



Wat is Tijd?

Beschrijving

Filosofen en natuurkundigen buigen zich al eeuwenlang over het fenomeen TIJD. Wat is dat eigenlijk? Paradoxaal genoeg kunnen we tegenwoordig de tijd tot op het miljardste deel van een seconde nauwkeurig meten, maar we hebben nog geen idee wat Tijd nu eigenlijk is.

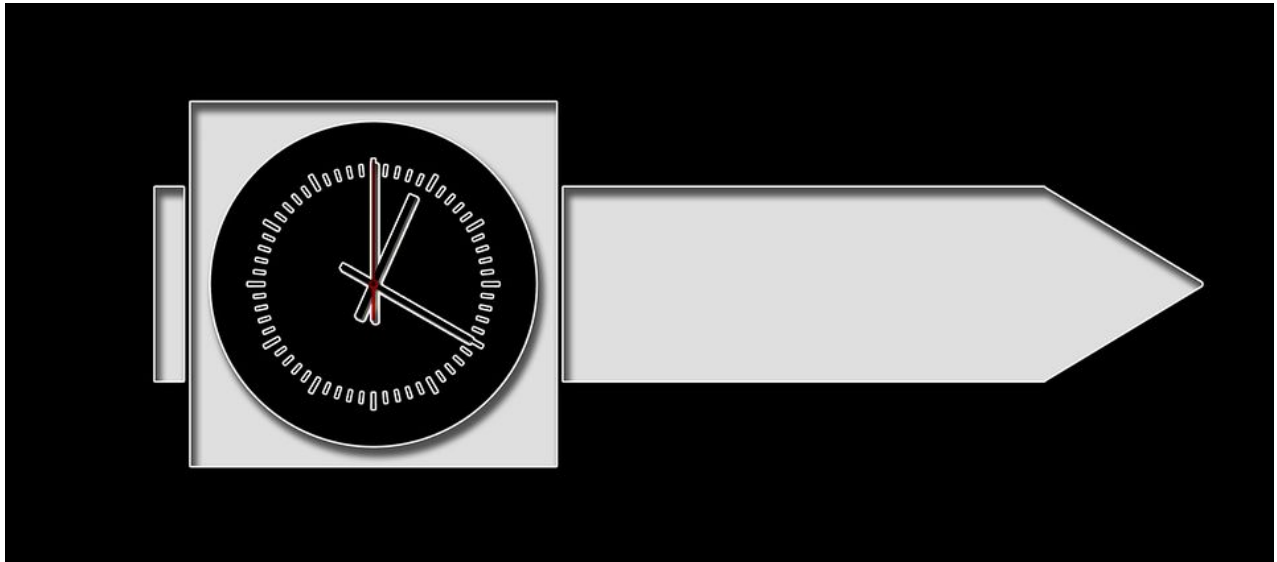
In sommige natuurkundige formules is het een dimensie zoals lengte, breedte en hoogte. In weer andere natuurkundige berekeningen smelt de tijd samen met de ruimte. Soms lijkt tijd lineair (het verleden is geweest, er is alleen nu, en we gaan naar de toekomst), en soms cyclisch (denk aan de wijzers van een klok, het dag/nacht ritme e.d.)

Een wijs iemand heeft ooit gezegd: *“Tijd is datgene wat voorkomt dat alles tegelijkertijd gebeurt.”*

Om de vraag naar het wezen van de Tijd nog te omzeilen, kunnen we ons richten op vragen als:

- Is Tijd lineair of is Tijd cyclisch?
- Is Tijd omkeerbaar?
- Heeft Tijd een richting?
- Had Tijd een begin?
- Heeft Tijd een einde?
- Wordt Tijd altijd en overal hetzelfde ervaren?

De pijl van de Tijd, ook wel tijdpijl genoemd, is het concept dat het *“richtingsverkeer”* of de *“asymmetrie”* van de Tijd aanduidt. Het werd in 1927 ontwikkeld door de Britse astrofysicus Arthur Eddington en is een onopgelost algemeen natuurkundeprobleem. Deze richting van de Tijd zou volgens Eddington bepaald kunnen worden door de organisatie van atomen, moleculen en voorwerpen te bestuderen. In deze voorstelling wordt de Tijd als lineair gezien.



Pijl van de Tijd

Er wordt aangenomen dat fysische processen op **microscopisch** niveau geheel of grotendeels tijdsymmetrisch zijn: als de richting van de Tijd zou omkeren, zouden de theoretische verklaringen die ze beschrijven nog steeds kloppen. Toch blijkt op **macroscopisch** niveau vaak dat dit niet het geval is: er is een duidelijke richting (of *stroom*) van Tijd.

Tijd symmetrie

De symmetrie van Tijd kan eenvoudig als volgt worden begrepen: als Tijd perfect symmetrisch zou zijn, zou een video van echte gebeurtenissen realistisch lijken of deze nu vooruit of achteruit wordt afgespeeld.

De zwaartekracht is bijvoorbeeld een in de Tijd omkeerbare kracht. Een bal die wordt opgegooid, vertraagt tot stilstand en weer omlaag komt, is een geval waarbij video-opnames die vooruit of achteruit worden afgespeeld er even realistisch uitzien. Het systeem is Tijd-symmetrisch.

Maar het proces van het stuiteren en uiteindelijk tot stilstand komen van de bal is **niet** omkeerbaar. Er gaat kinetische energie verloren en neemt de entropie toe.

Entropie is mogelijk een van de weinige processen die niet omkeerbaar is in de Tijd. Volgens de tweede wet van de thermodynamica neemt de entropie (chaos, wanorde) van een (geïsoleerd) systeem met de Tijd toe en is de *pijl* van de Tijd dus lineair en in één richting.

In het boek *The Nature of the Physical World* uit 1928, dat hielp dit begrip van Tijd populair te maken, verklaarde Eddington:

*“Laten we willekeurig een pijl tekenen. Als we bij het volgen van de pijl steeds meer ongeordendheid in de toestand van de wereld vinden, dan wijst de pijl naar de toekomst; als de ongeordendheid afneemt, wijst de pijl naar het verleden. Dat is het enige onderscheid dat de natuurkunde kent. Dit volgt onmiddellijk als onze fundamentele bewering dat de introductie van willekeur het enige is dat niet ongedaan kan worden gemaakt juist is. Ik zal de uitdrukking *pijl van de tijd* gebruiken om dit richtingsverkeer van de tijd aan te duiden.”*



Eddington (links voor) in Leiden in 1923 met Einstein, Ehrenfest, De Sitter en Lorentz (met de klok mee)

Eddington merkt vervolgens drie punten op over deze pijl:

1. Hij wordt levendig herkend door bewustzijn.
2. Ook ons redeneervermogen kan niet zonder, want het zegt ons dat een omkering van de pijl de externe wereld onzinnig zou maken.
3. Hij verschijnt nergens in de natuurwetenschappen behalve in het bestuderen van de organisatie van meerdere individuen. (Waarmee hij bedoelt dat het alleen wordt waargenomen in entropie, een statistisch mechanisch verschijnsel dat optreedt in een fysisch systeem.)

Volgens Eddington geeft de pijl de richting aan van de geleidelijke toename van ongeordendheid (entropie). Na een uitvoerige argumentatie over de aard van de thermodynamica concludeert hij dat, wat de natuurkunde betreft, de pijl van de Tijd alleen een eigenschap van entropie is. Hoewel met het meten van entropie, de Tijd **niet** nauwkeurig gemeten kan worden.

Kosmologische pijl van de Tijd

De **kosmologische pijl van de Tijd** wijst in de richting van de uitdijning van het universum. Hij kan gerelateerd zijn aan de thermodynamische pijl, waarbij het universum in dat geval op weg is naar een warmte-dood (*Big Chill* of *Big Freeze*).

Men denkt dat de thermodynamische pijl van de Tijd en de tweede wet van de thermodynamica een gevolg zijn van de initiële condities in het vroege heelal. Daarom komen ze uiteindelijk voort uit de kosmologische begintoestand.

Causale pijl van de tijd

Een oorzaak gaat aan zijn gevolg vooraf: de oorzakelijke gebeurtenis vindt plaats vóór de gebeurtenis die het veroorzaakt of beïnvloedt. Geboorte volgt bijvoorbeeld op een succesvolle conceptie en niet anders-om. Causaliteit is dus nauw verbonden met de pijl van de Tijd.

Het beïnvloeden van de toekomst, of ervoor zorgen dat er iets gebeurt, creëert correlaties tussen de doener en het effect en deze kunnen alleen worden gecreëerd als we vooruitgaan in de Tijd, niet achteruit.

Tijd is relatief

Einstein's Speciale Relativiteitstheorie geeft aan dat tijd relatief is; afhankelijk van de plek van de waarnemer. Maar hoe kunnen we leven in een universum als niemand zeker kan zijn van wanneer iets start of ophoudt, of zelfs maar hoe lang iets geduurd heeft? En we worden in dit verband helemaal een keer gedraaid door de 'tweeling paradox'.

Beweging vertraagt de tijd

De speciale relativiteit stelt dat bewegende klokken langzamer lopen; de wetenschap noemt dit tijd dilatie. Einstein kon hieraan niet ontsnappen om iets nog fundamenteeler te redden: de universele geldigheid van de natuurwetten. Dat beweging tijd vertraagt is noodzakelijk als we willen dat natuurwetten blijven gelden ongeacht het, al dan niet bewegende, referentiekader van de waarnemer.

En wat geldt voor bewegende klokken, geldt automatisch ook voor alle andere processen in de verschillende natuurwetenschappen.

Test met vliegende atoomklok

Het vertragingseffect is naar menselijke maatstaven haast onmeetbaar, omdat het pas significant optreedt als de bewegingssnelheid de lichtsnelheid nadert. Maar in 1971 was er een experiment van de natuurkundigen *Joseph Hafele* en *Richard Keating* die bijzonder nauwkeurige atoomklokken in een vliegtuig plaatsten en dit rond de wereld lieten vliegen. Toen de klokken weer terug waren, liepen ze achter op de klokken die al die tijd in het laboratorium waren gebleven. Het verschil was exact wat de speciale relativiteitstheorie had voorspeld.



Joseph Hafele en Richard Keating in 1971

De tweeling paradox

Maar nu de paradox van de tweeling Anne en Bob. Hun (biologische) klokken blijven gelijk lopen zolang ze bij elkaar blijven in het Aardse. Maar als Bob met een raket met bijna de lichtsnelheid door het heelal schiet, gebeuren er vreemde dingen.

Bob denkt hooguit een paar dagen weg geweest te zijn, maar voor Anne waren het tientallen jaren!

Hoe vreemd ook, dit is op zich nog geen paradox, want het is een exact gevolg van de speciale relativiteitstheorie

De echte paradox

De echte paradox is dat Bob, indien hij met een constante snelheid reisde, het idee had dat voor hem alles normaal verliep. En dat het Anne was die met hoge snelheid uit het zicht verdween. Dus Bob denkt dat haar klok langzamer moet lopen, terwijl Anne het omgekeerde denkt!

Wie heeft er nu gelijk? Dat is de echte paradox!

Datum aangemaakt

2022/04/18