perio*diek

op regelmatige tijden terugkerend jaargang 2011 nummer 2

Inhoud

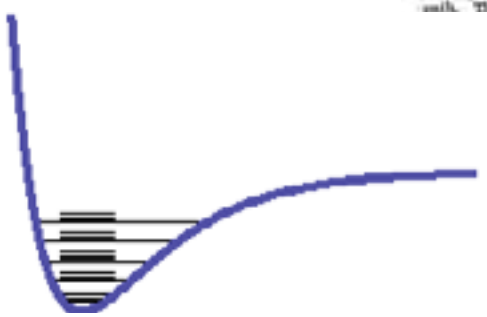
6 Systems and Control

Zonder dit belangrijke vakgebied hadden we als mensheid niet op de maan gestaan. Harry Trentelman geeft ons een introductie.

Patented Dec. 21, 1937 2,102,671

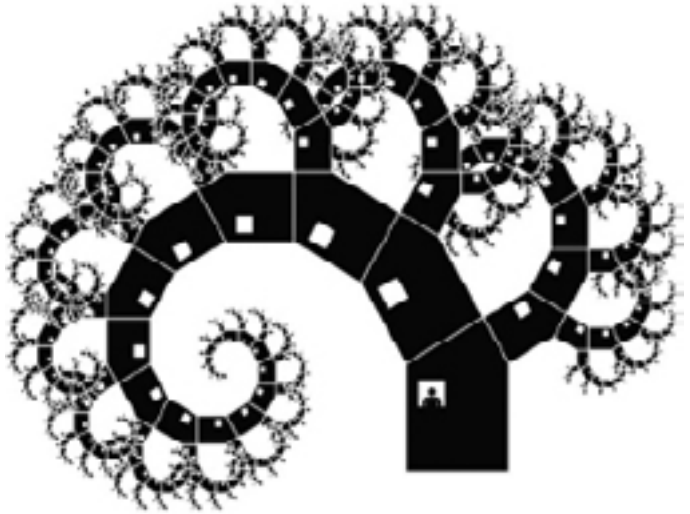
UNITED STATES PATENT OFFICE

WAVE TRANSLATION SYSTEM



28 Cool Cold Molecules

Het is nog nooit iemand gelukt om een pariteitsschending in moleculen aan te tonen. Bij het KVI gaan ze het proberen door de grootste Starkafremmer ter wereld te bouwen.



14 Een 5 voor het huwelijk

Wie kent hem nou niet: Pythagoras. De meesten kennen hem door de gelijknamige stelling, maar wie was eigenlijk de man achter deze bekende stelling?

En verder

4 In het nieuws

11 Te Paard

16 GPSchatjes

18 Werken als beurshandelaar

20 Ronniy's Receptenhoekje

24 An Abundance of Katherines

25 Breinwerk

26 Canarische Communes

33 Semaforen

22 Oceaanstromen

Bijna iedereen is er van overtuigd dat de aarde steeds warmer wordt. Er zijn ook wetenschappers die het tegenovergestelde beweren. Wat brengt hen tot zulke gewaagde uitspraken?

Van de redactie

Dit perioweekend wordt in mijn toch echt wel burgelijke huis gehouden. Het leek me heel erg gezellig om met de redactie hier te zitten. Met alle gemakken die hier aanwezig zijn en de benodigde programma's op laptops. Aan het einde van het weekend denk ik hier toch wel wat anders over. Ondanks alle aanwezig technologie werkt ons digitale systeem toch een stuk minder goed vanaf de laptops. Het is dan ook meer dan eens voorgekomen dat het niet veel scheelde dat er een laptop door de kamer zou vliegen. Verder is mijn lieve kat Cantor, die inderdaad vernoemd is naar de wiskundige flink geplaagd door sommige redactieleden. Ik denk dat het een aantal weken gaat kosten om hem weer te leren luisteren. Eerlijk toegegeven waren er ook wel een aantal momenten die het weekend een positieve draai gaven. Bijvoorbeeld de muzieklijst van Mamma mia die we bijna grijs gedraaid hebben en het feit dat een van onze mannelijk redactieleden, minstens 5 keer door een luikje heen geklommen is dat toch minstens op 1,50 meter hoog zit en maar 40 bij 40 centimeter groot is. De conclussie mag getrokken worden dat we niet voor niets altijd in de KNOB zaten...

— *Herbert*

Redactie Marion Dam, Ronniy Joseph, Paulus Meessen, Susan Klooster, Herbert Kruitbosch, Bart Visser, Jakolien van der Meer.

Scribenten Harry Trentelman, Annemieke Janssen, Samuel Hoekman, Steven Hoekstra, Mark IJbema.

Met dank aan Jori Kretzers.

Adverteerder ASML (p. 17), TMC Physics (p. 32), Schut (p. 36).

Ook adverteren? Neem contact op met bestuur@fmf.nl.

Oplage 1200 stuks

Druk Scholma

ISSN 1875-4546

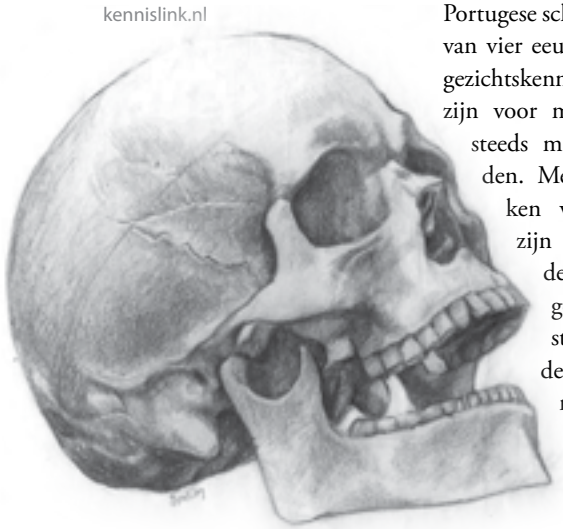
De Periodiek is een uitgave van de Fysisch-Mathematische Faculteitsvereniging en verschijnt vijf keer per jaar. Eerder uitgebrachte Periodieken zijn na te lezen op perio.fmf.nl. De redactie is te bereiken via perio@fmf.nl.

In het nieuws

Nanopleister

Een hartaanval laat altijd zijn sporen achter. Door het tijdelijke tekort aan zuurstof sterft namelijk een deel van het hartweefsel af, waardoor het littekenweefsel wordt. Hierdoor wordt het hart minder efficient en is de kans dat je een marathon uitloopt vele malen kleiner. Het beste medicijn hiervoor is een harttransplantie, maar een reservehart vind je niet even om de hoek. Dus moet je je wenden tot stamcelonderzoek voor het kweken van nieuw weefsel. Wetenschappers van de Brown University komen echter met een andere oplossing: een pleister bestaande nanobuisjes. Ze hebben de pleister zodanig gecreëerd waardoor het een vruchtbare bodem voor celgroei is geworden. Na het aanbrengen van enkele hartspiercellen bleken deze vele malen sneller te vermeerderen dan op normale kweekbodems. Dit betekent echter nog niet dat we binnenkort een hartaanval even oplappen met een pleister.

kennislink.nl



De kasplantjes-test

Opgesloten in je eigen lichaam is misschien het ergste wat je kan overkomen. Dit wordt ook wel het locked-in-syndroom genoemd, hetgeen op kan treden na ernstige hersenbeschadiging. De patient is dan wel bij bewust zijn maar heeft geen mogelijkheid om dit aan zijn doktoren te laten merken. In sommige gevallen is het moeilijk om te ontdekken of een patient nu werkelijk bij bewustzijn is of dat de hersenschade te groot is en hij "vegetatief" is. Onderzoekers uit België denken nu dat het echter mogelijk is om via onregelmatige geluiden te testen of iemand werkelijk vegetatief is.

newscientist.com

Mannen lijken steeds meer op vrouwen

Onderzoek aan vele Spaanse en Portugese schedels uit een tijdspan van vier eeuwen, laat zien dat de gezichtskenmerken die typerend zijn voor mannen en vrouwen, steeds minder duidelijk worden. Met name de kenmerken van vrouwenschedels zijn het meest veranderd de laatste eeuwen. Het gezicht is gemiddeld steeds langer geworden. De oorzaak ligt mogelijk in de verschillen in het voedingspatroon of het milieu. Het onderzoek is gedaan omdat informatie uit de schedel over het geslacht van groot belang kan zijn in bijvoorbeeld misdaadonderzoeken of academisch onderzoek.

sciencedaily.com

Zon versus Geocachers

Nog maar vijf jaar voordat de zonneactiviteit haar maximum bereikt. Niet zo interessant zou je misschien kunnen zeggen. Het gevolg hiervan is echter wel dat het kosmische weer in ons zonnestelsel kan veranderen door zonnevlammen. Deze produceren enorme hoeveelheden straling, waaronder radiostraling. Onze veel gebruikte GPS-systemen gebruiken radiostraling om te communiceren. Maar door de toenemende activiteit zal waarschijnlijk 90% van de GPS-systemen niet meer werken. Dus geniet van de komende vijf jaar aan geocaching.

kennislink.nl

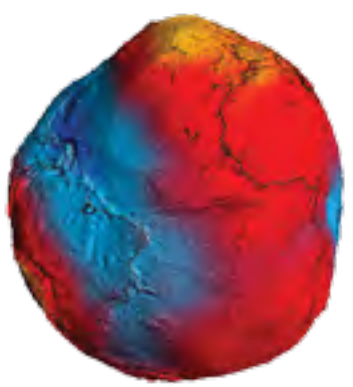
Computer als koelkast

Vroeger moest je goed koelen als je computer overklokte. In de toekomst hoeft dit niet meer, dan moet je hem misschien zelfs verhitten. Onderzoekers proberen al een paar jaar grafeen te gebruiken voor snelle transistors en dat lukt al aardig. In Illinois hebben onderzoekers een speciale microscoop gebruikt om de temperatuur van grafeen te meten als er elektronen doorheen gaan. Wat blijkt? Het materiaal koelt zichzelf af. Of verhitten echt nodig zal zijn is niet zeker, grafeen transistoren werken nog zolang de temperatuur boven 4.3 Kelvin is.

news.illinois.edu

Audio-engineering

Het produceren van metamaterialen, kunstmatige materialen met eigenschappen die niet in de natuur voorkomen, is weer een stuk eenvoudiger en goedkoper geworden. Onderzoekers van Los Alamos National Lab hebben een techniek ontwikkeld om met behulp geluidsgolven stollende vloeistoffen te beïnvloeden zodat er nanodeeltjes clusteren die voor de bijzondere meta-eigenschappen zorgen. Deze nieuwe methode is goedkoop en robuust waardoor de onzichtbaarheidsmantels weer een stapje dichterbij komen.



sciencedaily.com

Leuke nieuwtjes uit de wondere wereld der wetenschap

Bijen beter dan computer

Bijen verbruiken veel energie om te vliegen en willen dus eigenlijk als ze langs 100 bloemen moeten de kortste route nemen. Nu blijkt dat ze dat ook doen, maar hoe? Het vinden van deze kortste route is het traveling salesman probleem en computers zijn vaak dagen aan het rekenen om ook maar in de buurt te komen van een antwoord. Hoe bijen het precies doen is onbekend, maar onderzoekers hopen beter begrip te krijgen over verkeersstromingen, epidemiologie en bedrijfsketens.

stumbleupon.com

Robot Vogel

Vroeger probeerden velen te vliegen als een vogel, gewoon met vleugels die je wat heen en wee slaat zou dat toch moeten lukken? Er waren al speelgoedvogels die je opwind en de lucht in gooit, maar nu is er ook een robot die kan vliegen en sturen als een vogel. Festo maakte de robot zo dat de vleugels, staart en zelfs de kop te besturen zijn zodat hij kan vliegen als een echte vogel. Als je bij een computer bent, dan raden we je aan even de filmpjes te bekijken.

gizmag.com

De aarde is lelijk

Dit stelt het European Space Agency nadat ze zwaartekrachtmetingen hebben gedaan rond de aarde. Het blijkt dat de zwaartekracht niet overal hetzelfde is door de massaverdeling van de aarde. Als je het zeeniveau zou tekenen, zoals het zou zijn bij deze zwaartekracht, dus zonder invloeden van getijden en wind, dan ziet de aarde eruit zoals in het plaatje hieronder. Nouja, de onderzoekers hebben vals gespeeld, want deformaties van een bol zijn wel versterkt. Ze hopen op deze manier meer inzicht te krijgen in oceaanstromingen en het weer.

newscientist.com

Systems and Control

Motor van Technologische Vooruitgang

DOOR HARRY TRENTELMAN

De *wiskundige systeem- en regeltheorie* gaat zowel over analyse van wiskundige modellen van dynamische systemen die iets doen met hun omgeving, als het ontwerpen van regelaars en schatters voor zulke systemen. In het Engels noemen we dit *Systems and Control*. Prof. Dr. Harry Trentelman doet onderzoek naar zulke systeem- en regeltheorie voor de vakgroepen theoretische ingenieurswetenschappen en toegepaste wiskunde.

Het vakgebied Systems and Control omvat niet alleen de wiskundige systeem- en regeltheorie, maar ook de regeltechniek, meer gericht op directe toepassingen in de technologie. Mondiaal vinden we onderzoeksgroepen in Systems and Control aan universiteiten veelal binnen afdelingen Electrotechniek of Werktuigbouw, maar ook bij Technische Informatica, Technische Natuurkunde, Scheikunde, Landbouw, Lucht en Ruimtevaart, en Wiskunde. Ik maak deel uit van de onderzoeksgroep *Systems, Control and Applied Analysis* binnen het Johann Bernoulli Instituut voor Wiskunde en Informatica hier aan de RUG. Behalve door ons wordt binnen de faculteit FWN ook onderzoek gedaan in Systems and Control door de onderzoeksgroep Discrete Technologie en Productautomatisering van het onderzoeksinsitituut Industriële Technologie en Management, zeg maar binnen de studierichting Technische Bedrijfskunde.

De beide Groningse groepen zijn lid van de landelijke onderzoeksschool DISC (*Dutch Institute for Systems and Control*), waarin de Systems and Control groepen van acht Nederlandse universiteiten, en het Centrum voor Wiskunde en Informatica in Amsterdam samenwerken. Op dit moment omvat DISC ongeveer 75 vaste stafleden, 25 post-docs en 135 PhD studenten vanuit 15 DISC afdelingen.

Systems and Control

Systems and Control houdt zich bezig met *dynamische systemen*. Onder een dynamisch systeem verstaan we een verschijnsel, bijvoorbeeld fysisch, chemisch, biologisch, economisch, waarvan het gedrag van de tijd afhangt, vaak mede door externe invloeden of beïnvloeding. Je kunt hierbij denken aan het verloop in de tijd van de AEX-index onder invloed van stimuleringsmaatregelen door de overheid, het temperatuurverloop in je huiskamer als gevolg van de instelling van de thermostaat, het tijdsverloop van de snelheid waarmee je rijdt als gevolg van de stand van het gaspedaal, de waterstand in Friesland als functie van de tijd onder invloed van de windrichting, etc. Het woord *dynamisch* refereert aan het feit dat we kijken naar het *verloop in de tijd* van deze grootheden. Onder een wiskundig model van een dynamisch systeem verstaan we een beschrijving van het systeem in wiskundige taal en in termen van wiskundige concepten. Deze beschrijving zegt welke functies van de tijd in het systeem voorkomen.

De wiskundige modellen uit de systeem- en regeltheorie bestaan vaak uit stelsels (differentiaal)vergelijkingen waarin het aantal vergelijkingen (het aantal systeemwetten) strikt *kleiner* is dan het aantal onbekende functies. Dit betekent dat het stelsel ondergedetermineerd is en dat het mogelijk is om nieuwe wetten op de onbekende functies op te leggen. Deze wetten kunnen bestaan uit een nieuw, door ons te bepalen, stelsel differentiaalvergelijkingen.

Zo'n nieuw stelsel vergelijkingen wordt een *regelaar* genoemd. Een regelaar is dus een nieuw, door ons te ontwerpen dynamisch systeem. Interconnectie van het te regelen systeem met de regelaar geeft wederom een dynamisch systeem, het zogenaamde *geregelde systeem*.

De centrale probleemstelling in de regeltheorie is de volgende: gegeven een dynamisch systeem (de plant), samen met een lijst van gewenste eigenschappen waaraan de functies in het systeem zouden moeten voldoen (deze lijst noemen we *de specificaties*), bepaal een regelaar (*controller*) zodat het geregelde systeem (*controlled system*) aan de gegeven specificaties voldoet. Het probleem is dus om voor een gegeven dynamisch systeem een geschikte regelaar te ontwerpen.

In het algemeen kan een aantal onbekende functies in het dynamisch systeem *vrij worden gekozen*. Deze vrije functies worden *inputs* genoemd. Andere functies in het systeem kunnen grootheden voorstellen die we meten, of die we zo dicht mogelijk bij een gewenst referentiesignaal willen houden. Deze functies noemen we *outputs*. Onder een *feedback-regelaar* verstaan we een regelaar (dus een door ons te ontwerpen, nieuw stelsel vergelijkingen) die de inputs voor het systeem bepaalt uit waarden van de gemeten outputs. Feedback-regelaars zijn dus regelaars met een speciale structuur: de extra vergelijkingen op de functies in het systeem schrijven voor hoe de gemeten outputs worden omgezet naar regel-inputs voor het systeem.

Ik zal dit alles illustreren aan de hand van enkele concrete voorbeelden. Misschien wel het bekendste voorbeeld van een feedback-regelaar is de thermostaat om de temperatuur in mijn huiskamer te reguleren. Dit apparaatje meet de temperatuur, vergelijkt deze met de door mij gewenste, ingestelde temperatuur en gebruikt het verschil tussen deze twee grootheden om de verwarmingsinstallatie in of uit te schakelen: indien de temperatuur lager is dan de ingestelde waarde wordt de verwarming aangezet, indien hoger wordt de verwarming uitgezet. Deze uitleg vat de essentie van *feedback* samen.

Een ander eenvoudig voorbeeld van een feedback regelaar is de *cruise control* in mijn auto. Deze regelaar dient om de snelheid van de auto op een gewenste, ingestelde waarde te houden zonder dat de bestuurder het gaspedaal bedient. Het apparaat vergelijkt de werkelijke snelheid met de ingestelde, en geeft op basis daarvan meer of minder gas.

Het principe van feedback wordt niet alleen toegepast in door de mens ontworpen regelaars om het gedrag van technologische systemen naar zijn of haar hand te zetten, maar speelt, bijvoorbeeld, ook een grote rol in de biologie. Als voorbeeld wil ik de regulatie van het glucosegehalte in het menselijk bloed noemen. De alvleesklier speelt hier de rol van feedback-regelaar. Het glucosegehalte in het bloed dient rond een bepaalde constante waarde te bewegen. Indien het toeneemt (bijvoorbeeld na het eten) wordt door de alvleesklier het hormoon insuline geproduceerd dat het glucosegehalte in het bloed doet dalen. Indien, anderzijds, het glucosegehalte daalt, produceert de alvleesklier het hormoon glycogon waardoor het glucosegehalte stijgt. We zouden kunnen zeggen dat de alvleesklier het glucosegehalte *meet* en op basis daarvan de juiste regelactie onderneemt. Een dergelijke verklaring van de werking van (een deel van) het menselijk lichaam wordt wel *reverse engineering* genoemd. Voor een gegeven systeem wordt er dan niet door ons een regelaar geconstrueerd, maar de werking van het systeem wordt *verklaard* in termen van een regelmechanisme.

Geschiedenis van het vakgebied

De geschiedschrijving van de regeltechniek schrijft het eerste bewuste ontwerp van een feedback-regelaar toe aan de Nederlandse uitvinder Cornelis Drebbel. Behalve uitvinder van de perpetuum mobile, de eierbroedmachine en de onderzeeboot (waarmee hij tussen 1620 en 1624 proeven deed op en onder de Thames bij Londen) wordt hij gezien als pionier op het gebied van de systeem- en regeltechniek. Drebbel was de uitvinder van een slim regelmechanisme dat de temperatuur van een oven constant hield. Zijn oven, de *Athanor*, was ontworpen om lood om te zetten in goud. Je zult begrijpen dat dit doel nooit werd bereikt, ondanks de vernuftige feedback-regelaar. Tegenwoordig is het instituut voor mechatronica van de de ondernemende universiteit Twente vernoemd naar Cornelis Drebbel.

Aan het eind van de achttiende eeuw kwam de industriële revolutie op stoom door de uitvinding van de stoommachine door de Schotse ingenieur James Watt. Productieprocessen in fabrieken werden meer en meer aangedreven door stoommachines. Om de snelheid van een stoommachine constant te houden werd door Watt de zogenaamde *fly-ball governer* uitgevonden. Dit regelmechanisme maakte de snelheid onafhankelijk van veranderingen in belasting van de machine. Bij toename van de snelheid werden door de centrifugale kracht twee bolvormige gewichten naar buiten gedreven, waardoor de inlaat van stoom in de machine werd verkleind, resulterend in afname van de snelheid. Bij afname van de snelheid vond het omgekeerde plaats.

Het was van groot belang dat het regelmechanisme goed werd afgesteld. Al te snelle regulatie van de snelheid kon leiden tot ongewenste oscillaties in de snelheid van de machine. Het probleem van het afstellen van centrifugale governors werd door de bekende natuurkundige James Clerk Maxwell teruggebracht tot een probleem over differentiaalvergelijkingen. Zijn artikel *On Governers*, gepubliceerd in 1868 in de *Proceedings of the Royal Society of London*, wordt beschouwd als het eerste wiskundige artikel in de regeltheorie.

Een zeer belangrijke ontwikkeling in de eerste helft van de twintigste eeuw was de uitvinding van de *feedback-versterker* door Harold Stephen Black. Als onderzoeker bij Bell Laboratories in Manhattan werkte hij aan kwaliteitsverbetering van de langeafstandstelefonie. Telefonie vond in die tijd plaats via kabels en overdracht van signalen over grote afstanden kon slechts plaatsvinden door versterkers te gebruiken. Een groot probleem was dat de versterkingsfactor van de gebruikte versterkers sterk afhankelijk was van de sterkte van het ingangssignaal en van externe invloeden zoals de omgevingstemperatuur en leeftijd van de versterker. Het gevolg was dat de signalen bij overdracht sterk werden vervormd.

Het verhaal gaat dat Black op de zaterdagochtend van 2 augustus 1927, tijdens zijn dagelijkse overtocht met de Hudson Ferry naar Manhattan, een oplossing voor dit probleem bedacht en die in de kantlijn van zijn New York Times neerkrabbelde. De hieruit volgende patentaanvraag, *Wave translation system*, bestaande uit 35 bladzijden met netwerk-diagrammen en grafieken, en 52 bladzijden tekst, is gedateerd op 22 april 1932. Experts konden zich niet voorstellen dat zijn spectaculaire theorie ook in de praktijk zou werken en het duurde dan ook tot 21 december 1937 totdat patent werd verleend.

De essentie van Black's theorie is dat het outputsignaal van de versterker via feedback wordt teruggevoerd de versterker in. Door Black's uitvinding konden voortaan signalen op stabiele wijze, zonder vervorming, worden versterkt. Niet alleen had dit direct verstrekkende gevolgen voor de kwaliteit van de transcontinentale en transatlantische telefonie, maar voor alle toepassingsgebieden waarin signaaloverdracht plaatsvindt.

Beroemde collega's van Black waren Harry Nyquist en Hendrik Wade Bode. Diverse methodes en grafische technieken werden in die tijd bij Bell Labs ontwikkeld, en vormden de basis voor wat nu de *klassieke regeltheorie* wordt genoemd. De wiskunde bestond voornamelijk uit complexe functietheorie, eerder ontwikkeld door bekende wiskundigen zoals Laplace, Fourier en Cauchy.

Een belangrijke stimulans voor het vakgebied Systems and Control was ook de *Sputnik shock*, rond 1957. In dat jaar lanceerde de Sovjet-Unie de *Sputnik 1*. Het plotselinge inzicht dat de Sovjets voor liepen op het gebied van ruimtevaart bracht een schok teweeg in de Verenigde Staten. Dit leidde tot enorme activiteit op het gebied van ruimtevaartgerelateerd onderzoek en dus ook op het gebied van de systeem- en regeltheorie (de *Space Race*). Nieuwe concepten en theorieën werden ontwikkeld. Met name werd terug-

Eigen ervaringen in het vakgebied

Ik kwam het vakgebied binnen rond 1977. Als derdejaars student wiskunde volgde ik hier aan de RuG het college *Inleiding Systeemtheorie*, gegeven door de jonge hoogleraar Jan Willems, die kort daarvoor *Electrical Engineering* aan MIT had verwisseld voor Wiskunde in Groningen. Zijn handgeschreven collegedictaat behandelde de elementaire theorie van input-output-systemen in toestandsruimtevorm, met andere woorden, de moderne regeltheorie van Rudolf Kalman. Met veel enthousiasme wist Willems hierover te vertellen en het was me al snel duidelijk dat dit de wiskunde was die ik zelf wilde doen.

Vlak voor mijn promotie bij Jan Willems, in 1985, werd ik aangesteld als universitair docent bij de Faculteit Wiskunde en Informatica aan de TuE. Het hoofd van de onderzoeksgroep was M.L.J. Hautus, niet de minste naam in de wiskundige systeemtheorie en bedenker van de beroemde *Hautus-test* voor regelbaarheid en stabilizeerbaarheid van toestandsruimtesystemen.

In 1991 keerde ik terug naar de RuG als universitair hoofddocent in de groep van Jan Willems en Ruth Curtain. Beide zijn inmiddels met emiritaat. In 2004 werd ik benoemd tot adjunct hoogleraar en in 2009 tot gewoon hoogleraar Systems and Control.

Prof. Dr. Harry Trentelman

gegaan naar de *ouderwetse* beschrijving van modellen in termen van differentiaalvergelijkingen en in het bijzonder naar *toestandsruimtebeschrijvingen* van input-outputsystemen.

De grote naam op dit gebied was Rudolf Kalman, die rond 1960 fundamentele bijdagen leverde op het gebied van de optimale besturingstheorie en de optimale filtertheorie. Het door hem ontwikkelde *Kalman-filter* is een input-outputsysteem dat de in de input aanwezige ruis 'weg filtert' en als output de beste schatting van de werkelijke input geeft. In Google geeft de zoekterm 'Kalman filter' meer dan een miljoen hits. Het filter werd onder meer toegepast voor de navigatie bij de eerste maanlanding op 21 juli 1969.

De overlevering zegt dat Kalman ooit eens, staande voor de spiegel, heeft gezegd: "Without me, no moon". De verzameling van theorieën op het gebied van input-toestand-outputmodellen die rond deze tijd werd ontwikkeld staat bekend onder de naam *moderne regeltheorie* (naast de klassieke regeltheorie van Bell Labs). Rudolf Kalman ontving op 7 oktober 2009 de *2008 National Medal of Science* uit handen van de Amerikaanse president Barack Obama.

Wat gaat de toekomst brengen?

Zoals ik heb aangegeven is de wiskundige systeem- en regeltheorie een vakgebied binnen de wiskunde dat zich bezig houdt met de ontwikkeling van concepten, begrippen, en theorieën, geïnspireerd door toepassingen. Een groot gedeelte van het onderzoek in de nabije toekomst zal mijns inziens gericht zijn op de systeem- en regeltheorie van *complexe dynamische systemen*. Kort gezegd zijn dit systemen bestaande uit een (zeer) groot aantal gekoppelde, interacterende, deelsystemen. Om het gedrag van complexe systemen te kunnen analyseren, begrijpen en beïnvloeden moeten we niet alleen de kleinere deelsystemen goed begrijpen, maar moeten we ook gedetailleerd begrijpen hoe deze deelsystemen gekoppeld zijn, interacteren of communiceren.

Als een voorbeeld van een complex systeem noem ik de Intel-processor in mijn computer. Deze chip bestaat uit de interconnectie van miljoenen kleine onderdelen (transistors). Voordat een dergelijke chip in productie wordt genomen, worden er computersimulaties gedaan op basis van een wiskundig model van de chip. Het oorspronkelijke model is te complex om te simuleren. Een belangrijk systeem-theoretisch probleem is om het oorspronkelijke model te reduceren tot een eenvoudiger model, dat nog steeds een goede beschrijving geeft van de chip. In Groningen is de laatste vijf jaar veel aandacht besteed aan dit modelreductieprobleem.

Een andere klasse van voorbeelden van complexe systemen zijn *netwerken* van systemen. Bij een netwerk moet je denken aan een groot aantal autonome systemen die interacteren middels een gegeven, vaak in de tijd veranderende, communicatiestructuur. Het mooiste voorbeeld van een complex netwerk is misschien wel het internet. Andere voorbeelden zijn het vliegverkeer boven Europa, een zwerm vogels boven de Bernoulliborg, of een sensor-netwerk in de metereologie of de landbouw. Het analyseren, beheersen, en regelen van dergelijke netwerken is een belangrijk probleem in de systeem- en regeltheorie.

Als laatste voorbeeld van een complex dynamisch systeem noem ik het levende organisme. Bij uitstek is begrip hiervan slechts mogelijk door begrip van de interacties tussen talloze componenten (zoals genen, proteïnen, biochemische reacties). Dit het basisidee van de *systeembiologie*, de studie van het levende organisme beschouwd als netwerk van gekoppelde, interacterende deelsystemen. Systeembiologie kan beschouwd worden als de toepassing van de systeem- en regeltheorie in de moleculaire biologie. Een rijk en vrijwel onontgonnen onderzoeksgebied ligt hier open voor de toekomst. •

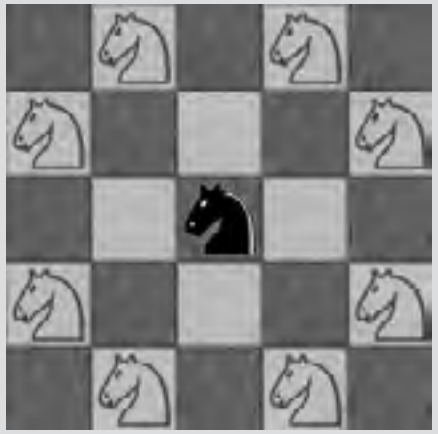
Te paard

Linksom of rechtsom?

DOOR HERBERT KRUITBOSCH

Als computerwetenschapper ben je er niet bang voor; lastige problemen die het leven van het volk makkelijker moeten maken. Je weet wel, met minder lichamelijk en geestelijke inspanning en meer frustratie. Er is bijna geen enkel onderwerp in de informatica dat niet nuttig is toe te passen, zo gebruiken we intelligente systemen om een robot door een doolhof te leiden, enorm grote aanraakschermen om tetris op te spelen en algoritmes om te brekenen hoeveel konijnen je na een aantal maanden fokken hebt. Maar soms wil de informaticus ook een niet-bestaand probleem oplossen.

Dan kom je terecht bij het 'te paard'-probleem [1], één van de opgaven die wij informatici aan het begin van onze studie moeten oplossen. Je bent een oneindig groot schaakbord en op je staat een paard. Op een heel ander vlakje als het paard staat heb je jeuk en wilt dat de ridder van het paard daarheen gaat om even te krabben. Omdat de ridder natuurlijk bezig is met een ontzettend belangrijk toernooi, kan hij of zij niet zomaar even heen en weer lopen. Hij of zij kan precies *n* zetten gebruiken om even te krabben. Op hoeveel manieren kan de ridder dan naar het vakje met jeuk gaan?



FIGUUR 1 zetten van een paard

Als de ridder nog een zet mag doen, dan zijn er precies 8 mogelijke zetten (zie figuur 1). Stel dat *(dx, dy)* de afstand is tussen de ridder en het vakje, dan geldt voor het aantal mogelijkheden:

$$F((dx+1,dy-2),n)+F((dx+1,dy+2),n)$$
$$F((dx+2,dy-1),n)+F((dx+2,dy+1),n)$$
$$F((dx-2,dy-1),n)+F((dx-2,dy+1),n)$$
$$F((dx-1,dy-2),n)+F((dx-1,dy+2),n)$$

Met $n=n-1$. Als je (nog) 0 zetten hebt, dan kunnen er twee gevallen zich voordoen: (1) je staat op het vakje en er is dus 1 manier om daar te komen: $F((0,0),0)=1$, of (2) je staat er niet en er is geen manier om er te komen: $F((dx,dy),0)=0$ voor $(dy,dy)\neq(0,0)$. De ridder kan bepalen op hoeveel manier hij op de juiste plek kan komen, door deze recurrente betrekking uit te rekenen. Maar hoe lang doet hij daar dan over? Iedere keer dat je een $F(\ldots,n)$ wilt vervangen met $F(\ldots,n-1)$, moet je daarvoor *8* nieuwe berekeningen doen. Uiteindelijk weet je pas wat het antwoord is als je bij $F(\ldots,0)$ aaankomt. Je moet dus *n* keer het aantal berekeningen verachtvoudigen. We zeggen dan dat deze manier $O(8^n)$ is. Dat is behoorlijk vervelend, stel je voor dat $n=20$. Inderdaad, een kleine *n* en alsnog grote rekentijd.

Met een paar simpele regels kun je de recursie echter ook eerder laten stoppen. Je weet namelijk dat een paard alleen maar van een zwart naar een wit hokje kan gaan en andersom. Er geld dus dat als *n* even is de kleur hetzelfde moet blijven en anders moet de kleur veranderen. Je kan dan zeggen dat $F(dx,dy,n)=0$ als $dx+dy+n$ oneven is. Daarnaast kun je met een eindig aantal stappen nooit oneindig ver komen. Je weet dus dat $F(dx,dy,n)=0$ zodra $dx>2n$, $dy>2n$ of $dx+dy>3n$.

Dit zijn leuke trucjes, maar is het algoritme echt sneller? In de praktijk wel, maar theoretisch is deze methode nog steeds $O(n^7)$, je kunt dat zien als je op het vakje staat waar je heen moet en *n* even is. Immers kun je dan sowieso de eerste $\frac{1}{2}n$ stappen alle kanten opzetten.

Inmiddels heb je nog steeds jeuk en dus wil je eigenlijk dat je paard wat meer opschiet. Gelukkig is er een andere oplossing, die het een stuk sneller doet. De clue van deze oplossing is dat in tegenstelling tot bij een schaakpartij, het niet uitmaakt in welke volgorde je stappen zet. Je verplaatsing zal altijd hetzelfde zijn. Als je een stap ziet als een paar *(dx, dy)* met de verplaatsing, dan heb je de *8* zetten *(-2,-1), (-2,+1), …, (+2,-1), (+2,+1)*.

Als je twee keer de stap *(-2,1)* en drie keer de stap *(1,2)* dan geldt hoe dan ook dat je verplaatsing $(dx,dy)=2\cdot(-2,1)+3\cdot(1,2) = (-1,8)$. Je zetten kun je dan op *binom(5)(2,3)*. Als je dus voor alle mogelijke stappen de hoeveelheid hebt, $n=n_1+n_2+\ldots+n_8$, dan kun je die op $binom(n)(n_1,n_2,\ldots,n_8)$ volgordes zetten. In formule een formule ziet dit er zo uit:

$$\frac{n!}{n_1!\cdot n_2!\cdot\ldots\cdot n_8!}$$

Feitelijk kun je nu voor alle n_i alle mogelijke waarden bij langs gaan. Dus voor $n_1=[0\ldots n]$, $n_2=[0\ldots n-n_1]$, $n_2=[0\ldots n-n_1-n_2]$, etc. Uiteindelijk weet je dat $n_8=n-n_1-n_2-n_3-n_4-n_5-n_6-n_7$. Dit kun je programmeren met een aantal geneste for-loops. Dat ziet er zo uit:

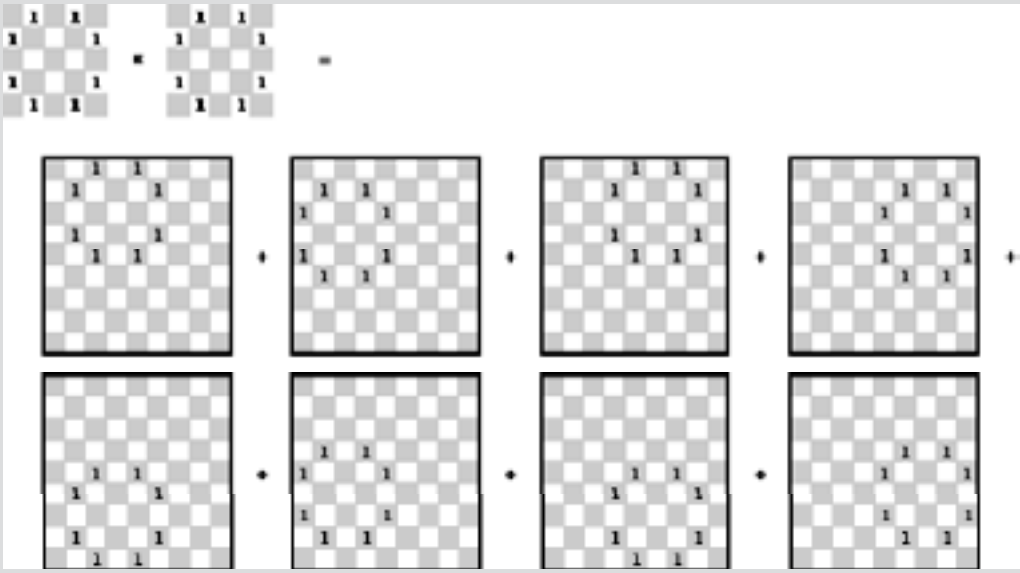
```
sum=0
for n1 = 0 to n
 for n2 = 0 to n-n1
  ..
   for n7 = 0 to n-n1-...-n6
    n8=n-n1-...-n7
    if (n1*(-2,-1)+n2*(-2,1)+..+n8*(1,2) = (dx,dy))
     sum= sum+binom(n, (n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8))
```

Dit algoritme is $O(n^7)$, immers zijn er *7* geneste lussen die allen maximaal *n* stappen duren.

op de middelbare school heb je leren optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en machtsverheffen. Misschien dacht je, als echte kinderbèta, dat je daarmee alle problemen kon oplossen. Ik in ieder geval wel. Dit probleem kunnen we inderdaad op zo'n manier oplossen. We moeten alleen een nieuwe definitie aan al deze operaties toekennen. Het 'getal' waarmee we hier werken is nu een matrix, voor het eerste getal is een *5* bij *5* matrix voldoende, namelijk:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

In iedere cel staat op hoeveel manieren je er kunt komen voor $n=1$, we noemen deze matrix m^1. Om makkelijk te kunnen werken stellen we dat we ook negatieve indices toestaan in de matrix, en dat het midden index *(0,0)* heeft. In principe is de matrix oneindig groot, alleen aan de buitenkant zullen steeds nullen staan. Het idee is dat je deze matrix met zichzelf kunt vermenigvuldigen, dan krijg je m^2. Op die manier kunnen we met m^4 berekenen met $m^2\cdot m^2$ en komen we in $O(log(n))$ stappen dus bij ons antwoord. We zullen echter zien dat dit niet uitkan, omdat iedere vermenigvuldiging duurder is dan wanneer we domweg, zoals ook op de basischool, m^i berekenen met



FIGUUR 2: Een convolutie

$m^{i-1} \cdot m^1$. Dan moeten we echter wel $O(n)$ maal vermenigvuldigen.

Laten we eens kijken hoe je zo'n vermenigvuldiging kunt doen, we willen nu feitelijk voor alle enen in de matrix doen alsof de ridder daar staat en dan bekijken naar welke hokjes hij kan gaan. Dat doen we gewoon door een m_1 met het midden op alle enen in (een andere) m_1 te leggen en die *8* bij elkaar op te tellen. Dan kun je de waarde van een nieuw hokje, $m_i(dx,dy)$, als volgt berekenen:

$$\sum_{p=-\infty}^{\infty} \sum_{q=-\infty}^{\infty} m_{i-1}(p,q) * m_1(dx+p, dy+q)$$

Dit wordt wel een convolutie genoemt, alleen staan er dan op de plek van plusjes (+) minnetjes (-). Omdat m_1 symmetrisch is maakt dit echter niet zoveel uit en voor ons probleem is de plus intuïtiever. De rekentijd van zo'n convolutie van een $n \times n$ matrix met een $m \times m$ matrix is $O(n^2m^2)$. Omdat n_1 slechts 5×5 is, is deze vermenigvuldiging $O(25n^2)=O(n^2)$. Dat is een stuk sneller dan het voorstel om m^{2i} berekenen uit de convolutie van m_i met zichzelf. m_i is namelijk $(2i+1) \times (2i+1)$. Omdat i naar n toe gaat gedurende de berekening kost deze berekening dus $O(n^2 n^2)=O(n^4)$.

Wanneer je m_n wilt berekenen, dan kost dat je n berekeningen van $O(n^2)$ en dit algoritme is dan ook $O(n^3)$. Dat is heel wat beter dan $O(n^7)$. Maar in dit geval heb je het probleem opgelost voor alle $\tilde{n}$ in $[0...n]$ en alle (dx,dy). Het verhaal wat hier dan bijhoort is dat ook dit nog niet zo snel is als het kan, dat lees je in [2]. De probleemstelling van het paard-probleem overigens in [1] te vinden. •

Referenties

[1] *Auteur onbekend*, Handleiding Imperatief Programmeren, Rijksuniversiteit Groningen, oktober 2006

[2] Twan van Laarhoven, Knight in n, twanvl.nl

Een 5 voor het huwelijk

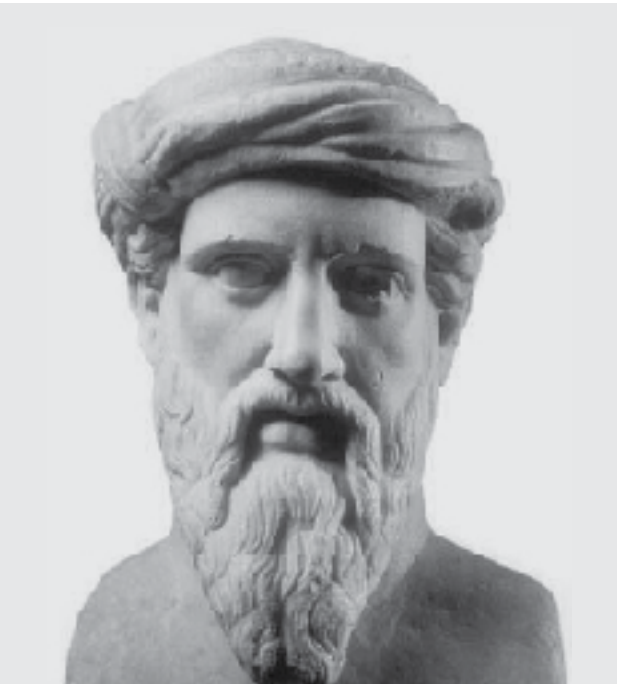
DOOR MARION DAM

Het is algemeen bekend dat $\sqrt{2}$ niet als breuk geschreven kan worden. Dezelfde $\sqrt{2}$ is de lengte van de lange zijde van een rechthoekige driehoek met twee korte gelijkbenige zijdes van lengte 1. Dit volgt uit de stelling van Pythagoras, de stelling van een man die een sekte leidde en geloofde dat er alleen gehele getallen en ratio's hiervan bestonden. Zijn hele levensfilosofie werd ontkracht door zijn eigen stelling toen bleek dat een irrationeel getal als $\sqrt{2}$ wel degelijk bestond.

Bij Pythagoras denken de meeste mensen waarschijnlijk gelijk aan driehoek. Ooit, van 572 v.Chr. tot ongeveer 500 v.Chr., was het een van de slimste mensen, geboren op het welvarende Griekse eiland Samos. Pythagoras kreeg van jongs af aan een goede opleiding. Hij is uiteindelijk de boeken in gegaan als een wiskundige, filosoof, wijsgeer en hervormer.

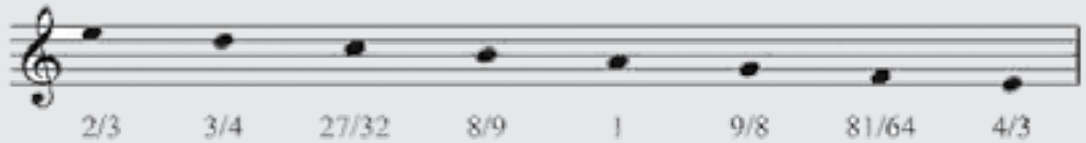
Alles is een getal

Pythagoras hield er wat aparte ideeën op na. Hij streefde bijvoorbeeld naar harmonie en reinheid van de ziel door onder andere kennis te vergaren over getalverhoudingen. Wie dit verband niet meteen ziet, kan dit misschien begrijpen door Pythagoras' ontdekkingen in de muziek. Hij ontdekte bijvoorbeeld dat als je een snaar precies in het midden vastmaakt, de toon een octaaf omhoog gaat. Maak je de snaar vast op 2/3 van de lengte, dan gaat de toon een kwint omhoog. In de notenbalk hiernaast (figuur 1) is te zien hoe zoiets reins en harmonisch als muziek puur gebaseerd is op de verhoudingen van gehele getallen, dat kon natuurlijk geen toeval zijn.



De mensen, de wereld en zelfs het heelal werden volgens Pythagoras beheerst door getalsverhoudingen, getallen zag hij als goddelijk. Hij beschouwde mannen en vrouwen als gelijken, dit baseerde hij op zijn idee over getallen. Hij vond even en oneven getallen ook gelijk en stelde dat er voor mannen en vrouwen een analoog argument moest gelden. Hij associeerde ook begrippen met getallen: zo stond het getal 4 voor gerechtigheid (3×3, gelijk maal gelijk), en stond 5 voor het huwelijk omdat dit de eerste verbinding is tussen het vrouwelijke even en het mannelijke oneven. Het getal 10 beschouwde hij als het volmaakte getal, omdat het de som was van 1, 2, 3 en 4. Dit werd ook wel tetraktus genoemd: de bron en oorsprong van alle dingen. Het bevat alle getallen die nodig zijn om de voornaamste toonverhoudingen te definiëren.

Pythagoras had niets met empirisch onderzoek, omdat de getallen niet met het blote oog te zien waren. Als voor een verschijnsel de wiskundige relaties waren ontdekt, dan beperkte het onderzoek zich daarna tot het denken binnen de 'sfeer van het ideële'. Het denken was namelijk superieur aan zintuiglijke waarnemingen.



FIGUUR 1 De verhoudingen tussen de verschillende noten zijn fracties van gehele getallen.

Pythagorisme

Gebaseerd op deze abstracte filosofie, werd er een school opgericht door Pythagoras. Dit gebeurde in 530 v.Chr. in het Italiaanse Croton. Hoewel hier eerst de getallenleer op bovennatuurlijke wijze werd toegepast, werd hier later – net als in de Griekse wereld – wiskunde op de huidige wetenschappelijke wijze beoefend. De leerlingen werden Pythagoreërs genoemd. Ook Plato (427-347 v.Chr.) wordt tot de Pythagoreërs gerekend. Zijn gedachtengoed is erg beïnvloed door deze stroming.

Pythagoreërs gaan uit van de redenering dat gehele getallen de bron van alles zijn. Dit gaat zelfs zo ver dat men beweerde dat er geen irrationele getallen bestonden. Deze redenering gaat op als je de korte zijdes van een rechthoekige driehoek 3 en 4 neemt, dan is de diagonaal 5. Het drietal 3, 4 en 5 wordt daarom ook een Pythagoreïsch drietal genoemd. Andere voorbeelden hiervan zijn 6, 8 en 10 of 5, 12 en 13. De redenering van gehele getallen gaat mis als men een vierkant neemt met zijdes van 1 en hier de diagonaal van bepaalt. Pythagoreërs waren hiervan op de hoogte en hadden ook bewezen dat $\sqrt{2}$ niet als breuk geschreven kan worden. Dit was een doorbraak voor de wetenschap, maar een debacle voor de filosofie. Daarom verplichtte Pythagoras al zijn volgelingen dit stil te houden voor de buitenwereld. De overlevering vertelt dat een volgeling is vermoord toen deze op het punt stond te onthullen dat irrationele getallen wel degelijk bestonden.

Invloedrijke waanzin

Hoewel deze ideeën complete waanzin lijken, was Pythagoras één van de eersten die religie en wiskunde met elkaar wist te verbinden. Zijn ideeën hebben veel invloed gehad, zelfs op grote filosofen zoals Kant. Dat is echter veel minder bekend dan zijn stelling. Nou ja, 'zijn' stelling… Babyloniërs wisten in zijn tijd allang dat $a^2 + b^2$ gelijk was aan c^2. Dat de stelling echt waar is, daar mag geen twijfel over bestaan: er zijn meer dan 300 bewijzen voor gevonden. Zie bijvoorbeeld [1] voor een site met 75 bewijzen met uiteenlopende plaatjes.

Iets anders wat we aan Pythagoras te danken hebben, is het woord 'kosmos'. Hij was de eerste die het universum zo noemde. Het Griekse woord betekent zoiets als de gelijke aanwezigheid van orde en schoonheid. Ook het woord cosmetica is hiervan afgeleid.

Niemand weet precies hoe het leven van Pythagoras tot een einde is gekomen. Sommigen beweren dat hij zich terugtrok met enkele van zijn volgelingen in een tempel en hier om het leven is gekomen. Een ander verhaal vertelt dat hij verbannen werd uit Romeins gebied en om het leven kwam door een hongerstaking. Zeker is wel dat na zijn dood in 500 v.Chr. zijn school nog flink groeide en politieke invloed kreeg. De school splitste zich op in verschillende kleinere groepen. Hoewel de school veel aanhangers had, waren ook genoeg tegenstanders. Deze grepen rond 460 v.Chr. hun kans om met geweld de macht van de school te beëindigen. Zo werden de gebouwen van de school in brand gestoken. Een bekend huis van de school, het huis van Milo, werd overvallen en 50 Pythagoreërs werden hier op brute wijze afgeslacht.

Van Pythagoras' filosofische ideeën is op papier niets bewaard gebleven, de school raakte in de loop der eeuwen zijn invloed weer kwijt en stierf een stille dood. Toch is het een van de bekendste namen binnen de wiskunde geworden, door een stelling die hij niet eens als eerste bedacht. •

Referenties

[1] www.cut-the-knot.org/pythagoras/index.shtml
[2] science.jrank.org/pages/10928/Pythagoreanism-Number-Cosmos-Harmony.html

GPSchatjes

DOOR SUSAN KLOOSTER

‘Al die dreuzels ook altijd...’ Als je dit hoort zou je bijna denken dat je in de verfilming van het laatste deel van de Harry Potter-reeks beland bent. Maar wat heeft deze door velen geliefde tovenaar nou te maken met schatzoeken? Het zou kunnen gaan over de zoektocht naar de gruzielementen, de voorwerpen die een deel van Hij-die-niet-genoemd-mag-worden zijn ziel bevatten. Hoewel dit ook zeker iets is waar ik graag wat over vertel, bedoel ik wat anders, namelijk geocaching. Een buitensport en spel waarbij je met een GPS-apparaat naar een schat zoekt.

Geocaching is schatzoeken voor volwassenen. Mocht je op dit punt al afgeschrikt zijn omdat je geen GPS-apparaat hebt, dan kan ik je geruststellen: de GPS-ontvanger van een telefoon is in principe voldoende om te kunnen cachen. Je hebt zelfs programma’s voor telefoons die de drie dichtstbijzijnde caches zoeken zodat je op elk willekeurig moment kan gaan cachen. Als je bijvoorbeeld de trein gemist hebt in Amsterdam Zuid, kun je precies een half uur vullen met het zoeken van de dichtbijzijnde cache.

Het begint dus allemaal met het verkrijgen van de coördinaten. Op de officiële geocachingsite [1] staan schatten overal ter wereld. Soms is een schat alleen een logboek waarin je bij vondst je naam en datum kan achterlaten. Andere keren zit er ook een daadwerkelijke schat bij die je mee mag nemen, waarbij je ook een schat moet achterlaten. Hierbij kun je denken aan een stuk speelgoed of een streekproduct. Voor sommige caches moet je eerst meerkeuzevragen beantwoorden waarbij de mogelijke antwoorden corresponderen met cijfers in de coördinaten. Goede antwoorden leveren je dan de goede coördinaten op waar de schat verstopt ligt.

Als je dan met een foutmarge op de juiste coördinaten staat kun je gaan zoeken. Het is de bedoeling dat dreuzels (niet-geocachers) je niet zien. Anders zouden de schatten waarschijnlijk weggehaald worden. Van tevoren kun je opzoeken hoe groot de cache ongeveer is en hoe lastig hij verstopt is. Dat geeft je vaak wat hulp bij waar je moet zoeken. Het is frustrerend als het net gaat regenen als je op de coördinaten staat of dat je zelfs na drie keer zoeken de cache nog niet hebt gevonden. Dit weegt gelukkig totaal niet op tegen de blijdschap die je voelt als je een cache gevonden hebt. Zeker caches die op een heel creatieve manier verstopt zijn waar je zelf nooit aan gedacht zou hebben. Zo vond ik een schat in Japan die met een magneet onder de reling van de brug was verstopt.

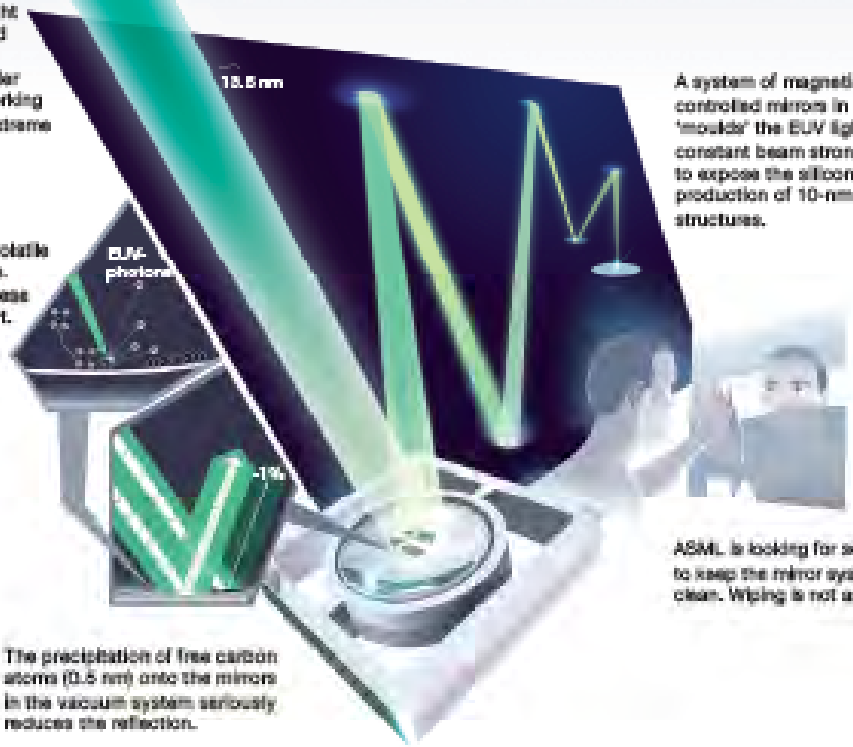
In Groningen zelf zijn al vele schatten, ook op plekken waar je misschien wel dagelijks langs komt. In het Noorderplantsoen liggen bijvoorbeeld vijf schatten. Ik kan niets anders zeggen dat iedereen dit een keer geprobeerd moet hebben. •

Referenties

[1] www.geocaching.com

Tomorrow, we'll be able to make 10-nm-chips. Today, you can figure out how.

Up to now, Deep UV light (193 nm) has been used for chip production. In order to enable smaller chips, ASML is now working on the application of Extreme UV light (13.5 nm).



A system of magnetically controlled mirrors in a vacuum 'moulds' the EUV light into a constant beam strong enough to expose the silicon for the production of 10-nm-chip-structures.

The vacuum contains volatile hydrocarbon molecules. EUV photons smash these organic molecules apart.

ASML is looking for solutions to keep the mirror system clean. Wiping is not an option.

The precipitation of free carbon atoms (0.5 nm) onto the mirrors in the vacuum system seriously reduces the reflection.

For engineers who think ahead

Pacific: Worldwide market leader in chip lithography systems | Market share: 65% | R&D-budget: EUR 600 million | Opportunities for: Physicists, Chemists, Software Engineers, Electrotechnicians, Mechatronicians and mechanical engineers | Choose: ASML.com/careers

ASML

Werken als beurshandelaar

DOOR MARION DAM EN JAKOLIEN VAN DER MEER

Een baan die uitdaging biedt, waarin meteen de resultaten zichtbaar zijn van wat je hebt gedaan, dat is iets waar we allemaal naar op zoek zijn. Als dat gecombineerd kan worden met leuke collega's en een goed salaris, is dat natuurlijk ideaal. Een baan als Flow Trader bij het in Amsterdam gevestigde Flow Traders biedt dat. Maar hoe ziet een dag bij dit bedrijf eruit en wat moet je kunnen om hier te werken?

Jori Kretzers vertelt over zijn ervaring bij dit bedrijf, gevestigd in een modern pand in onze hoofdstad. Hij is hier terecht gekomen na zijn studie Finance & Investments aan de Rotterdam School of Management. Tijdens zijn studie ging hij veel naar recruitment- en in-house-activiteiten, waar hij het bedrijf tegen kwam. Tot zijn eigen verbazing was hij meteen enthousiast, want hij had eigenlijk voor ogen om bankier te worden in een wereldstad als Londen. Zijn stage bij Flow Traders in 2009 beviel echter zo goed dat hij daarna zijn toekomstbeeld overboord had gegooid. In september van datzelfde jaar studeerde hij af en een maand later verwelkomde het bedrijf hem als *Junior Trader*.

Flow Traden

Maar wat doet een *Flow Trader* precies? Jori legt uit dat hij handelt, zoals de naam al zegt. Ze handelen in *Exchange-Traded Funds*, ook wel indexfondsen of ETF's genoemd. Indexfondsen zijn beleggingsfondsen die op de beurs verhandeld worden. Als Flow Trader ben je verantwoordelijk voor grote geldbedragen, daarom begin je met een training. Deze vindt plaats in kleine klassen en behandelt zowel de theorie als de praktijk, daarnaast geven ervaren collega's workshops. Op de vraag of je aan de financiële kennis van de opleiding Econometrie genoeg hebt voor dit beroep, antwoordt Jori: "Het geeft je zeker een voorsprong, maar die voorsprong wordt door de anderen al vrij snel weer ingehaald. Ik heb zelfs een collega die Agricultural Technology studeerde voordat hij hier kwam werken. Het is vooral belangrijk dat je gemotiveerd bent en het tempo bij kunt houden." Na de training, die een paar maanden duurt, begin je zelf te handelen en na een jaar krijg je een vast contract bij Flow Traders.

Van negen tot vijf?

Als je bij Flow Traders werkt, moet je geen negen tot vijf-instelling hebben. Als Jori wordt gevraagd hoe een gemiddelde werkdag eruit ziet, vertelt hij dat hij vaak 's ochtends om half acht het kantoor al binnen komt. Het eerste wat hij doet, is de administratie bekijken van de *trades* van de vorige dag, die 's nachts verwerkt worden. Vervolgens kijkt hij wat er gedurende de nacht bij de markten in Azië en de Verenigde Staten is gebeurd. Daarna zoekt hij uit wat er die dag allemaal gepland staat op het gebied van bedrijfsmededelingen en andere nieuwe onthullingen. Rond negen uur gaan de meeste Europese markten open en begint een nieuwe handelsdag. Hoewel het handelen het grootste gedeelte van je tijd inneemt, is een ander belangrijk onderdeel van de baan het bedenken van nieuwe strategieën. Om aan de top te blijven moeten er namelijk steeds nieuwe en betere manieren gevonden worden om geld te verdienen. Dit moet tussen het handelen door gebeuren. De markt wacht immers niet en moet wel steeds in de gaten gehouden worden.

FLOW TRADERS

Jori Kretzers

Het verschilt per dag hoe druk je bent met handelen en hoeveel tijd je aan je aan het bedenken van nieuwe strategieën kan besteden. Op een drukke dag is de verdeling ongeveer 8 om 2, op dagen dat het rustig is op de markt kan dit zo 6 om 4 zijn. Maar wat gebeurt er als een *trade* niet zo verloopt als gepland? "Probeer van je fouten te leren", zegt Jori, "maar als Flow Traders maken we meestal juist profijt van andermans fouten."

Rond half zes gaan de meeste Europese markten dicht, daarna doe je nog wat administratieve taken of rond je de projecten af waar je aan werkte. Vervolgens is het tijd om nog even naar de relaxruimte te gaan, een ruimte met een Xbox, een pokertafel en meer ontspanningsmogelijkheden. Hier praat je bij met je collega's en drink je nog wat met ze. Voor je het weet is er alweer een uur voorbij voordat je eindelijk richting huis gaat.

Al met al is de werkdag bij Flow Traders een lange dag, maar als je je bedenkt dat je in een markt werkt die eigenlijk 24-7 open is, is dat niet zo gek. Nu houdt een echte Flow Trader nooit op met zijn werk, omdat hij ook buiten werktijd in de gaten houdt wat er in de economische wereld speelt.

Waarom Flow Traders?

Het bedrijf is zeven jaar geleden begonnen en is in die korte tijd uitgegroeid tot de grootste *EFT Market Maker* in Europa. Het heeft ook kantoren in New York en Singapore, die respectievelijk de Amerikaanse en Aziatische markt in de gaten houden.

Wat is nou zo mooi aan Flow Trader zijn? Jori vertelt: "Het bedrijf levert uitzonderlijk goede prestaties vergeleken met zijn *peers*. Dit komt, naar mijn mening, doordat het bedrijf teamwork, creativiteit en innovatie aanmoedigt en de werknemers veel kansen biedt. In het kantoor in Amsterdam heerst een informele cultuur, waar kennis open en snel gedeeld wordt, waardoor informatie altijd snel toegankelijk is. Het werken in het team ging mij hier meteen al gemakkelijk af, wat belangrijk is omdat het handelen hier ook in teamverband gebeurt. Ik krijg een kick van het handelen en het zien van de resultaten die ik bereikt heb door de competitie te slim af te zijn. Onderling zijn we hier best competitief, dit zie je terug in onze aanpak van het werk, maar natuurlijk ook tijdens de spelletjes op de Xbox!"•

Wil je meer weten over werken bij Flow Traders? Kijk dan eens op de website: http://www.flowtraders.com/. Als je geinteresseerd bent in een stage of als je meer informatie wilt, dan kun je contact opnemen met Vivian Noverraz door te bellen naar 020-7996779 of te mailen naar vivian@flowtraders.com. Voor vacatures kun je terecht bij jobs@flowtraders.com.

Ronniy's Receptenhoekje

DOOR RONNIY JOSEPH

Zodra de zon weer begint te schijnen komen bij mij de vakantiegevoelens naar boven. Terwijl het hier warmer wordt, krijg ik de neiging om een goedkoop ticket te boeken bij een niet al te betrouwbare luchtvaartmaatschappij om in een nog warmer land terecht te komen. Helaas is dat collegetechnisch niet echt mogelijk, dus om toch nog enige vakantiegevoelens te krijgen besloot ik om het buitenland naar mij te halen. Het gerecht van deze keer is daarom een Thaise curry.

Volgens mijn moeder kun je een echte curry alleen maar maken met een kast gevuld met tienduizenden potjes met kruiden. Gelukkig verkoopt de gemiddelde toko Thaise currypasta's. Hierdoor hoef je het grootste gedeelte van het werk niet meer te doen en kun je je onder de grootste tijdsdruk nog wagen aan de complexe samenstelling van de Aziatische keuken.

Moeilijkheid:
Aantal personen:
Bereidingstijd: 70 min.

Rundvleescurry met zoete aardappel

Bereiding

Laten we eerst met de makkelijkste taken beginnen. In het geval dat een tocht naar een toko te ver was en je nu dus geen limoenbladeren hebt, kun dit vervangen door de rasp van een limoen. Snijd het rundvlees in blokjes mocht je dat niet gedaan hebben. Als je al deze lichtere taken hebt voltooid kun je overgaan naar de taak die mij persoonlijk het zwaarst valt: het uien snijden. Er zijn vrij weinig gebeurtenissen die mij zo snel aan het huilen krijgen. De ui moet in ringen gesneden worden.

Nu al deze voorbereidingen getroffen zijn is het tijd om olie in een grote pan te verhitten. Kies een grote pan waar je over enkele minuten ook een deksel op kan plaatsen. Maar een andere pan kan natuurlijk ook als deksel gebruikt worden. Bak de ui 2-3 minuten, totdat hij zacht is. Voeg vervolgens het komijnpoeder en de rode currypasta toe en bak deze ongeveer 1 minuut mee totdat de geuren vrijkomen. Voeg vervolgens het rundvlees toe en roer dit even mee. Voeg hierna de kokosmelk, satesaus, vissaus, kaneelstokje, limoenrasp of –blaadjes en 250 ml water toe. Roer dit goed door en breng het aan de kook. De rode currypasta bepaalt in dit gerecht hoe scherp het is. Omdat de currypasta gegaard moet worden is dit het moment om te proeven of de saus scherp genoeg is. Zo nee, voeg dan currypasta toe. Als de saus eenmaal aan de kook is gebracht, kun je het vuur omlaag draaien en de deksel op de pan zetten. Nu kun je de pan 40 minuten met rust laten, al kan zo nu en dan roeren geen kwaad.

Tegen de tijd dat de 40 minuten erop zitten kun je de zoete aardappelen gaan schillen en in blokjes snijden. Zoete aardappel voelt na koken ongeveer hetzelfde aan als de normale Hollandse aardappel. Hij smaakt echter zoals de naam al aangeeft wat zoeter. Zoete aardappel kun je ook gebruiken om er puree van te maken of zelfs zoete aardappelfrieten, maar dat zijn recepten voor een volgende keer. Het is nu waarschijnlijk ook ongeveer tijd om een pan met rijst op het vuur te zetten aangezien rijst ongeveer tien minuten moet koken en daarna nog vijf minuten moet nastomen. Als de 40 minuten voor de curry er eenmaal opzitten kun je de zoete aardappel toevoegen. Laat de saus daarna nog tien minuten doorsudderen. Nu zonder deksel zodat de saus kan indikken. Zodra het vlees gaar is, de zoete aardappel zacht en de saus ingedikt, is de curry klaar om te eten.

Je kan het gerecht eventueel garneren met gehakte pinda's. Ook lekker om hierbij te eten is cassavekroepoek. •

Ingrediënten

- 1 rode ui
- 4 el Thaise rode currypasta (75 g)
- 1 tl komijnpoeder (djinten)
- 2,5 eetlepel satesaus
- 400 ml kokosmelk
- 600 g rundvlees, in blokjes
- 2 grote zoete aardappelen
- 1 kaneelstokje
- 2 limoenblaadjes
- 1 el vissaus
- Zilvervliesrijst
- Water

Referenties

[1] Delicious, maart 2011

Oceaanstromen

DOOR JAKOLIEN VAN DER MEER

We worden er mee doodgegooid, de klimaatverandering. Als we de ergste voorspellingen mogen geloven hebben we in Nederland over 100 jaar tropische temperaturen en is Afrika veranderd in een grote zandbak. Er zijn ook wetenschappers die het tegenovergestelde beweren. De temperatuur zou naar de andere kant kunnen omslaan, wat een ijstijd tot gevolg kan hebben.

Maar het is toch aangetoond dat de temperatuur een stijgende lijn vertoont. Dus wat is dit voor onzin? Uit een historisch oogpunt is dit echter een plausibele aanname, aangezien Europa eerder een dergelijke omslag heeft meegemaakt. In de vroege middeleeuwen was het veel warmer dan nu, terwijl in de 17e eeuw een kleine ijstijd Noord-Europa in zijn greep hield. Historici hebben sterke aanwijzingen gevonden dat de Golfstroom in die tijd een stuk zuidelijker liep dan nu. Het is bekend dat deze golfstroom een belangrijke toevoer van warmte is voor Europa.

Hier komt de wiskunde naar voren. We spreken namelijk van een omslag in het evenwicht, een bifurcatie, wanneer bij verandering van een bepaalde parameter het bestaande evenwicht verandert of verdwijnt. Er is zelfs een heel vakgebied, bifurcatieanalyse genaamd, die onderzoek doet naar de wiskundige achtergrond van bifurcaties. Een stijging van de temperatuur kan een omslag in het evenwichtig verloop van de golfstroom tot gevolg kan hebben, en hierdoor een ijstijd veroorzaken. In dit onderzoek heb ik naar aanleiding van dit probleem onderzocht of verandering van bepaalde parameters in een simpel model van de Atlantische oceaan een bifurcatie tot gevolg heeft.

Natuurlijk is dit een uitdagende onderzoeksvraag want het klimaat is een van de meest complexe systemen die er is. Vandaar dat ik een sterk versimpeld model gebruikt van de oceaan en dientengevolge is het resultaat ook niet als voorspelling te gebruiken. Wel biedt dit een basis voor vervolgonderzoek naar een meer realistisch model, waarbij het aantal dimensies en parameters verhoogd zou kunnen worden.

Oceaanmodel

Om de golfstroom te modelleren heb ik een driedimensionaal kubisch oceaanbassin gebruikt, met randvoorwaarden die gebaseerd zijn op de werkelijkheid. We nemen aan dat er richting de noordpool en bij de evenaar nauwelijks water wegstroomt, aan de oost- en westkant wordt het bassin afgesloten door de continenten Amerika, Europa en Afrika. We hebben in dit geval dus een afgesloten systeem. Na het doen van nog een aantal aannames, waaronder dat de stroming in de verticale richting nul is, komen we op een tweedimensionaal stelsel differentiaalvergelijkingen uit die de oceaanstroming beschrijft:

$$\frac{dA_1}{dt} = c_1 A_1 A_2 - A_1 \; ; \; \frac{dA_2}{dt} = -c_2 A_1^2 - A_2 + c_3 \alpha$$

waar α de windspanning is, ofwel de kracht die wordt veroorzaakt door de windstroming over de oceaan en c_1, c_2 en c_3 zijn bepaalde coëfficiënten afgeleid van fysische parameters die gebaseerd zijn op de werkelijke stroming in de Atlantische oceaan. We moeten echter rekening houden met bepaalde variabele invloeden op de stroming die we niet op deterministische wijze kunnen modelleren. Denk hierbij aan de windsnelheid en -richting en indirect de temperatuur. Deze parameters worden bovendien sterk beïnvloed door een klimaat-verandering. Voor deze variabele invloeden voegen we een stochastische term $\omega dW(t)$ toe aan het model, die wordt gestuurd door middel van een Wiener proces $W(t)$:

$$dA_1 = (c_1 A_1 A_2 - A_1)dt$$

$$dA_2 = (-c_2 A_1^2 - A_2 + c_3 \alpha)dt + c_3 \omega dW(t)$$

Een Wienerproces is een continu stochastisch proces dat bestaat uit een opeenvolging van stapjes waarbij de stapgrootte naar nul wordt gestuurd.

Stochastische differentiaalvergelijking

Het probleem is dat deze stochastische differentiaalvergelijkingen niet met de gebruikelijke methoden op te lossen zijn. Er zijn daarom manieren ontwikkeld om deze vergelijkingen alsnog op te kunnen lossen. De eerste, meest voor de hand liggende methode, is om een eindig aantal simulaties uit te voeren voor willekeurige waarden van het (gediscretiseerde) Wiener proces en hiervan het gemiddelde te nemen, dit heet de Euler-Maruyama benadering.

Een andere methode, die wat statistische berekeningen vereist, is om het stelsel vergelijkingen eerst om te schrijven naar een andere vorm en deze nieuwe vergelijking op te lossen. Dit houdt in dat we de vergelijkingen schrijven als de som van een deterministische en stochastische term en hiervan de kansdichtheidsfunctie bepalen, via de Fokker-Planck vergelijking. Hierbij is het dus niet nodig om meerdere oplossingen te berekenen en het gemiddelde te nemen. Zoals te verwachten valt, geeft de tweede methode een betere uitkomst.

Bifurcaties

Om terug te komen op de onderzoeksvraag, bekijken we de bifurcaties die optreden. We variëren de parameter α die voor de stochastische term staat en kijken wat er gebeurd met het evenwicht. Bij een waarde van $\alpha = 3.1$ en $\omega = 0.1$ splitst het stabiele evenwicht zich in twee stabiele evenwichten en een zadelpunt. Dit wordt ook wel de *Pitchfork* bifurcatie genoemd, vanwege de karakteristieke vorm van de bifurcatie. Andere voorbeelden van bifurcaties die kunnen optreden zijn de *Saddle-node* bifurcatie of de *Hopf* bifurcatie. Bij de laatste kan het zomaar gebeuren dat twee evenwichten samenkomen en elkaar 'uitdoven'. De Hopf bifurcatie vormt de overgang van een (in)stabiel evenwicht naar een (in)stabiele limiet-cyclus, een cyclisch evenwicht.

Globale bifurcaties, die alleen gedetecteerd kunnen worden door naar het globale plaatje te kijken zijn moeilijker te vinden. Wel schijnen ze regelmatig in de natuur voor te komen en kunnen ze zeer drastische effecten hebben. Zie bijvoorbeeld het proefschrift van dr. van Voorn, die gepromoveerd is op een onderzoek naar globale bifurcaties die in ecologische systemen voorkomen en het plotselinge uitsterven van een volledige populatie tot gevolg kunnen hebben. Als dit in ecologische systemen voorkomt, waarom dan niet in meteorologische systemen, die minstens zo complex zijn. Detectiemethoden voor dit soort bifurcaties zijn nog relatief onderontwikkeld en vormen een grote uitdaging voor toekomstig onderzoek naar fysische systemen.

Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat voor het versimpelde model van de golfstroom bij een verandering in de variabele invloed van windsnelheid en -richting er een bifurcatie plaatsvindt die zorgt voor een verschuiving van het evenwicht. Om dit te vertalen naar de werkelijkheid is lastig omdat de oceaan een ontzettend complex systeem is en de windstromingen en richtingen op de lange termijn niet te voorspellen zijn. Wel heeft dit onderzoek duidelijk gemaakt dat stochastische modellen in dit soort situaties hernieuwde inzichten kunnen geven.

Het gebied van de stochastische differentiaalvergelijkingen is nog relatief nieuw en een klein deel van het recente klimaatonderzoek is al aan dit onderwerp gewijd. Het biedt namelijk de mogelijkheid om onzekere invloeden mee te nemen in een model door middel van een stochastische term. Een geschikte manier om deze vervolgens op te lossen is via een indirecte methode die gebruik maakt van de Fokker-Planck vergelijking. Aan de hand van de gevonden oplossing kunnen bifurcaties worden gedetecteerd door middel van variatie van parameters. Moderne bifurcatiedetectiemethoden kunnen hiervoor een uitkomst bieden. Kortom, er zijn nog genoeg onderzoeksmogelijkheden. Dus zo uitgekauwd is het klimaatonderzoek toch niet! •

An Abundance of Katherines

DOOR PAULUS MEESSEN

Hoewel in de literatuur vaak naar de bètawetenschap en techniek wordt verwezen om een verhaal spannend te maken, vinden we in boeken maar zelden een protagonist die inspiratie vindt in de natuur. Na het lezen van *The Curious Incident of the Dog at the Nighttime* van Mark Haddon en *Solar* van Ian McEwan, werd ik door een rechtenstudent deze zomer op een jeugdboek met een wiskundige insteek gewezen waar zij bijzonder van had kunnen genieten.

An Abundance of Katherines (*19 keer Katherine*) van John Green beschrijft de roadtrip die het jonge wonderkind Colin Singleton onderneemt nadat hij voor de 19e keer gedumpt wordt door een meisje dat Katherine heet. Samen met zijn vriend Hassan komt hij terecht in een klein, rustig dorpje. Aldaar worden ze rondgeleid door een meisje met wie ze al gauw bevriend raken. Haar moeder biedt de jongens een baan aan en ze besluiten de rest van de zomer in het dorpje te blijven in de hoop dat Colin over zijn verdriet om Katherine heen komt.

Het Eurekamoment staat centraal in dit verhaal. Colin is zeer bewust bezig met zijn status als wonderkind. Er is een aanzienlijk aantal wonderkinderen op deze wereld maar slechts zeer weinig worden ook daadwerkelijk een genie. Het verschil tussen de twee is simpel. Wonderkinderen zijn in staat om in zeer korte tijd iets te leren wat door iemand anders al bedacht is, maar genieën kunnen ook zelf nieuwe ideeën bedenken. Voor Colin is het daarom heel belangrijk om een Eurekamoment te hebben.

Colins Eurekamoment bestaat uit twee fasen. Het begint met de inspiratie, het moment waarop hij zijn vermoeden krijgt. Vervolgens probeert hij dit vermoeden te bewijzen. Al snel blijkt echter dat zijn theorie niet helemaal klopt. Colin zet toch door en slaagt erin zijn werk op een lijn te krijgen met de werkelijkheid. Dat moment van helderheid, vrolijkheid en het op zijn plaats vallen van de puzzelstukjes wordt in het boek mooi beschreven.

De manier waarop Collin deze gewaarwording beleeft, is zeer spectaculair vergeleken met de blijheid die wij voelen wanneer we een puzzeltje oplossen. In *A Beautiful Mind* zien we een vergelijkbare dramatisering van de gebeurtenis wanneer John Nash (Russel Crowe) in een bar zijn nobelprijswinnende theorie formuleert. We horen bijna de klik in zijn gedachten wanneer alles op zijn plaats valt en gaan mee in de extase die op zijn ontdekking volgt. Deze dramatiek stoelt op een kern van waarheid.

Psychologen hebben studies gemaakt van dit fenomeen, het zalige gevoel dat samenvalt met een moment van helderheid na het oplossen van een probleem. Mensen blijven leren omdat ze daarvoor in hun hoofd beloond worden met dopamine dat ervoor zorgt dat je je gelukkig voelt. Zo'n Eurekamoment kun je dus een beetje zien als een intellectueel orgasme.

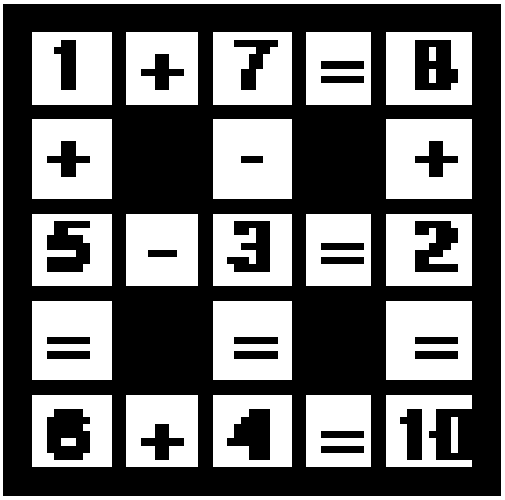
Onze protagonist formuleert een theorie die de duur van een relatie voorspelt en aangeeft wie dan wie dumpt. Deze ontdekking biedt hem de mogelijkheid om zijn verdriet om Katherine een plaats te geven. Het is echter geen perfecte voorspelling maar een subjectieve samenvatting van een serie metingen. Het is echter wel een leuke formule waar ook alfa's een beetje mee kunnen spelen.

An Abundance of Katherines is een goed jeugdboek met een verhaal dat makkelijk wegleest, bijvoorbeeld als je op een warme dag met een ijsje in het Noorderplantsoen zit. Een echt wiskundig boek, zoals *De Telduivel* van Hans Magnus Enzensberger is het niet. Dit boek is vooral voor de jonge mensen die zich afvragen waarom jij zoveel lol beleeft aan een harde bètastudie. Na het lezen van dit boek zullen ook zij begrijpen wat de kick is die jij krijgt uit het oplossen van puzzels en problemen. •

Vorig Breinwerk

DOOR DE REDACTIE

De wiskundige die in de vorige perio een beveiligingssysteem voor de SafeVault type 300X1.3 moest bedenken, is ontslagen. Zijn laatste redmiddel bleek grove fouten te bevatten: waar hij beweerde dat er maar één oplossing mogelijk was, lieten de oplettende Perio-lezers zien dat er verscheidene oplossingen mogelijk waren voor de puzzel. Alleen al vanwege symmetrie konden uit een oplossing meerdere antwoorden worden gevonden, maar ook konden verschillende getallen gebruikt worden. Een oplossing staat hiernaast. De wiskundige is zijn naam en faam kwijt en is nederig teruggekeerd naar de schoolbanken. Wij feliciteren Frank Lefeber met het winnen van de prijs: het boek *The Grand Design* van Stephen Hawking. •



Nieuw Breinwerk

DOOR SUSAN KLOOSTER

Terwijl ik diep zat na te denken over een nieuw breinwerk overhoorde ik een gesprek tussen twee professoren. Een onafhankelijke derde had hen twee verschillende getallen gegeven en gezegd dat ze deze getallen aan niemand mochten vertellen, dus ook niet aan elkaar. Professor van der Schaaf had de som gekregen van twee getallen en professor Krijnt de som van de kwadraten van deze getallen. De professoren wisten wel van elkaar dat de ene de kwadratensom en de ander de gewone som had gekregen, maar ze wisten dus niet van elkaar welk getal ze hadden gekregen. Na een kort gesprekje, dat hieronder staat uitgeschreven, riep professor Krijnt uit dat hij wist om welke getallen het ging. Nu vraag ik mij al dagen af hoe professor Krijnt dit kon weten en wat nu de oplossing is. Stuur dit voor 1 juli met een heldere motivatie naar perio@fmf.nl. Onder de juiste inzendingen verloten we een kompas. •

K (Krijnt): 'Ik weet niet wat de getallen zijn.'
S (Schaaf): 'Ik weet niet wat de getallen zijn.'
K: 'Ik weet niet wat de getallen zijn.'
S: 'Ik weet niet wat de getallen zijn.'
K: 'Ik weet niet wat de getallen zijn.'
S: 'Ik weet niet wat de getallen zijn.'
K: 'Maar dan weet ik wat de getallen zijn!'

Canarische Communes

DOOR ANNEMIEKE JANSSEN

Een klein eiland in de Atlantische oceaan, een paar honderd kilometer bij de Marokkaanse kust vandaan. Af en toe waait er een tropische storm en zwart vulkaanzand bedekt de stranden. De mensen zitten voor hun huis een sigaretje te roken, kakkerlakken en hagedissen vinden hun weg in de straten. Niet de meest voor de hand liggende plek om te gaan studeren zou je zeggen. Alhoewel, bovenop de berg van dit vulkaanische eiland bevindt zich een observatorium: de *Isaac Newton Group of telescopes* (ING) in La Palma.

Het leek me best leuk om daar een poosje te studeren. Dus toen de kans voorbij kwam om er een jaar heen te gaan, heb ik dat ook gedaan. Het bleek goed te passen in de master die ik momenteel doe: de instrumentatierichting binnen de sterrenkunde. Dit jaar doe ik mijn masteronderzoek, ben ik *support astronomer*, probeer ik wat van het eiland te genieten en leer ik Spaans. Al met al genoeg om je een jaar bezig te houden.

Een eilandje op een eiland

Voor velen is La Palma een vakantie-eiland en dat is natuurlijk niet voor niks. Ik heb enige jaloerse reacties mogen ontvangen voordat ik wegging: het moet fantastisch zijn om daar voor een heel jaar naar toe te mogen! Dat is ook wel een beetje zo. Inderdaad was het weer hier 's winters best aangenaam. Er is ook niks mis mee om na het werken even naar de zee te lopen of op het dakterras in de zon te zitten.

Er is alleen een ding waar ik waarschijnlijk nooit aan zal wennen. De ING is een soort commune, een klein eilandje op een eiland. Hierbuiten ken ik niemand, op de zwervers en winkelmedewerkers in de hoofdstraat van Santa Cruz na. Elke dag werk ik met dezelfde mensen als met wie ik samen woon, uit eten ga en naar feestjes ga. Af en toe geeft dat het gevoel in een soort realityshow terecht te zijn gekomen waar ik een beetje paranoïde van word. Gelukkig leer ik op dit moment wat mensen buiten Santa Cruz kennen. Er is een wandelclub waar je eigenlijk lid van moet zijn om mee te mogen, maar ik kende iemand die bevriend was met een van de oprichters, dus mocht ik ook een keer mee. Met een groep wordt er rustig gewandeld, wijn gedronken en gekletst. Het leukste is de lunch na afloop, met paella, cake en verse sigaren (door een van de wandelaars zelf gemaakt). Hier leer je het goede leven van de Canarische eilanden kennen. Er is ook van alles te doen op de andere eilanden, zo ga ik binnenkort beginnen met een klimcursus op Tenerife. Zodra ik weer buiten Santa Cruz kom, zie ik gelijk hoe mooi het hier is.

Waar het om gaat in een observatorium

Als je als student naar de ING komt, werk je ook een aantal dagen per maand als support astronomer. Dit houdt in dat je waarnemers op de *Isaac Newton Telescope* een introductie geeft. Op zo'n dag ben ik meestal rond 13:00 uur op de telescoop om de juiste filters in het filterwiel te doen. Als de waarnemers een paar uur later komen, maken we een rondje langs alles wat ze moeten weten en help ik ze tijdens de eerste uren van de nacht. Rond middernacht kunnen ze het meestal wel alleen en ga ik naar de *residencia*. De residencia is een hotel bij de telescopen waar *support astronomers*, *telescope operators* en waarnemers kunnen slapen. De volgende dag ga ik dan weer naar Santa Cruz waar ik in een huis woon met nog twee andere support astronomers. Soms hebben we d-nachten, dit zijn de eerste nachten na een instrumentwisseling. Ze worden gebruikt voor testen en onze eigen waarnemingen als daar tijd voor is. Dit zijn lange nachten, vooral in de winter, maar het is ook wel leuk. Als ik na zo'n avond onder een heldere sterrenhemel of vlak na zonsopkomst naar de *residencia* rijd, denk ik: 'yes, weer gelukt!'

Waar het écht om gaat: afstuderen

Uiteindelijk moet er natuurlijk gestudeerd worden. Samen met een aantal mensen van de ING probeer ik wat problemen met een instrument op de *William Herschel Telescope* (WHT) op te lossen. Het instrument, ACAM, kan gebruikt worden als spectrograaf en als beeldvormer. Kort samengevat zijn we bezig met drie onderwerpen:

(1) Sommige filters geven beelden van slechte kwaliteit. De sterren worden wazige vlekken in plaats scherpe punten. De filters introduceren zogenaamde 'golffrontverstoringen'. Het licht dat we ontvangen van een object aan de hemel kun je zien als een hele reeks golffronten. In de ruimte zijn deze golffronten vlak maar door de atmosfeer worden ze een beetje verstoord en door de telescoop of instrument kan het nog erger verstoord raken. We hebben de verstoringen van de filters gemeten zodat we nu in elk geval kunnen voorspellen welke slechte beelden geven. Deze metingen vertellen ons ook wat soort verstoringen er zijn. Een ervan is *defocus*: het filter werkt onbedoeld als een lens die het beeld uit focus brengt. Dit is handig om te weten omdat we hiervoor kunnen corrigeren door een van de spiegels een klein beetje te verplaatsen.

(2) Tijdens nachten rond volle maan worden er heldere strepen op de waarnemingen gezien. Op de een of andere manier komt er maanlicht in het instrument, zelfs als je een object bekijkt dat niet vlak naast de maan staat. Het is nog niet duidelijk waar het licht naar binnen komt. Met allemaal testen proberen we er achter te komen hoe groot het probleem is en wat we eraan kunnen doen.

(3) Zoals gezegd kan ACAM op twee verschillende manieren gebruikt worden: als beeldvormer en als spectrograaf. Je kan heel makkelijk van de eerste naar de tweede overstappen door een dispersie-element in de lichtbaan te plaatsen. Zo'n element splitst het licht naar golflengte, een prisma is het bekendste voorbeeld. Nu gebruiken we geen prisma maar een grism, een wat geavanceerdere variant. Deze was al besteld en gemaakt toen ik hier begon. Als deze binnenkort arriveert mag ik helpen om het in ACAM te plaatsen.

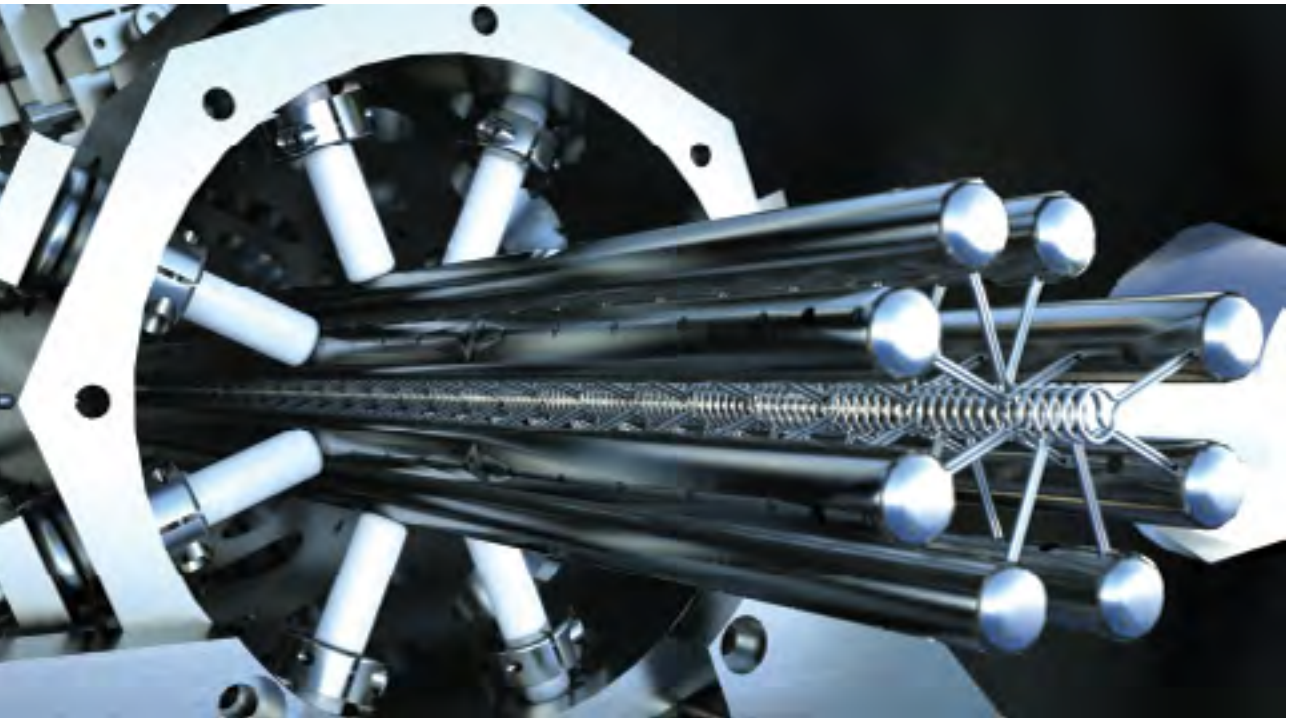
Wat me wel aanspreekt binnen zo'n observatorium is dat dingen uiteindelijk gewoon moeten werken. Het is heel leuk dat dingen in theorie werken, of dat je na een aantal aannames en simplificaties een makkelijk op te lossen formule over hebt. Maar als je metingen dan niet kloppen heb je er niet zoveel aan. Deze conclusie komt niet helemaal uit de lucht vallen... Afgelopen week kwamen we erachter dat de meetopstelling voor de filters toch lastiger in elkaar zat dan we dachten. Er moet even goed naar gekeken worden om zeker te weten dat de resultaten die we eruit krijgen kloppen. Anders heb ik weer iets om op te lossen, het moet natuurlijk wel een beetje spannend blijven. •

Cool Cold Molecules

DOOR SAMUEL HOEKMAN EN STEVEN HOEKSTRA

Op het KVI is afgelopen jaar in de groep van Steven Hoekstra een molecuulafremmer gebouwd. Met behulp van deze machine kunnen moleculen worden stilgezet, die vervolgens gebruikt kunnen worden om door precisiemetingen met lasers het standaardmodel in detail te testen. Ik heb mijn afstudeeronderzoek in deze groep gedaan, in dit stuk kun je dan ook lezen wat we doen en waarom moleculen koud maken zo leuk is!

Elementaire deeltjes, bijbehorende symmetrieën, interacties van de elektromagnetische, zwakke en sterke kernkracht en hun mediatoren worden in het Standaard Model (SM) onder een noemer gebracht. Het SM kan een groot aantal experimenten verklaren en is dan ook redelijk succesvol te noemen. Toch is het geen volledig model, dat alles kan verklaren. Daarom bouwt men het SM vaak uit tot exotische modellen met andere deeltjes en symmetrieën. Dit uit zich bijvoorbeeld in een mogelijke grotere waarde van het elektrisch dipoolmoment van het elektron (eEDM). Als het elektrisch dipoolmoment van het elektron niet nul is, wat zou betekenen dat het elektron niet perfect rond is, dan zou zowel P and T symmetrie geschonden zijn. Binnen de (experimentele) deeltjesfysica staat het onderzoeken van deeltjes, hun eigenschappen en de grenzen van symmetrieën centraal. Fysici doen dat op twee manieren, de eerste manier is bijvoorbeeld met hoge-energiebotsingen zoals die gedaan worden in de Large Hadron Collider van het CERN om bijvoorbeeld het Higgsdeeltje te vinden. De tweede manier is zoals dat in Groningen op het Kernfysisch Versneller Instituut (KVI) gedaan wordt, namelijk met kleinschalige hogeprecisie-experimenten in een laag-energetisch regime. Op deze manier kunnen ondergrenzen van symmetrieën in of voorwaarden en parameters van het SM onderzocht worden.



Wat moeten we meten?

Twee van de meest interessante observabelen die uit de hierboven beschreven schending van de fundamentele discrete symmetriën tevoorschijn komen zijn een mogelijk elektrisch dipoolmoment van het elektron eEDM en de directe observatie van pariteitsschending. De pariteit wordt maar heel zwak geschonden [1,2]. Centraal in de zwakke wisselwerking, en dus ook in pariteitsschending, is het Z^0 boson, die wordt bij de zwakke wisselwerking onder andere tussen elektronen en kernen uitgewisseld. Deze wisselwerking is voor een deel afhankelijk van de kernlading, Z.

De spectra van atomen en moleculen worden gedomineerd door de electromagnetische wisselwerking. Maar bij voldoende nauwkeurig meten is ook de invloed van de zwakke wisselwerking zichtbaar, bijvoorbeeld als een zeer kleine verschuiving van bepaalde energieniveau's ten opzichte van elkaar. Het meten van deze verschuiving geeft je dus informatie over de mate van pariteitsschending.

Waarom koude moleculen?

Door hun complexere structuur hebben bepaalde moleculen een grotere gevoeligheid dan atomen voor bepaalde aspecten van de zwakke wisselwerking. Het lijkt daarom misschien opmerkelijk dat pariteitsschending in moleculen nog nooit gemeten is. Dit heeft weer alles te maken met die complexiteit van moleculen en de technieken om zeer nauwkeurige metingen aan moleculen te doen. De theoretische methoden om zeer nauwkeurige berekeningen te kunnen doen hebben zich in de afgelopen jaren sterk ontwikkeld. De metingen van pariteitsschending worden nu pas, met de komst van 'koude moleculen', mogelijk gemaakt.

Voor het experiment dat we op het KVI aan het opzetten zijn is gekozen voor het molecuul SrF, Strontium(mono)fluoride, omdat het een aantal interessante eigenschappen heeft die van pas zullen komen bij ons experiment.

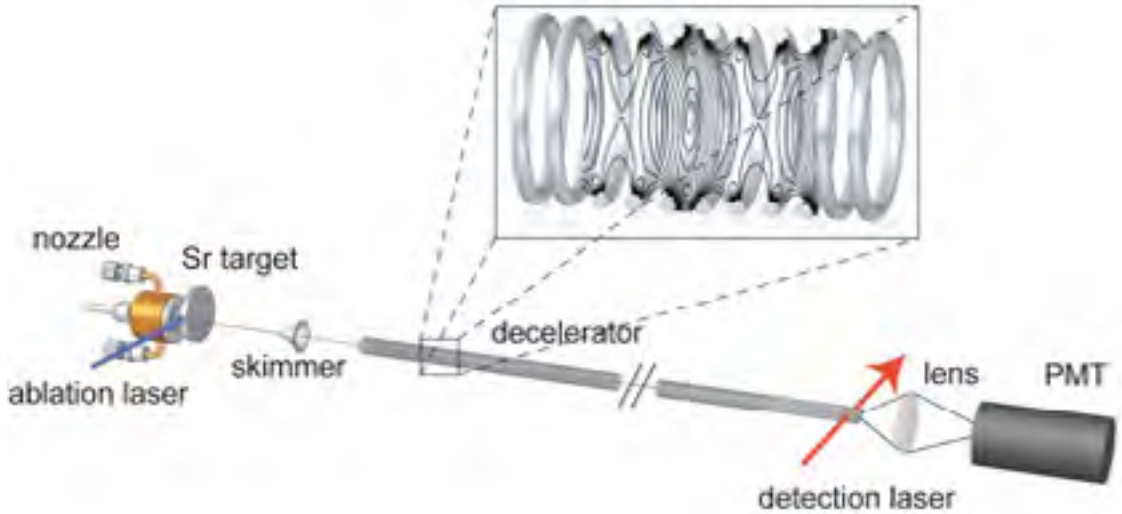
SrF is een zwaar, diatomisch en radicaal (reageert zeer snel met andere moleculen en atomen omdat het een vrij elektron heeft) molecuul. De effecten van pariteitsschending zijn doorgaans groter in zwaardere moleculen en omdat het een radicaal is heeft het een groot dipoolmoment en is het ontvankelijk voor elektrische velden. Dit is essentieel voor de door ons gebruikte methode om de moleculen af te remmen en stil te zetten. Daarnaast is de kwantumstructuur van SrF is zodanig dat het zich makkelijk kan laten laserkoelen.

Moleculen koelen

Om uiteindelijk een meting te doen willen we koude moleculen hebben, moleculen met weinig interne energie ofwel een lage temperatuur. Dit verhoogt namelijk de gevoeligheid van de meting. Om moleculen koud te krijgen, we willen de moleculen tot een aantal microkelvin afkoelen, gebruiken we twee sequentiele aanpakken: allereerst remmen we moleculen af met een zogenoemde Starkafremmer om vervolgens verder af te koelen met behulp van lasers. Op de volgende pagina staat een schematisch overzicht van hoe de afremmer er uit ziet. De moleculen worden gemaakt door met een krachtige en gepulste laser op een target van SrF_2 en Borium te schieten.

Pariteit

Een van de symmetrieën van het SM is pariteit (parity P). Bij een proces (verval van een deeltje bijvoorbeeld) is pariteit behouden als alle eigenschappen hetzelfde zijn als we naar het spiegelbeeld van dit proces kijken. Pariteit is echter geen behouden symmetrie: sinds 1956 weten we dat pariteit een zogenoemde 'gebroken' symmetrie is in de elektrozwakke interactie. Het blijkt dat alleen linkshandige componenten van systemen een elektrozwakke interactie hebben in het SM.



Dit proces wordt ablatie genoemd, er wordt een krater gemaakt op de target met daarboven een hele hete plasmawolk. Daarin bevinden zich onze moleculen SrF en ander puin. Door vervolgens een gas door de ablatiekamer heen te laten expanderen richting de afremmer, worden de moleculen meegenomen om afgeremd te worden.

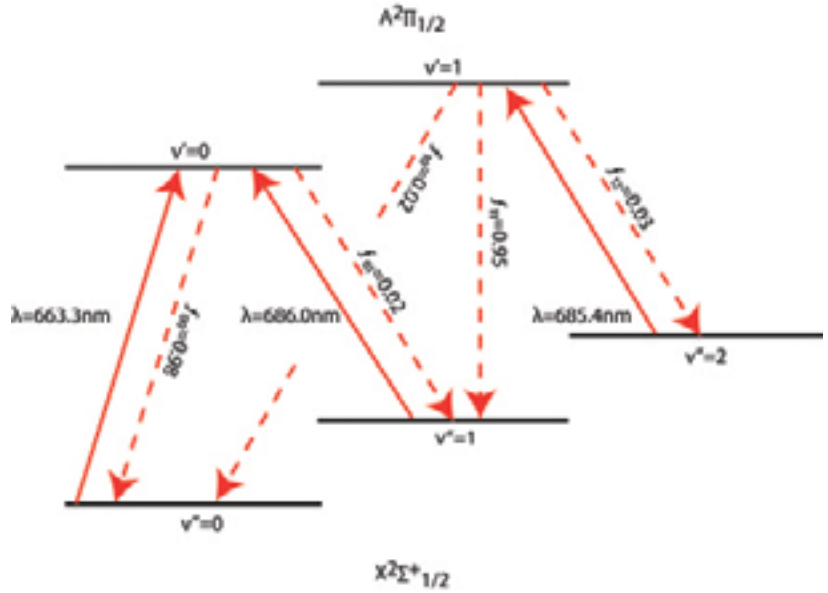
De Starkafremmer

Een extern elektrisch veld heeft invloed op de potentiele energie van een molecuul, beter gezegd in een elektrisch veld worden de energieniveau's van een molecuul verbreed. Dit staat bekend als het Starkeffect welke door Johannes Stark in 1913 voor het eerst is waargenomen bij een waterstofatoom. Moleculen die een lagere potentiële energie hebben bij een lage elektrische veldsterkte zullen naar deze velden toe bewegen, je kunt het vergelijken met een balletje dat in een kuil rolt. Dit principe kunnen we gebruiken om moleculen af te remmen en daarvoor zijn we nu bezig om een Starkafremmer te bouwen.

Het principe van deze Starkafremmer is ontwikkeld in de groep van prof. Gerard Meijer in het Fritz-Haber Instituut in Berlijn, daar is in een eerste experiment een korte afremmer gebruikt om CO moleculen af te remmen. Wij willen zwaardere moleculen afremmen dan tot nu toe is gedaan, daarom zullen we de langste Starkafremmer ter wereld moeten bouwen: de afremmer zal vijf meter lang worden. De afremmer bestaat uit tien modules van vijftig centimeter. Elke module heeft acht stangen met elk tweeënveertig elektroden. Nog niet zo heel lang geleden is de eerste module afgemaakt, zie pagina 28. Het heeft veel overleg, denkwerk en planning vereist om van concept tot product te komen en zo'n module te maken. Het resultaat mag er dan ook zijn. Het mooie aan deze module is, is dat hem we helemaal zelf op het KVI hebben gemaakt. Op elke stang, en dus de elektroden, wordt een verschillend hoog voltage gezet zodanig dat er een periodiek elektrisch veld over de hele module ontstaat. In alle minima van dit veld worden vervolgens moleculen aangetrokken en ingevangen. In eerste instantie bewegen deze minima met de binnengekomen moleculen in de afremmer mee, maar door de frequentie te veranderen van het periodieke veld is het mogelijk om de snelheid kleiner te maken en de moleculen af te remmen.

Laserkoeling

Laserkoelen laat zich het beste uitleggen met een simpel twee niveau systeem: er is een elektronische grondtoestand |g> en een aangeslagen toestand |e>. Een molecuul kan door een laser worden aangeslagen op zijn resonantiefrequencie en van |g> naar |e> gebracht worden. Na een korte tijd, in de orde van nanoseconden, valt het molecuul dan terug onder uitzending van (fluorescent) licht. De impuls van de invallende foton wordt verandert, hierdoor onstaat een impulsverandering van een molecuul, die gebruikt kan worden om de beweging van moleculen te beinvloeden. Helaas is het laserkoelen van moleculen niet zo eenvoudig als hierboven geschetst. Moleculen hebben namelijk een veel rijkere interne structuur dan twee niveau's. De rijke interne structuur van moleculen bestaat omdat moleculen kunnen vibreren en



roteren, waardoor er binnen de elektronische toestanden vele vibrationele en rotationele toestanden ontstaan. Al deze verschillende toestanden zijn dus mogelijke kandidaten voor het molecuul om naar toe te gaan nadat het eenmaal aangeslagen is. Het is daarna niet meer mogelijk om het molecuul nog een keer met dezelfde laser aan te slaan; iedere toestand heeft een eigen resonantiefrequentie.

In de bovenstaande figuur is te zien hoe dat de interne structuur verandert als alleen nog maar gekeken wordt naar vibrationele toestanden. Reken daar nog een paar rotationele toestanden bij en je ziet al dat er best wat lasers zouden kunnen komen kijken bij het laserkoelen van moleculen. Gelukkig voor ons heeft het SrF molecuul een aantal eigenschappen die van pas komen bij het laserkoelen ervan. Voor het vibrationele gedeelte is het zo dat 98% van de populatie in de aangeslagen toestand terugvalt naar de grondtoestand. Daarnaast heeft de rotationele grondtoestand een hoger baanmoment dan de aangeslagen toestand waardoor het molecuul, dankzij een selectieregel voor transities, alleen maar naar dezelfde rotationele grondtoestand terug kan vallen.

We hebben bij het laserkoelen van dit molecuul ook te maken met hyperfijnverschuivingen vanwege de kernspin van het molecuul. Deze verschuiving is gelukkig vrij klein, waardoor we dit met een opto-elektronische truc kunnen oplossen. We laten het laserlicht door een soort kristal gaan dat zich in een elektrisch veld bevindt, door nu het elektrisch veld te varieren kunnen we de frequentie van het laserlicht zo verschuiven dat het de hyperfijnverschuiving compenseert.

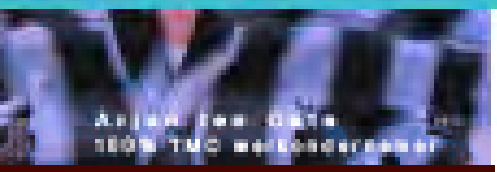
In 2010 is het molecuul SrF voor het eerst gelaserkoeld, en hiermee zijn onze vooruitzichten om ultrakoude moleculen te maken beter geworden. In dit experiment is een bundel van moleculen een aantal millimeter in diameter gereduceerd, daarmee is de temperatuur naar enkele millikelvins gedaald. Echter, het laserkoelen van moleculen blijft nog een behoorlijke uitdaging en er zijn nog een aantal onderdelen die opgelost moeten worden [3].

Nu we een module af hebben werken we samen met de VU Amsterdam om er een eerste afremming mee te doen. Op dit moment worden in onze werkplaats de onderdelen voor de volgende drie modules gemaakt en ik houd mij bezig met het volbouwen van de lasertafel om een opstelling voor de laserkoeling en –detectie van de moleculen te maken. Al met al is dit een heel nieuw experiment naar fundamentele natuurkunde met nog veel uitdagingen. Binnenkort beginnen we met de eerste echte afremexperimenten en met de laserkoeling van moleculen. Daar is nog voldoende werk te verrichten! Als je meer wilt weten over onze groep en het experiment dat we aan doen zijn dan ben je van harte welkom om eens te komen kijken! •

Referenties

[1] W.C. Haxton, Atomic Parity Violation and the Nuclear Anapole Moment. Science Vol. 275, No. 5307, p. 1753. (1997)
[2] Kozlov en Labzowsky, Parity violation effects in diatomics. J Phys B-At Mol Opt 28, 1933 (1995)
[3] E.S. Shuman, J.F. Berry en D. DeMille, Laser cooling of a diatomic molecule. Nature, Nature 467, 820. (2010)

Een sterk netwerk



Arjan van Gils
TEON TMC medewerker

Na mijn studie Technische Natuurkunde heb ik 14 jaar werkzaam gewerkt in de halfgeleiderindustrie (ASML, NXP). Een interessante en enerverende bedrijfstak. Als engineering manager van een materiaal heef ik de 'klant' TMC al heel lessen als een prima organisatie, voor gemotiveerde en deskundige mensen werken. Toen ik mij op zoek was naar ander werk was TMC voor mij een interessante optie.

[redacted]

TMC Physics

TMC Physics B.V. Rijnkade/Arcom 107 - Postbus 701 - 5600 AS Eindhoven - Tel: 040 239 2000 - Fax: 040 239 2070 - info@tmc.nl - www.tmc.nl

Semaforen

niet over honden en uitvindersbaasjes

DOOR MARK IJBEMA

Je kent Semafoor en Dommel vast wel van de televisie. Dit artikel gaat echter niet over die dikke hond en zijn warrige uitvindersbaasje. Al moet ik wel toegeven dat ik daar nog steeds vaak aan denk, ondanks dat ik al een half jaar aan het afstuderen ben op andere semaforen. De semaforen waar ik het over heb lijken meer op de semaforen van het spoor, namelijk degene die voorkomen dat de treinen in je computer op elkaar botsen.

Er botsen natuurlijk niet echt treinen in je computer. Toch wil je soms voorkomen dat dingen door elkaar gaan, net zoals bij treinen niet op hetzelfde stuk spoor horen. Stel je voor, je hebt een website en je wilt bijhouden hoeveel bezoekers je hebt. Je zou dan een simpel programma kunnen schrijven dat dit bijhoudt:

```
int n = leesBezoekersVanSchijf();
n = n + 1;
schrijfBezoekersNaarSchijf(n)
```

Dat gebeurt dan iedere keer dat je pagina wordt bezocht. Maar wat gebeurt er nu als twee bezoekers bijna tegelijk de site bezoeken? Dan zullen twee processen tegelijkertijd dit programma uitvoeren, met elk hun eigen *n*. Maar het is helemaal niet vastgelegd wie wat eerst doet!

Zo zou het goed kunnen gebeuren dat proces A en proces B eerst de bezoekers van schijf lezen. Dan hebben beide processen hetzelfde aantal gelezen, zeg 37. Vervolgens hoogt proces A zijn variabele n met 1 op, en schrijft 38 naar schijf. Daarna hoogt proces B *zijn n* met 1 op, en schrijft dus ook 38 naar schijf. Netto is door twee bezoekers het aantal bezoekers dus maar met 1 opgehoogd!

Het is duidelijk dat dit problemen geeft. We hebben een of ander mechanisme nodig om ons ervan te verzekeren dat bepaalde gedeeltes van een programma maar door één proces tegelijk kunnen worden uitgevoerd. Hier zijn meerdere mechanismen voor, maar in dit artikel zullen we ons beperken tot het gebruik van semaforen.

Semaforen

Een semafoor is een seinpaal, zoals je deze ook langs het spoor kunt vinden. Aan het spoor voorkomen ze dat treinen tegelijk op hetzelfde spoor rijden, een verschijnsel dat we kennen als botsing. De semafoor kan processen toestaan te passeren, of dat verbieden. We hebben nu nog niet gedefinieerd hoe de *semafoor* bepaalt of een proces door mag of niet.

Hiertoe maken we de semafoor nu iets formeler. De semafoor bestaat uit een natuurlijk getal *s* en twee operaties: *P* en *V*. De *P*-operatie implementeert de hiervoor beschreven situatie: een proces komt aan en de semafoor bepaalt of het proces door mag of niet. De semafoor doet dit op basis van *s*: als *s* groter is dan nul mag het proces door, anders moet het wachten. Als de semafoor een proces doorlaat, verlaagt hij de s met 1. De *V* operatie kan onconditioneel uitgevoerd worden en verhoogt *s* met 1. Wat deze *P*- en *V*-operaties bijzonder maakt is dat het atomaire operaties zijn: ze worden door een proces tegelijk, in een keer helemaal uitgevoerd.

Dit lijkt misschien wel erg eenvoudig, maar het is genoeg om ons probleem op te lossen. Wanneer we *s* initieel op 1 zetten garandeert het volgende codefragment dat maar één proces tegelijkertijd de teller manipuleert:

```
P(s)
int n = leesBezoekersVanSchijf();
n = n + 1;
schrijfBezoekersNaarSchijf(n)
V(s)
```

We kunnen dit ook wat algemener bekijken. We noemen het gedeelte wat maar door één proces mag worden uitgevoerd de kritieke sectie (CS). Het gedeelte van een programma dat door meerdere processen tegelijkertijd uitgevoerd mag worden noemen we de niet-kritieke sectie (NCS).

In een typisch programma wordt voortdurend om de beurt een NCS en een CS uitgevoerd door elk proces. Dit betekent dat elk proces het volgende uitvoert:

```
while true:
    NCS;
    entry; CS; exit
```

Hierbij zijn de *entry*- en de *exit*-stukjes code die ervoor zorgen dat CS maar door een proces tegelijk wordt uitgevoerd. Deze garantie noemen we mutual exclusion. We kunnen entry en exit daartoe bijvoorbeeld definieren zoals in het voorgaande voorbeeld:

```
entry  P(s)
exit   V(s)
```

Nadeel van deze entry en exit is dat het geen garanties doet met betrekking tot eerlijkheid.

Het zou zo kunnen gebeuren dat proces A telkens *voordringt*, en proces B telkens net weer de P probeert als A net voorbij is. Gevolg is dat B op deze manier oneindig lang in entry kan blijven staan zonder aan de beurt te komen. Dit noemen we *starvation*: een proces komt nooit aan de beurt.

Een interessante vraag is of we een implementatie van *entry* en *exit* kunnen bedenken, die zowel *mutual exclusion* garandeert als starvation uitsluit, met behulp van semaforen. In mijn scriptie bewijs ik wiskundig dat dit met de semaforen die we hier tot nu hebben gebruikt, de zogenoemde zwakke semaforen, onmogelijk is.

Gebufferde semafoor

Je hebt echter ook andere semaforen, bijvoorbeeld de sterke semafoor. Hierbij gaat iedereen die aankomt bij *P* en niet direct door mag, netjes in de rij staan. Het is wel duidelijk dat je in dat geval geen starvation kan krijgen. Maar gezien geen enkele computer hardwarematig sterke semaforen ondersteunt (alleen zwakke semaforen worden bij mijn weten hardwarematig ondersteund), is er een dusdanig stuk software nodig om dit te implementeren dat het de moeite loont te kijken naar zwakkere semaforen.

Een andere semafoor is de gebufferde semafoor. Bij deze semafoor gaat ook iedereen wachten als ze de *P*-operatie niet kunnen uitvoeren, maar zodra er een *V* wordt uitgevoerd mag iemand uit de groep van wachtenden (de buffer) door. Het kan echter zomaar zijn dat dit de laatste is die daar arriveerde. Als je deze *P*- en *V*-operatie los als *entry* en *exit* gebruikt, voorkomt dit geen starvation.

Voor twee processen gaat dit nog wel goed, als A dan *V* uitvoert, zal hij nooit B inhalen op de *P*-operatie. Ofwel B stond helemaal niet te wachten, en A kan hem wel inhalen. Maar dat is geen probleem; B is kennelijk druk bezig in zijn NCS en heeft dus geen last van starvation, ofwel A kan hem niet inhalen, omdat hij bij het uitvoeren van de *V* B heeft toegelaten. Met drie processen gaat het echter al mis. A en B kunnen dan telkens elkaar doorlaten, terwijl C zielig bij de P geblocked blijft zijn.

```
Registratie
P(b); ne := ne+1; V(b)

Ingang
P(enter);
nm := nm+1;
P(b); ne := ne-1;
if ne = 0
        then V(b); V(mutex);
        else V(b); V(enter);

Mutex
P(mutex);
nm := nm-1;
Critical Section;
if nm = 0
        then V(enter);
        else V(mutex);
```

Voor de liefhebber, het algorithme van Morris

Wel kan je met behulp van van enkele van deze semaforen een stukje code ontwikkelen voor de *entry* en *exit* waarmee je wel mutual exclusion zonder starvation kunt implementeren. Dit is in 1979 gedaan door Morris en in 1986 door Udding [3,4].

Beleefde semafoor

Het is nu natuurlijk interessant om te kijken wat de zwakste semafoor is waarmee we mutual exclusion kunnen implementeren. Immers, hoe zwakker de semafoor, hoe makkelijker het is een dergelijke semafoor in hardware of software te implementeren. Daarom hebben Wim Hesselink en ik een zwakkere variant van de gebufferde semafoor bedacht: de beleefde semafoor.

De beleefde semafoor heeft met de gebufferde semafoor gemeen dat een proces dat *V* uitvoert, wanneer er al processen staan te wachten, niet zelf de eerste zal zijn om *P* uit te voeren. Maar bij de beleefde semafoor is dit ook de enige restrictie, terwijl de gebufferde semafoor garandeert dat een van de wachtende processen mag passeren.

Het verschil is duidelijk te zien met drie processen. Stel Proces B staat geblockt op *P*, proces A is vrolijk aan het werk in zijn NCS en proces C voert de NCS uit. Met een gebufferde semafoor mag B nu door. De beleefde semafoor is echter veel minder strikt, alleen C mag niet als eerste *P* uitvoeren. Maar het is niet gezegd of het A of B gaat worden.

Dit betekent dat de beleefde semafoor wel echt zwakker is dan de gebufferde semafoor. Dit zien we ook wanneer we de beleefde semafoor gebruiken in de algoritmes van Morris en Udding: Opeens treedt hier starvation op.

Toch kun je wel mutual exclusion met vrijheid van starvation implementeren met gebruik van de beleefde semafoor. In mijn scriptie beargumenteer ik waarom het algoritme van [2] mutual exclusion met vrijheid van starvation implementeert. Een mooi formeel bewijs moet echter nog worden geleverd. •

Referenties

[1] M. IJbema. Mutual Exclusion Using Weak Semaphores, Master's Thesis Computer Science, Rijksuniversiteit Groningen 2011

[2] Wim H. Hesselink and Alex A. Aravind. Queue based mutual exclusion with lineairly bounded overtaking. Science of Computer Programming, to appear.

[3] J.M. Morris. A starvation-free solution to the mutual exclusion problem. Information Processing Letters, 8:7680, 1979.

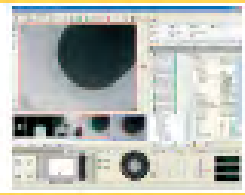
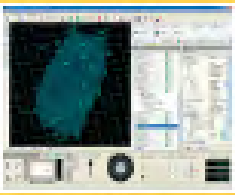
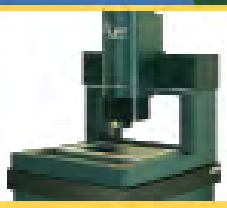
[4] J.T. Udding. Absence of individual starvation using weak semaphores. Information Processing Letters, 23:159162, 1986.

Schut Geometrische Meettechniek is een internationale organisatie met vijf vestigingen in Europa en de hoofdvestiging in Groningen. Het bedrijf is ISO 9001 gecertificeerd en gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie en verkoop van precisie meetinstrumenten en -systemen.

Schut Geometrische Meettechniek is een bedrijf dat mensen met ideeën en initiatief waardeert. De bedrijfsstructuur is overzichtelijk en de sfeer is informeel met een "no nonsense" karakter.

Op de afdelingen voor technische verkoop, software support en ontwikkeling van onze 3D meetmachines werken mensen met een academische achtergrond. Hierbij gaat het om functies zoals ***Sales Engineer***, ***Software Support Engineer***, ***Software Developer (C++)***, ***Electronics Developer*** en ***Mechanical Engineer***.
Voor dergelijke functies zijn ook stageplaatsen beschikbaar, die eventueel uitzicht bieden op een baan.

Indien je geïnteresseerd bent, kun je altijd contact opnemen om een afspraak te maken voor een oriënterend gesprek op onze hoofdvestiging.

Open sollicitaties zijn ook zeer welkom. Voor echt talent is altijd ruimte.

Voor meer informatie kijk op www.Schut.com en Vacatures.Schut.com, of stuur een e-mail naar Sollicitatie@Schut.com.