt die zo sterk is dat dieren er zelfs op kunnen navigeren?"

Om dat wat verder uit te leggen, gebruiken we een analogie [3]. Stel, je hebt een groot vierkant betonnen blok en er botst een onwetend, vrolijk fladderend vliegje tegenaan. Zie ook de afbeelding, maar let op, want de afbeelding is niet op schaal. Wat gebeurt er dan? Er is heel erg weinig fysisch inzicht voor nodig om te beredeneren dat er niets gebeurt. Helemaal niets, bijna helemaal niets, er verandert verwaarloosbaar veel, niets dus. Maar stel nu dat we al wat energie in de verplaatsing van het blok geïnvesteerd hebben zo dat dit blok niet stabiel op een vlak staat maar kunstig balanceert op een van zijn zijdes. En dan, dan vliegt er een nietsvermoedend vliegje tegenaan. Wat gebeurt er dan? BOEM. Het blok valt wel de ene of de ander kant op.



De moraal van het verhaal: blijkbaar zijn sommige biologische mechanismen op microniveau zo afgesteld dat een heel kleine kracht op het juiste moment een groot verschil kan maken op macroniveau.

Het antwoord op de vorige vraag nodigt uit voor een volgende vraag: kunnen er dan niet andere kleine veranderingen optreden in het magnetische veld rondom de Aarde die het kwantummechanische systeem in de ogen van vogels beïnvloeden? Neem bijvoorbeeld de door de mens gegenereerde radiostraling die ongeveer honderd keer zwakker is dan het geomagnetische veld. Zou deze elektromagnetische straling kunnen interfereren met het magnetische veld van de Aarde en vogels desoriënteren?

Uit onderzoek volgt dat roodborstjes zich relatief snel lijken aan te passen aan magnetische velden die anders zijn dan ze gewend zijn. Het zou kunnen dat roodborstjes leren magnetische velden die in een andere richting dan het geomagnetische veld staan te herkennen [8]. Het is een idee dat vogels misschien wel complexe mechaniek in hun ogen hebben die het aardmagnetische veld kan filteren van andere magnetische krachten.

Ten slotte, om de wat gepaste nuance aan te brengen in het voorgaande verhaal, moet gezegd worden dat nog niet vaststaat dat magnetosensing gebaseerd is op de kwantummechanische werking van cryptochromes. We weten dat vogels cryptochromes in hun ogen hebben en dat deze gevoelig zijn voor magnetische velden. Maar we weten niet of de cryptochromes specifiek gevoelig zijn voor het magnetische veld van de Aarde. Daarbij we weten ook niet of deze magnetisch gevoelige moleculen daadwerkelijk het sleutelement zijn op basis waarvan vogels navigeren [4].

## Bibliografie

- [1] Aardmagnetisch veld, Wikipedia, [https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardmagnetisch\\_veld#:~:text=Het%20aardmagnetisch%20veld%20\(ook%20wel,heen%2C%20waardoor%20een%20magneetveld%20ontstaat,geraadpleegdop09-03-2022](https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardmagnetisch_veld#:~:text=Het%20aardmagnetisch%20veld%20(ook%20wel,heen%2C%20waardoor%20een%20magneetveld%20ontstaat,geraadpleegdop09-03-2022)
- [2] [www.natuurkunde.nl](http://www.natuurkunde.nl)
- [3] Peter Hore on Radical pair mechanism of magnetoreception, minuut 7, FENS, YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=FytxLiHlah4>
- [4] How quantum mechanics help birds find their way, Nature video, YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=0SPD2r0xV8k>, gepubliceerd op 23 juni 2021
- [5] Magnetic field effect in natural cryptochrome explored with model compound, Nature, <https://www.nature.com/articles/s41598-017-10356-4>
- [6] Stern-Gerlach experiment, Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Stern%E2%80%93Gerlach\\_experiment](https://en.wikipedia.org/wiki/Stern%E2%80%93Gerlach_experiment), geraadpleegd op 09-03-2022.
- [7] Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, 3de editie hoofdstuk 4, voorbeeld 4.5
- [8] Chemical magnetoreception in birds, The radical pair mechanism, Robins are..., anisotropy pattern, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2626707/>
- [9] We may finally know how migrating birds sense the Earth's magnetic fields, New Scientist, 23 juni 2021, <https://www.newscientist.com/article/2281998-we-may-finally-know-how-migrating-birds-sense-earths-magnetic-field/>
- [10] Cryptochromes, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cryptochrome>
- [11] Migratory blackcaps can use their magnetic compass at 5 degrees inclination, but are completely random at 0 degrees inclination, Nature, <https://www.nature.com/articles/srep33805>



# Quantum Computing

Jan Pieter van der Plas

Je hebt vaak genoeg een pop science artikel/video voorbij zien komen, waarin, even handwavey, wordt gezegd dat quantum computing Moore's law kan redden. Zonder er even te veel aandacht aan te geven denk je, ja dat is wel logisch met superpositie enzo. Zo makkelijk kom je er alleen niet van af. Terwijl je met de familie op vakantie bent krijg je namelijk de vraag: "Die quantum technologie dat wordt wel echt de toekomst toch?" Want ja, je studeert natuurkunde, dan moet je op dit soort vragen antwoord kunnen geven. (Het liefst natuurlijk zonder te veel wiskunde te gebruiken.) Daar sta je dan, terwijl je eigenlijk geen idee hebt hoe quantum computing werkt. Je kunt natuurlijk niet gewoon een beetje quantum mechanica uitleggen, want dat zou je zelf niet een voldoende antwoord vinden. Gelukkig zit je bij de Vakidoot en heb je dus een excuus om dit soort onderwerpen uit te zoeken! Dus hopelijk kan met dit artikel de magie van quantum computing iets verduidelijkt worden. Zodat wanneer de vraag van vrienden en familie weer op tafel komt je er soort van antwoord op kunt geven.

Het eerste waar je natuurlijk over wil beginnen is dat je met quantum computers "alles" tegelijkertijd uit kunt rekenen en hoe dat dan precies werkt met "superposities". Daarvoor is het waarschijnlijk wel handig om even scherp te hebben wat een superpositie is?

## Superpositie

In een normale (of een klassieke) computer gebruik je 1'en en 0'en om informatie weer te geven. Een stroompje is of aan, een 1, of uit, een 0, ook wel één "bit" genoemd. In een quantum computer kunnen we met wat quantum magie hier nog wat extra's aan toevoegen. We kunnen onze "qubits" (quantum bits) ook waardes tussen 1 en 0 in geven. Er is alleen één op let puntje. Op het moment dat we het

resultaat van onze qubit willen bekijken, krijgen we alleen maar een 1 of een 0 te zien. Alle waardes tussen 1 en 0 kunnen we dus nooit als antwoord krijgen.

## Quantum magie

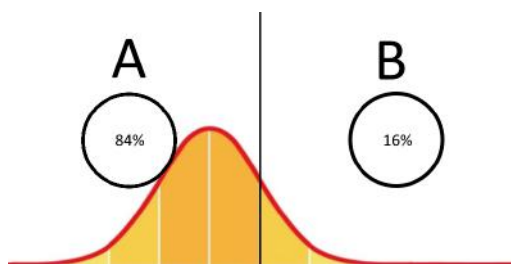
Om dit idee wat concreter te maken gebruik ik zelf vaak een voorbeeld van gooien met een bal.<sup>1</sup> Normaal gesproken zou je zeggen dat de bal overal kan komen, alleen laten we even aannemen dat wetenschappers in fancy witte jassen hebben gezegd dat ballen zich alleen maar op één meter intervallen kunnen bevinden.

Alleen wanneer de bal niet waargenomen wordt, verandert de bal opeens in een uitgespreide golf. Deze golf geeft de kansverdeling aan van waar de

<sup>1</sup> dit voorbeeld is niet wetenschappelijk accuraat, maar ik vind het gewoon een leuk voorbeeld



bal zich bevindt. Deze kansverdeling kan wel op iedere locatie komen, in tegenstelling tot de bal. Stel: ik trap de bal dus een beetje naar links richting vak A (zie de afbeelding rechts). Wanneer we dan bij A of B kijken waar de bal beland is, zal bij 84% van de schoten de bal perfect in de cirkel A terecht komen. Bij 16% van de schoten zal de bal precies in cirkel B te recht komen. Dit is raar want normaal zouden we verwachten dat de bal het vaakst een beetje rechts van A uit zou komen, waar de piek van de balgolf zich bevindt en dus waar de kans het grootste is dat de bal zich bevindt. Maar dit is precies het rare aan quantum mechanica, dat kan (blijkbaar) niet!



Een quantum computer gebruikt geen ballen, maar in sommige gevallen gebruiken ze de "spin" van een deeltje. De spin van een deeltje geeft aan om welke as een deeltje "draait". We kunnen bijvoorbeeld zeggen dat 1 staat voor wanneer de spin omhoog wijst en 0 als de spin naar beneden wijst. Wat boven en beneden is maakt niks uit, zolang we maar consistent zijn.

Als we een deeltje een spin geven in een horizontale richting en dit deeltje hierna waarnemen is de kans dat we de spin naar boven zien wijzen even groot als de kans dat de spin naar beneden wijst. Als we de spin van ons qubit horizontaal laten zijn hebben we dus een qubit die voor 50% een 1 is en voor 50% een 0 is.<sup>2</sup>



<sup>2</sup>de spin van de qubit wijst nu in de horizontale richting, alleen wanneer we deze meten kunnen we alleen naar boven wijzen of naar beneden wijzen als antwoord krijgen.

## Samenvoegen in een computer

Wanneer we meer van deze qubits bij elkaar samenvoegen, kunnen we netzoals in een klassieke computer, bijvoorbeeld getallen binair weergeven. Stel je wilt je computer het getal 12 laten opslaan, dat doe je door 4 bits aan je computer te geven (1, 1, 0, 0 want  $12 = 1100 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$  in binaire.) Alleen met een quantum computer kunnen we deze vier qubits in superpositie zetten waardoor iedere qubit voor 50% een 1 is en voor 50% een 0 is. Door deze qubits samen te voegen gebeurt er iets interessants. Als we alle vier de qubits namelijk bekijken zouden we 0010 terug kunnen krijgen ofwel 2, alleen deze hadden net zo goed terug kunnen komen als 1001 ofwel als 9. Alle mogelijke combinaties van vier 1'en en 0'en hebben allemaal dezelfde kans om voor te komen.

Door de 4 qubits in superpositie te plaatsen kunnen we alle getallen tussen 0 en 15 tegelijkertijd voorstellen. Met  $n$  qubits kunnen we dit voor  $2^n$  waarden in één keer doen. Dit is wat er bedoeld wordt met alles tegelijkertijd uit kunnen rekenen. Stel we noemen onze qubits in superpositie  $x$  en we vragen aan onze quantum computer om  $x + 1$  uit te rekenen, dan telt de computer dus in één keer bij alle waarden tegelijkertijd 1 op. in plaats van dat het dat  $2^n$  keer zou moeten doen!

## Een nuttig antwoord krijgen

Er is alleen één klein probleempje. Op het moment dat we de uitkomst van onze qubits willen bepalen krijgen we namelijk maar één antwoord terug. Hoewel we dus heel leuk  $2^n$  mogelijke waarden tegelijkertijd hebben berekend, krijgen we op het moment dat we naar ons resultaat gaan kijken jammer genoeg maar één van de waarden te zien. Als we toch maar één antwoord terug krijgen hadden we net zo goed een normale computer kunnen gebruiken die toch heel goed is in één berekening doen. Inplaats van een hele quantum machine te bouwen zodat we dit willekeurig konden doen.

Gelukkig zijn er al wat algoritmes ontworpen die, door middel van bijvoorbeeld interferentie of slim extra informatie waar te nemen, dit probleem kunnen oplossen. Als we bijvoorbeeld een berekening hebben gedaan en we alleen interesse hebben in

hoe lang het duurt voordat het antwoord zich herhaalt, kunnen we met een Quantum Fourier Transform of QFT in het kort, de lengte van deze herhaling vinden. Stel we hebben qubits die een waarde van  $\{1, 3, 6, 7, 9, 12, 13, \dots\}$  aan kan nemen dan verandert de QFT (eigenlijk de inverse), deze qubits naar  $\{0, 6, 12, \dots\}$  terug omdat het patroon van  $+2, +3, +1$  zich in stappen van 6 herhaalt. Als je dan ziet dat je 24 terug krijgt, weet je natuurlijk nog niet zeker of de periode 24, is of een kleiner deler van 24. Alleen door een paar keer hetzelfde te doen heb je iedere keer kans op een ander antwoord. Hierdoor kun je snel een goede inschatting van het echte antwoord maken.

Om qubits niet alle waardes aan te laten kunnen nemen, maar een bepaalde set zodat er voor de QFT bijvoorbeeld een periode in gevonden kan worden, moet eerst de set van antwoorden verkleind worden. Dit kan gedaan worden door een extra groepje qubits toe te voegen die afhangen van je originele qubits. Bijvoorbeeld laat qubits  $y \equiv x \pmod{4}$  zijn. Minder wiskundig gezegd, de waarde van  $y$  is de rest van je originele qubits  $x$  bij deling door 4. Als we daarna  $y$  bekijken kan  $y$  alleen maar  $\{0, 1, 2, 3\}$  zijn. Stel we vinden  $y = 3$ . Dan weten we dat alle waardes van  $x$  die geen rest van 3 hebben bij deling door 4 niet kunnen voorkomen. Want door  $y$  te bekijken hebben we  $x$  ook gedeeltelijk vast gezet.

## Shor's Algoritme

In de meeste gevallen kunnen we nog niet veel met quantum computers, maar voor specifieke gevallen hebben we wel al algoritmes die klassieke computers zo voorbij schieten. Het algoritme van Shor is hier een goed voorbeeld van. Een algoritme dat twee getallen  $p, q$  kan vinden, die wanneer je ze samen vermenigvuldigt gelijk zijn aan een gegeven

getal  $m$ . Anders gezegd, Shor's Algoritme vindt een  $p, q$  gegeven een  $m$ , zodat  $p \cdot q = m$ . Dit krijgt het voor elkaar door eerst  $n$  qubits klaar te zetten in superpositie, laten we die  $x$  noemen. Daarna voegen we een extra groepje qubits toe waarvoor geldt  $y = a^x \pmod{m}$  met  $a$  een willekeurig<sup>3</sup> gekozen getal dat we meteen waarnemen. Nu kan  $x$  een stuk minder waardes aannemen en kunnen we de inverse QFT er op toepassen. Daarna wordt er nog wat algebra gedaan en dan hebben we ons antwoord voor  $p$  en  $q$ .

Deze vraag sneller kunnen beantwoorden voelt misschien arbitrair, alleen dit is van enorm belang. Deze vraag vormt namelijk een groot deel van de encryptie van emails, website en andere chats. Als je namelijk  $p$  of  $q$  weet is het heel makkelijk de andere te vinden en kun je de berichten bekijken. Voor iedereen die geen van beide kent, zijn de berichten niet te lezen. Gelukkig zijn deze  $p, q$  voor een klassieke computer bijna onmogelijk te vinden. De waardes die namelijk gebruikt wordt voor  $m$  zijn van de grootte  $2^{2048}$  tot  $2^{4096}$  wat  $\approx 10^{1230}$  is, dit is zo veel groter dan het aantal atomen in het universum dat een normale computer hier nooit uit kan komen. Alleen een quantum computer zou met 4096 qubits<sup>4</sup> dit antwoord in één keer kunnen vinden. Dan zou iedereen met een goede quantum computer zomaar al je berichten kunnen lezen. Gelukkig kunnen de beste quantum computers tot nu toe maar met 256 qubits werken. Dit zijn er zo weinig omdat het enorm moeilijk is om de qubits in superpositie te houden, want als ze ergens mee in contact komen worden ze "waargenomen" en kan de qubit opeens veranderen in of een 1 of een 0 en is het totale resultaat nutteloos. We hebben daarom nog wel even voordat al onze berichten door google gelezen kunnen worden.

## Zelfstudie

Als je denkt "ik kan ook wel zo'n algoritmes verzinnen" of gewoon nog interesse hebt om iets meer te leren over quantum computing raad ik een lecture series op Youtube van Qiskit aan: "Introduction to Quantum Computing and Quantum Hardware" en als je liever niet 30 uur aan lectures kijkt, maar het aan 2 uur ook genoeg hebt is "Quantum Computing for Computer Scientists" van Microsoft Research ook een goede aanrader (ook al laat deze nog wel wat vragen open).

<sup>3</sup>met  $\text{gcd}(N,a) = 1$

<sup>4</sup>ervan uitgaand dat error correctie even achterwegen gelaten wordt

## De Groene Flits

Elke avond komt hij weer  
 Klapt zijn stoel uit en gaat zitten  
 Turen in de verste verte  
 Naar de horizon aan zee

Oud is zijn gezicht, vol rimpels  
 Zij vertellen een verlee  
 Hoog gevlogen, diep gevallen  
 't Zat hem tegen, niet meer mee

Weggegaan, gemist, verdwenen  
 Hulpeloosheid en verdriet  
 Ook al is het lang geleden  
 Helen deze wonden niet

't Is geen hoop, die hem laat komen  
 Lang niet meer, dat is voorbij  
 Toch zit hij hier in winter, zomer  
 Elke dag – vasthoudendheid

Ook vandaag, de lucht kleurt roze  
 Golven kabbelen heel zacht  
 Hij maar turen, kijken, staren  
 't Is alsof hij op iets wacht

Schemering begint te vallen  
 Rode zon daalt naar benee  
 Langzaam, tastend, steeds maar verder  
 En zij kust de vader zee

Hij staat op en kijkt nog beter  
 En aan niets meer anders denkt  
 Dan tikt iemand op zijn schouder  
 Hij kijkt om, mist het moment –

Ziet de flits in groene ogen  
 Ogen die hij zo goed kent  
 Ten eerste komt het altijd anders  
 En ten tweede dan men denkt

## Irrelevant Dichtheidsverschil

Soms voel ik me, als had ik vleugels  
 Wijde veren, blauwe lucht  
 Dan voel ik me, als kon ik vliegen  
 Stijg naar boven met een zucht

Probeer het, sla mijn vleugels uit  
 Maar aan mijn voeten zitten stenen  
 Zware keien, loden blokken  
 Vogelvlucht is snel verdwenen

Vastgebonden, sterke knopen  
 Los te krijgen lukt me niet  
 Gebroken vleugels, lamme handen  
 Ik zink neer, zwem in verdriet

“Verdrink niet!”, roep je, “Pak mijn handen  
 Samen gaan we het doorstaan”  
 Ook het water is niet eenzaam  
 Zeilend zal ik verder gaan

Anna Reinhold

# Wiskunde is nep en dat kan ik natuurkundig bewijzen

Leon Kamermans

Wiskunde is misschien wel de belangrijkste bètawetenschap. Zonder de wetenschap van getalletjes doen al onze andere studies het ook niet meer (tenminste, de empirische). Maar wiskunde zelf is niet empirisch. Sterker nog, het is een sociaal construct. Dit is een boodschap waar een hoop bètawetenschappers misschien nog niet klaar voor zijn. Maar getallen zijn nep. Het is allemaal grote onzin. Oké, de onzin werkt meestal. Maar alsnog. Wake up sheeple. Ik ga proberen dit zonder filosofisch geneuzel en wiskundige axioma's te laten zien, want daar heeft niemand zin in. In plaats daarvan gaan we naar de wereld om ons heen kijken en bekijken we hoe die niet beschreven kan worden met wiskunde.

## Wiskunde is een sociaal construct

Laten we simpel beginnen. Waarom tellen we in getallen van 0 tot 9? Kijk eens naar je handen: er zitten 10 vingers aan (hoop ik)<sup>1</sup>. Oké Leon, prima, ons getallensysteem is dan wel een construct, maar de onderliggende wiskunde is universeel en klopt altijd. Hoezo kan je dan stellen dat de hele wiskunde een construct is?

Laat ik om te beginnen zeggen dat mijn mening van wiskunde als een sociaal construct niet door iedereen als waar wordt aanvaard en dat hier een actief discours over aan de gang is. En dan bedoel ik niet alleen op internetfora: er zijn een hoop wiskundigen die (logischerwijs) vinden dat hun wetenschap perfect en "waar" is. Niet iedereen is het hier mee eens: ik zelf kwam met deze gedachtegang in aanraking via mijn nichtje dat filosofie studeert<sup>2</sup>. Ze schreef (ja, wij schrijven nog brieven, wat ouderwets) over de negentiende- en twintigste eeuwse Edmund Husserl, de grondlegger van een filosofische stroming die "fenomenologie" heet. Hij heeft wiskunde, natuurkunde én filosofie gestudeerd, dus hij schreef niet over onderwerpen waarvan hij geen idee had wat ze inhielden. Husserl stelde kort gezegd dat we ons schuldig maken aan een proces dat "mathematicatie" heet. Hij zei dat we sinds de tijd van Galileo in de wetenschap ervan uitgaan dat "alles wat zich als echt manifesteert (...) een *mathematische index moet hebben*". Wat bedoelde hij daarmee?

## Kijk eens om je heen, joh

Laten we naar de wereld om ons heen kijken. De kamer waarin je je nu bevindt<sup>3</sup> zou je waarschijnlijk als driedimensionaal omschrijven. Je kunt elk object in de kamer plaatsen met behulp van de x-, y- en z-as – die je overigens niet ziet en dus erbij moet bedenken. Bovendien kan je allemaal leuke dingen doen met de objecten in je kamer: lijntjes trekken tussen je spullen, dingen verplaatsen in je kamer, figuren zoals cirkels maken waar al je spullen op liggen. Deze constructen bestaan allemaal niet, maar we kunnen ze ons inbeelden.



De Vakidioot die je voor je hebt, bestaat – daar zijn we het hopelijk over eens. Maar waar is de Vakidioot? Probeer eens zonder wiskunde de exacte positie te beschrijven. De laptop waar ik dit artikel op schrijf, staat tussen een plant en een microfoon in. Op welke afstand precies? Euhm... En hoe groot is je Vakidioot? We hebben een taal nodig waarmee

<sup>1</sup>Hoewel het hebben van meer vingers me vroeger best gaaf leek.

<sup>2</sup>Mocht je directe reactie "ieuw" zijn, dan is mijn andere stuk in dit blad voor jou bedoeld.

<sup>3</sup>Ben je buiten? Vergeet je niet in te smeren!



we concepten zoals positie en afstand over kunnen brengen. Husserl bedoelde met zijn mathematicatie dat we de wiskunde niet alleen zijn gaan zien als een taal die heel handig is om deze concepten over te brengen, maar als een waarheid.



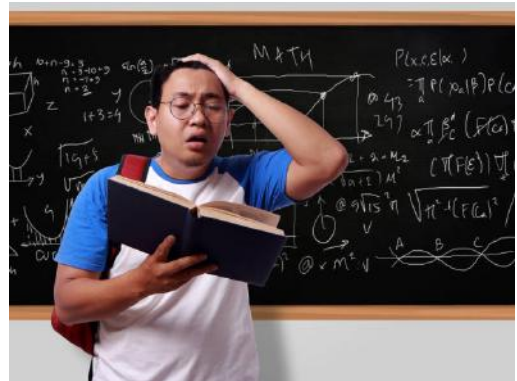
Naast allemaal filosofische argumenten kunnen we dit ook gewoon laten zien. Kijk bijvoorbeeld nog eens goed naar je Vakidoot. Kunnen we eigenschappen “mathematiseren”? Voor de locatie en afmetingen is dat niet lastig, daar hebben we het concept afstand voor uitgevonden. Eigenschappen als kleur en temperatuur zijn wat lastiger, maar door middel van golflengtes van licht en bewegingen van moleculen en atomen lukt dat ook. Het ding is alleen: licht heeft helemaal geen golflengte. Wij hebben ooit bedacht dat afstand een ding is, vervolgens een mate van afstand gedefinieerd en toen aan licht van een bepaalde kleur een specifieke golflengte toegekend. Maar dat maakt het licht helemaal niet uit. Het licht is gewoon licht en gaat gewoon *woesj!*, net zoals de atomen gewoon *brrrrr* gaan.

## Mathematiseer je leven even

Probeer nu de gehele kamer te “mathematiseren”. Alle objecten in je kamer “zijn”, maar bovendien verandert de kamer in de tijd, bijvoorbeeld omdat jij en de Vakidoot zwaartekracht op elkaar uitoefenen. We kennen allemaal de wetten van Newton, maar die zijn nogal lastig op te lossen voor complexe vormen als “mens”. Sterker nog, als je meer dan twee objecten in je kamer hebt staan, zijn deze vergelijkingen niet eens meer op te lossen: het n-

lichamenprobleem stelt dat er enkel in bijzondere gevallen analytische oplossingen te vinden zijn voor de bewegingsvergelijkingen van meerdere gekoppelde lichamen.

Daarnaast komen we er naar verloop van tijd steeds achter dat de onze wiskundige modellen niet “kloppen”. Bijvoorbeeld die zwaartekracht: daar hebben we eigenlijk algemene relativiteit voor nodig. Toen ik begin dit jaar een vak daarover volgde, moest de docent eerst twee weken aan het introduceren van allemaal wiskundige ongein zoals topologische ruimtes besteden. Binnen het model van de algemene relativiteit is onze ruimte namelijk niet meer plat, maar gebogen. Onze simpele kamer bestaat vanwege de objecten die zich erin (en erbuiten!) bevinden uit gekromde ruimte, waar de tijd ook nog eens met verschillende snelheden loopt afhankelijk van waar je staat. In theorie weten we prima hoe je dit wiskundig zou moeten oplossen: we hebben ruimtes geïntroduceerd waarin rechte lijnen niet meer “recht” zijn, hebben nieuwe afgeleides bedacht die in deze ruimte werken en een ongodelijke hoeveelheid aannames tegen de muur gesmeten. En vervolgens gooien we onze “theorie” de supercomputer in omdat er nog steeds geen analytische oplossingen zijn.



## Help, alles valt uit elkaar

Er is echter een geval waar de wiskunde nóg harder kapot gaat: de quantummechanica. Het probleem zit hem er namelijk in dat wiskunde inherent klassiek is: deterministisch, niet-verstorend en compleet. Voor de niet-natuurkundigen onder ons, dit is in de quantummechanica niet het geval: bijna alles is een kansverdeling in plaats van een eenduidi-



ge waarde, als je een quantummechanisch systeem meet dan verandert dit, en het is onmogelijk alle parameters van een systeem tegelijkertijd te bepalen. Wiskunde is dus eigenlijk totaal ongeschikt om de quantumwereld te beschrijven.

Er zijn steeds meer wetenschappers die vaststellen dat we de wiskunde te veel als een universele waarheid zijn gaan zien, in plaats van als een construct dat we bedacht hebben om de wereld om ons heen te bevatten. En tuurlijk, het werkt ontzettend goed in bijna alle niet-wetenschappelijke toepassingen, en ook in de wetenschap werkt het nog redelijk. Het is echter de vraag hoe lang we dit construct zullen blijven gebruiken om een wereld te beschrij-

ven waarvan we steeds vaker moeten vaststellen dat hij lastiger is dan we oorspronkelijk gedacht hadden. Het gevolg hiervan is namelijk dat er soms in de natuurkunde theorieën gebruikt worden die fysisch niet volledig logisch zijn, maar geïntroduceerd worden om de wiskunde sluitend te krijgen – denk bijvoorbeeld aan verborgen variabelen bij quantummechanica.

En de wereld om ons heen? Die *is* gewoon. We kunnen bijvoorbeeld de bewegingsvergelijkingen van een bij opstellen en vervolgens constateren dat er geen oplossingen mogelijk zijn. *“The bee, of course, flies anyway. Because bees don’t care what humans think is impossible.”*

*Normaal ben ik te lui om bronvermeldingen voor mijn stukken te geven, maar een grote bron voor dit stuk was een ontzettend interessant stuk van een stel natuurkundigen en filosofen die bespreken hoe we de quantummechanica opnieuw moeten opbouwen zonder wiskundige formalismen als basis en er dieper op ingaan hoe wiskunde een construct is. Het heet **Husserl, the mathematization of nature, and the informational reconstruction of quantum theory**, is geschreven door Berghofer et al., en is voor onze online lezers hier te vinden: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8642328/>.*

*Al deze katten kun je adopteren  
bij Dieranasiel Utrecht!*





Dies  
2022





## Impostor syndroom

Milena Wittermans

In één van de eerste weken van mijn studie kwam, de onder natuurkunde studenten wel-bekende, Dries van Oosten het werkcollege lokaal binnen. Hij kwam even babbelen met de eerstejaars omdat we hem door Corona helaas niet in het hoorcollege zagen. Een van mijn groepsgenoten liet hem weten dat zij het gevoel had dat zij alles veel minder goed begreep dan de rest. Zij dacht dat iedereen zich met gemak door de studie heen werkte en dat ze dus in haar eentje achterbleef. Dit trok meteen mijn aandacht, want ik liep met precies hetzelfde gevoel rond.<sup>1</sup> Het grappige, en vooral opmerkelijke, was dat wij lang niet de enige waren. Vrijwel iedereen uit onze groep bleek ons gevoel te delen. Gelukkig was Dries daar om ons sjaarsen gerust te stellen. “Jullie leiden aan imposter syndroom” vertelde hij ons, “dat is heel gebruikelijk onder bètastudenten.” Imposter syndroom. Ikzelf had hier nog nooit van gehoord. Dries beschreef het als altijd het gevoel hebben dat je de domste in de kamer bent, maar in werkelijkheid is het veel breder dan dat en komt het in alle takken van het leven voor.

Als je last hebt van imposter syndroom, heb je het gevoel dat je niet thuishoort tussen andere mensen in jouw positie. Je bent er van overtuigd dat je per toeval op je plek bent gekomen en niet slim of goed genoeg bent om verwachtingen waar te maken. Hoe goed je ook presteert en hoe vaak je ook bewijst dat je best kan meekomen met de rest, jij hoort daar niet thuis. Natuurlijk is dit gevoel voor iedereen net anders en komt het in alle maten voor. Maar dat het vaak voorkomt is in ieder geval een feit. Zo’n 70% van de mensen lijdt naar schatting wel eens aan imposter syndroom.

Dit is voor psychologen echter geen reden om niet uitgebreid onderzoek naar dit verschijnsel te doen. Zo ook Dr. Valerie Young, een Amerikaanse imposter syndroom expert. Zij maakt in haar onderzoek onderscheid tussen vijf verschillende subgroepen van imposter syndroom lijdende: De Perfectionist, de *Superwoman/-man*, de *Natural Genius*, de *Soloist* en de *Expert*. Van deze vijf vind ik zelf de natural genius en soloist types het interessant. De natural genius typetjes, waarvan ik verwacht dat er een heleboel van rondlopen bij A-es, krijgen te maken met het imposter gevoel wanneer iets onverwacht minder goed afgaat dan ze hadden gedacht. Omdat zij van nature begaafd zijn, beginnen ze aan zichzelf te twijfelen wanneer iets niet meteen lukt. Dat is natuurlijk onzin, maar jezelf van iets anders overtuigen is nog knap lastig. Dan hebben we de soloist. Omdat zij het gevoel hebben dat zij niet op hun plek zijn durven ze niet om hulp te vragen, omdat ze bang zijn dat anderen erachter komen dat zij een “bedrieger” zijn. Hiermee schiet je jezelf onwijs in je voet, want wie geen vragen stelt krijgt ook geen antwoorden.

Maar goed, allemaal leuk en aardig. Ja, er zijn verschillende soorten imposter syndroom en vrijwel iedereen

<sup>1</sup>Lees hinkelde, want ik had op de eerstejaarsbarbecue mijn voet gebroken...



heeft er wel eens last van, maar hoe ga je met zulke gedachten om? Nu moet ik toegeven dat ik hier zelf geen expert in ben. Ik krijg nog steeds klamme handjes als ik het werkcollege lokaal rondkijk en iedereen driftig zie pennen terwijl ik ben vastgelopen bij opdracht 1 a. Ik heb voor jullie (en ook zeker voor mijzelf) het internet afgespeurd en heb wat heerlijk afgezaagde tips gevonden.

Een daarvan is "Break the Silence." Dat klinkt erg dramatisch, maar het komt er eigenlijk op neer dat het helpt om je uit te spreken over je imposter gevoel. Zodra je dit doet zal je meteen merken dat de mensen om je heen dit af en toe net zo ervaren als jij. Nadeel is wel, tegen de tijd dat de imposter vloek weer toeslaat ben je dit helemaal vergeten en lijkt iedereen om je heen weer een jonge Einstein en jij een ontzettende amateur.

Gelukkig zijn er meer tips, zoals de klassieke "Fake it till you make it". De boodschap hierachter is iets minder letterlijk dan deze doodoener. Het gaat er niet zozeer om dat je maar wat moet doen en hopen dat het goedkomt. Het is juist dat succes en het gevoel van succes vaak het gevolg zijn van risico's nemen. Het heeft geen zin om te wachten tot je denkt dat je ergens goed genoeg in bent. Je kunt het beter gewoon meteen proberen en je best doen. Als je dan faalt is het ook niet erg en als het lukt was er dus geen reden tot zorgen.

Zo heb je nog een handje vol clichés, maar ik zal jullie hiermee niet lastig vallen. Natuurlijk hoort een beetje imposter syndroom ook gewoon bij het leven. Een gezonde dosis bescheidenheid kan nooit kwaad, maar maak jezelf vooral niet gek. Niemand weet precies wat die doet, ook al lijkt het soms van wel. Maar voor de volgende keer dat het imposter gevoel weer op de loer ligt, onthoud vooral deze quote van Dr. Valerie Young: "Everyone loses when bright people play small".

## Bibliografie

- [1] Ravindran, Sandeep (November 15, 2016). "Feeling Like A Fraud: The Impostor Phenomenon in Science Writing". The Open Notebook.
- [2] 10 Steps You Can Use to Overcome Impostor Syndrome – Impostor Syndrome. (2017, 29 november). Impostorsyndrome.Com. Geraadpleegd op 7 maart 2022, van <https://impostorsyndrome.com/10-steps-overcome-impostor/>



# De mysterieuze verdwijning van Ettore Majorana

Eva Groenendijk

Soms wordt het je allemaal een beetje te veel. Die hele studie natuurkunde, hoge cijfers halen, een scriptie schrijven, onderzoek doen, nieuwe deeltjes ontdekken, Nobelprijzen winnen, je kent het wel. Soms heb je dan even zo'n moment dat je, zonder iemand te zeggen waarheen, pleite wilt gaan en nooit meer terug wilt komen. Mij overkomen in elk geval wel eens zulke vlagen van weemoedigheid, misschien jou ook wel. In 1938 overkwam het eveneens de Italiaanse Ettore Majorana. Het zou kunnen dat je weleens hebt gehoord van deze man, die in de jaren '30 onderdeel was van dé groep hippe, veelbelovende natuurkundigen in Italië - de 'Via Panisperna-jongens', naar de straat waar het Koninklijke Natuurkunde Instituut zich bevond-, waartoe tevens de welbekende Enrico Fermi behoorde. Sterker nog, Fermi zette Majorana ooit in het rijtje van Isaac Newton en Galileo Galilei, waar toch niet elke natuurkundige thuishoort. Majorana's levensloop had dus prima die van een Nobelprijswinnende, succesvolle onderzoeker kunnen zijn, ware het niet dat Majorana zelf andere plannen had. Maar, ik loop op de zaken vooruit. Laten we bij het begin beginnen.

Majorana staat heden ten dage voornamelijk bekend om een theorie die hij in de jaren '30 ontwikkelde op het gebied van de deeltjesfysica. Belangrijk is om te beseffen dat het standaardmodel van elementaire deeltjes destijds nog niet eens in de kinderschoenen stond, en fysici enigszins in het duister tastten als het ging om kleine deeltjes. Majorana bedacht in deze tijd, waarin het idee van deeltjes en hun antideeltjes (neem bijvoorbeeld het elektron en zijn positron) door onder anderen Dirac werd voorgesteld, het 'majorana-deeltje'. Majorana zelf was overigens een buitengewoon bescheiden man, het deeltje heeft uiteraard later zijn naam gekregen.

Enfin, dit majorana-deeltje is de reden dat ik Ettore Majorana een uitermate geschikt onderwerp vind voor het thema van deze Vakidioot: 'tegendeel'. Het majorana-deeltje is namelijk een fermion dat zijn eigen tegendeeltje is. Zo'n soort deeltje zou in de praktijk erg handig kunnen zijn, met name door zijn grote stabiliteit, voor bijvoorbeeld het bouwen van kwantumcomputers. Vandaar ook dat er veel onderzoek is gedaan naar het al dan niet bestaan ervan. In 2012, 75 jaar na zijn theoretische voorspelling door Majorana, werd het deeltje



**Figuur 1** De Panisperna jongens (fermi helemaal rechts)

door een onderzoeksgroep in Delft gevonden in de vorm van een quasideeltje <sup>1</sup>. Grote doorbraak! Zou je zeggen. Helaas bleek achteraf dat er nogal wat sprake was geweest van cherry picking in de data, wat de onderzoeksgroep een integriteitsonderzoek opleverde dat uiteindelijk leidde tot terugtrekking van de publicatie over de ontdekking. Deze gefaalde revelatie betekent dat het mystieke majorana-deeltje tot op de dag van vandaag niet is gevonden.

De theorie van het deeltje blijft dus een onopgelost mysterie, net als de bedenker ervan overigens. Ettore Majorana publiceerde in 1937, op aandringen van Fermi, het idee van het majorana-deeltje. Publiceren was voor Majorana overigens redelijk uitzonderlijk. De bescheiden en ingetogen man heeft in zijn loopbaan maar negen publicaties op zijn naam staan, wat niet in verhouding staat tot het aantal paperwaardige ideeën dat in hem op moet zijn gekomen. De publicatie deed aardig wat stof opwaaien, waardoor hij in hetzelfde jaar tot hoogleraar werd benoemd aan de Universiteit van Napels, waar ze hem vanwege zijn 'hoge faam en expertise' graag wilden hebben. Kortom, Majorana had in deze tijd zijn leven aardig op orde, zou je zeggen. Des te mysterieuzer is het dat hij een jaar later, in 1938, een bootticket kocht naar Palermo en vervolgens nooit meer is teruggezien. Aan de directeur van de universiteit stuurde hij nog wel een afscheidsbrief, die qua inhoud weinig tot niets ophelderde over zijn plannen. Er zijn in de loop der jaren vele vermoedens geopperd over wat er met de Italiaan is gebeurd en waarom. Deze gissingen lopen van zelfmoord tot emigratie naar Zuid-Amerika, tot verhuizing naar een klooster of ontvoering door concurrenten. Het zijn haast Elvis-achtige taferelen.



**Figuur 2** (Vermoedelijk) Majorana in Zuid-Amerika in 1955

onbekende redenen, besloot pleite te gaan en nooit meer terug te komen. Misschien was het hem ook allemaal even te veel geworden? Het gave onderzoek had hij al gedaan, hij was al hoogleraar, en die Nobelprijs zat er dik in. Was het bij Majorana dan ook zo'n vlag van weemoedigheid zoals wij die allemaal weleens hebben? We zullen het waarschijnlijk nooit weten.

Vrij recentelijk is er overigens wel een foto uit de jaren '50 ontdekt, waarop twee mannen lachend naast elkaar staan in Zuid-Amerika, waarvan er één verdacht veel wegheeft van een oudere versie van Ettore Majorana. Het vergelijken van de foto met beelden van een jongere Majorana en ook van diens vader leidde tot de aanname dat het inderdaad Majorana is geweest, die zich kennelijk in 1955 in Argentinië bevond. De Italiaanse autoriteiten besloten de zaak over de verdwijning te sluiten op basis van de veronderstelling dat Majorana in de jaren '50 in Zuid-Amerika heeft geleefd. Toch blijft er enige onzekerheid in het vermeende lot van de man, en blijven sommigen geloven dat hem iets anders is overkomen.

Wat in elk geval zeker is, is dat Majorana in 1938, met

## Bibliografie

- [1] Onbehaarde Apen podcast 'het onvindbare majorana-deeltje'
- [2] Documentaire 'L'uomo del futuro'

<sup>1</sup>Een groep deeltjes die zich collectief gedraagt als een majoranadeeltje.

# Waarom bèta studeren helemaal kut is.

Door J. Leon Kamermans BSc., Masterstudent Natuurkunde.

Tijdens de eerste corona-lockdown merkte ik dat ik gek werd toen mijn wereld tot Natuurkunde op een handvol vierkante meters was gereduceerd. Ik heb mij toen in een opwelling ingeschreven voor een minor Geschiedenis. En weet je, ik kan het iedereen aanbevelen.

Bètawetenschappers hebben altijd een gigantisch dedain jegens andere studies: hoe exacter en theoretischer, hoe beter. We hebben een ranglijst gemaakt, waar de Wiskunde bovenaan staat. Daarna komen de Natuurkunde en Informatica, en de rest is eigenlijk allemaal geen échte studie. Heel grappig op feestjes natuurlijk (iedereen lacht je uit), maar verder is het vooral een indicatie van het minderwaardigheidscomplex van de gemiddelde A-Esser. Wellicht is de vraag "Maar wat kàn je daar nou mee?!" te vaak gesteld nadat je hebt geprobeerd uit te leggen hoe wiskundige groepen werken en hebben we daarom collectief bedacht dat het dus juist iets is om trots op te zijn: complete maatschappelijke irrelevantie.

Ik heb mij laatst weer eens opgegeven voor een niet-exact vak: *Introduction to Gender Sciences*. Queue de diepe ironie van vrienden die mij daarna zonder te knippen vragen "oh, maar wat heb je daar dan aan?". Lieve schat, jij wilt onderzoek doen naar de roodverschuiving van zwaartekrachtgolven om op die manier de Hubble-constante te bepalen. Nuttig, man.

Wat veel bètawetenschappers zich niet beseffen, is dat er meer te leren valt op de universiteit dan sommetjes maken. Tuurlijk, het is heel fijn en praktisch dat wij later werk gaan krijgen door onze studie, maar dat krijg je ook als je gewoon 30 studiepunten minder in de exacte wetenschappen doet. En laat dat nou net de grootte van je vrije ruimte zijn! Sterker nog, ik denk dat het je zelfs beter maakt in de wetenschappen. Ik zal een voorbeeld nemen uit mijn eigen bachelor: Natuur- en Sterrenkunde.

Tijdens het eerste jaar leer je ontzettend veel: een mindset en analytisch vermogen waardoor je als geen ander problemen kan oplossen en aanpakken. Tijdens het tweede jaar wordt dit uitgediept, en in je derde jaar... Het idee is dat je dan tijdens een half

jaar lang onderzoek doet, wat ontzettend leerzaam is. Daarnaast moet je nog 45 EC's aan vakken volgen. Je hebt heel veel leuke onderwerpen die prima interessant zijn. Maar ook compleet nutteloos. Ja, ik heb het gezegd. Klassieke Veldentheorie is enkel en alleen nuttig als je een master Natuurkunde gaat doen en Quantum Veldentheorie gaat volgen. Verder? Compleet waardeloos. Hetzelfde geldt voor Cosmologie, Quantum Materie, Moderne Gecondenseerde Materie, enzovoorts, enzovoorts.

Het probleem zit hem erin dat je gewoon een bepaald aantal derde jaars vakken nodig hebt. En dat is ergens wel logisch, je moet natuurlijk wel aantonen dat je Natuurkunde kan zodra je je bachelor diploma op komt halen. Maar hierdoor volgen veel mensen vakken als KVT, zonder dat ze het bij een master of loopbaan ooit gaan gebruiken. Je leert er simpelweg niks behalve de inhoud van het vak, maar na twee jaar ben je dat allemaal wel weer vergeten, en je natuurkundige vaardigheden worden er niet beter door dan ze voor het vak al waren. Je weet inmiddels wel hoe je een hoorcollege moet volgen, hoe je de werkcollegeopgaves moet maken en hoe je het tentamen haalt ondanks dat je er stiekem niks van snapt. Ga daarom eens een keertje een totaal ander vak volgen!

Tuurlijk, hetzelfde argument valt te maken over geschiedenisvakken. Daar ben ik de meeste details ook al wel weer van vergeten<sup>1</sup>. Maar wat ik daar niet van vergeten ben, is hoe je een goede presentatie moet geven of hoe je in korte tijd door een artikel van 40 pagina's moet skimmen om alle belangrijke dingen eruit te halen<sup>2</sup>. Allemaal skills waar je later in het leven gewoon wat aan hebt. Dit geldt nog eens dubbel als je niet voor een master of promotie gaat, en dat laatste gaat een groot deel jullie niet doen. In dat geval wordt je toekomstige baas niet per se blij als je kunt vertellen hoe het universum

<sup>1</sup> Al kan ik je wel uitleggen waarom de beeldenstorm een directe aanleiding was voor de opkomst van de schilderkunst in de zeventiende eeuw in Nederland!

<sup>2</sup> Ik was vrij geïrriteerd toen ik erachter kwam dat niemand alle teksten las voor de hoorcolleges en dat de docent aangaf dat dat ook niet de bedoeling was.

uitzet, maar wel als je op hoog tempo door een boekwerk heen kunt lezen.

Wat ook een vaak gehoord argument is waarom niet-bètawetenschappen inferieur zouden zijn, is dat het niveau lager ligt. Tsjá, ik moet bekennen, het was voor mij inderdaad wel wat simpeler. Voor mijn vak Genderwetenschappen heb ik 4 uur college per week, tegenover 16 voor een vak als Statistische Fysica. Maar waarom is dat iets positiefs? Ja, uitdaging is erg leuk, maar uitdaging kun je creëren. Plus, moet je horen, stel je voor dat je gewoon niet de hele week en het halve weekend aan je studie zit. Dan word je misschien wel uitgelachen door je vrienden die amper slapen en huilen van het feit dat ze al een maand niet meer buiten zijn gekomen, maar het is ook niet verderfelijk om gewoon eens dingen te kunnen doen waar je gelukkig van wordt.

Verder is het ook verstandig tijdens je studie wat dingen te doen waardoor je horizon verbreed wordt. Je kunt wel tijdens je studie lekker alleen maar binnen je eigen afgebakende vakgebied blijven, maar het blijkt dat de wereld uit meer dingen bestaat dan Informatica of Wiskunde. Ga eens een vak volgen bij Filosofie (hahahaha dat zijn die mensen die een beetje zweverig doen terwijl ze kneiter stoned zijn) en leer kritisch na te denken. Of volg een vak bij Geschiedenis (hahahahaha dat is toch allemaal al gebeurd) en leer hoe de wereld die we nu om ons

heen zien tot stand is gekomen, waardoor je die wat beter begrijpt. Of volg een vak bij Genderwetenschappen (hahahahaha daar leer je hoeveel pronouns er zijn) en kom erachter hoe je wereldbeeld compleet verandert als je ook maar een klein beetje van je persoon of afkomst verandert.

Daarnaast is een leuke bijkomstigheid: je hebt een totaal ander type mens bij totaal andere type studies. Ik houd van mijn studiegenoten bij Natuurkunde, hoor. Maar na 3 jaar snap ik wel hoe jullie werken. Jullie werken namelijk te veel. In een tijd waar we al weinig buiten onze eigen sociale bubbel stappen, is het heel leuk en leerzaam je eens in een andere groep mensen te begeven: de verbazing als je een collegezaal binnen stapt en minder dan de helft mannen zijn, blijft je voor altijd bij. En dat die mensen tijdens het weekend gewoon andere dingen doen dan studeren.

Dus voor alle bèta-bachelorstudenten heb ik het advies: raak gras aan. Je hebt maar liefst 30 EC aan vrije ruimte in je bachelor. Vul die met dingen buiten je vakgebied! Daar is die ook gewoon voor bedoeld. Leer eens mensen kennen die niet praktisch hetzelfde zijn als jij. En ga daarna lekker een master doen in je bèta-veld. Want het is dan wel compleet nutteloos en stom, maar ik word zelf nog steeds heel gelukkig van onderzoek naar het heelal.







## Prijsvraag: het tegendeelkettingspel

Anna Reinhold

Je kent het vast van vroeger, toen je nog een kind was<sup>1</sup>: eindeloos lijkende autoritten die verkort werden door het spelen van een woordkettingspelletje. Zo maakte je misschien kettingen van dieren, waarbij elk dier met de letter moest beginnen waarmee het dier ervoor eindigde. Of kettingen van samengestelde woorden, zoals slagboom – boomhut – hutspot.

In lijn met het thema van deze editie hebben wij ook een woordkettingspel bedacht: het tegendeelkettingspel. De regels zijn simpel: maak een zo lang mogelijke ketting van verschillende woorden, waarbij elk woord het tegendeel is van het woord ervoor. Dit lijkt op het eerste gezicht misschien vreemd, want heeft elk woord niet maar één tegendeel? Dat blijkt met een beetje creativiteit best mee te vallen!

Een paar voorbeelden:

- been – arm – rijk – republiek – anarchie  
"Arm" is zowel een lichaamsdeel als een beschrijving van jouw persoonlijke welvaart. Een republiek is het tegenovergestelde van een (konink)rijk.
- suiker – bloem – boom – dwerg – elf – twaalf  
Met bloem kun je bakken, maar bloemen kun je ook plukken. Het tegendeel van een dwerg is een boom van een kerel, of juist een elf. En over welk getal het tegendeel van elf is kun je discussiëren, maar er zal er vast een zijn.

Merk je dat je bewust of onbewust al bezig bent deze woordslangen te verbeteren en langer te maken? Of voel je je tijdens college soms stiekem als een kind tijdens een lange autorit? Dan is dit jouw moment! Stuur vóór **8 mei** jouw langste tegendeelketting inclusief uitleg naar [vakidioot@a-eskwadraat.nl](mailto:vakidioot@a-eskwadraat.nl) – je kunt hem tot die tijd altijd nog aanpassen, mocht je nog een langere bedenken. Voor de bedenker van de langste tegendeelketting is er een leuke prijs :)

We kijken uit naar jullie creativiteit!

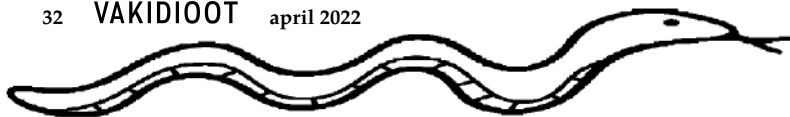
### Nóg een puzzelcorrectie

Amber Visser

Iedereen die vorig jaar trouw de puzzel heeft gemaakt heeft het vast al gemerkt.... Hij doet het niet! Nu heb ik elke keer natuurlijk bij de volgende puzzel trouw een correctie gedaan, maar na de laatste puzzel leverde dit een probleem op. Uiteraárd was er weer een correctie, maar helaas geen volgende puzzel om het bij te zetten. Dit is het moment om nog even na te genieten van de puzzels en de laatste correctie: Wissel bij je antwoord op de derde vraag het tweede en derde teken om!

Als iemand dit nu nog helemaal oplost zullen we voor hen het beste kinderfeestje ooit geven!

<sup>1</sup> iets waarop je ons nu natuurlijk nooit meer zult betrappen





## Trekken tegenpolen elkaar aan?

Lisette Helder

Eén van vele overeenkomsten tussen geladen deeltjes en mensen is dat tegenpolen elkaar aantrekken. In ieder geval is dat wat een oplettende kijker zou moeten concluderen uit de liefde tussen Alfredo Linguini en Colette Tatou Starkly in de film *Ratatouille*. Wetenschappelijk onderzoek lijkt echter uit te wijzen dat aantrekkingskracht helemaal niet zo zwart-wit is. Kan het dan zo zijn dat Disney films niet hyperrealistische representaties van de werkelijkheid zijn? Trekken tegenpolen elkaar echt aan?

### Puzzelstukjes

In 1955 bracht de psycholoog Robert F. Winch een boek uit waarin hij *The Theory of Complementary Needs in Mate-Selection* voor het eerst introduceerde<sup>1</sup>. Zijn hypothese is dat we positieve eigenschappen in een partner zoeken die we zelf tekort denken te komen. Als een soort puzzelstukjes zijn we op zoek naar een partner die onze gaten opvult. De resultaten van het onderzoek bevatten echter veel onzekerheden en konden dus eigenlijk weinig conclusies met zekerheid teweegbrengen. Maar niet getreurd, de onderzoeker deed in hetzelfde artikel een beroep op *common sense* en zo werd het toch waarheid: tegenpolen trekken elkaar aan.



Figuur 1 Een compleet, aromantisch puzzelstukje

### The Big Five

Ondanks de waterdichte argumentatie van meneer Winch, werd er later meer onderzoek gedaan naar de geopperde theorie. En zo *common sense* blijkt de aantrekkingskracht tussen tegenpolen toch niet te zijn. Om te beginnen moet men eerst maar eens definiëren wanneer mensen nu tegenpolen zijn. Dit is redelijk complex. Het karakter van een persoon valt namelijk niet simpelweg te reduceren tot een aantal factoren dat op één hand te tellen is. Grapje. Binnen de psychologie kent men het populaire model *The Big Five*. Het karakter van een persoon valt volgens dit model op te delen in vijf facetten: extraversie, vriendelijkheid, emotionele stabiliteit, ordelijkheid en openheid. Iedere persoonlijkheid valt zo te omschrijven in termen van deze vijf facetten. Wanneer we het hebben over tegenpolen, hebben we het dus over mensen die op veel van deze categorieën ver van elkaar af liggen. Een introvert en een extravert bijvoorbeeld. Of een emotioneel stabiel persoon en ik in mijn tentamenweek.

<sup>1</sup>[https://www-jstor-org.proxy.library.uu.nl/stable/2088200?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www-jstor-org.proxy.library.uu.nl/stable/2088200?seq=1#metadata_info_tab_contents)

## Onderzoek

Er is een hele hoop onderzoek<sup>2</sup> gedaan naar de *opposites attract* theorie. De belangrijkste conclusie die we daaruit kunnen trekken? Er valt momenteel nog heel weinig met zekerheid te zeggen. Altijd hetzelfde genuanceerde gemekker met die wetenschappers. Conclusies komen eigenlijk altijd met een heleboel “maar dat zou ook kunnen liggen aan...”. Zo spelen behalve de Grote Vijf ook politieke en religieuze overtuigingen een rol. Maar ook uiterlijk, opvoeding en zelfvertrouwen. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat een persoon niet tot uiting brengt dat hij of zij een ander persoon aantrekkelijk vindt, omdat deze aantrekkingskracht niet samen gaat met zijn of haar godsdienst. Om de invloeden van deze factoren uit de resultaten te filteren heeft men een enorm grote, internationaal verdeelde steekproef nodig. Mochten wij nou net in de eeuw van globalisatie leven.

## Hinch

Behalve dat ze je de mogelijkheid geven mensen te reduceren tot oppervlakkige weergaves die niet meer dan drie seconden aandacht waard zijn en zo de de-romantisering van de eenentwintigste eeuw katalyseren, geven *dating apps* ons ook enorme inzichten in het dating-gedrag van hun gebruikers. Recent onderzoek heeft de data van dating app *Hinch* gebruikt om voor eens en altijd uit te zoeken of tegenpolen elkaar nu wel of niet aantrekken.<sup>3</sup> Hierbij werd gekeken naar de activiteit van een half miljoen heteroseksuele cisgender mannen en vrouwen die zich bevinden in Amerika, Engeland, Australië en Canada. Dit is een grotere steekproef dan de eerder gedane onderzoeken, wat betekent dat factoren zoals opvoeding en religie minder invloed hebben op de totale resultaten. Voordat ik vertel over de conclusies van dit onderzoek, wil ik graag even uitweiden over wat statistiek, die nodig is om deze conclusies überhaupt te kunnen trekken. Niet per se voor de inclusiviteit van dit artikel, maar gewoon voor de *fun facts*. Wist je dat mannen gemiddeld 17.5 keer zo vaak naar rechts (positief) *swipen* dan vrouwen dat doen? Wist je dat vrouwen gemiddeld 11.1 seconden naar een profiel kijken voordat ze *swipen* en mannen slechts 6.7 seconden? Wist je dat lange mannen een aanzienlijk grotere kans hebben op een succesvolle match dan kleine mannen?

Oké, nu je weer een repertoire hebt opgebouwd voor je volgende huisfeestje; de conclusie van het *Hinch* onderzoek. Uit dit onderzoek blijkt dat mannen en vrouwen wiens *Big Five* scores op elkaar lijken een grotere kans hebben op een succesvolle match dan mannen en vrouwen wiens *Big Five* van elkaar afwijken. Twee personen die erg openstaan voor nieuwe ervaringen zouden dus bijvoorbeeld een grotere kans hebben op een succesvolle match dan wanneer één van de twee gesloten is. Een succesvolle match wordt hierbij gezien als een gesprek van minstens twee berichten per persoon, waarbij een nummer wordt uitgewisseld<sup>4</sup>. Hierbij geldt één uitzondering: twee introverte mensen hebben een aanzienlijk kleinere kans op een succesvolle match, vergeleken met het geval waarbij minstens één van de twee *Hinch* gebruikers extravert is. Daarnaast geldt voor opleidingsniveau, religie en relatiewensen dat wanneer deze overeenkomen, de kans op een succesvolle match significant groter is. Tegenpolen lijken elkaar dus juist niet aan te trekken. In ieder geval niet op dating apps.

## Conclusie

Op dating apps is het dus zo dat *birds of a feather flock together*. Mensen die persoonlijkheidseigenschappen hebben die op elkaar lijken, zullen elkaar statistisch gezien sneller aantrekkelijk vinden. Of dit in de fysieke wereld ook waar is, kunnen we nog niet zeggen. Misschien een goede openingszin: “Wil je me helpen een steekproef van betrouwbare grootte te verzamelen?”

<sup>2</sup>Literatuuronderzoek alle belangrijke studies tot nu toe: <http://www.inquiriesjournal.com/articles/1776/the-psychology-of-romance-the-impact-of-personality-traits-on-romantic-relationships>

<sup>3</sup><https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02010/full>

<sup>4</sup>Een succesvolle match kan er natuurlijk ook anders uitzien en aan de andere kant kan een match waarbij een telefoonnummer wordt uitgewisseld ook onsuccesvol zijn. Het onderzoek volgt echter de redenering dat de kans groot is dat je met elkaar op date gaat wanneer je geïnteresseerd genoeg bent om nummers uit te wisselen.

# Mijn Eigen Tegendeel

Anna Reinhold

Al lijkt het soms moeilijk – natuurkunde is eigenlijk heel simpel. We hebben ideeën over de werking van de natuur en we kijken of ze kloppen of niet. Hetzelfde geldt voor de andere studies binnen A-Eskwadraat: je kunt discussiëren over de beste verklaring, de duidelijkste uitleg, de handigste notatie, maar uiteindelijk is een uitspraak waar of niet waar. Acht is wel of geen geheel getal. De aarde is wel of niet rond. True of False. En zelfs als het antwoord op een vraag niet zo makkelijk in een “ja” of “nee” te vatten is, zal degene die er verstand van heeft jou precies kunnen uitleggen hoe het dan wel zit.

Volgens mij ben ik geen natuurkunde.

Ik wil gaan en ik wil blijven.

Ik wil vliegen, ik wil drijven.

Wil alleen, maar samen zijn.

Wil uniek zijn, als de rest

En me niet houden aan de rijm.

Ik voel me eenzaam, maar toch niet alleen. Ben soms moedig, maar ook bang. Ik wil dansen in de zon en onder de dekens kruipen. Ik hoop dat het gauw zomer wordt, maar wil dat eigenlijk nog wat langer uitstellen. Soms zou ik een glazen bol willen hebben en hem vervolgens weer stukgooien en het leven maar op me af laten komen. Gisteren las ik een verhaal en moest lachen, maar opeens veranderde het lachen in huilen. *I wanna kiss you on your cheeks, but I also wanna punch your teeth.*<sup>1</sup>

Deze woorden zijn een waterval, een fontein recht uit mijn hart, uitroep- en vraagteken in één. Een liefdesbrief voor wie hem wil lezen, een eenzaam gesprek met mezelf. En toch ook maar weer een verdere pagina in de Vakidoot.

Zo vol met tegenstellingen. Mijn tegendeelketting<sup>2</sup> zou bestaan uit Ik – Ik – Ik – ...

Onverschilligheid is het tegendeel van liefde<sup>3</sup> en ik ben niet onverschillig. Ik hou van deze wereld. Probeer mijn kleine steentje liefde eraan bij te dragen. Misschien hou ik niet altijd van de tegenstellingen in mezelf – het zou zo veel makkelijker zijn, als ik altijd duidelijke oorzaak-gevolg relaties zou kunnen vinden, mijn gedachten en gevoelens in overzichtelijke lijstjes zou kunnen vatten en mezelf zou begrijpen. Dat dat niet zo is, vind ik niet altijd leuk, maar het laat me zeker niet koud.

Bovendien zou het leven maar saai zijn als wij allemaal voorspelbare machines waren. De vele lagen in alles wat we doen, zijn als de peper en het zout in het eten. Misschien maken zij dit leven pas echt het leven waard. Ik ben mijn eigen tegendeel, maar dat is niet erg.

Omarm het tegenstrijdige.

<sup>1</sup>Chloe Moriondo in *Bodybag*

<sup>2</sup>Als je je afvraagt wat dat is: er is een heuse prijsvraag over in deze Vakidoot! Blader straks maar eens verder (of terug).

<sup>3</sup>Dat vertelde mijn biologiedocent ons al in de eerste klas



*à travers la fenêtre*

