Waarom volgt Het Universum mathematische regels Het raadsel van het Universums Richard's Feynman

Het universum volgt altijd wiskundige wetten, overal.

En het gekke is, tot op de dag van vandaag weet niemand echt waarom.

Richard Feynman, een van de meest briljante natuurkundigen aller tijden, zei ooit: "Als je de natuur echt wilt begrijpen, moet je haar taal leren."

En deze taal is geen Duits, geen Engels en geen Latijn.

Deze taal is wiskunde.

Maar wacht even, een seconde.

Waarom juist wiskunde?

Waarom raast een planeet, miljoenen kilometers van je verwijderd, door de ijzige duisternis en danst hij volgens een formule die een mens met een potlood op een stuk papier kan krabbelen?

Hoe zou de planeet de formule moeten kennen?

Hij is nooit naar school geweest, hij heeft nooit een wiskundeboek opengeslagen, en toch houdt hij zich er tot op de decimalen nauwkeurig aan.

Dat, mijn vrienden, is het raadsel van het universum.

Dat is een vraag waar zelfs Richard Feynman zich over kon verwonderen.

En dat is precies de vraag die we vandaag stukje voor stukje gaan ontleden, met simpele methoden, een flinke dosis waanzin, en dat alles zonder dat je ooit wiskunde hoeft te hebben gestudeerd.

Blijf vooral tot het einde lezen, want aan het eind krijg je een antwoord dat je kijk op de werkelijkheid waarschijnlijk voorgoed zal veranderen.

Laten we gaan.

Laten we eerlijk zijn, de meesten van ons hadden een hekel aan wiskunde op school.

Variabelen, vergelijkingen, die eeuwige X, of zoiets.

Voor velen was het gewoonweg een kwelling.

Maar nu komt het gedeelte waar je je in de les zo aan ergerde: het geheime blauwdruk voor alles wat bestaat.

Van de kleinste sneeuwvlok tot het grootste sterrenstelsel.

De vraag die we vandaag stellen, is diepgaander dan je misschien denkt.

Het gaat er niet om of wiskunde nuttig is.

Natuurlijk is het nuttig.

Het gaat om iets veel gruwelijker.

Waarom werkt het zo goed?

Waarom past een abstract idee, bedacht door een mens, zo perfect in een reële wereld die zich totaal niet bekommert om menselijke ideeën?

Drie briljante geesten zullen ons hierbij helpen.

Een Italiaan die in de gevangenis belandde omdat hij de waarheid sprak, een stille Hongaar die vertelde over een buitengewoon wonder, en een moderne natuurkundige die zo'n gewaagde bewering doet dat je er versteld van zult staan.

Laten we helemaal bij het begin beginnen.

Terugspoelen.

Het jaar is 1623.

Een man genaamd Galileo Galilei zit in Italië en schrijft een zin die de wetenschap voorgoed zal veranderen.

In essentie zegt het: de natuur is als een enorm boek dat voortdurend voor onze ogen openligt.

Maar niemand kan dit boek lezen zonder eerst de taal te leren waarin het geschreven is.

En deze taal, zegt Galileo, bestaat uit driehoeken, cirkels en geometrische figuren uit de wiskunde.

Stel je het zo voor: het hele universum is een boek.

De sterren, de planeten, het water dat door een rivier stroomt, het zijn allemaal pagina's in dit boek.

En de letters zijn niet het alfabet, maar cijfers en vormen.

Wie deze letters niet kent, dwaalt, zoals Galileo zei, rond in een donker labyrint en begrijpt er geen woord van.

Nu zou je kunnen zeggen: "Ach, dat was gewoon een mooie uitspraak van een oude geleerde."

Maar hier wordt het interessant.

Galileo beweerde het niet alleen, hij bewees het ook.

Hij liet ballen van een hellend vlak rollen en mat de tijd.

En hij ontdekte dat de afstand die een bal aflegt niet simpelweg toeneemt, maar kwadratisch evenredig is met de tijd.

Eén eenheid na één seconde, vier na twee seconden, negen na drie seconden, één, vier, negen.

Kent u deze nummers?

Dit zijn kwadraten.

De natuur berekent, en ze berekent nauwkeurig.

Ongelooflijk, toch?

Een vallende bal heeft geen flauw benul van kwadraten, en toch gehoorzaamt hij stipt en betrouwbaar, alsof iemand hem zo had neergezet.

En precies op dit punt begint de puzzel je zintuigen echt te prikkelen.

Nu komt de man naar wie dit kanaal is vernoemd, Richard Feynman, Nobelprijswinnaar, bongospeler, deugniet van de natuurkunde, iemand die de moeilijkste dingen zo kon uitleggen dat ze ineens makkelijk leken.

En Feynman stelde zichzelf precies die vraag: Hoe zijn wiskunde en natuurkunde nu eigenlijk met elkaar verbonden?

Zijn antwoord was glashelder en tegelijkertijd griezelig.

Hij zei in wezen dat het onmogelijk is om de schoonheid van de natuurwetten op een eerlijke manier over te brengen als men geen wiskunde begrijpt.

"Het spijt me," zei Feynman, "maar zo is het nu eenmaal."

Dat is een lastige uitspraak.

Hij bedoelde niet dat je een wiskundig genie moet zijn.

Hij zei dat de diepste schoonheid ter wereld verborgen ligt in een taal.

En voor degenen die deze taal niet spreken, blijft de mooiste clou voor altijd verborgen.

Laat me u een voorbeeld geven waar Feynman dol op was: zwaartekracht. Waarom valt een appel op de grond en waarom blijft de maan aan de hemel staan zonder te vallen?

Voor de meeste mensen zijn dit twee totaal verschillende dingen.

Een appel valt, de maan niet.

Einde verhaal.

Maar toen kwam Isaac Newton en hij realiseerde zich iets: de maan valt inderdaad voortdurend.

Het valt voortdurend naar de aarde toe.

Het is de enige die zo snel zijwaarts beweegt dat hij steeds langs de aarde valt.

Hij valt als het ware om de hoek, voor eeuwig.

En het bizarre is dat het hetzelfde blijft.

Een formule die beschrijft hoe je appel van de keukentafel valt, beschrijft ook hoe de maan om de aarde draait.

Eén enkele wet, twee totaal verschillende situaties, en die wet is altijd van toepassing.

Feynman noemde dit de wonderbaarlijke eenvoud van de natuur.

Je neemt een wet die je op aarde hebt ontdekt en projecteert die de ruimte in op objecten die je nooit hebt aangeraakt, objecten die je nooit hebt kunnen meten.

En toch is het waar.

Dit is geen toeval.

Maar wat is het dan?

Blijf lezen, want het wordt nog intenser.

In 1960 schreef een rustige, beleefde natuurkundige genaamd Eugene Wigner een essay met een titel die veelzeggend is.

Vertaald betekent het zoiets als "De buitengewone effectiviteit van wiskunde in de natuurwetenschappen".

Laat dit woord even tot je doordringen.

Schandalig, bijna onfatsoenlijk, hoe goed het werkt.

Wat bedoelde Wigner daarmee?

Wiskundigen verzinnen vaak puur speelse, abstracte ideeën, gewoon voor de lol, zonder na te denken over de werkelijkheid.

En dan, vaak decennia of zelfs eeuwen later, duikt ditzelfde spel plotseling op in de natuurkunde en beschrijft de realiteit met dodelijke precisie, alsof iemand de antwoordsleutel al had geschreven voordat iemand de vraag überhaupt kende.

Het meest extreme voorbeeld hiervan zijn de zogenaamde imaginaire getallen.

De naam alleen al klinkt alsof hij verzonnen of bedacht is.

Het gaat om de wortel van 1, een getal dat eigenlijk niet zou mogen bestaan.

Wiskundigen hebben zich hier eeuwenlang mee beziggehouden en het beschouwd als louter mentale gymnastiek.

Volkomen nutteloos voor de praktijk, dachten mensen.

En toen kwam de kwantummechanica, de natuurkunde van de kleinste deeltjes.

En raad eens welke getallen absoluut essentieel zijn om te beschrijven hoe een elektron zich gedraagt.

Inderdaad, precies die verzonnen, zogenaamd nutteloze denkbeeldige getallen.

Zonder hen werkt niets.

De natuur werkt in wezen volgens een wiskunde die de mens oorspronkelijk puur voor de lol heeft bedacht.

Als je hierdoor niet even sprakeloos bent, dan weet ik het ook niet meer.

En het is nog steeds mogelijk.

Een natuurkundige genaamd Paul Dir formuleerde een vergelijking om het elektron te beschrijven.

Zijn wiskundige berekeningen leverden echter twee oplossingen op: één voor het normale elektron en een tweede voor een deeltje dat er hetzelfde uitzag, maar een tegengestelde lading had.

Niemand had ooit eerder zo'n deeltje gezien.

Dirac zou hebben gezegd: "Dat is absoluut een rekenfout."

Het gaat de prullenbak in.

Maar dat deed hij niet. Hij vertrouwde op de wiskunde.

Als de formule dat vereist, dan moet dit deeltje bestaan.

Enkele jaren later werd het antimateriedeeltje daadwerkelijk gevonden.

De wiskunde had een geheel nieuwe vorm van materie voorspeld voordat ook maar een mens die ooit had gezien.

Laat dat even tot je doordringen.

En als je denkt dat dit een op zichzelf staand incident was, dan zul je versteld staan.

Spoor.

Terug naar de 19e eeuw.

eeuw aan een Schotse natuurkundige genaamd James Clerk Maxwell.

Hij ging zitten en vatte alle toenmalige kennis over elektriciteit en magnetisme samen in een paar elegante vergelijkingen.

Zuivere wiskunde.

En terwijl hij aan het rekenen was, viel hem iets vreemds op.

Zijn formules voorspelden dat er golven moesten zijn die zich door de lege ruimte voortbewogen.

En toen hij berekende hoe snel deze golven zich zouden voortplanten, bleek het resultaat precies de lichtsnelheid te zijn.

Begrijp je wat dat betekent?

De wiskunde had hem net laten zien dat licht een elektromagnetische golf is, en had hem verteld over andere onzichtbare golven die geen mens ooit had gezien.

Jaren later werden de eerste zenders gebouwd.

Je hebt het resultaat vandaag nog bij je via de radio, wifi en je mobiele telefoon.

Alles voorspeld aan de hand van een paar regels.

Wiskunde.

Lang voordat er ook maar enig apparaat bestond.

Wil je nog een hamer?

Een wiskundige genaamd Bernhard Riemann dacht in de 19e eeuw...

De 19e eeuw kende een volstrekt bizarre geometrie.

Een geometrie voor gekromde ruimtes waar de normale regels niet langer gelden.

Puur een gedachte-experiment.

Men dacht dat het volkomen nutteloos was.

Totdat, vele decennia later, een zekere Albert Einstein op zoek was naar een taal om zijn idee van ruimte en tijd te beschrijven, en raad eens welk stoffig instrument hij uit de la haalde.

Precies de nutteloze meetkunde van Riemann.

Het paste perfect en vormde de basis van de algemene relativiteitstheorie, oftewel ons beste begrip van wat zwaartekracht nu eigenlijk is.

Een wiskundige bouwt een instrument zonder te weten waar het voor dient, en het universum wacht geduldig tot iemand eindelijk beseft dat dit precies is waar het al die tijd op heeft gewacht.

Oké, tot nu toe hebben we het gehad over planeten en minuscule deeltjes ver weg van je dagelijkse leven.

Maar nu zal ik je laten zien dat diezelfde wiskunde vlak voor je neus te vinden is, in bloemen, in dennenappels, in de muziek die je hoort. Neem bijvoorbeeld de zonnebloem.

Kijk eens naar de korrels in het midden.

Ze zijn niet willekeurig verdeeld; ze vormen twee sets spiralen die in elkaar verstrengeld zijn.

En als je de spiralen telt, krijg je bijna altijd een heel specifieke reeks getallen: 21 in de ene richting, 34 in de andere, of 34 en 55.

Dit zijn Fibonacci-getallen.

Een reeks waarin elk getal de som is van de twee voorgaande getallen: 1 1 2 3 5 8 13 21, en de zonnebloem volgt dit patroon.

Waarom?

Omdat dat de meest efficiënte manier is om zoveel mogelijk kernels in een zo klein mogelijke ruimte te persen.

De plant maakt geen bewuste berekeningen, maar de natuur heeft de optimale oplossing gevonden, en die oplossing is wiskundig van aard.

En nu over mijn persoonlijke Pi, deze 3.14 enzovoort.

Je kent ze van de omtrek gedeeld door de diameter, altijd dezelfde verhouding, tot zover, dus schoolstof.

Maar nu duikt Pi op op plekken waar geen cirkel te zien is, in de waarschijnlijkheidstheorie in de vorm van golven.

En nu houd ik me stevig vast, zelfs in rivieren.

Onderzoekers hebben ontdekt dat als je de werkelijke gebogen lengte van een rivier deelt door de rechte lijn van de bron naar de monding, deze waarde gemiddeld verrassend dicht bij Pi ligt.

Een rivier die door een landschap kronkelt en de meetkundige constante pi – wat hebben die met elkaar te maken?

En toch zijn ze er.

Je kunt wiskunde gewoon niet van je afschudden.

En tot slot, aan het einde van dit hoofdstuk, een sprong terug in de tijd naar de oude Grieken.

Pythagoras werkte met de driehoek, jazeker, maar hij ontdekte ook iets anders, iets magisch.

Hij spande een snaar en tokkelde eraan, vervolgens deelde hij hem precies in het midden doormidden, tot halverwege, en plotseling klonk de toon harmonieus en aangenaam.

Alsof het daarvoor bedoeld was, verdeelde hij ze in eenvoudige numerieke verhoudingen.

Het klonk prachtig, zelfs in onhandige, gecompliceerde situaties, maar in andere situaties klonk het vals en onaangenaam. Of muziek mooi klinkt in jouw oren, hangt af van simpele getallen.

Schoonheid gegoten in wiskunde.

Je favoriete liedje is eigenlijk toegepaste rekenkunde.

Vrij bizar.

En dan nog één laatste voorbeeld voordat we ter zake komen, want ik kan gewoon niet mooi genoeg zijn: de honingbij. Kijk eens naar een honingraat.

Perfecte zeshoeken, de een naast de ander, zonder een enkele opening ertussen.

Waarom specifiek een zeshoek?

Waarom geen cirkel in plaats van een vierkant?

De volledige zeshoek is wiskundig gezien de beste oplossing voor een nogal lastig probleem.

Het beslaat het grootste oppervlak met het minste bouwmateriaal en kan naadloos aan elkaar worden gekoppeld.

Hierdoor kan de bij zoveel mogelijk was sparen.

Heeft de bij dat op school geleerd?

Heeft ze stiekem een geometrieboek bestudeerd?

Natuurlijk niet.

En toch lost het al miljoenen jaren een optimalisatieprobleem op dat wiskundigen voor een raadsel stelt.

Wiskunde zit niet alleen in je hoofd; het is inherent aan de bouwstenen van de natuur zelf.

En langzaam aan begin je misschien te vermoeden waar dit allemaal naartoe leidt.

En nu zijn we aangekomen bij de kern van de hele puzzel.

En ik wil dat jullie nu goed opletten.

Want hier zijn de grootste denkers verdeeld in twee kampen.

De doorslaggevende vraag is: hebben wij mensen de wiskunde uitgevonden of hebben we haar ontdekt?

Dat klinkt misschien als muggenzifterij, maar het maakt een enorm verschil.

Kamp 1: Wiskunde is een uitvinding, een hulpmiddel, net als een taal of een hamer.

We hebben ze bedacht om de wereld te beschrijven.

En natuurlijk past het perfect, want we hebben het precies daarvoor gebogen.

Volgens deze opvatting is wiskunde een product van onze hersenen.

Zonder mensen zou er geen wiskunde zijn.

Het getal 7 zou simpelweg nergens bestaan.

Kamp 2 beweert iets veel sinisterders.

Nee, wiskunde is geen uitvinding, maar een ontdekking.

De waarheden van de wiskunde bestonden al lang voordat de eerste mens tot drie kon tellen.

We hebben ze niet gecreëerd, we zijn er gewoon per toeval op gestuit, zoals een ontdekkingsreiziger op een nieuw continent stuit.

Het continent is er altijd al geweest.

We hadden hem gewoon nog nooit eerder gezien.

En dit is waarom zoveel wetenschappers in kamp 2 geloven.

Simpelweg omdat wiskunde ons altijd weer verrast.

Als we haar alleen maar hadden verzonnen, zou ze ons toch niets nieuws kunnen vertellen, of wel?

Het zou allemaal slechts een mentale constructie van onszelf zijn.

Maar dat is precies wat er voortdurend gebeurt.

Herinner je je Dirac en antimaterie nog?

Wiskunde onthulde hem iets wat niemand anders wist.

Ze was hem voor.

Een simpel gereedschap kan dat niet.

Een ontdekt continent daarentegen wel, omdat het bergen en valleien heeft waarvan je het bestaan voorheen niet kon kennen.

Voel je hoe het mysterie steeds dieper wordt?

We zijn bijna bij het gekste gedeelte aangekomen.

En nu de gedachte die de beker uiteindelijk doet overlopen.

Het werd geschreven door de natuurkundige Max Tegmark.

Hij is zo radicaal dat sommigen hem voor gek verklaren en anderen hem als een genie beschouwen.

Al die tijd hebben we ons afgevraagd: waarom beschrijft de wiskunde het universum zo goed?

Tigmark draait de vraag volledig om.

Misschien beschrijft wiskunde niet alleen het universum. Misschien is het universum zelf wiskunde, en wel volledig.

Wat betekent dit?

Tigmarks idee is dat alles wat bestaat in wezen één gigantische wiskundige structuur is.

Jij bent het.

Het is jouw koffie.

Het is het meest verre sterrenstelsel.

We hebben alleen het gevoel dat we van vlees en bloed zijn, omdat we deel uitmaken van deze structuur die zichzelf van binnenuit bekijkt.

Volgens deze opvatting is het geen toeval dat wiskunde zo goed bij het universum past.

Het past perfect, want het is letterlijk hetzelfde.

Het universum volgt niet alleen wiskundige wetten.

Het is gebaseerd op wiskunde.

Leun nu even achterover.

Is dat iets wat je moet geloven?

Nee, absoluut niet.

Veel wetenschappers staan hier zeer sceptisch tegenover, en dat is volkomen terecht.

Tot nu toe heeft niemand dit idee kunnen bewijzen.

Maar het feit dat een serieuze natuurkundige zoiets überhaupt kan opperen, en dat het niet meteen als onzin wordt afgedaan, laat zien hoe complex dit raadsel werkelijk is.

Het gaat hier niet om een onbelangrijke, onbeantwoorde vraag.

We hebben het hier over het fundament van de werkelijkheid zelf.

Laten we ons nu richten op een andere belangrijke vraag: waarom volgt het universum wiskundige wetten?

Het eerlijke, volwassen antwoord: We weten het niet zeker.

En dat is precies wat deze vraag zo mooi maakt.

We hebben gezien hoe Galileo het universum beschreef als een boek geschreven in de taal van de wiskunde.

We hebben gezien hoe Feynman ons heeft laten zien dat er één enkele wet geldt voor de appel en de maan.

We hebben Wigner en zijn verbazingwekkende effectiviteit leren kennen, waarbij verzonnen getallen plotseling de werkelijkheid beschrijven.

We vonden Pi in rivieren, Fibonacci in zonnebloemen, harmonie in eenvoudige getallen.

En we gingen zelfs zo ver als Tegmark, die beweert dat het universum niet alleen wiskundig is, maar dat wiskunde zelf de essentie vormt.

Misschien is wiskunde wel onze grootste uitvinding.

Misschien is het wel de meest baanbrekende ontdekking van allemaal.

Of misschien, en dit is mijn favoriete gedachte, is het wel het bewijs dat je eigen geest en het immense, koude universum daarbuiten uit hetzelfde materiaal bestaan.

Als je een formule begrijpt, reflecteer je in wezen op een gedachte over het universum.

En dat is voor mij de kern van de zaak: we zijn piepklein, een stofje op een stofje, verloren in een universum dat groter is dan wie dan ook zich kan voorstellen.

En toch kan dit minuscule stofdeeltje, dat wil zeggen jij, gaan zitten, nadenken en de geheime regels ontcijferen waaraan de grootste sterrenstelsels zich houden.

Is dat niet volkomen absurd?

Het universum heeft een levend wezen voortgebracht dat in staat is het universum te begrijpen.

En de sleutel hiertoe, het instrument dat dit wonder mogelijk maakt, is precies dezelfde wiskunde die de meesten van ons op school niet konden uitstaan.

Misschien zullen we ze na deze tekst gelezen te hebben, wiskunde in een heel ander licht zien.

Richard Feynman zei: "Je moet de natuur accepteren zoals ze is: absurd, mooi en vol mysteries."

En dat is precies waar deze tekst voor bedoeld is.

Wil je het universum beter begrijpen, net zoals Feynman dat deed? Bezoek Wiki "Understand Like Feynman".

En nu als laatste nog een vraag "**Ben jij Team Uitvinding of Team Ontdekking?**".

Niet direct antwoorden maar laat deze tekst eerst tot je doordringen.