De pijl van de tijd

Je hebt er vast wel eens van gebaald: een kop thee is afgekoeld, of een glas cola opgewarmd, voordat je het hebt opgedronken; je kamer ruimt zichzelf niet op en een te hard gekookt ei krijg je niet meer zacht. Je staat er op zo'n moment misschien niet bij stil, maar je hebt dan een groot onopgelost probleem uit de (filosofie van) de natuurkunde te pakken: het probleem van de pijl van de tijd.

Afbeelding 1. Tijd.Tijd: een van de raadselachtigste begrippen uit de natuurkunde. Foto: Hüseyin Sevgi.

Vrijwel alle natuurkundige wetten zijn *tijdsymmetrisch*. Dat wil zeggen dat we een natuurkundig proces kunnen omdraaien in de tijd, en het dan nog steeds een toegestane oplossing van de natuurwetten is. Een eenvoudig voorbeeld is de baan van de aarde om de zon: als we daar een opname van maken, en we spelen die achterstevoren af (we draaien de

richting van de tijd om), dan is daar niets geks aan – de aarde draait nu gewoon de andere kant op. Dat is weliswaar in de praktijk niet het geval, maar wel toegestaan volgens de wetten van Newton. Deze tijdomkeerbaarheid is voor één tak van de natuurkunde niet het geval: de thermodynamica. Als we een filmpje maken van het smelten van een brok ijs en dat achterstevoren afspelen, dan is het resultaat duidelijk *niet* een proces dat ook in de natuur voorkomt. In thermische processen is er een richting van de tijd.

In de natuurkunde gebruiken we voor het begrip dat deze onomkeerbaarheid veroorzaakt de term 'entropie'. Entropie – zie ons uitgebreide dossier over dat onderwerp – is een maat voor de willekeur van een systeem, of voor het aantal microscopische toestanden waaruit een macroscopische toestand kan zijn opgebouwd. Dit laatste is goed te begrijpen door te denken aan een opgeruimd bureau. Er is over het algemeen maar één manier waarop een bureau perfect is opgeruimd, maar er zijn een heleboel manieren waarop een bureau een zooitje kan zijn. We zeggen dan dat de entropie van een ongeordend bureau groter is dan die van een leeg bureau. Hetzelfde geldt voor een kop thee: de toestand waarin de kop thee warm is, en de lucht eromheen koud, is veel 'unieker' dan de situatie waarin de kop thee en de buitenlucht dezelfde temperatuur hebben. De pijl van de tijd zit 'm erin dat entropie altijd toeneemt. Dit is de tweede wet van de thermodynamica.

Over het algemeen zijn we als mensen erg goed in het herkennen van de pijl van de tijd – al sinds we klein zijn, zien we de tijd voorbijgaan en krijgen we te maken met thermodynamische processen. We staan er meestal dan ook niet bij stil wat 'het verstrijken van de tijd' precies is, en waarom de tijd eigenlijk niet de andere kant op loopt. We kunnen perfect herkennen of een filmpje voor- of achteruit wordt afgespeeld. Hoewel… in het onderstaande filmpje is dat een stuk moeilijker te zien – en dat is ook precies de bedoeling.

(Overigens: mocht je A Capella Science nog niet kennen: het filmpje *Bohemian Gravity* is ook een echte aanrader!)