

VAK idioot

Studievereniging A-Eskwadraat

Jaargang 12/13 Nummer 6



Ideaal

In dit nummer

VAKartikelen

idiotartikelen

	2	..... Van de voorzitter
How do quantum objects move?	3	
<i>Claudia Wieners</i>		
Ideaal gas	7	
<i>Marjolein Troost</i>		
	9	..... LIMO in Leiden
Interview met professor Frits Beukers	11	
<i>Harm Backx en Lars van den Berg</i>		
	16	..... Musical Mamma Mia!
Graham's Number	18	
<i>Harm Backx</i>		
	21	De teloorgang van de actieve student
Information retrieval	23	
<i>Chun Fei Lung</i>		
	26	..... Karl Schwarzschild
Wisdom of Black Holes	28	
<i>Umut Gürsoy</i>		
	31	..... Verslag: Actieve Leden Weekend
The noisy Christ Child	32	
<i>Claudia Wieners</i>		
	36	..... De Naald
Het proefschrift van Frits Beukers ...	37	
<i>Harm Backx en Lars van den Berg</i>		
	38	..... Kort
	39	..... Medezeggenschap
	40	..... Sommen
	41	..... Geef ons water!

Colofon

datum uitgave: 1 juli 2013

oplage: 1650

deadline volgend nummer:

8 september 2013

De Vakidoot is een uitgave van:
Studievereniging A-Eskwadraat
Princetonplein 5
3584 CC Utrecht
tel: (030) 253 4499
fax: (030) 253 5787
e-mail: vakid@a-eskwadraat.nl

redactie:

Adinda de Wit
Ans de Nijs
Chun Fei Lung (eindredactie)
Claudia Wieners
Danny Bergsma
Darius Keijdener
Emile Broeders
Harm Backx
Lars van den Berg
Marjolein Troost
Tim Coopmans

Met dank aan:

AxiCie
breezy421 (omslag)
Frits Beukers
Pieter Kouyzer
Roel Lambers
Umut Gürsoy
ViCie
Willem Pranger

Redactioneel

‘Ideaal’ was voor ons het ideale thema. In de informatiekunde probeert men de wis-selwerking tussen mens en technologie te idealiseren. De informatica idealiseert concepten als programma en algoritme. In de natuurkunde wordt de natuur ideaal voorgesteld; denk aan termen als ‘ideale gaswet’ – dat moet ook wel om orde in de chaos te zien. De wiskunde ten-slotte hoeft niet eens geïdealiseerd te worden, ze is het al: de diepste menselijke gedachtespinsels vallen in deze platonische wereld als perfecte puzzelstukjes in elkaar. Zo bezien zijn wetenschappers misschien wel de grootste idealisten op aarde.



Die bewering is nogal grotesque en ik neem hem graag terug, want idealisme kent vele gezichten. Als een grote, onverbiddelijke natuurkracht heeft het de wereld vormgegeven en grote stempels gedrukt op de maatschap-pij, soms op catastrofale wijze. Niets is gevaarlijker dan macht in combinatie met door waanzin gedreven idea-lisme, zoals blijkt uit bijvoorbeeld de ideeën uiteenge-zet in *Mein Kampf*, het bewind van de Rode Khmer, en de eindeloze strijd tussen alawieten en soennieten in Syrië. Helaas leert de geschiedenis dat dit soort ide-alisme vaak ontstaat in economisch moeilijke tijden.

Een ander soort idealisme – laat ik het ‘naïef idealisme’ noemen – is onschuldiger, maar onrealistisch. ‘Iedereen vegetariër.’ ‘Alle wapens de wereld uit.’ Een taak van de wetenschap is in brede zin te onderzoeken wat de wereld nodig heeft, en toch met beide benen op de grond te staan. Voor individuele wetenschappers is misschien zelfs dat nog te idealistisch. In de woorden van de Ame-rikaanse denker Howard Thurman:

‘Don’t ask yourself what the world needs. Ask yourself what makes you come alive and then go do that. Be-cause what the world needs is people who have come alive.’

Lars van den Berg
voorzitter **VAKidoot**

Van de voorzitter

De student staat al sinds de jaren zeventig bekend als iemand met een idealistisch levensbeeld. De ongrijpbare idealen die studenten in die tijd stelden, werden vaak op een betwifelbare wijze door hen geuit. Bij de recente kroning konden wij allemaal terugkijken op de rellen bij de kroning van Beatrix in 1980, een gewelddadige uitspatting ten behoeve van simpele en geheel niet gewelddadige idealen. Dit is op z'n zachtst gezegd geen ideale manier om te proberen je doelen te bereiken.

Het idealistische karakter is in ieder geval bij de bètastudent niet veranderd. Het is niet voor niets dat rondom de uitgangen van het Minnaert en Buys Ballot slechts een handjevol mensen staat te roken tijdens de pauzes, terwijl er duizenden mensen werken en studeren in die gebouwen. Daarnaast durf ik er in ieder geval geld op in te zetten – hoewel dat wellicht weer niet heel idealistisch is – dat binnen A-Eskwadraat de minste mensen alcohol drinken van alle studieverenigingen in Utrecht.

Daarnaast hebben de meeste mensen bij ons ook nog een ander soort ideaal. Informatici, natuurkundigen, informatiekundigen en wiskundigen hebben toch vaker het doel voor ogen onderzoek te doen. Velen van ons willen de wereld ontdekken en veranderen binnen ons eigen vakgebied en het liefst niet een administratief baantje waarbij we zo min mogelijk moeten nadenken.

Hoewel dit een goed streven is, moeten we ons misschien toch even op het hoofd krabben en afvragen of dit wel realistisch is. Is het slim om allemaal koste wat kost voor de PhD-positie te gaan, terwijl we weten dat er honderden studenten afstuderen en er slechts voor een handjevol promovendi plaats is? Misschien is het wel verstandiger om te kijken wat de arbeidsmarkt allemaal te bieden heeft voor ons vakgebied. Gelukkig zijn, in tegenstelling tot wat sommigen denken, niet alle banen bij bedrijven hersendodend werk en is er genoeg uitdaging te vinden op de arbeidsmarkt.

De uitdaging is nu uiteraard om voor het einde van je studie iets te vinden waarbij je de wereld kan ontdekken en veranderen, maar waar het ook nog realistisch is dat je aan een baan komt. Dat zou immers ideaal zijn.

Pieter Kouzner



How do quantum objects move?

By: Claudia Wieners

You probably know of water waves, and you also have some intuition about material objects, like tennis balls. In this article I'll try to convince you that both light and matter-like little particles like electrons and protons have both wave and tennis ball properties: they move in a very odd “quantum” way which I will try to describe here.¹

What happens if two water waves meet, for example after dropping two stones into the water, or when a plane water wave meets a wall with two holes in it? The waves move through one another, making a beautiful pattern called interference pattern. The holes act as source for circularly spreading waves. When a wave crest (trough) of one wave hits a wave crest (trough) of another wave, they combine to give an extra high crest (extra low trough) – similarly, a trough and a crest can cancel out.

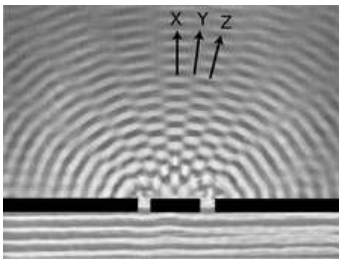


Figure 1: A straight “plane” wave hits a wall with holes. Two circular waves emerge from the holes and create an interference pattern.

Now imagine a place for which the distance to the two holes is equal. That is, the two circular waves have the same travel time to that point, hence trough always meets trough, and crest meets crest. The same holds if the distances differ by a whole number of wavelengths: the trough of wave from the close-by hole meets an

“older” trough of the other wave.

If the distance is $n + \frac{1}{2}$ wavelength, then the waves will always cancel out: “there is no wave”. So here are places where wave + wave = no wave (This happens at the grey stripes on Figure 1).

Now let us take the same wall with gates, but instead of letting water waves pass through them, we throw tennis balls through the holes. Let us place some kind of screen at a large distance to the holes and imagine that before throwing the balls, we put red chalk powder on them, so they leave red dots at the screen. Cover up the right hole and throw 1,000 balls at the wall. Some of them, say 100, will pass through the left hole and make some distribution of dots at the wall. Now we repeat the procedure with the other hole. Save the pattern of dots, take a new screen and throw again, with both holes open. The tennis balls are far smaller than the holes and any length scale in the experiment, so they hardly collide. The two “sources” (holes) do not influence each other, so the dot patterns obtained with the holes opened successively or simultaneously should not differ significantly. This is very different from the wave case, where we found wave + wave = no wave at some locations.

The experiment with two holes (“Young’s double slit experiment”) can also be performed with light, although one needs

¹Based on Richard Feynman’s “Lectures on Physics” and “QED”.

rather small holes then. In Figure 2 the light from the two holes makes an interference pattern, just like the water waves. So maybe light is just a wave?

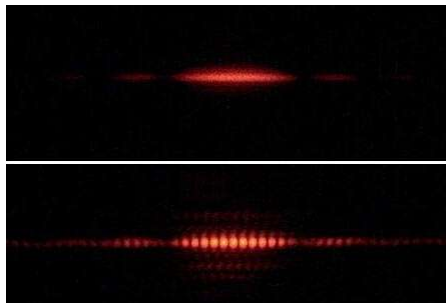


Figure 2: The pattern seen on a screen if one lets light fall onto it through one (top) or two (bottom) slits.

It turns out to be not as easy as that. There is yet another difference between the tennis ball case and the wave case. Tennis balls come in lumps. A point can be hit by a ball, or it is not hit. Assuming that we throw them all with equal speed, they deliver energy to the wall in identical “quanta”. Water waves don’t act like this: the energy they deliver per unit area is continuous in space. No “lumpiness”.

There are devices called photomultipliers which can detect tiny portions of light. We could connect a loudspeaker to one, such as to hear when it detects light. Let us place the photomultiplier under a bright red dot in the Young experiment, and let us dim the light source a bit. What we would expect to hear is a constant humming note from our loudspeakers, but to our surprise, if we dim the light source, it becomes irregular: *click - clickclick - - -click* ... The clicks are all equal in magnitude and duration, but they occur at irregular times. So the light is *not* purely a wave, it has tennis ball behaviour too! In other words,

light consists of individual particles! But why on earth do these particles, the photons, reach the screen in a distribution which looks wavelike? Do the photons influence each other?

No. Even if one dims the light source so much that only one photon at a time is in the apparatus, a photoplate placed on the screen would show an interference pattern after a long enough time. The photons seem to “move” in such a way that the probability to detect one on the screen is distributed like the energy of an interfering wave. But we don’t understand *how* they do it, for when we try to find out through which hole they pass (by putting a detector into the hole which can tell us whether a photon flew through it) the interference pattern collapses.

It becomes even more puzzling when one performs a double slit experiment with electrons. They are particles, they have mass, so they should behave like tiny tennis balls ... but they don’t! They behave exactly like light!

That is a phenomenon completely different from anything we are used to in our everyday, macroscopic (large object) world. We cannot explain it. The best we can do, is describe it; modelling it.

A fantastically mad, but very powerful model has been suggested by Richard Feynman. Omitting all mathematical details, it boils down to this:

- Each photon (or electron) has a tiny stopwatch hand, which turns at a frequency that depends on the momentum of the particle (in quantum mechanics this would be called the phase of the wave function)
- When a photon wants to move from one point (the light source) to another (position x on the screen), it can go through *all* paths – even mad ones, such as three loopings through the holes before going to the screen.

- For each path the stopwatch hand will be at some position, depending on the length of the path (a longer path means more rounds on the stopwatch). The length of all stopwatch hands is the same.
- Add *all* stopwatch hands in a vectorial way. (3 o'clock + 9 o'clock will cancel, 3 o'clock + 3 o'clock will reinforce, and so on). The length of the resulting vector is proportional to the probability of finding the photon at point x .

This seems like a very weird model, but it works!

In the double slit experiment, let us assume for a moment that light only moves in straight lines (I'll say more about this assumption in a moment), except at the holes, where it might “bounce off” and change direction. Then for any point x on the screen there are only two paths, namely through hole A or hole B. Each path has a certain length, hence a stopwatch hand position. Say, for path A, the stopwatch performed 100.25 rotations, and for path B, 102.25 (path B is a little longer). Then the stopwatch hands are both at 3 o'clock, so they add up. There is a high probability that a photon may land at x .

In the wave picture, x would be a point where the path lengths differ by two wavelengths, so that the resulting wave is strong.

Of course, the reduction to two paths with straight lines is a very strong limitation: the photons might want to follow curvy paths. Let us say, a photon travels from point P to point Q. It might do so in a straight line, or a path that deviates very little from the straight line, or a completely random path. Mathematically it can be shown that paths that stay very

close to the straight one hardly differ in length from it, whereas paths which are far off have very much longer length.² Therefore, the stopwatch hands for the paths near the shortest one add up to give a significant total vector, whereas the far-off paths have stopwatch hands pointing in all possible directions, so that they cancel each other out and do not contribute significantly to the total sum. This can be seen from a little set of paths in Figure 3: the resultant (grey) arrow gets its length mainly from the paths nearby the shortest one. Therefore, we can in practice just forget about the far off paths, even though their individual stopwatch hands are just as long as the one for the straight line.

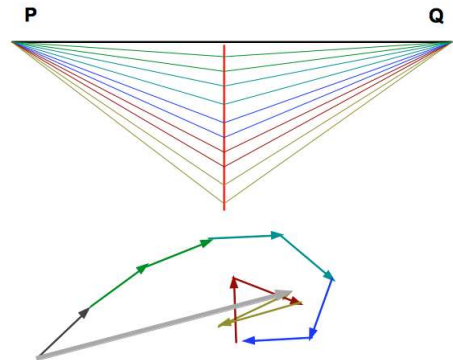


Figure 3: The shortest (black) and some longer path from P to Q. Their stopwatch hand vectors are added “tail to head” to obtain the resultant grey arrow.

But be aware that “the path of a photon” is rather an ill-defined concept. Quantum objects (photons, electrons...) do not move along trajectories. They *try all paths simultaneously* and the probability for them to be detected at a given point is determined by the sum of their “stopwatch hand arrows”.

²The technique is called variational calculus

TALENT&PRO&MARLOES

Het is een mooi citaat waar we bij Talent&Pro oprecht in geloven. Jouw persoonlijke ontwikkeling staat centraal bij Talent&Pro. In de eerste jaren van je carrière word je door ons begeleid en we helpen je passies en talenten te ontdekken, zodat je gericht kunt werken aan jouw ambities.



"Ik zie T&P niet als mijn werkgever, maar als mijn partner. We werken voor elkaar."

Marloes Lodder
Actuarieel Professional
bij Talent&Pro sinds 2009

Talent&Pro?

Talent&Pro is al bijna vijftien jaar een toonaangevende financiële detacheerder in Nederland. Binnen onze sectoren Verzekeringen, Banken, Pensioenfondsen en Actuarieel werken meer dan 400 toptalenten en professionals voor gezichtsbepalende financiële opdrachtgevers. Toegewijde hbo'ers en wo'ers in vaste dienst, die onder de streep zichtbaar een verschil maken. Omdat ze verder denken. Meer doen.

Bancair
Verzekeringen
Actuarieel
Pensioen+Leven

Vind je het heerlijk om met je neus in de cijfers, formules en wiskundige berekeningen te zitten en ben jij een (bijna) afgestudeerd bèta-talent? Dan is het actuariële traject bij Talent&Pro echt iets voor jou! In het Actuariële vakgebied pas je jouw wiskundig inzicht toe op vraagstukken in het bedrijfsleven. Talent&Pro biedt jou de mogelijkheid om de opleiding tot Actuarieel Rekenaar, Analist en Actuaris te volgen.

Gemiddeld werk je per jaar aan 2 verschillende opdrachten bij onze relaties in het verzekeringswezen, bij pensioenfondsen en actuariële adviesbureaus. Daarnaast volg je vaardigheidstrainingen en krijg je persoonlijke coaching om je te ontwikkelen tot een zeer ervaren professional. Net zoals Marloes.

Interesse?

Ga naar www.talent-pro.com en solliciteer.



Bright people, smart results



TALENT&PRO



Ideaal gas

Door: Marjolein Troost

Laat ons eens in een onderwerp duiken dat enigszins scheikundig aandoet, maar ook in de natuurkunde wel zijn nut heeft bewezen: het ideale gas. Een prachtig voorbeeld van de voorkeur voor idealen die natuurkundigen aangeboren is.

Een ideaal gas is een theoretisch gas dat bestaat uit puntdeeltjes die geen interactie met elkaar hebben en die willekeurig bewegen. Het concept van een ideaal gas is handig, omdat het voldoet aan de ideale gaswet. Dat is een wet die gedurende meer dan honderd jaar langzaam vorm

heeft gekregen door het samenvoegen van een aantal eenvoudige relaties die voor gassen bleken te gelden.

De eigenschappen van een ideaal gas kunnen als volgt worden samengevat:

1. Een ideaal gas bestaat uit een groot aantal identieke moleculen.
2. Het volume ingenomen door the moleculen zelf is verwaarloosbaar vergeleken met het volume ingenomen door het gas.
3. De moleculen gehoorzamen Newton's wetten, en ze bewegen willekeurig.
4. De moleculen ondervinden alleen krachten bij botsingen; elke botsing is geheel elastisch en gebeurt in een verwaarloosbare tijdsperiode.



Boyle



Charles

Het blijkt dat het ideale gas, dat een model van de werkelijkheid is, geen slechte benadering van gassen in de "echte wereld" geeft. Het idealiseren van het gedrag van een gas is dus niet totaal zinloos. In normale omstandigheden, dus bij een normale temperatuur en standaarddruk, gedragen de meeste echte gassen zich kwalitatief als een ideaal gas; in ieder geval binnen bepaalde grenzen. In het algemeen geldt dat een gas zich meer als een ideaal gas gaat gedragen bij een hogere temperatuur en een lagere druk. Dan worden de tussenruimtes tussen de moleculen namelijk groter.

Gassen gedragen zich vergelijkbaar in veel verschillende situaties omdat elk gas, in zeer eenvoudige taal, beschreven kan worden als “iets waarin de moleculen zich ver uit elkaar bevinden”. De eerste gaswetten werden opgesteld aan het eind van de zeventiende eeuw toen wetenschappers bedachten dat er relaties tussen temperatuur, volume en druk waren die voor alle gassen gelden.

Eerst kwam Boyle op de gedachte dat bij constante temperatuur, het product van het volume en de druk van een ideaal gas altijd constant was. Dus $p_1V_1 = p_2V_2$. Hierin is V natuurlijk het volume in m^3 en p de druk in Pascal. Hij publiceerde dit in 1662.

Meer dan een eeuw later, in 1787, vond Jacques Charles dat voor een ideaal gas met constante druk het volume gedeeld door de temperatuur constant is. Dus $V_1/T_1 = V_2/T_2$. Daarin is V weer het volume en T de temperatuur in Kelvin.

Uit de bovenstaande twee vergelijkingen kan gemakkelijk een derde worden gevonden maar het duurde nog tot 1809 voordat Gay-Lussac bedacht dat voor een ideaal gas de druk gedeeld door de temperatuur constant is, zodat $p_1/T_1 = p_2/T_2$.

Tenslotte kwam nog de wet van Avogadro. Die wet beschrijft de relatie tussen het volume van een gas en het aantal deeltjes in dat gas. Het volume dat een ideaal gas inneemt, is namelijk evenredig met het aantal mol gas – dus ook het aantal moleculen: $V_1/n_1 = V_2/n_2$.

Door de eerste drie wetten te combineren wordt de “gecombineerde gaswet” gevonden: $PV = kT$. Door ook Avogadro’s wet mee te nemen ontstaat de ideale gaswet: $PV = nRT$ met R de universele gasconstante ($0,08206(\text{atm} \cdot \text{L})/(\text{mol} \cdot \text{K})$).

Het vervelende is nu dat al deze wetten slechts *exact* gelden voor een ideaal gas. En zoals met de meeste geïdealiseerde dingen, bestaat dat gas in werkelijkheid helaas niet.



Gay-Lussac



Avogadro

LIMO in Leiden

Het is alweer een tijdje geleden dat de LIMO, de Landelijke Interuniversitaire Mathematische Olympiade, in Utrecht gehouden werd. Deze werd toen door een enorm capabele en enthousiaste commissie, de LIMO, georganiseerd. Dit jaar heeft een verse LIMO, vanaf nu aangeduid met NLIMO, uit Leiden de LIMO georganiseerd, precies 364 dagen na die van ons. Om te kijken hoeveel beter onze LIMO nu eigenlijk was, is er uit de vorige LIMO een LIMO-team ontstaan om de boel daar even flink te inspecteren.

Voordeel voor de nieuwe LIMO was dat de avond voor de LIMO het Full House-feest was. De helft van ons team stond om deze reden tot in de late uurtjes in de kroeg. Het nadeel van deze aanpak was een bijzonder korte nacht, daar de officiële opening in Leiden om elf uur plaats zou vinden. Maar uiteindelijk is het met het complete team gelukt om op tijd en op een rijtje, in een Leidse collegezaal naar het openingswoord van vice-rector magnificus Simone Buitendijk te luisteren. Niet dat het heel interessant was, maar we waren er wel!

“Er is een berg gratis bier en eten”

Na de opening volgt traditiegetrouw een lezing, ditmaal over kansrekening door professor Grünwald. Wat met de traditie brak, was dat er naast een theoretisch gedeelte, ook een maatschappelijk relevant gedeelte bij zat. Zo is enige tijd geleden de verpleegster Lucia de B. veroordeeld voor moord, omdat er significant veel patiënten overleden waar zij bij was. Zeven jaar later is ze daarvan vrijgesproken omdat het woord ‘significant’ nogal slecht gedefinieerd bleek. De standaard vergelijking was met de loterij. Stel, je koopt 1 lot en je wint de loterij. Die kans is enorm klein, dus verwaarloosbaar; de verwachte prijs is nul. Maar je hebt wel degelijk een prijs, terwijl daar de kans 0 op was. Conclusie: je hebt vals gespeeld. Maar ja, af en toe wint daadwerkelijk iemand de Lotto, dus zo verwaarloosbaar was die kans op winst toch ook weer niet. Eenzelfde iets is er bij de rechtzaak rond Lucia de B. foutgegaan, maar na een grondigere statistische analyse bleek dat Lucia simpelweg ‘pech’ had. Jammer voor Lucia, maar er zat wel interessante wiskunde achter.

Goed luisteren doet goed eten, dus de lezing werd gevolgd door een door de Subway aangeleverde lunch. De broodjes waren om te smullen, maar al snel bleek de kennis-honger weer toe te slaan. Maar de timing van de NLIMO was perfect en vlak voor enen werd elk team naar een individueel zaaltje gebracht. Tussen één en vier waren we bezig een twaalfstal ingewikkelde problemen met afwisselend succes op te lossen. Tussendoor kwamen er helpers van de NLIMO langs om ons koekjes, thee en koffie aan te bieden en extra papier te geven.

Maar van drie uur hard werken krijgt iedereen dorst, dus gelukkig voor ons begon om vier uur de gratis borrel. En die borrels zijn altijd goed – niet alleen voor de portemonnee, maar je kan er óók nog gruwelijke dingen winnen. Bij de vorige LIMO bijvoorbeeld, kon je met een Rubik's Cube een iPod Touch winnen. Ditmaal kon je met de benodigde kennis over bekende wiskundigen, een op afstand bestuurbare helikopter winnen die ook nog raketten kon afvuren! Needless to say; dat ding leeft nu in Utrecht.

“Een LIMO buiten Utrecht niet gedoemd te mislukken”

Na een meer dan twee uur durende borrel was het tijd voor de prijsuitreiking. Zoals wel vaker won er een team uit Leuven (België) en eindigde Utrecht met een team op de tweede plek. Ons LIMO-team deed mee buiten mededinging vanwege een te hoge studieleeftijd, maar haalde wel het grootste aantal punten! Na zo'n lange periode van hard werken en hard borrelen moet er natuurlijk gegeten worden. In de plaatselijke universiteitskantine had de NLIMO een avondmaal voor ons klaar staan, dat wij met veel plezier en gulzigheid verorberd hebben.

De slotopmerking is dat de NLIMO van ons een voldoende krijgt met als conclusie dat een LIMO buiten Utrecht niet gedoemd is te mislukken. Daarom hopen we dat er volgend jaar meer Utrechtse teams meedoen; meer dan de vier van dit jaar. Een keer een LIMO meemaken is namelijk een zowel leuk als leerzaam, en er is een berg gratis bier en eten; wat wil een student nog meer?

Willem Pranger

Interview met professor Frits Beukers

Door: Harm Backx en Lars van den Berg

Het is woensdagmiddag. Nog uithijgend komen we tien minuten te laat de werkkamer van Frits Beukers binnen op de vijfde verdieping van het Freudenthalgebouw. Onder studenten is hij welbekend van zijn vele colleges, maar onder wiskundigen geniet hij internationale bekendheid door een aantal mooie resultaten van zijn hand. We verontschuldigen voor de vertraging, maar het geeft niet. We stellen voor het interview chronologisch te houden: “De kleuterschool mogen jullie overslaan.”



Wanneer besloot u wiskunde te studeren?

Ik heb altijd veel passie gehad voor alles wat met natuurwetenschappen te maken heeft. Op school vond ik wiskunde vreselijk leuk, maar ik wist pas op het laatste moment wat ik wilde studeren. Ik denk dat ik op weg naar de inschrijving in Leiden heb besloten om wiskunde te doen in plaats van bijvoorbeeld natuurkunde.

Kwam die interesse vooral door de wiskundelessen, of eerder door boeken die u daarnaast las?

Dat laatste. Wiskunde op school bood eigenlijk niet genoeg uitdaging, misschien hebben jullie die ervaring ook. Ik woonde in Den Haag, daar hadden we een openbare bibliotheek waar veel wiskundeboeken stonden. Ik weet niet of ik alles heb gelezen, maar wel veel.

Wilde u toen al wiskundige worden?

Nee, daar had ik eigenlijk geen idee over. Ik heb ook overwogen om niet te gaan studeren en aan het werk te gaan. Tegenwoordig is het bijna vanzelfsprekend dat je na school gaat studeren, je moet minimaal een vervolgopleiding doen om een redelijke baan te krijgen. Toen was dat helemaal niet zo, dus ik dacht, ik ga

het bedrijfsleven in. Eigenlijk vond ik het enorm luxe dat je je jaren uitsluitend met wiskunde kon bezighouden. Ik vond het iets speciaals, en eigenlijk is het ook wel speciaal.

Was de studie naar uw verwachting?

Ik had me er helemaal geen voorstelling van gemaakt. De meeste vakken in het eerste jaar kwamen mij wel bekend voor. Maar ik vond het mooi om te leren dat bijvoorbeeld lineaire algebra zo'n mooi gestructureerd vak is. Men heeft er lang over moeten doen om alles te bedenken, maar de theorie is nu gestroomlijnd.

Was het dan wel uitdagend genoeg?

Ook daar gold dat ik er dingen bij deed voor mijn plezier. In het tweede jaar kregen we echt dingen waar ik niet van gehoord had, zoals galoistheorie, ringen en topologie. Voor het eerst dacht ik, hé, dit is wat nieuws, hier steek ik wat van op.

Leek het onderwijs op dat van nu?

De werkvormen waren hetzelfde, gewoon hoor- en werkcollege, maar het was wat afstandelijker. Met practicumleiders had je wel contact, maar de meeste docenten waren mensen die ver weg stonden, haast onbereikbaar. We hadden bijvoorbeeld

professor Visser voor differentiaalvergelijkingen, hij zag er ook uit als professor, zodat het onmogelijk was om hem met ‘meneer’ aan te spreken. Overigens heb ik erg veel van hem geleerd.

Had u al snel een favoriet vak?

Ja, differentiaalvergelijkingen, daar had ik ook al veel over gelezen. In het tweede en derde jaar hadden we een cursus getaltheorie. Het bijzondere daarvan was dat de docent, Rob Tijdeman, dichter bij de studenten stond. Hij gaf ook leuke opdrachten, dat heeft gemaakt dat ik langzamerhand meer naar de getaltheorie werd getrokken. Ondanks het feit dat het eigenlijk een stuk moeilijker was dan bijvoorbeeld differentiaalvergelijkingen. Dat is een meer gladde theorie waarbij je veel in plaatjes kunt denken en er een goed voorstelling bij kunt maken. Als je in de getaltheorie iets wilt bewijzen, zelfs bij een werkcollege opgave, dan moet je eerst een goed idee hebben; de gewone stellingen zullen je vaak niet helpen.

Wanneer besloot u te promoveren?

Wanneer dat was weet ik niet meer. Gaande de studie raakte ik steeds enthousiaster om verder in de wiskunde te gaan. Er waren ook mogelijkheden om te promoveren, er waren gewoon promotieplaatsen. Nu begint het heel moeilijk te worden. Tot voor kort hadden veel universiteiten zelf een budget om een aantal promovendi aan te houden, in Utrecht bijvoorbeeld een stuk of tien, maar sinds de bezuinigingen is die pot geld bijna helemaal verdwenen. Als je nu wilt promoveren, ben je ervan afhankelijk of je begeleider in staat is een of andere *grant* binnen te halen. In het buitenland hebben ze vaak juist moeite goede kandidaten te vinden. Ze zeggen, als jij een goede kandidaat hebt, stuur ze maar hierheen, en veel goede studenten stromen na hun studie inderdaad het land uit.

Zelf bent u in Leiden gepromoveerd bij Tijdeman. Hoe was dat?

O, dat was leuk. Doordat Rob Tijdeman jong was, veel buitenlandse collega's uitnodigde en seminaria hield, heb ik in die tijd een heel goede omgeving gehad om te werken.

Geen moment waarop u dacht, waar ben ik aan begonnen?

Nee, helemaal niet. In het tweede jaar ging het al heel goed, toen had ik eigenlijk al de stof voor het proefschrift rond – na drie jaar was ik gepromoveerd. Het contract was vier jaar, maar ik dacht, ‘waarom nog langer blijven hangen? Ik ga gewoon verder.’

Mijn proefschrift gaat over een bepaalde klasse van diophantische vergelijkingen. Het is niet dik – ongeveer vijftig bladzijden – maar toch wel een echt proefschrift waarin een wiskundig probleem wordt aangepakt en opgelost.

Het beviel dus goed om intensief wiskunde te doen?

Ja, het is zo'n mooi vak, je ziet dat er ontzettend veel in te doen en te ontdekken valt, op een gegeven moment doe je dat gewoon. Je bent ermee bezig en dan raak je steeds meer thuis in de theorie.

Tijdens mijn promotie had ik het geluk op een conferentie te zijn waar een Fransman, Apéry, had aangekondigd dat hij een irrationaliteitsbewijs van $\zeta(3)$ had. Dat was heel bijzonder, niemand werkte daar eigenlijk aan. Het was totaal niet duidelijk dat zo iets überhaupt kon. Hij was een jaar of zestig oud en werd niet serieus genomen door zijn collega's, een heel bizarre situatie. Ik ging naar zijn voordracht, die was volkomen onbegrijpelijk, maar er waren toch wat mensen, zoals Cohen, Lenstra en Zagier, die tussen alle vreemde uitspraken dingen zagen die je niet zomaar kon verzinnen. Langza-



Het Institute for Advanced Study in Princeton, NJ

merhand wisten Cohen en Zagier hier een echt bewijs van te maken. Het was nog heel mysterieus, met enorme formules, de structuur was geheel onduidelijk. Terug in Leiden zag ik op een gegeven moment hoe je met twee- en drievoudige integralen een eenvoudig alternatief bewijs kon opschrijven van enkele pagina's. Voor mij was dat een heel bijzonder moment. Het is niet in het proefschrift gekomen, maar een apart artikel geworden. Ik denk dat ik op grond van dat soort resultaten na mijn promotie naar Princeton mocht komen. Als je een aansprekend resultaat hebt, al is het een paar bladzijden, dan springt je naam eruit en dat scheelt enorm. Dat kan tegenwoordig natuurlijk ook nog, de concurrentie is alleen nog groter.

U was vast blij toen u na uw promotie naar het *Institute for Advanced Study in Princeton* mocht komen?

Ja, geweldig, dat was een buitenkans. Het is een tamelijk prestigieus instituut, Robert Dijkgraaf is er nu directeur, Einstein heeft er vroeger rondgelopen. Het ligt op een geweldig mooi terrein en de crème de la crème komt daar op bezoek. Ik was een van de vele postdocs die daar jaarlijks voor wiskunde komen. Er zaten ook een aantal van de bekendste wiskundigen, het was mooi daar een paar van tegen te komen.

Er is wel eens kritiek op het *Institute* omdat er geen onderwijsverplichting is – alleen onderzoek zou te eenzijdig zijn.

Nou, een jaartje is niet zo erg, maar je hele leven... Het is wel zo dat die mensen veel reisden, congressen bezochten en voordrachten hielden, maar contact met studenten was er niet. Gelukkig lag vlak ernaast Princeton University, daar ben ik vaak langsgeweest. Bij bijvoorbeeld Iwasawa en Shimura heb ik college gevolgd, ik ben daar gewoon bij gaan zitten. André Weil, die was aan het *Institute* verbonden, heb ik een paar keer gesproken; ook Armand Borel liep er rond, Langlands, in levende lijve kon je die allemaal zien.

Maar het meeste onderzoek deed u zelfstandig?

Nou, het was een heleboel lezen. In Leiden was er alleen aandacht voor bepaalde onderdelen van de getaltheorie. Enerzijds is dat wel mijn geluk geweest. Als je meteen wordt overladen met wiskunde, krijg je het idee dat je dat allemaal moet weten voor je aan onderzoek kan beginnen. Ik was gelukkig heel onwetend wat dat betreft en ging gewoon zelf aan de slag. In Princeton ontdekte ik dat er veel meer was, bijvoorbeeld algebraïsche getaltheorie, elliptische krommen, L-reeksen, enzo-

voort. Wat hielp was dat daar vele experts bij elkaar waren die je gemakkelijk kon aanspreken. Als je even van hen hoort hoe het precies zit, hoef je niet het boek door te nemen. Eventjes op het bord gaat een stuk sneller.

“het houdt de boel levend als je de wiskunde ook vanuit een groter kader bekijkt”

Na een jaar ging u naar Leiden terug, maar nu als docent. Een hele omschakeling zeker?

Dat viel wel mee, ik was Leiden gewend. Ik heb het altijd leuk gevonden om les te geven. Het helpt ook, er zit een soort wisselwerking bij. Je leest bewust nieuwe dingen en denkt, ‘goh, laat ik eens verder lezen, misschien kan ik het gebruiken in colleges, als voorbeeld, als illustratie.’

Dus alleen onderzoek, dat zou te eenzijdig zijn – niet stimuleren?

Naast onderzoek op je vakgebied is er zo iets als algemene wiskundekennis. Toen begin jaren tachtig fractals opkwamen, Mandelbrot-verzamelingen, ben er gelijk over gaan lezen en probeerde ze op de computer te zetten om te begrijpen wat het was. Het had niks met mijn onderzoek te maken, maar ik denk dat het de boel levend houdt als je de wiskunde ook vanuit een groter kader bekijkt.

Gebeurt het ook dat dingen die ver van uw onderzoek verwijderd lijken, ineens toch bruikbaar zijn?

Dat gebeurt best ja. Bijvoorbeeld sommige spectra van operatoren blijken een fractal-achtige structuur te hebben. Bij het oplossen van differentiaalvergelijkingen kom je ook ineens fractal-achtige

plaatjes tegen. Over dat soort leuke ontwikkelingen kun je bovendien prima voor een algemeen publiek vertellen.

Doet u dat veel?

Het komt regelmatig voor. Ik ben bijvoorbeeld een aantal keren bij Studium Generale geweest, en ik heb zelfs een cd, ‘Reis door de Wiskunde’. Ik zou het nu heel anders doen, maar er zijn nog steeds mensen die hem kopen. Er is belangstelling voor wiskunde, ook bij veel niet-wiskundigen.

U heeft zelfs een boek geschreven, ‘Getaltheorie voor Beginners’.

Klopt, dat was in de negentiger jaren, in de Epsilon-reeks. Ferdinand Verhulst had op zich genomen om wiskundeboeken in de Nederlandse taal uit te geven. Hij is een uitgeverijtje gestart, liep constant bij mensen langs om manuscripten te vragen, en wilde ook iets over getaltheorie hebben. Het was niet eenvoudig. Je probeert een elementair boek te schrijven, maar mensen vinden het altijd heel moeilijk. Een bewijs leest niet lekker, je moet er echt voor gaan zitten. En als je een boek wilt lezen voor ontspanning... ja, het kost ook inspanning, je moet het echt willen.

De overstap naar Utrecht maakte trouwens een best groot verschil. Leiden was een veel kleiner instituut destijds, hoewel dat nu veranderd is. In Utrecht daarentegen waren er simpelweg meer wiskundigen op heel veel verschillende gebieden. Als je in Utrecht iets wilde weten op een bepaald gebied, kon je een paar deuren verder het antwoord krijgen.

Heeft u wel eens aan problemen gewerkt waar gedurende jaren maar niets uit kwam?

Ja, die zijn er ook wel geweest. Je moet ook niet te moeilijke problemen nemen. De kunst is een balans te vinden: vragen

waarvan het antwoord waarschijnlijk interessanter, maar ook te achterhalen is.

Er zijn verschillende werkstijlen. Theoretici bouwen langzamerhand een heel bouwwerk waar alles invalt. Ik ben meer iemand die leuke brokken neemt waarvan ik denk dat er mogelijkheden in zitten. Ik probeer ook altijd onderwerpen te vinden die ook collega-wiskundigen kunnen begrijpen. Op een gegeven moment bestaat het gevaar dat je zo gespecialiseerd raakt dat zelfs mede-wiskundigen geen idee hebben waar het over gaat. Dat probeer ik te vermijden. Op mijn tegenwoordige vakgebied, de hypergeometrische functies, zijn over de hele wereld niet eens zo gek veel specialisten, maar het is wel iets wat veel mensen als toepassing gebruiken, zonder aan de theorie te werken. Dat is voor mij de motivatie om ermee bezig te zijn.

“Je kan gelijk hebben, maar je moet ook gelijk krijgen”

Gaat bijvoorbeeld het bewijs van het *abc*-vermoeden van Mochizuki u te ver? Om het te begrijpen, moet men eerst zijn theorie van duizend pagina's doorspitten.

Zoiets al Mochizuki zou ik helemaal niet kunnen. Als het bewezen werd, zou dat inslaan als een bom, de halve getaltheorie op zit erop te wachten. Maar als zijn theorie niet zo'n toepassing had, dan zou je je kunnen afvragen wat hij nou eigenlijk doet. Niet veel mensen begrijpen het. Overigens bestaan er twijfels of het gelukt is. Men stuitte op problemen en vroeg hem hoe het zat, maar kreeg niet of

onbevredigend antwoord. Communiceren is ook belangrijk. Je kan gelijk hebben, maar je moet ook gelijk krijgen.

Zijn er dingen die u bijzonder mooi of juist minder mooi vindt aan de wiskunde?

In Princeton kwam ik een verzameling-theoreticus tegen. Ik dacht, verzamelingtheorie, wat kun je daar nou mee. Toen gaf hij me een aantal problemen mee waar ik nooit aan zou hebben gedacht en geheel niet uitkwam. Met getaltheorie als achtergrond denk je in bepaalde stramien, andere vakgebieden hebben weer heel andere vraagstellingen die enorm verrassend kunnen zijn. Hoe meer je van een vakgebied te weten komt, hoe leuker je het gaat vinden. Het raakt nooit uitgeput, er komt geen einde aan. Ook wel een beetje beangstigend hoeveel dat allemaal is op dit moment.

Denkt u dat dat een moeilijkheid wordt voor toekomstige wiskundigen?

Als er steeds minder wiskundigen komen en er komt steeds meer wiskunde bij, dan... Er zullen vast gebieden afsterven, en mensen zullen langs elkaar heen werken. Om goed wiskunde te kunnen doen, moet je een heel brede achtergrond hebben. De opleiding van wiskundigen lijkt soms op de bioindustrie: beesten krijgen heel snel te eten om snel tot volwassenheid te komen. Tijdens je promotie moet je je een heel ingewikkeld gebied eigen maken. Behalve voor een paar briljante figuren, kan dat niet anders dan door je in de diepte te concentreren, zonder in het omliggende terrein wat te zien. Als het zo doorgaat, dreigt het gevaar dat de wiskunde steeds meer zal fragmenteren.

Mogen we u heel hartelijk danken voor dit interview?

Graag gedaan.

Musical Mamma Mia!

6 mei, zeven uur 's avonds en het ZIMIHC Theater stroomt langzaam vol met het publiek voor de musical Mamma Mia!. De toneelcommissie *Lang en Gelukkig* is al sinds september bezig geweest met de voorbereidingen voor deze musical. Er moest een stuk gekozen worden, er zijn audities gehouden en er is natuurlijk ontzettend veel gerepeteerd.



Er hangt een ontspannen, verwachtingsvolle sfeer als om twintig over zeven de deuren van de theaterzaal eindelijk opengaan. Het licht gaat uit, de spots gaan aan en de spelers schitteren als Donna (Susan van Praag), Sophie (Tinka Veldhuis), Sky (Lennaert Bel), James (Joran Minjon), Bart (Jonathan Lukkien), Harrie (Joren Paridaens), Tanja (Lila Klatter), Roos (Judith Stoef), Pepper (Roald Neuteboom), Lisa (Iris Renckens), Anna (Lydia Brenner) en Emma (Swinda Falkena).

Sophie staat op het punt te gaan trouwen met haar jeugdliefde Sky en wil dolgraag dat haar vader haar weggeeft. Er is maar één probleem: ze weet niet wie haar vader is. Haar moeder heeft haar alleen opgevoed en weigert te praten over het verleden. Dan vindt ze haar moeders dagboek en ontdekt dat ze drie mogelijke vaders heeft: James, Bart en Harrie.

Ze nodigt alle drie de mannen uit op het Griekse eiland waar ze woont om uit te zoeken wie nou echt haar vader is.

Verder komen ook de vriendinnen van haar moeder naar het eiland om jeugdherinneringen op te halen aan de tijd dat ze nog het trio *Donna en de Dynamo's* vormden. Ze besluiten om nog eenmaal op te treden op Sophies vrijgezellenfeest. Sophie denkt dat ze haar vader meteen zal herkennen wanneer hij voor haar staat, maar dit blijkt niet het geval. Wanneer Donna oog in oog komt te staan met haar oude liefdes lijkt het drama compleet. Komt Sophie er nog achter wie haar vader is?



In de pauze zijn er Griekse hapjes; er is tzatziki, baklava, fetaflapjes... Genoeg lekkers en gratis bovendien. De sfeer zit er goed in als de voorstelling verdergaat en het publiek wordt teruggevoerd naar het idyllische Griekse eiland van Sophie en Donna. Aan het eind is er oorverdovend applaus. Voor wie dit jaar de musical heeft moeten missen: volgend jaar is er hopelijk weer een nieuwe!

Marjolein Troost

Graham's Number

Door: Harm Backx

Waar komt de naam van Google vandaan? De meesten weten denk ik wel dat het van de naam van het grote getal googol oftewel 10^{100} komt, een term verzonnen door een 9 jaar oude dochter van een wiskundige. Alleen spelden de oprichters van Google het verkeerd. Dat is ze ook niet echt kwalijk te nemen; ze konden op dat moment moeilijk de term googlen...

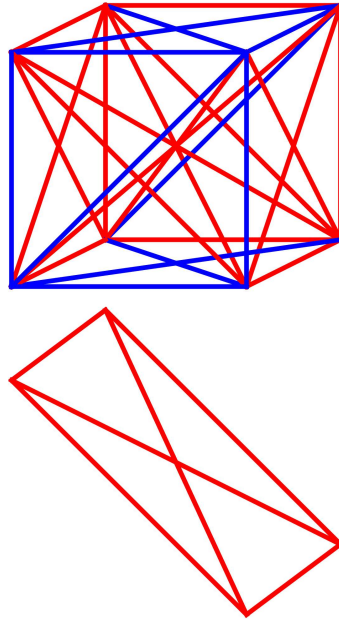
Maar dat ik schrijf dat googol een 'groot getal' is, in plaats van 'huge-ass big', heeft een reden. Het is natuurlijk sowieso al niet zo moeilijk je het getal voor te stellen, het is tenslotte in vijf tekens te vatten, en als je even echt te veel tijd over hebt kun je het zelfs binnen een paar minuten uitschrijven. Maar welke getallen zijn wel kick-ass huge en hebben nut (lees: zijn niet verzonnen door 9 jaar oude dochters)? Het getal dat om die eigenschap bekend staat is Graham's Number.

Graham's Number (of 'het getal van Graham', maar zoals vele dingen in het Nederlands klinkt dat minder leuk), is een getal uit 1977 waarmee Ron Graham een bijdrage leverde aan een wiskundig probleem uit de Ramseytheorie. Het staat bekend als het grootste getal dat ooit in een serieus mathematisch bewijs is gebruikt. Nu kun je over die laatste eigenschap natuurlijk twisten, gezien dat tegenwoordig al niet meer het geval is, maar het is in elk geval een vrij groot getal, zeg gerust huge-ass big. Eerst maar waar het vandaan komt.

Graham's probleem

Men neme een kubus in n dimensies met hoekpunten $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots\}$. Vervolgens verbindt men alle hoekpunten met alle andere hoekpunten. Op deze manier krijg je een graaf met 2^n knopen waarin alle verbindingen worden gegeven door de powerset van A , $\mathcal{P}(A)$. Beschilder ver-

volgens elk van deze zijden met de kleur rood of blauw (lees: geef ze op willekeurige wijze één van twee eigenschappen). Nu is de vraag: Wat is de kleinste waarde voor n zodat elk van de mogelijke beschilderingen ten minste één complete planaire subgraaf van vier knooppunten bevat met alle zijden dezelfde kleur?



Figuur 1: Voorbeeld van een $n = 3$ kubus met enkelgekleurde planaire subgraaf

Dat ging ineens een beetje snel wellicht. Eerst maar even een begrip uitleggen. Een complete planaire subgraaf bestaat uit een verzameling punten die een deelverzameling is van de punten in de originele graaf, in ons geval een deelverzameling van de verzameling A (het subgraafgedeelte), en alle mogelijke verbindingslijnen tussen die punten (het complete gedeelte), zodat deze gehele graaf in een vlak ligt (het planaire gedeelte). Dus we zoeken de kleinste n zodat de n -dimensionale kubus, met beschilderde ribben, voor elke manier van inkleuren minstens één complete planaire subgraaf bevat van 4 punten die maar één kleur is. Anticlimax: dit probleem is nog niet opgelost.

“Het heeft niet eens zin om te vragen hoe groot het getal is.”

Graham's nut

Denk dus niet dat het getal van Graham de oplossing is voor dit probleem. Het is een bovengrens voor het probleem, dus $n \leq$ Graham's Number. Tegelijkertijd hebben Rothschild en Graham bewezen dat $n \geq 6$, en dacht men lange tijd dat 6 het antwoord was. Echter is in dit millennium al aangetoond dat $n \geq 11$ en daarna zelfs $n \geq 13$. Dat $n = 1$ en $n = 2$ niet kunnen is zelf makkelijk na te gaan: een 1-dimensionale kubus heeft niet eens een subgraaf met 4 knopen, en een 2-dimensionale kubus (oftewel vierkant) heeft maar één complete planaire subgraaf (zichzelf), dus zeker niet voor elke mogelijke beschildering een met maar één kleur. Voor $n = 3$ is het ook vrij gemakkelijk uit te vogelen met een tegen-

voorbeeld, gezien je je deze dimensie nog voor kunt stellen. Een voorbeeld van een kleuring waarbij het wel kan en welk vlak dat dan is staat in Figuur 1.

Het getal

Ik heb het nu gepresteerd om al twee alinea's te schrijven over een getal, zonder het getal zelf op te schrijven. Niet dat het tot zo ver nodig was, en niet dat het überhaupt nodig is, maar het is ook wel leuk om nu te weten wat het getal is. Ook hier weer een kleine anticlimax wellicht: het getal gaat niet uitgedrukt worden in een notatie die je vaak ziet. Eerst moeten we de zogenaamde 'up-arrow-notation' invoeren. Deze notatie gaat verder waar machtsverheffen stopt. Waar vermenigvuldigen herhaald optellen is, en machtsverheffen herhaald vermenigvuldigen, gaat de up-arrow-notation systematisch verder. Als volgt:

$$\begin{aligned}
 3 \times 3 &= 3 + 3 + 3 \\
 3 \uparrow 3 &= 3^3 = 3 \times 3 \times 3 \\
 a \uparrow\uparrow b &= \underbrace{a^{\dots^a}}_{\substack{a \\ b \text{ maal } a \uparrow}} = \underbrace{a \uparrow (\dots \uparrow a)}_{\substack{a \\ b \text{ maal } a \uparrow}} \\
 a \uparrow\uparrow\uparrow b &= \underbrace{a \uparrow\uparrow (a \uparrow\uparrow (\dots \uparrow\uparrow a))}_{\substack{a \\ b \text{ maal } a \uparrow\uparrow}}
 \end{aligned}$$

en zo maar voort. Voor de beeldvorming laten we hier even zien hoe hard het gaat met deze notatie, zelfs met kleine getallen: $3 \uparrow 3 = 27$, maar $3 \uparrow\uparrow 3 = 3^{27} = 7625597484987$. En dus

$$3 \uparrow\uparrow\uparrow 3 = \underbrace{3^{\dots^3}}_{\substack{3 \\ 7625597484987 \text{ maal}}}$$

“Dit is wat we noemen ‘kick-ass huge’.”

En ik denk dat je je al niet meer voor kunt stellen hoe groot dit is, een googol is er al niks meer bij. Welnu, we zijn nog lang niet bij Graham's Number aangekomen. Dat gaat namelijk als volgt: Noem $G_0 = 4$, en definieer

$$G_{n+1} = \underbrace{3 \uparrow \dots \uparrow 3}_{G_n}$$

En in deze definitie is Graham's Number $G = G_{64}$. Dus:

$$G = \left. \begin{array}{c} 3 \uparrow \dots \uparrow 3 \\ \underbrace{3 \uparrow \dots \uparrow 3} \\ \vdots \\ 3 \uparrow \dots \uparrow 3 \\ \underbrace{3 \uparrow \uparrow \uparrow 3} \end{array} \right\} 64 \text{ layers}$$

Dit is wat we noemen 'kick-ass huge'. Het heeft niet eens zin om te vragen hoe groot het getal is: zelfs het aantal getallen nodig om het uit te schrijven is niet op normale wijze weer te geven. Het eerste cijfer van het getal van Graham is niet bekend, de laatste cijfers wel, deze zijn ...7262464195387. Dit is makkelijk, want ongeacht hoe groot een getal is kun je de laatste cijfers krijgen. Na elke stap van het berekenen van het getal van Graham neem je het antwoord mod 10. Dan voer je daar de volgende bewerking op uit. Op deze manier krijg je geen onmenselijk grote getallen.

Het getal van Graham is nuttiger dan het lijkt voor dit probleem. Je zou denken dat een bovengrens zo groot dat je oren ervan gaan flappen niet zoveel zin heeft als de ondergrens 13 is. Maar dat er een getal, een gewoon eenduidig gedefinieerd getal, hoe groot dat ook is, bestaat waaronder het antwoord ligt, is van grote betekenis omdat de oplossing dan dus niet oneindig

is. Er zijn nog oneindig veel getallen groter dan G , dus wat dat betreft zitten we nu al redelijk dichtbij. Handmatig proberen gaat alleen de oplossing niet leveren zo lijkt het...

Ramsey Theory

Een vraag als deze is zeer typisch voor Ramsey Theory, een naam die aan het begin van het artikel al gebezigd werd. Deze tak van wiskunde gaat veel over dit soort combinatoriek, en vaak met de specifieke vraagstelling: 'hoeveel elementen van bepaalde soort moeten er zijn om zeker te zijn dat er aan een bepaalde eigenschap wordt voldaan?' Zo bekeken is het vraagstuk waaruit Graham's Number is voortgevloeid zeer typerend voor deze tak. Een belangrijk resultaat van de Ramsey Theory is bijvoorbeeld de volgende stelling met een leuk gevolg voor een veel gespeeld spel:

Stelling van Hales-Jewett (informeel): *Voor gegeven n en c is er een getal H zodat als de cellen van een H -dimensionale $n \times n \times n \times \dots \times n \times n$ -kubus ingekleurd worden met c verschillende kleuren, er een rij, kolom of diagonaal is van lengte n waarin alle cellen dezelfde kleur hebben.*

Dat klinkt zeer abstract, maar het volgende gevolg helpt bij de beeldvorming en is een leuk weetje: voor een gegeven riblengte n van een boter, kaas en eieren speelbord, en gegeven aantal spelers c , is er een H zodat het H -dimensionale potje boter, kaas en eieren niet kan eindigen in een gelijk spel. We kunnen je vanuit de wiskunde dus garanderen: Als je met twee spelers op een bord met riblengte 3 een potje 8-dimensionaal boter kaas en eieren speelt (met $3^8 = 6561$ posities, dus het duurt in elk geval lang), dan wint sowieso één van de twee spelers. Een leuke activiteit voor een spelletjesavond wellicht?



De teloorgang van de actieve student

In de gehele geschiedenis van de mensheid hebben universiteiten een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van grote maatschappelijke veranderingen, of in ieder geval hebben ze geprobeerd dit te bewerkstelligen. Universiteiten waren altijd een bolwerk van progressiviteit en andersdenkenden en studenten waren altijd bereid om de gevestigde orde uit te dagen.

Maar die tijden zijn helaas, in Nederland, vervlogen. Waar in opkomende economieën universiteiten nog dezelfde rol vervullen als in de jaren '60 in het Westen, heeft de Nederlandse regering het academische beest getemd. Na het hippietijdperk, waarin studenten inspraak kregen in het bestuur van de universiteit, heeft men deze invloed er in de loop der jaren keurig uitgefilterd. Ook de studenten van toen, de hoogleraren en docenten van nu, zijn hun invloed goeddeels kwijt geraakt en hebben de puf niet meer om het nog terug te willen.

Het bestuur van de universiteit ligt volledig in handen van het College van Bestuur, wat bestaat uit een zeer representatieve groep van 3 mensen. Daar is natuurlijk de rector magnificus, die er zit zodat het beeld wordt gewekt dat ook de hoogleraren op de universiteit inspraak hebben. Verder is er een soort penningmeester, die ervoor zorgt dat er op tijd bezuinigd wordt. En dan hebben we nog de voorzitter, nu Marjan Oudeman (opvolgster van Yvonne van Rooy, die ooit was aangesteld omdat ze bij het CDA zit), die ooit nog aangaf net zo goed te zijn in het besturen van een koekjesfabriek als in het besturen van elk ander bedrijf, die dan waarschijnlijk plannen bedenkt.

Waarom is er eigenlijk een College van Bestuur? Zijn de faculteiten niet in staat om zelf te beslissen hoe ze hun studies indelen? Waarom zouden diergeneeskundestudenten en geschiedenisstudenten op dezelfde manier college moeten krijgen? Als elke studie een aparte visitatiecommissie over de vloer krijgt, is het dan niet wenselijk dat de bijbehorende faculteiten hun studies dan ook naar hun goeddenken kunnen inrichten, aangezien ze uiteindelijk op de visitatie worden afgerekend?

Allemaal vragen die je jezelf kunt stellen. Hoe heeft het zover kunnen komen, dat er steeds minder ruimte is voor eigen inzichten, dat alles steeds gecentraliseerder moet worden geregeld? Vroeger was er nog het idee van zelfbeschikking, nu moet alles steeds megalomaner. Iedereen loopt het liefst slaafs achter anderen aan, met het argument dat je er toch niets aan kunt veranderen. Politieke partijen hebben sterke leiders nodig, want de partijleden moeten niet voor zichzelf nadenken. Landen moeten hun soevereiniteit maar opgeven aan een grotere macht, dat is makkelijker (hoe durf je je eigen land te willen besturen, dat is toch slecht voor de economie!). Gemeentes moeten groter. Ziekenhuizen, zelfs basisscholen, toch het boegbeeld van gemoedelijkheid, moeten groter. Alles moet groter, het liefst ziet men dat er één organisatie is die alles regelt, met daarin één man aan het roer, één man die de lakens uitdeelt, waarbij de onderdanen dan verzuchten: "Wat doe je eraan. Het moet maar."

Dit is niet alleen symptomatisch voor de huidige klasse van bestuurders, maar men is zelfs zover gekomen dat ook de studenten, zoals aangehaald, dé bevolkingsgroep die nog wel eens een protestje wilde laten horen, allang heeft gebogen voor het juk van de bestuurlijke elite. De lafheid en zelfkastijding grijpen om zich heen als Peter Sagan op een wielerpodium. Er wordt gesmeekt om meer discipline tijdens de colleges. Natuurlijk willen we graag allemaal inleveropdrachten maken, want doordat we verplicht worden te werken, doen we het ook nog.

En we doen er het liefst alles aan om in vijf jaar tijd onze studie te hebben afgerond, want dat schijnt de politiek voor ogen te hebben met onze studie. En we klagen alleen maar als de tentamens te moeilijk zijn, omdat we dan namelijk onze Bachelor of Science, gehaald aan de Utrecht University in de Undergraduate School van Bètawetenschappen, niet met een Grade Point Average van een 4,0 maar een 3,9 dreigen af te sluiten en we kans lopen om uit ons excellente Honours Programme te worden gezet. En later, als we groot zijn, dan klagen we wel, omdat er een of andere nitwit een hogere positie heeft en je dus naar hem moet luisteren, terwijl hij gewoon 7 jaar over zijn studie heeft gedaan en nooit in een Honours Programme zat, en je GPA verdomme 0,2 punt hoger was. Maar ja, je moet maar naar hem luisteren, want hij heeft immers een hogere positie. Iets anders zit er niet op.

Roel Lambers



Information retrieval Voor de ouders

Door: Chun Fei Lung

We produceren met zijn allen gigantische hoeveelheden informatie; een groot deel van deze informatie bestaat tegenwoordig uit plaatjes en video's, maar het leeuwendeel van onze kennis is nog altijd opgeslagen in lopende tekst; denk bijvoorbeeld aan kranten, boeken, en tijdschriften – of iets modernere voorbeelden: webpagina's en tweets. Al in de jaren 40 kwam men tot de conclusie dat het vinden van de juiste informatie steeds meer onbegonnen werk begon te worden, en bedacht men dat het wel eens handig kon zijn om hier computers voor in te zetten.

Information retrieval (dat in het Nederlands ook gewoon “information retrieval” heet) gaat over het vinden van ongestructureerde informatie (veelal in de vorm van tekst) uit een grote collectie, die een bepaalde informatiebehoefte bevredigt. In dit artikel leg ik kort het idee uit achter document retrieval; gegeven een (reeks) zoekterm(en), een lijst van documenten produceren die geordend is van meest naar minst relevant. Eenieder die wel eens gebruik heeft gemaakt van een zoekmachine zoals Lycos of Google zou dit wel enigszins bekend voor moeten komen.

Om te kunnen bepalen of een document

relevant is voor iemand met een bepaalde informatiebehoefte, is het eerst nodig om te bepalen waar het document over gaat. Een veelgebruikte methode is het representeren van documenten middels een bag-of-wordsmodel, waarbij een document slechts wordt gezien als een ongeordende verzameling woorden, zonder te kijken naar semantiek en grammatica. Dit heeft een aantal nadelen – de representatie voor “*Hond bijt man*” wordt bijvoorbeeld hetzelfde als die voor “*Man bijt hond*” en “*Bijt hond man?*” – maar het maakt het werk wel een stuk eenvoudiger.

You're either in or you're out

Een naïeve (maar effectieve) manier om te bepalen of een document relevant zou kunnen zijn, is door te kijken of het document woorden bevat die overeenkomen met een van de gegeven zoektermen. Dit kan bijvoorbeeld met een *incidence matrix* (Tabel 1); De kolommen stellen documenten voor (in dit geval stukken van Shakespeare), de rijen zoektermen. Een 0 geeft hierbij aan dat iemand niet wordt genoemd in een stuk, terwijl een 1 aangeeft dat diegene juist wél erin voorkomt.

	Hamlet	Othello	Macbeth
Anthony	0	0	1
Brutus	1	0	0
Caesar	1	1	1
Diocles	0	0	0

Tabel 1: Voorbeeld van een *incidence matrix*

Door de vectoren voor verschillende zoektermen bij elkaar op te tellen, kunnen we eenvoudig vaststellen welke documenten relevant zijn voor een *query* (zoekopdracht) zoals **Caesar AND Brutus OR Anthony: 111 AND 100 OR 001 = 101** (oftewel: Hamlet en Macbeth).

All results are relevant. . .

Zo'n *incidence matrix* groeit al vrij snel uit tot monsterlijke proporties; voor ieder document en iedere(!) zoekterm komt er weer een kolom dan wel rij bij. De oplossing hiervoor is een *inverted index*. Hierbij wordt voor ieder woord dat voorkomt in een verzameling documenten een lijst bijgehouden van (IDs van) documenten (*postings*) die dat woord bevatten. Voor een set documenten die bestaat uit de zinnen “*How often should one water power plants?*” en “*How come plants don't have*

square roots?” zou de index er als volgt uit kunnen zien:

Term	Postings
come	2
don't	2
have	2
how	1, 2
often	1
one	1
plants	1, 2
power	1
roots	2
should	1
square	2
water	1

Hiermee is het al een stuk eenvoudiger om grotere verzamelingen teksten te doorzoeken, maar het is nog steeds verre van perfect: “cat” en “cats” worden bijvoorbeeld gezien als compleet verschillende woorden, en om alle documenten over katten te vinden, is het nodig om naar **cat AND cats** te zoeken.

Om het makkelijker te maken voor gebruikers, wordt *stemming* toegepast: een techniek om woorden met behulp van wat simpele heuristieken terug te brengen tot hun stam. Voor het Engels is de meest gebruikte *stemmer* die van Martin Porter. Een aantal regels die deze gebruikt, zijn:

Regel	Voorbeeld
SSES → SS	caresses → caress
IES → I	ponies → poni
SS → SS	kiss → kiss
S →	cats → cat

Zo maakt het niet meer uit of iemand bijvoorbeeld naar “*automate*”, “*automatic*”

of “*automation*” zoekt: deze worden allemaal gereduceerd tot “*automat*”, en alle woorden die dezelfde stam hebben, kunnen hiermee worden gevonden.

...but some results are more relevant than others

Zoeken met booleaanse operatoren is een effectieve manier om documenten op te vragen die óf wel óf niet mogelijk interessant zijn. Voor computers en een aantal professionele domeinen volstaat dit prima. Het gebruik van booleaanse operatoren als AND, OR en NOT (en andere operatoren zoals het in juridische domeinen veel gebruikte NEAR om te filteren op documenten waarin een bepaald woord dichtbij een ander woord staat) is voor de meeste mensen echter niet handig. En naarmate de berg met informatie waarin gezocht moet worden groter wordt en steeds complexere zoekopdrachten nodig zijn, wordt het steeds moeilijker om de juiste informatie te vinden.

Een oplossing hiervoor is om de resultaten zo te presenteren dat de documenten waar de gebruiker waarschijnlijk het meest aan heeft, het meest zichtbaar zijn. Om documenten te kunnen ordenen op een of andere manier, moeten we een score kunnen toewijzen aan documenten voor een bepaalde (reeks) zoekterm(en).

Een belangrijke factor hierbij is de *term frequency* $tf_{t,d}$; het aantal keren dat een term t voorkomt in een document d . De kans dat een document d echt over t gaat, is immers groter als t er vaak in voorkomt. Omdat de relevantie van een document niet proportioneel stijgt met $tf_{t,d}$ (m.a.w. een document d_1 waarin t bijvoorbeeld 10 keer vaker voorkomt dan in d_2 is niet ook 10 keer zo relevant als d_2), berekenen we $tf_{t,d}$ als volgt voor een zoekopdracht q :

$$w_{t,d} = 1 + \log tf_{t,d}$$

Daarmee zijn we er nog niet. Het zoeken op woorden die veel voorkomen (stopwoorden bijvoorbeeld) levert een zeer groot aantal resultaten op, waar je niet per se iets aan hebt. Zeldzame woorden zijn informatiever dan woorden die vaak voorkomen. Daarom nemen we voor het berekenen van scores voor zoekresultaten ook de *document frequency* df_t mee: dit is het aantal documenten in de verzameling waarin t voorkomt.

“Zeldzame woorden zijn informatiever dan woorden die vaak voorkomen”

Hiermee kunnen we de *inverted document frequency* idf_t bepalen. Door het aantal keren N dat t in totaal voorkomt in documenten te delen door het aantal documenten waarin het voorkomt, komen we iets te weten over de mate van informativiteit van t . Het effect van idf_t is dat in een zoekopdracht zoals “*antagonistische koe*” op een verzameling documenten over runderen, “*antagonistische*” waarschijnlijk zwaarder meegewogen wordt dan “*koe*”.

$$idf_t = \log \frac{N}{df_t}$$

Het combineren van de tf - en idf -gewichten geeft:

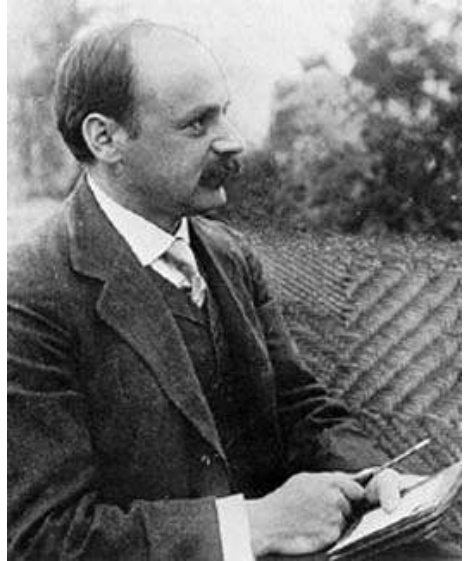
$$tf-idf_{t,d} = (1 + \log tf_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{df_t}$$

In de information retrieval is dit *tf-idf weighing scheme* samen met afgeleide functies zoals BM25 de bekendste manier voor het ordenen van zoekresultaten.

Karl Schwarzschild

Karl Schwarzschild werd geboren in Frankfurt am Main op 9 oktober 1873. Zijn ouders waren Henrietta Sabel en Moses Martin Schwarzschild. Van de zes kinderen in het gezin was Karl de oudste; hij had vier jongere broertjes en een zusje. De familie was Joods en welgesteld. In zijn grote familie stonden kunst en muziek in hoog aanzien. Karls wetenschappelijke aanleg zat dus niet in de familie: hij was de eerste wetenschapper.

Tot zijn elfde zat hij op een Joodse basisschool in Frankfurt, daarna ging hij daar naar het gymnasium. Op deze leeftijd raakte hij al geboeid door de astronomie en begon hij zijn zakgeld te sparen voor materiaal. Zo kocht hij bijvoorbeeld een lens zodat hij een telescoop kon bouwen. Een vriend van zijn vader (beiden waren groot muzikkliefhebbers) was professor in de astronomie en had een zoon die slechts twee jaar ouder was dan Karl. De jongens werden goede vrienden en waren beiden erg geïnteresseerd in de sterrenkunde. Zo leerde Karl al op jonge leeftijd de hemelmechanica kennen. Hij werd hierin zo bekwaam dat hij al op zijn zestiende twee papers publiceerde in de *Astronomische Nachrichten* in 1890.



Schwarzschild was terecht een opmerkelijke natuurkundige; zijn kennis spreidde zich uit over een groot aantal gebieden en hij publiceerde vele artikelen. Hij zei zelf over zijn houding tegenover de wetenschap:

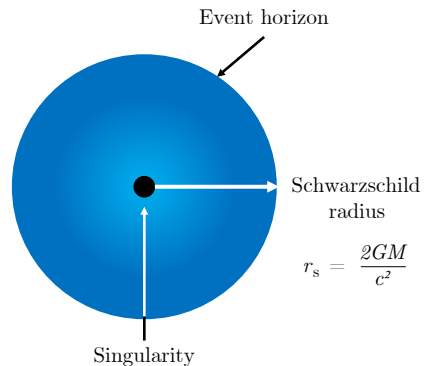
“Mathematics, physics, chemistry, astronomy, march in one front. Whichever lags behind is drawn after. Whichever hastens ahead helps on the others. The closest solidarity between astronomy and the whole circle of exact science. . . . from this aspect I may count it well that my interest has never been limited to the things beyond the moon, but has followed the threads which spin themselves from there to our sublunar knowledge; I have often been untrue to the heavens.”

Van 1901 tot 1909 was hij bijzonder hoogleraar aan de universiteit van Göttingen, evenals directeur van de sterrenwacht daar. Hier had hij de eer om te werken naast grote figuren als Hilbert en Minkowski. Arthur Eddington schreef over hem nadat Schwarzschild na een jaar al was gepromoveerd tot professor:

“To a man of his wide interests in all branches of mathematics and physics the surroundings must have been very congenial. . .”

Aan het einde van 1909 vertrok Schwarzschild uit Göttingen en vertrok naar Potsdam om daar te gaan werken aan het observatorium daar. Dit was de meest prestigieuze aanstelling voor een astronoom in Duitsland. Daar heeft hij de hoge verwachtingen ruim waargemaakt. Hij heeft bijvoorbeeld een belangrijke bijdrage geleverd aan spectroscopie in die tijd, wat een belangrijk onderwerp was in die tijd.

Hoewel Schwarzschild's interesse dus niet beperkt bleef tot één gebied (hij publiceerde bijvoorbeeld ook over elektrodynamica), is hij nu vooral bekend om de Schwarzschildstraal: een eigenschap van zwarte gaten die hij wonderbaarlijk genoeg niet zelf heeft ontdekt. Karl geloofde zelfs niet in het bestaan van zwarte gaten (veel wetenschappers in die tijd deden dat nog niet)! Toch leverde hij de eerste exacte oplossing van Einsteins vergelijkingen van de algemene relativiteitstheorie die uiteindelijk de basis zou vormen van het onderzoek naar zwarte gaten (lichamen met zoveel massa dat de ontsnappingssnelheid hoger is dan de snelheid van het licht). De Schwarzschildstraal is de afstand tot het middelpunt van een zwart gat, waar vanaf niets meer de zwaartekracht kan ontsnappen. De Schwarzschildstraal is daarmee letterlijk 'the point of no return'.



Een opmerkelijk feit is dat de formule ($r_s = \frac{2GM}{c^2}$) ook op klassieke wijze af te leiden is, en dat er dus geen verschil is tussen het klassieke en het relativistische resultaat.

Het bijzondere is dat hij deze oplossing vond in de loopgraven tijdens de Eerste Wereldoorlog. Hoewel Karl niet meer in militaire dienst hoefde, ging hij vrijwillig. Hij diende in België, Frankrijk en in Rusland aan het Oostfront. Terwijl hij in Rusland verbleef, schreef hij twee artikelen over Einsteins relativiteitstheorie en één op het gebied van de kwantumtheorie van Planck over het Stark-effect. Aan het Russische front liep Karl Schwarzschild een zeer zeldzame dodelijke ziekte op die pemphigus genoemd wordt. Dit is een auto-immuun ziekte, waarbij het lichaam de huidcellen niet meer als eigen beschouwt en daardoor pijnlijke blaren veroorzaakt. In die tijd was hiervoor nog geen behandeling. Op 11 mei 1916 overleed Karl Schwarzschild dan ook aan de gevolgen van zijn ziekte.

Marjolein Troost

Wisdom of Black Holes

By: Umut Gürsoy

The most fascinating feature of theoretical physics is how simple principles can result in solid predictions on the behavior of nature, which can then be observed in experiments. There are great instances of this in the history of modern physics such as Einstein's equivalence principle that correctly predicts orbits of planets or Pauli's exclusion principle that determines dynamics of enormously complicated electronic systems in a solid. As a standard example of the predictions of Einstein's general relativity, one looks at the precession in Mercury's perihelion motion. Einstein's theory based on the equivalence principle goes beyond Newton's old theory of gravitation and predicts an anomalous advance in the perihelion motion, which is of course confirmed long time ago in 1919. Among other confirmed predictions based on this principle are gravitational lensing, gravitational redshift, etc. Similarly, I think it is fair to say that without Pauli's exclusion principle of fermionic excitations all the great advances in condensed matter physics would have been impossible over the last century.

If I were asked to give a single such example, a principle of such depth in the last decades, I would opt for the so-called "holographic duality" ('t Hooft, 1993). The idea is so simple and beautiful, and the consequences in understanding nature are so promising that a great portion of recent research in the field has focused on it.

Holography is essentially a consequence of the attractive nature of the gravitational force: when too much energy is confined in a small volume of space, it will collapse to form a black hole by forming an "event horizon", a point of no return for particles that fall inside. It is a limit beyond which not even light rays can escape. The idea of the holographic principle is that the event horizon that encloses the bulk of the black hole can be thought of as a "holographic screen" in the sense that the physics of all processes that take place inside the bulk of the black hole can equivalently be represented by a theory formulated on the area that just outside the horizon. The

name "holography" refers to holograms, gadgets that can mimic 3D pictures and motion on a 2D surface by using laws of optics. However this analogy should not be taken further: there will be no particular role played by the optics in what follows.

A sequence of ideas that lead to this principle is as follows. On one hand we know from the physics of black holes that they obey laws of thermodynamics where their entropy is identified with the area of the event horizon. Entropy is a measure of how much information can be stored in an object. One can think of dividing the horizon area in unit cells of information that contain Boolean bits of information 0 or 1, just like on a surface of a CD or a DVD. Therefore the information stored in a black hole of volume V contained in the area A is not proportional to its volume V as you may expect, but it is proportional to the area A that encloses this volume. On the other hand, the fact that black holes obey the laws of thermodynamics also means that the entropy can

only increase during collapse of gravitating matter in volume V to form a black hole. Therefore the information stored in a volume of space V before collapsing should have had information less than the area of the surface that encloses it. One reaches at a very general conclusion that the maximum information that can be stored in a volume in space V , not necessarily containing a black hole but just an arbitrary collection of gravitating quantum matter, should be proportional to the area of its boundary and not its volume! A few more steps of generalization lead to the following general conjecture: the same physics can be formulated in two equivalent ways; one by the physics of gravitating bodies in the bulk of a space-time, other by the quantum field theory (QFT) of excitations that live on the area enclosing this bulk.

Despite being an abstract idea, we now have concrete realizations of the holographic principle where the bulk theory stems from string theory and the boundary theories are quantum field theories that describe fundamental forces in the universe, such as the strong force that binds nuclei inside the atoms. The first conjecture of this sort (Maldacena, 1997) is called the AdS/CFT conjecture. Here the bulk space-time that contains gravity is a 10 dimensional product space of 5D Anti-de-Sitter (AdS) space-time with a 5D sphere. One can think of the sphere as an internal space, and compactify string theory on it, reducing the space-time to 5 dimensional AdS. AdS is the maximally symmetric solution to Einstein's gravity in 5D with a negative cosmological constant. The lowest lying excitations of string theory on this space-time contains the graviton, the particle that carries gravitational force. Hence the bulk theory is gravity on AdS. This 5D space has a 4D boundary and according to the

forementioned holographic conjecture one expects an equivalent description of the 5D physics in terms of a QFT that lives on this boundary. Maldacena has arrived at a concrete version of holography by considering extended objects called the D-branes in string theory. They can be thought of as dynamical surfaces in space-time where the open strings can end. The particular D-branes in question are the so-called D3 branes with 3-space 1-time direction. D3 branes are sources for both open and close strings. In a low energy limit one can describe them in two distinct but equivalent ways, one in terms of closed and the other in terms of open strings. The closed-string description is precisely the 5D AdS space that becomes Einstein's gravity (coupled to various matter fields) in the low energy limit. The open string picture on the other hand is a "gauge theory" in 3+1 dimensions. Gauge theories are particular examples of QFTs that can be understood as a generalization of electromagnetism, a generalization where the number of force-carrying particles (like the photon of electromagnetism) can be more than one. For example in the gauge theory of nuclear forces, there are 8 such force particles. As we know of today, the unified description of all known interactions in nature (except gravity) can be described by gauge theories. By equating the closed and open string descriptions Maldacena arrived at the conclusion that Einstein's gravity on AdS is equivalent to a special gauge theory that lives on the boundary of AdS. Moreover there is a seesaw-like balance between the level of complication on the two sides of the holographic correspondence: When the gauge theory description becomes complicated (when the interaction strength becomes large) the corresponding gravity description simplifies and becomes Einstein's gravity. When the gauge theory descrip-

tion becomes simple (at weak interaction strength), the dual gravity picture becomes complicated, it becomes the full string theory on AdS.

“The idea [of holography] is so simple and beautiful”

The gauge theory on the boundary of AdS turns out to be a very special however. It is invariant under scale transformations: physics laws look the same regardless the scale you probe it, like in fractals. This fact has both negative and positive aspects. On the positive side, because of this extra symmetry, we can calculate many observables such as the spectrum of the theory, the correlation functions etc. by using advanced QFT methods even at strong coupling. As mentioned above, the gravity picture simplifies at strong coupling and one can calculate the same observables in the dual gravity picture. This allows us to calculate observables on the two sides independently and compare them: AdS/CFT conjecture has managed to pass all such tests in the last 15 years. It is fair to say that it is now regarded as a standard tool in the toolbox of a theorists. On the negative side, the gauge theory is less interesting for applications to particle physics, because the scale symmetry is not present in particle physics. Particle masses themselves bring a scale in the problem, hence violating any possible scale symmetry. This negative aspect of the original formulation has been overcome in the last years, and

the correspondence has been extended to more realistic QFTs employed in particle physics, even in condensed matter.

Therefore the duality provides amazing possibilities in reformulating notoriously complicated quantum theories of matter with strong interactions by relating them to gravity where we can easily perform calculations. This allows for a qualitative – sometimes even quantitative – understanding of certain mysterious phenomena in the boundary quantum theory. I can give two examples in this regard. First is the heavy ion experiments at Brookhaven and CERN that are designed to simulate and study the conditions of our universe one millionth of a second after big-bang. The outcome is a previously unobserved strongly interacting form of matter, called the quark-gluon plasma. The quantum theory describing the dynamics in this plasma is so complicated that we do not know how to reproduce the findings of these experiments theoretically. Amazingly, one can do so, by mapping the theory to a gravitational equivalent! For example one can understand the extremely weak viscosity properties of this plasma by relating it to a black hole! The second example arises in a completely distinct theory, the solid-state physics. In the various strongly correlated fermionic systems such as the unconventional superconductors, because of strong correlations between the electrons, notion of a particle loses its meaning. Holography on the other hand maps the system onto gravity where the fundamental excitations (gravitons) are well-defined, and allows us to simplify the complicated quantum dynamics in terms of semiclassical physics of a black hole.



Verslag: Actieve Leden Weekend

Vrijdag 31 mei was het weer zover. Het Actieve Leden Weekend (ALW) 2013 ging van start. Vrijdag 31 mei, zaterdag 1 juni en zondag 2 juni waren gereserveerd om de actieve leden in de watten te leggen. Dit keer gebeurde het in het Drentse Gasselte, waar onze geliefde leden mochten genieten van huisjes met zachte bedjes.

Rond negen uur in de avond stond een lekkere maaltijd klaar om de binnenstromende leden te ontvangen. Nadat ieder zijn buikje had volgegeten en zijn bed had klaargemaakt voor de nacht, was het tijd om de hersenen te gebruiken. De AxiCie had een heuse quiz georganiseerd waar ieders interessegebied van pas zou komen. De laatste ronde van de quiz was de muziekronde en van hieruit kwam het snel tot een gezellig feest met bier en andere dranken in overvloed. Het duurde niet lang of er werd luidkeels meegezongen met nummers als 'Bohemian Rhapsody' en 'Don't Stop Me Now' van Queen. Uiteraard werden de epische lichtgitaarsolo's niet vergeten.



De volgende ochtend was het tijd voor het 'zaterdagochtendspel'. Dit spel bestond uit posten waar verschillende opdrachten werden gedaan. Voor het spel heeft Winfried van den Dool in 7 seconden (!) een blikje cola geat en heeft Lars de Ruiter na 23 spekkies in zijn mond nog steeds 'Let's Wol' verstaanbaar uitgesproken. Na al deze jolige capriolen stond alweer de volgende activiteit op het programma; het pretpark! Het pretpark was erg vermakelijk, maar het kan zijn dat we het onbeperkt frikandel eten daar nog leuker vonden. Al met al was het een leuke middag geworden en na de wandeltocht terug naar de camping was het tijd voor de bonte avond!

Dit keer hadden de leden echt letterlijk alles uit de kast getrokken. Zo waren er opeens twee vrouwen extra in het kamp en kropen er twee halfnaakte mannen over elkaar heen. Daarnaast was de Lingo-act een groot succes en werd er hard gelachen om het biertje met zout dat Reinier Nederstigt moest opdrinken. Als afsluiter van de avond was er een kampvuur. De gitaren werden erbij gepakt en het werd een hele leuke avond vol muziek en brandend hout. Toen het laatste hout er dan eindelijk aan moest geloven, was het einde in zicht en lag iedereen rond half 6 in z'n nest. Zondagochtend werd er ontbeten en opgeruimd. Het ALW was alweer ten einde maar wat was het weer leuk. Tot volgend jaar!

AxiCie

The noisy Christ Child

Master thesis with Henk Dijkstra (IMAU) and Debabrata Panja (ITF)

By: Claudia Wieners

He usually comes to Peru in december, about once in four years, killing the fish, flooding the land: the Christ Child. Bringing too much rain to South America and droughts in Indonesia, he is not exactly a well-loved Christmas guest. Only a little group of meteorologists and oceanographers get excited (“It’s El Niño!”¹) and rub their hands – at least if they predicted him correctly.

Seeing the dangerous consequences of a strong El Niño, it is natural that one wishes to predict him. Unfortunately, El Niños occur in a rather irregular way. Nowadays, they can be predicted reasonably well in the autumn and summer preceding an event, but predictions made earlier than that are not very good: this is called the spring predictability barrier.

What is El Niño?

El Niño is a mainly phenomenon of the Equatorial Pacific Ocean. The principle is quite easy to understand. Let us start from the “normal”, non-El Niño state. As you might know, the mean winds near the equator are easterly. The “trade winds” blow from South America to Indonesia, pushing the water with them. The water level near Indonesia is several decimeters higher than in Peru. This is small in amplitude compared to the deviation of the so-called thermocline, the rather sharp interface between warm, and less dense, surface water with colder, denser deep water. In Peru, the warm water layer is only about 50 meters deep, whereas in

Indonesia, it is up to 200 meters. Near Peru, we also have “upwelling” of cold water. A slightly simplified explanation is that the wind pushes away the surface water, which is replaced by colder water from below. (This water is rich in nutrients, which makes the Peruvian coast a very good fishing ground... in normal years). So even at the surface, the water temperature near Peru is only about 22°C, whereas in Indonesia, it can reach 30°C.

“What makes El Niño behave so irregularly?”

This enormous temperature difference influences the atmosphere. Remember that warm air, being less dense than cold air, tends to rise, while cold air sinks. This leads to a low pressure area in Indonesia and high pressure in Peru. Near the ground, air flows from the high towards the low pressure, thus reinforcing the easterly trade winds². A closed circulation cell, the Walker cell, is formed.

¹In Spanish, “el niño” means the little boy, which also refers to the Baby Jesus. . .

²Usually the air does *not* flow from high to low pressure directly, because of the Coriolis effect. However, at the equator, the horizontal component of the Coriolis force is zero.



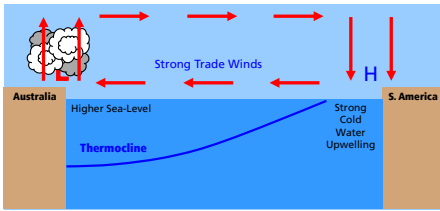


Figure 1: This cross section of the Pacific Ocean, along the equator, illustrates the pattern of atmospheric circulation typically found at the equatorial Pacific. Note the position of the thermocline.

So much for the normal situation. Now imagine some little disturbance. . . maybe a little weakening of the easterly winds. The weakened winds cannot uphold the gradient in sea surface height any more, so you can imagine that the warm Indonesian water “sloshes back” towards Peru. It is not that a whole body of water gets moved from Indonesia to Peru: The signal is wavelike, with “Kelvin waves” traveling eastward and “Rossby waves” traveling westward. This is very visible at the thermocline, which moves upwards in the west and is lowered in the east (which reduces the upwelling of colder water). The temperature gradient gets smaller, so the Walker cell is weakened and with it, the easterly winds are reduced even more. . . So we have a positive feedback!

At the end, in the east the thermocline is about as low and the sea surface temperature about as high as in the west: a full-grown El Niño. During the 1997/98 El Niño, the temperature anomaly in the eastern equatorial Pacific was as large as 5 degrees Kelvin, for several months.

The warm Kelvin wave, when hitting the South American coast, gets reflected and the warm signal (lowering of the thermocline) moves back to the west again, this

time as a so-called Rossby wave. In spite of the mentioned positive feedbacks, El Niño can’t last forever. Often he is followed by La Niña (the little girl), a kind of “anti-El Niño”, with particularly low sea surface temperatures near Peru.

Quirky behaviour

El Niño occurs approximately every four years. One can explain this period using the travel and reflection times of the various Kelvin and Rossby waves involved. But when one looks at an El Niño time series, one hardly finds a four-year period.

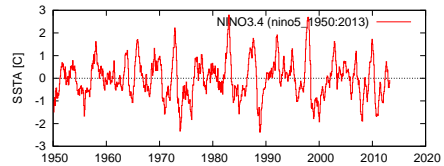


Figure 2: Deviation from the mean of the sea surface temperature in the “NINO3.4” area (eastern equatorial Pacific Ocean), normalised by the standard deviation. Positive values correspond to El Nios. Note the irregular behaviour!

What makes El Niño behave so irregularly?

There are two points of view, which one could call the deterministic and the stochastic ansatz. According to the deterministic view, the system is so complex and has so many feedbacks (mathematically this corresponds with non-linear terms) that it shows chaotic behaviour. In the stochastic view, these internal couplings are of minor importance, and the irregularity comes from the “outside”, namely atmospheric noise.

This might sound strange. Isn’t the atmosphere, with its Walker circulation, part of the El Niño system? Yes and no:

The slow changes in pressure and wind field forced by El Niño-related temperature anomalies certainly belong to the system, but the atmosphere also varies on much shorter time scales: typical weather phenomena, for example, last days rather than months. From the ocean's point of view, this is just noise. But noise might yet trigger oceanic processes.

In my master thesis, I adopt the stochastic point of view.

Dynamically Orthogonal Field Method

The Dynamically Orthogonal Field (or DO) Method is a procedure with which one can solve stochastic differential equations [1]. In our case, the equations are of the form $du = F(u)dt + dW$, where u is a variable, $F(u)$ a deterministic function of u and dW is a noise term (for example a change in oceanic velocity induced by a short time scale wind). t is time. u and $F(u)$ also depend on the spatial coordinates x (east-west direction) and y (north-south).

“There are a lot of these “modes” and each of them makes some large or little contribution to the variance of the system.”

This equation can be solved numerically. dW is produced by some random number generator. But we don't know how representative this solution will be – it is too random! So we could run the model several (say 10,000) times, where every realisation has its own random noise. One can then, for example, look at the mean solution.

In climate science, deviations from the mean are just as interesting as the mean itself. We also want to learn about the patterns of the variance. For example, we might find that on average, the sea surface temperature is 29 degrees in the west and 22 degrees in the east, but when it is unusually cold in the east, it is unusually warm in the west, and the other way round (the El Niño “mode”). There are a lot of these “modes” (about 18,000 in my case) and each of them makes some large or little contribution to the variance of the system. The nice thing is that the system can be approximated quite well by taking only the most important modes, maybe 10 or so.

Let ω be an index for the realisation, and i for the mode. Each of our 10,000 realisations $u(\omega)$ can now be expressed using the mean state $u|_{mean}$ and the modes u_i ³: $u(\omega) = u_{mean} + \sum_{i=1}^N u_i' Y_i(\omega)$, where the Y are some numbers, the “stochastic coefficients”. N , the number of modes, might be something like 10.

The DO framework provides a method to calculate the time development of the modes and stochastic coefficients efficiently. One “simply” has to apply it to the equations of one's own model...

³One has to make sure that the modes are orthogonal – qualitatively speaking, two modes should not be too “similar”; every mode must contain information that cannot be expressed by other modes.



The noisy Christchild

No one would like to do such enormous calculations by hand. Luckily there are already several algorithms to solve the equations of a simple model for El Niño, the Zebiak-Cane model. Omitting vertical dependences, one has to solve for the ocean currents, thermocline depth, sea surface temperature, atmospheric pressure and winds on a two-dimensional grid. Some quantities directly follow from others (for example, the atmosphere adjusts so quickly to the sea surface temperature that we assume the winds, except for the noisy parts, to follow from the temperature), for others we know the time derivative. In the version I use, these differential equations are solved explicitly.

During the last month, I added new pieces of code: for calculating the stochastic coefficients $Y_i(\omega)$, for getting the modes orthogonally, and for adding stochastic noise to the ocean current. Also, the system has to be initialised, which I do by running the original code for a long time, writing out 10,000 states (realisations) and taking the eigenvalues of the covari-

ance matrix. Unfortunately, I still need to debug the code before I can run it...

Once this is done, I will try to find out which spatial patterns of stochastic wind forcing (for example, strong wind variations in the western equatorial Pacific) are likely to produce strong El Niño-like modes. Maybe these patterns can be linked to actual phenomena like the so-called Madden-Julian oscillations, which can lead to westerly wind bursts. This would give insight into what short-time phenomena are important for El Niño. Another idea is to check whether the system is more sensitive to atmospheric noise in spring than in, say, autumn. If this is the case, it might explain the spring predictability barrier. Finally, one could use different background conditions, like a warmer average temperature, to investigate the behaviour of El Niño in other climates.

Lots of interesting questions... I hope that the DO method (if I ever manage to debug my code!) will help to find out how noisy the Christ child really is.

References

- [1] T.P.Sapsis, P.F.J. Lermusiaux, *Dynamically orthogonal field equations for continuous stochastic dynamical systems*, 2009

De Naald

Was het maar waar maar gelukkig is het niet waar. Hypothetisch nieuws om te laten zien hoe het ook had gekund.

Partij met Bèta-Verstand

Heb jij ook het gevoel dat het in de politiek soms aan logisch denken, plannen-oplange-termijn en begrip voor cijfers ontbreekt? Word dan lid bij de nog niet gestichte Partij met Bèta-Verstand (PBV)! Op een nulde vergadering op maandag aanstaande zal de belangrijke vraag worden besproken hoe je voldoende bèta's ertoe krijgt om de politiek in te gaan (en dus onze partij te steunen). Dit is een kritiek punt. Ikzelf bijvoorbeeld heb totaal geen zin in politiek en zal daarom niet naar de vergadering gaan.

Universitaire screening

Zoals Francis Bacon zei: 'Kennis is macht'. Het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap heeft zich laten inspireren door dit motto en het gemak waarmee het beleid door de Kamer is gekomen waarbij studenten een verplichte ontheffing moeten aanvragen voor het studeren van nucleaire studies. Vanaf volgend jaar zal iedere student die potentieel gevaarlijke kennis kan opdoen tijdens zijn studie hiervoor een screening van de AIVD moeten ondergaan. Dit om te voorkomen dat niet nadergenoemde schurkenstaten biologische wapens, cyberaanvalcommando's of hersenspoeltechnieken in handen krijgen. 'De machtspositie van het Westen is momenteel gebaseerd op kennis', aldus een woordvoerder van het Nationaal KennisBehoudingsFront (NKBF). 'We moeten deze kennis dus vooral niet uit handen geven door studenten op te leiden die niet denken in termen van ons landsbelang.' De nieuwe maatregelen kunnen vermoedelijk vanaf volgend jaar ingaan.

Plasmabrander te leen

Je loopt naar buiten, op naar een heerlijk fietstochtje. En daar ineens, voor je neus, staat je fiets, gegijzeld door de ketting van je buurman. Het is hopeloos om te wachten totdat diegene zijn fiets op komt halen, en hij deed het vast niet expres, toch? Met je handen in het haar ren je naar binnen en bereid je je mentaal voor op tot 7 uur op de universiteit blijven. Het is niet meer nodig! Het apparaatbeheer van het natuurkundige practicum heeft een nieuw speeltje: een plasmabrander voor studenten. Goed van vertrouwen als ze zijn kun je het apparaat even meenemen in ruil voor je collegekaart. Je loopt naar buiten, een bouwvakkersdeuntje fluitend en snijdt met dit fancy, 25000 K genererende speelgoed de ketting door. Helaas buurman, het is letterlijk een kwestie van: wie zijn billen brandt, moet op de blaren zitten.

Het proefschrift van Frits Beukers

Door: Harm Backx en Lars van den Berg

Tijdens het interview met professor Frits Beukers, zie elders in deze Vakidoot, hebben we hem ook gevraagd wat te vertellen over zijn onderzoek. Als resultaat is hier een korte schets van de hoofdideeën uit zijn proefschrift, ook goed leesbaar voor niet-wiskundigen.

Het proefschrift gaat over deze diophantische vergelijking:

$$x^2 + D = p^n,$$

waarbij D en p van tevoren gekozen zijn, D geheel is en p priem. De vergelijking moet worden opgelost naar gehele getallen x en n . Met andere woorden, je kijkt wanneer een priemmacht min een constante een kwadraat is. De vergelijking kwam in de belangstelling toen Ramanujan een bijzonder geval bestudeerde,

$$x^2 + 7 = 2^n.$$

Hij vond maar liefst vijf oplossingen:

$$1^2 + 7 = 2^3,$$

$$3^2 + 7 = 2^4,$$

$$5^2 + 7 = 2^5,$$

$$11^2 + 7 = 2^7,$$

$$181^2 + 7 = 2^{15}.$$

Het was vrij opvallend dat het er zo veel waren, dus hij vroeg zich af of er meer zijn. Later is men de 7 gaan veranderen, en ook de 2. Op een gegeven moment was er een klein clubje mensen die belangstelling hadden voor deze wat algemenere vergelijking, waaronder Apéry. Het lastigste geval bleek te zijn wanneer D negatief is. Voor positieve D moet je er wat algebraïsche getaltheorie bij gebruiken, voor negatieve D gaat dat niet meer. Wat in het proefschrift gebeurt, is dat in plaats daarvan hypergeometrische polynomen worden gebruikt om het probleem met behulp van diophantische approximatie op te lossen. Dat is een totaal

andere aanpak van dit soort vergelijkingen: destijds was dat vrij nieuw. Op een gegeven moment bleek ook dat dit soort vergelijkingen in de coderingstheorie gebruikt werd, een belangrijke toepassing, maar verder was het toepassingsgebied niet zo groot. Het belang lag vooral in de methode die gebruikt werd.

Bij diophantische approximatie probeer je een reëel getal “zo goed mogelijk” te benaderen met een rij breuken. Preciezer, gegeven een irrationaal getal α , is het probleem een rij breuken p_n/q_n te vinden die naar α convergeert, zodanig dat

$$\left| \alpha - \frac{p_n}{q_n} \right| < \frac{1}{q_n^{1+\epsilon}}$$

voor een zekere $0 < \epsilon < 1$. Je zoekt dus een rij van breuken die α echt beter benadert dan bijvoorbeeld de decimale ontwikkeling van α , waarbij je doorgaans $\epsilon = 1$ moet kiezen. Zo'n rij bestaat altijd. Bij bijvoorbeeld de kettingbreuk van α kun je zelfs $\epsilon = 1$ nemen. Een kettingbreuk is echter een oncontroleerbaar proces: het heeft ergodische eigenschappen en kan alle kanten uitlopen. Er zijn echter andere manieren: sommige α 's worden expliciet benaderd door rijen p_n/q_n waarbij p_n en q_n polynomen zijn, afhankelijk van n , geëvalueerd in een bepaalde waarde. Hier heb je wel controle over; er komen bijvoorbeeld hypergeometrische functies in voor die je heel goed kent. Zodoende kun je getaltheoretische problemen oplossen, zoals in het proefschrift gebeurt.

Kort

Plaatselijk nieuws en geen nieuws, dit is Kort.

Kom van dat dak af!

Altijd al willen borrelen op het dak van de grijze parkeergarage terwijl deze getransformeerd is tot tuin? Van 6 juni tot 6 juli is dit mogelijk in de echte, heuse Daktuin (no kidding!). Het idee is dat dit een inleiding is tot veel groene initiatieven op de Uithof. Het is dan ook mogelijk in de daktuin te vergaderen, te borrelen, lunchen en debatteren. Ideaal als je vindt dat de Uithof nog groener moet, want volgens de organisatie heeft het nog steeds de uitstraling van een industrieterrein. Persoonlijk kennen we bij de Vakidoot weinig industrieterreinen met schapen en voetbalvelden, maar dat terzijde.

iPhone 5

Dit is niet echt plaatselijk nieuws, maar wel leuk voor de lezers die een iPhone 5 hebben: de Chicago Sun-Times heeft alle 28 fotografen ontslagen omdat ze genoeg vertrouwen hebben in de camera van de iPhone 5 dat ze denken dat de gewone reporters het wel af kunnen. Ze krijgen een heuse iPhone cameratrainingdag (isdatéénwoord?) en daarna moeten ze allemaal maar mooie kiekjes met hun appel kunnen schieten. De 28 fotografen zitten nu zonder baan, maar de reporters klagen niet, ze hebben lekker een ikTelefoon nummer 5. De Vakidoot is niet van plan om dit voorbeeld te volgen.

Rectificaties

Tijdens het creëren van deze Vakidoot zijn er geen suggesties voor rectificaties binnengekomen. Eigenlijk vinden we dat zo noemenswaardig dat we er alsnog een stukje over schrijven in Kort. Bij dezen.

Bètaeters

In de jaarlijkse Alfa versus Bèta Battle strijden de bèta's van A-Eskwadraat, UBV, en Proton tegen de alfa's van Alias, Awater, en UHSK om voor eens en altijd te beslissen wie er nou slimmer zijn – tot de volgende battle uiteraard. Namens A-Eskwadraat heeft het team 'Wicky en de Vikingen' de trofee voor ons in de wacht gesleept. Self high five!

Vragen, klachten, of opmerkingen?

Al sinds jaar en dag kun je op onze website (<http://a-es2.nl/vakid>) niet alleen heel veel Vakidooten van weleer vinden, maar ook een oproep om vooral contact met ons op te nemen als je dat leuk vindt. Dus heb je zin om ook eens een keer iets leuks te schrijven voor de Vakidoot, heb je een foutd gespot, of heb je een waanzinnig goed idee dat de Vakidoot naar jouw mening een stuk beter zou maken, stuur dan vooral een mailtje naar vakid@a-eskwadraat.nl!



Medezeggenschap

Loopbrug BBL–Minnaert gesloopt

De loopbrug tussen het BBL en het Minnaertgebouw wordt met ingang van 8 juli aanstaande (na de laatste tentamens) afgesloten om te worden gesloopt. Dit wordt gedaan in verband met de bouw van het nieuwe onderwijsgebouw, dat in 2015 klaar moet zijn. Volgens de huidige plannen komen er geen vervangende ingangen op de begane grond. Iedereen zal dus om het Minnaertgebouw heen moeten lopen.

SONS (StudentenOverleg Natuur- & Sterrenkunde)

Het StudentenOverleg Natuur- en Sterrenkunde (SONS) heeft een nieuw bestuur voor het collegejaar 2013–2014. De voorzitter wordt Jolien Marsman en Suzanne van der Meijden zal de secretaristaak op zich nemen. Rafael Mostert, die sinds februari deel uitmaakt van het huidige SONS-bestuur, blijft penningmeester. Iedere dinsdagmiddag tijdens de pauze wordt er een DiMiO (DinsdagMiddagOverleg) gehouden, waar alle geïnteresseerde natuurkundestudenten welkom zijn om hun mening te geven over vakken, curricula en andere zaken die te maken hebben met medezeggenschap.



Leden Faculteitsraad verkozen

De Faculteitsraad is het orgaan dat het bestuur van onze faculteit, de Faculteit Bètawetenschappen, controleert. De Faculteitsraad bestaat behalve 7 medewerkers uit 7 studenten: één van iedere studie binnen de faculteit, en één zetel die niet aan een studie gebonden is. Afgelopen tijd kon er gestemd worden op de kandidaten. Uit de uitslag, die 4 juni bekend is geworden, bleek dat Marten Spoor het studentlid voor Informatica en Informatiekunde wordt, Erik Bruin voor Wiskunde en Rafaël Mostert voor Natuur- & Sterrenkunde. De algemene zetel is gewonnen door een scheikunde-student.

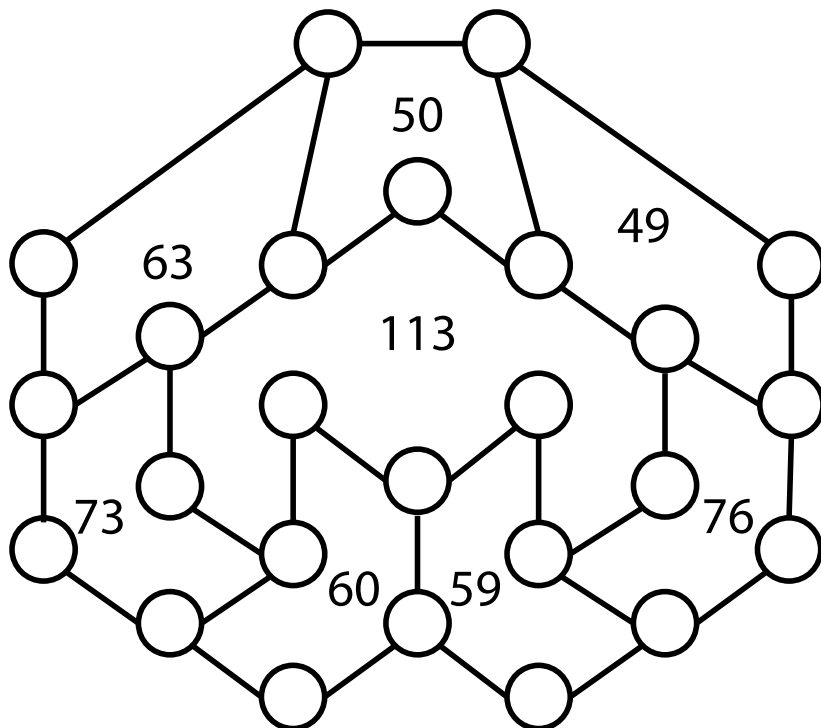
Pluim van de decaan voor Jan-Willem Meijerink

Natuur- & Sterrenkundestudent Jan-Willem Meijerink heeft een pluim van decaan Gerrit van Meer (hoofd van de faculteit Bètawetenschappen) gekregen voor het opzetten van het student-tutoraat bij Natuurkunde. Het student-tutoraat houdt in dat ieder eerstejaars tutorgroepje naast hun docent-tutor een student-tutor hebben, een ouderejaars student waar de eerstejaars met vragen terecht kunnen. Ook zijn er regelmatig bijeenkomsten van het tutorgroepje met de student-tutor over studiegerelateerde onderwerpen zoals ‘Keuzevakken’ en ‘Actief naast je studie’. Het student-tutoraat is zo goed aangeslagen, dat meerdere studies, waaronder wiskunde en informatica, het ook gaan beginnen. Bovendien wordt het idee ook meegenomen in de U-raad, om eventueel universeitsbreed in te voeren.

Tim Coopmans

Sommen

Vul in elk rondje een cijfer van 1 tot 25 in zodat de getallen in de rondjes die grenzen aan een gebied opgeteld het getal in dat gebied geven. Elk getal mag slechts één keer gebruikt worden.



De winnaar van de vorige puzzel is Menno de Boer. Gefeliciteerd! Je mag je prijsje op komen halen in de A-Eskwadraatkamer.

Wil je ook kans maken op een leuk prijsje? Stuur je oplossing dan uiterlijk 8 september in naar vakidoot@-eskwadraat.nl o.v.v. 'Puzzel Ideaal', of laat hem achter in het postvakje van de Vakidoot in de A-Eskwadraatwerkkamer (BBL-261).

Geef ons water!

Geef ons water!
Wij hebben schoon genoeg
van het stilzitten sinds 1868
af en toe een paar slagen draaien
voor stomme toeristen
en de UNESCO.

Geef ons water!
Toen, met de ramp¹
toen alles blank stond, alles kapot was,
groot de ontredding,
toen waren wij er nog,
hebben wij het land droog mogen maken:
malen, eindelijk malen!

Geef ons water!
Wij kunnen het aan,
uit de lucht putten wij kracht,
onze spijs is de wind.
Wie gaf jullie het recht
om ons aan de dijk te zetten
in de bloei van onze jeugd?

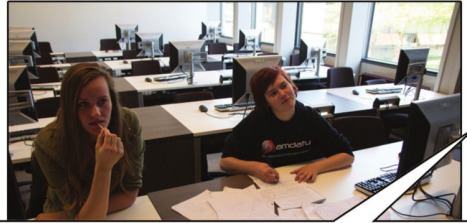
Dus, voor de laatste keer:
Geef ons het water terug,
ons molens van Kinderdijk!

Claudia Wieners

¹Het verhaal dat na de Watersnood van 1953 de molens nog één keer gebruikt zijn om de overstroomde Alblasserwaard weer droog te krijgen, heb ik ooit in een toeristenboekje gelezen, maar ik heb hier later geen bevestiging voor kunnen vinden.

De **VAK** idioot fotostrip

In de theoretische fysica moet je kunnen idealiseren...



Neem eens Galilei, die de vrije val vond door de wrijving te verwaarlozen!



Het vinden van fundamentele wetten vereist een enorm abstractievermogen...



...eliminieren van alle onwezenlijke aspecten!



Pffff... onze idealist is op z'n bek gegaan!

Oh, kijk, hij heeft de wrijving verwaarloosd!