Warum bleibt die Zeit bei Lichtgeschwindigkeit stehen Die erstaunliche Wahrheit Quantenphysik

Stel je voor dat je in een lichtstraal springt, je raast met een snelheid van kilometers per seconde door de ruimte en dan komt er ineens een lichtstraal voor je, en er gebeurt absoluut niets.

Geen seconde, geen hartslag, geen veroudering.

Je zou aan de andere kant van de Melkweg aankomen, precies op het moment dat je opsteeg.

Klinkt volkomen absurd, toch?

Het is echter geen goedkope sciencefiction.

Dit is pure natuurkunde, duizenden keren bewezen.

De grote vraag die we vandaag behandelen is: waarom staat de tijd stil bij de snelheid van het licht?

Waarom tikt jouw klok hier op de bank nog steeds normaal?

Het was een eer.

Ze stuurde een lichtstraal die volledig bevroor.

Blijf vooral kijken, want het antwoord is niet alleen verbluffend, het is ook nog eens makkelijker te begrijpen dan je nu denkt.

En helemaal aan het einde laat ik je het experiment zien dat dat in de praktijk bewijst.

Laten we gaan.

Maar om dat echt te controleren, moeten we eerst iets verduidelijken wat bijna iedereen verkeerd begrijpt.

Wat is tijd eigenlijk?

We praten veel over tijd.

Tijd is geld, niet tijd.

Tijdverdrijf.

Maar wat is het precies?

De meeste mensen stellen zich tijd voor als een rivier die overal in het universum met dezelfde snelheid stroomt.

Een geweldige kosmische klok die jou aandreef, mij aandreef, een astronaut op Mars aandreef en een ster aan de rand van het universum aandreef.

Het tikt precies op dezelfde manier.

Het klinkt logisch, maar het is onjuist.

Helemaal fout.

En precies hier komt een jonge man in beeld, die als octrooimedewerker in Zwitserland werkte en in zijn vrije tijd ons hele wereldbeeld op zijn kop zette.

Albert Einstein zei: Er bestaat geen universele klok.

Tijd is niet absoluut; tijd is elastisch.

Het is rekbaar, net als kauwgom.

Of dat gebeurt, hangt af van hoe snel je beweegt.

Wacht eens even, hoe komt iemand nou op zo'n waanzinnig idee?

Stel je dit eens voor: Heb je ooit in een trein gezeten die naast een andere trein stond?

En plotseling begint een van hen te rijden en even weet je niet of jij of de ander aan het stuur zit.

Dit gevoel was precies Einsteins uitgangspunt.

Beweging is relatief.

Er bestaat geen absolute stilstand in het universum.

En nu komt de gedachte die alles verandert: Einstein vroeg zich af: "Wat gebeurt er als ik naast een lichtstraal vlieg en hem inhaal?"

Volgens de normale logica zou de lichtstraal dan tot stilstand moeten zijn gekomen.

Net zoals een auto op de snelweg lijkt stil te staan als je er met dezelfde snelheid naast rijdt.

Maar – en dit is het cruciale punt – de natuur staat het niet toe.

Omdat de natuurkunde voorschrijft dat, hoe snel je ook beweegt, licht altijd met precies dezelfde snelheid voor je uit reist.

Ongeveer km/s.

Altijd.

Of je nu stilstaat, in een raket met de halve snelheid van het licht vliegt of het licht achterna jaagt, je meet altijd dezelfde waarde.

Het licht komt nooit langzamer op je af.

En nu, houd je goed vast, want nu wordt het pas echt gaaf.

Snelheid is simpelweg afstand gedeeld door tijd.

Als de lichtsnelheid voor iedereen absoluut constant moet blijven, ongeacht hoe ze bewegen, dan moet er iets anders buigen wil de vergelijking kloppen.

En dat 'iets' is de tijd zelf. De tijd moet zich uitrekken.

Anders slaat de vergelijking niet op hol, toch?

Maar laten we dat tastbaar maken met een afbeelding.

Stel je een heel bijzonder horloge voor.

Het bestaat uit twee, één aan de onderkant en één aan de bovenkant, en een enkel lichtdeeltje springt heen en weer tussen hen in.

Ping omhoog, pong omlaag.

Telkens wanneer het licht één keer op en neer beweegt, zeg je: "Er is één seconde voorbij."

Een perfect horloge.

Dat klinkt logisch.

Stel je nu voor dat dit horloge zich in je ruimteschip bevindt en dat je met een enorme snelheid langs me heen vliegt.

Vanuit jouw perspectief beweegt het licht normaal gesproken recht vooruit op en neer.

Alles is relaxed.

Maar vanuit mijn perspectief, aangezien ik buiten sta te kijken, blijft de hele klok zijwaarts bewegen terwijl het licht heen en weer springt.

Dat betekent dat het licht niet langer recht omhoog en omlaag voor me springt, maar in een zigzagpatroon in een soort V-vorm.

Een zigzagpad is langer dan een recht pad.

En nu, maak je klaar.

Licht beweegt met dezelfde snelheid voor ons beiden uit.

Als het echter een langere afstand moet afleggen om één keer op en neer te gaan, duurt het langer.

Het heikel punt: jouw klok tikt langzamer dan je auto je heeft voortgedreven. Een seconde duurt langer vanuit mijn perspectief.

De tijd lijkt langzamer te verstrijken.

Natuurkundigen noemen dit tijdsdilatatie, het uitrekken van de tijd.

En hoe dichter je bij de lichtsnelheid komt, hoe extremer dit effect wordt.

Bij normale snelheden, zoals in een auto of vliegtuig, is het verschil zo klein dat je het nooit merkt.

Maar bij 90 procent van de lichtsnelheid tikt je klok meer dan twee keer zo langzaam.

En bij 100 procent, bij de volle lichtsnelheid, komt de tijd volledig tot stilstand.

Bam!

Dat beantwoordt vrijwel onze oorspronkelijke vraag.

Maar wacht, het wordt nog beter.

Nu denk je misschien: wacht eens even, als de tijd zich uitrekt zodra ik beweeg, waarom merk ik daar dan niets van in het dagelijks leven?

Als ik naar de bakker loop of naar mijn werk rijd, verouder ik toch niet langzamer dan mijn buurman?

Eerlijk?

Juist.

De reden hiervoor is dat het effect bij onze belachelijk lage dagelijkse snelheden zo klein is dat het praktisch niet merkbaar is.

Zelfs een passagiersvliegtuig is een slak vergeleken met de snelheid van het licht.

Pas wanneer je je beweegt in gebieden met een snelheid van tientallen procenten van de lichtsnelheid, wordt het effect echt significant en merkbaar.

Tijdsdilatatie is daarom altijd aanwezig, voor jou, voor mij, elke seconde.

We merken het gewoon veel te laat op, maar het is echt.

Laten we dit eens heel duidelijk maken aan de hand van een verhaal dat je misschien al eens bent tegengekomen: de tweelingparadox.

Stel je twee tweelingen voor, Anna en Ben.

Ze zijn allebei even oud.

Laten we zeggen dertig.

Anna blijft op aarde.

Ben stapt aan boord van een supersnel ruimteschip, vliegt met bijna de snelheid van het licht naar een verre ster en weer terug. Ben denkt dat de reis jaren kan duren.

Hij komt naar Ruek toe, dus hij had het gevoel dat hij zelf gereden had.

Maar wanneer hij uit het ruimteschip stapt en zijn zus Anna wil omhelzen, is Anna er niet.

Ze is 70, een oude vrouw, want op Anna's aarde zijn tientallen jaren voorbijgegaan, terwijl er op haar aarde slechts een paar jaar zijn verstreken.

Het klinkt als een truc, maar dat is het niet.

Het is een direct gevolg van de beweging die de tijd verlengt.

Wie sneller beweegt, heeft minder tijd nodig.

Reizen met hoge snelheid is daarom werkelijk een reis naar de toekomst.

En nu de vraag: zou je aan boord van dit ruimteschip gaan als je wist dat iedereen van wie je houdt oud is?

Wanneer kom je naar het Verenigd Koninkrijk?

Schrijf het in de reacties.

Ik ben ontzettend enthousiast.

En nu komen we bij het absolute hoogtepunt, de vraag waar de titel over gaat.

We hebben: hoe sneller je bent, hoe langzamer de tijd lijkt te tikken, maar wat gebeurt er op de absolute limiet?

Wat ervaart het licht zelf eigenlijk?

Wat voelt een enkel lichtdeeltje, een foton?

Het antwoord is heel simpel: niets.

Helemaal niets.

Wanneer een foton zich voortplant, bestaat tijd niet.

Nul.

Vanuit het perspectief van licht bestaat er geen voor en geen na.

Het moment waarop een foton vertrekt bij een verre ster en het moment waarop het miljoenen jaren later je netvlies bereikt wanneer je naar de nachtelijke hemel kijkt, dat is hetzelfde moment; er is geen reistijd voor het licht.

De start- en finishlijn vallen samen.

Denk daar eens even over na.

Het sterrenlicht dat je 's nachts ziet, is vaak duizenden of miljoenen jaren oud.

Als je met de auto ging, was het een eindeloze reis door de ruimte.

Maar dit lichtdeeltje heeft een reis afgelegd. Het werd geboren en bereikte je oog in een oogwenk.

Als licht zich zou voortplanten, zou het hele universum in wezen één enkel punt, één enkel moment zijn.

Is dat niet volkomen waanzinnig?

En daarom, om het heel duidelijk te zeggen, staat de tijd stil bij de lichtsnelheid, omdat de tijdsdilatatie bij precies de lichtsnelheid oneindig wordt.

De klok tikt niet langer langzamer, hij stopt helemaal met tikken, hij bevriest volledig.

Dat was precies onze oorspronkelijke vraag.

En nu heb je het antwoord in handen.

En nu zit je misschien te denken: "Oké, een goed idee."

Maar hoe weten natuurkundigen dat eigenlijk?

Is dit meetbaar, of is het slechts een mooie theorie?

Goede vraag.

En het antwoord is ja, het kan gemeten worden, zelfs nauwkeurig.

Duidelijk.

Laat me u drie overtuigende bewijsstukken laten zien.

Bewijsnummer: De muonen.

Muonen zijn minuscule deeltjes die ontstaan wanneer kosmische straling uit de ruimte de bovenste laag van onze atmosfeer bereikt.

Muonen vervallen normaal gesproken zo ongelooflijk snel dat ze, puur wiskundig gezien, het aardoppervlak nooit zouden mogen bereiken.

Ze hadden allang weg moeten zijn, en toch tellen we ze hier nog steeds in enorme aantallen.

Hoe kan dat nou?

Omdat ze zich met bijna de snelheid van het licht voortbewegen.

Door tijdsdilatatie verstrijkt er voor Furdymion veel minder tijd, waardoor ze de afstand gemakkelijk kunnen afleggen.

Zonder Einsteins tijdsdilatatie zouden deze deeltjes ons niet eens bereiken.

Maar dat doen ze wel.

Punt.

Bewijsnummer: Uw mobiele telefoonnummer.

Ja, echt waar.

Elke keer dat je Google Maps gebruikt, onderga je een tijdvertraging.

De GPS-satellieten daarboven bewegen snel en bevinden zich ook verder van de zwaartekracht van de aarde.

Hun klokken tikken daarom iets anders dan die van jullie op aarde.

En dit minuscule verschil leidt tot een onnauwkeurigheid van meerdere kilometers per dag.

Als ingenieurs geen rekening zouden houden met Einsteins formules, zou je navigatiesysteem je elke dag verder het platteland in sturen.

Je navigatie werkt alleen omdat de tijd bovenaan anders loopt dan onderaan.

Ongelooflijk, toch?

Bewijsnummer: De atoomklokken.

Wetenschappers namen uiterst precieze atoomklokken, plaatsten er één in een vliegtuig en vlogen ermee de wereld rond, terwijl de andere op de grond bleef.

En daarmee is het klaar.

Na de landing vertoonden de twee klokken inderdaad een klein, maar meetbaar verschil.

De vliegende klok liep iets achter, precies zoals Einstein had voorspeld.

Geen toeval, geen theorie.

Gemeten, gedocumenteerd, bewezen – drie bewijzen in één: tijd is werkelijk elastisch.

Het is geen starre rivier, maar stroomt mee met je snelheid en langs de buitenste rand.

Als het om het licht zelf gaat, blijft ze roerloos staan.

Maar wacht, we gaan nog een stapje verder, want hier komen de grote wereld en de kleine wereld samen.

Einstein was ervan overtuigd dat tijd en ruimte geen twee gescheiden entiteiten zijn.

Ze vormen één geheel, het zogenaamde ruimtetijd.

En hier komt de elegante truc die vaak onopgemerkt blijft.

Alles in het universum beweegt zich altijd met de snelheid van het licht door deze ruimtetijd.

Altijd.

Ook jij, op dit moment, alleen verbonden door ruimte en tijd.

Als je stilzit, vliegt de tijd bijna volledig voorbij.

Daarom tikt je klok te snel.

Zodra je je door de ruimte beweegt, neem je een deel van die snelheid mee in je beweging door de ruimte.

Er hoeft dus minder kracht door de tijd te bewegen, en je klok loopt langzamer.

Met licht vindt de hele beweging in de ruimte plaats.

Er is niets meer, de tijd is voortgeschreden.

En daarom staat de tijd stil.

Dat is in feite het hele verhaal in één prachtige zin samengevat.

En in de kwantumwereld wordt het nóg fascinerender.

Fotonen zijn kwantumdeeltjes.

Ze volgen de eigenaardige regels van de kwantumfysica.

Een deeltje waarvoor geen tijd verstrijkt, dat het begin en het einde als hetzelfde punt ervaart.

Dit zet ons hele begrip van oorzaak en gevolg op zijn kop.

Sommige natuurkundigen vragen zich af: is tijd misschien niet zo fundamenteel als we denken?

Is het uiteindelijk slechts een soort illusie?

Dat komt voort uit iets dieperliggends.

Dit is een van de grote open vragen van de moderne natuurkunde, en niemand heeft er tot nu toe een definitief antwoord op gegeven.

Laten we de grote lijnen samenvatten, zodat het nu echt tijd is.

Niet helemaal.

Het is rekbaar.

Hoe sneller je beweegt, hoe langzamer de klok tikt.

En met de snelheid van het licht rekt de tijd zich oneindig uit.

Het komt volledig tot stilstand.

Als een foton reist, vallen het begin en het einde van een reis die miljoenen jaren duurt samen in één enkel moment.

En dit is geen vergezocht idee, maar wordt dagelijks bevestigd door muonen, GPS en atoomklokken.

Misschien wel het allerbelangrijkste: jouw tijd is van jou.

Het is niet hetzelfde als dat van mij, niet hetzelfde als dat van een astronaut of een lichtstraal.

En dat is precies wat ons universum tegelijkertijd zo ongelooflijk mooi en vreemd maakt.

Als deze gedachte je net zo heeft verrast als mij, doe me dan een plezier en abonneer je op "Understand how fine, man".

Omdat we hier ingewikkelde natuurkunde op een manier presenteren die echt blijft hangen.

Klik op de like-knop, dat helpt het kanaal enorm.

En schrijf me: Zou je in de lichtstraal stappen en naar de toekomst reizen, zelfs als je nooit meer terug kunt keren?

En als je nu wilt weten wat er gebeurt als we, in plaats van met de lichtsnelheid te reizen, naar een ander extreem punt gaan, namelijk de rand van een zwart gat, waar de tijd ook op hol slaat, klik dan op de video die nu wordt weergegeven.

Bedankt voor het kijken, blijf nieuwsgierig en tot de volgende video!

Dag.