

De bètacanon is af: wat iedereen zou moeten weten

Louise O. Fresco en Robbert Dijkgraaf

Van nul tot nano en van zonnestelsel tot plastics. Een jaar lang verscheen in de Volkskrant de canon van de exacte wetenschap. De lijst van vijftig belangrijkste onderwerpen uit de natuurwetenschappen is af. Maar wat was het grotere verband? De commissie legt uit, tot slot.



De bètacanon: de vijftig belangrijkste onderwerpen uit de natuurwetenschappen.

Van algoritme tot zonnestelsel, van dna tot gps, van het standaardmodel tot de schuivende continenten: wat een rijkdom boden dit hele jaar de vijftig afleveringen van de bètacanon!

Terugkijkend heeft de commissie eigenlijk nauwelijks gearzeld: ja, zonnebril (en dus de optica) en de bloedsomloop zijn er afgevallen, maar dat zijn er maar een paar. Kiezen betekent ook weglaten en dat past de natuurwetenschapper eigenlijk niet. Elk plantje, elk elementair deeltje is relevant – hoe zeldzaam ook.

Maar toch, uitgaande van de vraag: wat behoort er echt tot onze cultuur en wat moet een krantenlezer minstens weten van wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie en techniek, kwam de lijst toch vrij gemakkelijk tot stand. Uiteindelijk was voor ons de belangrijkste vraag: zijn de onderwerpen, mits breed genoeg geïnterpreteerd, in staat de natuurwetenschappelijke wereld als een atlas van kaarten te overdekken?

Net als de natuurwetenschappen zelf is de bètacanon organisch en niet-lineair gegroeid. Er lag geen intelligent design klaar, toen de commissie een jaar geleden aan het werk ging. Maar we waren wel overtuigd dat het mogelijk moest zijn met een peer group (de commissie) en gebruikmakend van de aloude beoordelingsmethode van het peer review onderwerpen te kiezen en uit te werken. Na een opwindende brainstormsessie waren we het heel snel eens over twintig, dertig onderwerpen die er volgens iedereen beslist in moesten: tijd en transistor, nul en nano – om maar iets te noemen. Vervolgens hebben we in een paar ronden een lijst met aanvullende onderwerpen opgesteld.

Telkens hebben we geprobeerd de verschillende dimensies van de onderwerpen recht te doen. Zo is er het universele concept (bijvoorbeeld ecosysteem), de historische context (Engelse vegetatiekundigen in de jaren dertig) en de actuele toepassing (natuurbescherming). Alle onderwerpen zijn vervolgens uitgewerkt door jonge wetenschappers.

Wat is nu werkelijk bèta aan deze lijst en aan de manier waarop de onderwerpen zijn beschreven? Want natuurlijk bestaan er raakvlakken met de Canon van Nederland, (www.entoen.nu) waarop wij destijds reageerden, omdat de natuurwetenschappen onderbelicht waren gebleven. Zo vindt u in de Nederlandse canon de Beemster en bij ons de dijk.

Huijgens

En uiteraard Huijgens, tot wiens opname in de nationale canon wij vorig jaar hebben opgeroepen. We constateren trouwens met plezier dat dat gebeurd is in de definitieve versie, zij het dat wij ons realiseren dat deze wijziging – één van de vijftig onderwerpen – slechts een 2 procent correctie bedraagt en daarmee ruim binnen de foutmarge van de geschiedschrijving valt.

Het afgelopen jaar hebben we bij verschillende publieke gelegenheden het Grote Bètacanonspel mogen spelen – we sporen u aan het tijdens de feestdagen ook eens te proberen. Wat vond een publiek, dat vaak heel gemengd van samenstelling en interesse was, wat er beslist op deze lijst zou moeten staan? Daarbij kwamen geen grote verrassingen naar boven. De meeste onderwerpen die bij die gelegenheden gesuggereerd werden, konden we heel goed op onze lijst terugvinden. Opvallend was wel dat sommige clichés over bèta's beslist niet opgaan, dat ingenieurs hartstochtelijk voor abstracte begrippen als nul of oerknal kiezen en dat fysicistudenten juist een onderwerp als taal naar voren brengen.

Er kwam ook steun van verder weg. Misschien moest u even fronsen, toen als een van de eerste onderwerpen de wc langskwam. Werd deze bètacanon niet een beetje platvloers? Maar wij waren aangenaam verrast, toen diezelfde week de eerbiedwaardige British Medical Association hygiëne als de grootste medische doorbraak uit de geschiedenis verkoos, zelfs boven successen als antibiotica, de pil en vaccinaties.

De nationale geschiedenis canon is duidelijk gerangschikt langs de as van de voortschrijdende tijd. De bijbehorende poster vertoont dan ook een mooie slang van historische iconen. Maar voor de bètacanon ligt die ordening ingewikkelder. Natuurlijk hebben onze onderwerpen ook een zekere chronologische volgorde. Dna komt na Darwin, atoombom na Einstein.

Maar die historische benadering leert ons niet veel. Vaak liggen de onderwerpen min of meer synchroon, zoals elektromagnetisme en periodiek systeem, zonder echter logisch verbonden te zijn. Nee, als we de vijftig onderwerpen overzien, dan is er eerder sprake van een ordening van klein naar groot. De blik van de bèta is een hiërarchische blik die zoekt naar opschaling en symmetrie, anders dan in de sociale wetenschappen waar het niveau van de mens en de menselijke samenleving het vanzelfsprekende centrale cluster is. Als de bètacanon ons iets leert, dan is het juist hoe relatief de menselijke maat is.

We kunnen onze ordening het beste weergeven door uitwaaiende, logaritmische cirkels (zie figuur) van enerzijds tijd- en ruimteschalen en anderzijds toenemende concreetheid. Langs de rand loopt u van klein naar groot. Rechts staan de kleinste ruimteschalen en kortste tijdschalen, het subatomaire en subcellulaire niveau met onderwerpen als quantum en enzym.

Links bevinden zich de macroschalen, met oerknal, zonnestelsel en plaattectoniek. Tussen groot en klein bevindt zich een groot aantal onderwerpen die de menselijke schaal vertegenwoordigen. Hoe verder we in deze waaier naar buiten gaan, des te toegepaster de onderwerpen worden. Fiets en wc vindt u helemaal aan de rand.

Van boven naar beneden loopt er een as van metaconcepten zoals nul en fout via theorieën (Darwin, evolutie) naar technologie (robots).

Een van de opvallendste eigenschappen van de natuurwetenschappen is dat zij op zo'n natuurlijke manier in gescheiden domeinen uiteenvallen, elk met zijn eigen

begrippen, methoden en taal. De wereld van een bioloog die tropische oerwouden bestudeert, is echt een andere dan die van de fysicus die elementaire deeltjes op elkaar schiet. De ene kan niet zonder de ecologische theorie, de andere niet zonder constante van Planck.

Er bestaan dus vele kamers in het huis van de natuurwetenschappen, zoals de onderwerpen in de canon illustreren. Maar al die verschillende gebieden staan wel met elkaar in verbinding. Uiteindelijk komt ook de ecooloog in het tropische regenwoud bij de fysica uit en is de natuurkundige geïnteresseerd in de natuurlijke verschijnselen die uit de fundamentele wetten volgen. De natuurwetenschapper snijdt de wereld in plakjes en verbaast zich er vervolgens over hoe mooi die plakjes weer in elkaar passen.

Bouwstenen

In die samenhang kunnen we twee belangrijke mechanismen onderscheiden, die eigenlijk elk een eigen plek in de canon verdienen, ware het niet dat zij in bijna elk onderwerp aan bod komen.

Ten eerste is er het reductionisme: ingewikkelde zaken tot hun elementaire bouwstenen terugvoeren. Ook al heeft deze stroming in sommige kringen een slechte naam, het reductionisme is een onvoorstelbaar succesverhaal gebleken. Dat alle materie uit deeltjes is opgebouwd, of dat organismen een blauwdruk in hun dna hebben, gooien hoge ogen als dé feiten die iedereen over de natuur zou moeten weten.

De woorden van Democritus, de vader van de atoomtheorie, hadden een profetisch karakter: 'Volgens afspraak is er kleur, volgens afspraak zoet, volgens afspraak bitter, maar in werkelijkheid zijn er alleen atomen en ruimte.'

Complete vakgebieden zijn ontstaan toen bleek dat de natuur in nog kleinere onderdelen begrepen kon worden – de kernfysica of de moleculaire biologie.

Het tweede mechanisme gaat precies de andere kant op en staat bekend als emergentie: het geheel is meer dan som van der delen en spontaan kunnen nieuwe begrippen en verschijnselen ontstaan, als je maar genoeg elementaire bouwstenen bij elkaar voegt. Zo is bewustzijn een eigenschap van het totale neurale systeem van onze hersenen en moeilijk toe te schrijven aan individuele zenuwcellen.

Ook het zichzelf reproducerende leven is bij uitstek een emergent verschijnsel, dat uit de veelheid van chemische reacties in de cellen ontstaat.

Maar emergentie is niet slechts voorbehouden aan de biologie. Ook in de harde fysica zijn vele voorbeelden te vinden. Neem de eigenschappen die we zo vanzelfsprekend aan materie toeschrijven: warm of koud, hard of zacht, vast of vloeibaar. Dit alles wordt betekenisloos op het moleculaire niveau. Een atoom is zacht noch vloeibaar, daar had Democritus groot gelijk in. Het wonder is niet slechts dat die eigenschappen verdwijnen als we materie tot atomen reduceren, maar ook dat uit de simpele eigenschappen van atomen rijke gewaarwordingen als kleur, zoet en bitter kunnen ontstaan.

Als we de bètawetenschappen zien als een grote torenflat, met op iedere verdieping een wetenschappelijke discipline, met de kleinste schalen onderop en de allergrootste boven, dan zijn reductie en emergentie de trappen die omlaag en omhoog voeren. Van moleculen naar materiaal, van cellen naar brein. En vice versa.

Je kunt het ook anders zeggen: om een bepaalde etage te bereiken, zul je altijd via een andere etage moeten komen: of eentje hoger, of eentje lager. Op deze wijze is de bètacanon een levend geheel: gescheiden onderwerpen met hun eigen wetmatigheden, maar permanent in een levendige dialoog verwickeld.

Een andere dialoog die centraal in de bètacanon staat, is de wisselwerking tussen concept of theorie en de technologische toepassing. Die drie versterken elkaar: slijpen van glas tot lenzen maakte het mogelijk om microscopen en telescopen te bouwen en zo de wereld van micro-organismen en hemellichamen te bestuderen. En die ontdekkingen leidden weer tot talloze nieuwe theorieën.

Gelukkig toeval

Veel meer dan in andere wetenschapsvelden staan hypothese en toetsing daarbij voorop, al neemt dat niet weg dat serendipiteit en intuïtie, toevallige ontdekkingen en associaties, in de geschiedenis van de bètawetenschappen een veel belangrijkere rol hebben gespeeld dan algemeen wordt gedacht. Er is veel gelukkig toeval in deze canon te vinden.

Onze bètacanon is per definitie niet nationaal en maar zeer ten dele historisch. Toch kan aan deze canon een klein Nederlands tintje niet worden ontzegd – denk maar aan de dijk of aan de fiets. Hoe anders zou een Franse, Amerikaanse of Chinese bètacanon eruit zien? Zouden we dan de lemma's Eiffeltoren, auto en buskruit tegenkomen?

Zouden we de onderwerpen toch op een historische tijdschaal afbeelden, zoals bij de nationale canon, dan valt direct op hoe jong de natuurwetenschappen zijn. Natuurlijk zijn er eeuwenoude, bijna tijdloze onderwerpen, zoals tijd, nul of landbouw, maar de meeste onderdelen verschijnen pas vanaf het midden van de negentiende eeuw en weerspiegelen de grote wetenschappelijke ontdekkingen van de moderne tijd.

In de bètacanon uit 1900 zouden opvallend weinig onderwerpen van onze versie staan. Ruwweg de helft was toen nog onbekend. De lijst van nieuwkomers is indrukwekkend – Einstein, dna, quantum, kernbom, transistor, computer – en weerspiegelt het moderne wereldbeeld. In de lijst van honderd jaar geleden zouden die plaatsen zijn ingenomen door onderwerpen die we nu niet meer de moeite waard vinden, zoals mechanica en salpeterzuur.

In dat licht bezien is het spannend om je af te vragen wat de halfwaardetijd van de huidige onderwerpen is. Hoelang zullen ze mee gaan? Staan op de canon van 2100 nog gps en transistor en plastic? Of zijn zij dan allang vervangen door andere toepassingen en worden onderwerpen als beriberi (voeding) irrelevant geacht? Vinden we de snaartheorie terug of staat het onder het lemma fout?

Zeker is wel dat deze lijst een turbulente tijd tegemoet gaat. We leven in een periode van grote wetenschappelijke ontdekkingen en het tempo lijkt alleen maar toe te nemen. We kunnen niet anders dan optimistisch zijn als we zien hoeveel jonge mensen zin hebben in dit avontuur.

Het is moeilijk te voorspellen welke ontdekkingen zij zullen gaan doen, maar zeker is dat er altijd vijftig prachtige onderwerpen op de bètacanon zullen staan.

Alle afleveringen van de Volkskrant-Bètacanon zijn terug te lezen. Maart 2008 verschijnt bij Meulenhoff het geïllustreerde boek van de reeks, met krantenstukken en extra materiaal. Teleac / NOT werkt aan een serie videoclips voor jongeren op basis van de Bètacanon, die in het voorjaar uitkomt. De

Bètacanon is een initiatief van de Volkskrant. In de begeleidingscommissie hebben zitting Robbert Dijkgraaf (voorzitter), Louise Fresco, Bas Haring, Frans van Lunteren, Sander Bais, Salomon Kroonenberg, Harry Lintsen. Tot zijn aantreden als minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen was ook Ronald Plasterk lid.

Deze tekst en illustratie zijn gepubliceerd in de Volkskrant, 28 december 2007