

## 4

# DE MODERNE FYSICA

## Inleiding

De fysica omvat tegenwoordig de newtoniaans-cartesiaanse of “klassieke fysica” – die nog steeds geldig is voor haar eigen groep van verschijnselen, de gewone schaal van observatie, maar niet van toepassing is op de sfeer van de zeer grote of de zeer kleine of de zeer snel bewegende verschijnselen – en twee nieuwe takken, namelijk de quantumtheorie en de relativiteitstheorie. De fundamenten van deze twee takken werden rond 1927 gelegd.

De quantumtheorie onderzoekt het universum in zijn kleinste dimensie, dat wil zeggen, op de atomaire en sub-atomaire niveaus. De relativiteitstheorie echter houdt zich bezig met het universum in het groot, zoals dat bestudeerd wordt in de astrofysica en de kosmologie. De twee takken overlappen elkaar met betrekking tot hoge snelheden, en houden daarom rekening met elkaars relevante resultaten. De newtoniaanse fysica is daarom een onderdeel van de nieuwe fysica, die, hoewel ruimer geworden, er nog niet in geslaagd is een algemene of verenigde theorie te bereiken, niet-tegenstaande de alom gevoelde behoefte daaraan.

Onze opzet blijft hier filosofisch. Wat we willen begrijpen is de aard van de exacte wetenschap en ook hoe zij contact maakt met de wereld van ervaring en ideeën

## Quantumfysica

Laten we eerst een blik werpen op de quantumfysica, of quantummechanica, zoals zij ook wel wordt genoemd.

Voor de wetenschap van rond de eeuwwisseling bestond de

[Gedurende de laatste drie eeuwen heeft de wetenschappelijke kosmologie bestaan] die het uiteindelijke feit veronderstelt van een onherleidbare, ruwe materie, of materiaal dat door de ruimte heen verspreid is in een stroom van configuraties. Op zichzelf is een dergelijk materiaal zinloos, waardeloos, doelloos. Het doet alleen maar wat het doet, een vaste routine volgend die door externe relaties, die niet voortkomen uit de aard van zijn wezen, is opgelegd. Het is deze veronderstelling die ik 'wetenschappelijk materialisme' noem.... Deze is niet verkeerd, als zij op de juiste wijze wordt voorgesteld. Als we ons beperken tot bepaalde soorten feiten, afgezonderd van de complete situaties waarin ze voorkomen, dan drukt de materialistische hypothese deze feiten het beste uit. Maar als we verder gaan dan de abstractie, hetzij door een subtieler gebruik van onze zintuigen, hetzij door de eis van betekenissen en van samenhang van gedachten, dan stort het schema direct in elkaar. De bekrompen doelmatigheid van het schema was de re-

den van het grote methodologische succes ervan. Want het richtte de aandacht juist op die feiten die, bij de toestand van de dan bestaande kennis, onderzoek behoeften.... [Maar de noodzakelijke historische revolutie tegen het scholasticisme] heeft men overdreven... tot een uitsluiting van de filosofie van zijn eigenlijke rol van het in harmonie brengen van de verscheidene abstracties van het methodische denken.

basis van de fysieke wereld uit vaste materie – onvernietigbare eenheden of bouwstenen die “atomen” werden genoemd. Toen werd plotseling en onverwacht ontdekt dat atomen *niet* vast waren maar bestonden uit onderdelen (elektronen, protonen en neutronen) die zo klein waren vergeleken bij de afmeting van het kleine atoom, dat een atoom grotendeels lege ruimte was. Toen kwam de volgende ontdekking dat de kleine componenten of deeltjes van het atoom ook niet ondeelbaar waren. Ze zijn “elementaire deeltjes” gedoopt, maar dit is een verkeerde benaming omdat er vele verschillende deeltjes zijn ontdekt en nieuwe nog steeds worden gevonden, en ook omdat deze deeltjes zich vaak tot elkaar omvormen. Veel fysici zijn

nog steeds op zoek naar het kleinste deeltje, maar anderen beschouwen dit als verloren moeite en zijn ervan overtuigd dat er in de natuur niet zoiets bestaat als fundamentele materiële bouwstenen.

Sub-atomaire deeltjes zijn verbijsterend omdat hun gedrag en verschijning afhangen van hoe de fysicus het experiment heeft opgezet. Van de ene kant bezien kan een sub-atomaire entiteit verschijnen als een deeltje – wat je ook zou verwachten, een deeltje met een zeer klein volume – van de andere kant bezien is het een golf. Terwijl een deeltje gelokaliseerd is in de ruimte, niet gedeeld kan worden en zijn identiteit behoudt als het in botsing komt met andere deeltjes, verspreidt een golf zich over uitgestrekte gebieden in de ruimte, is deelbaar op oneindig veel manieren en gaat volledig op in andere golven die zij toevallig tegenkomt.<sup>74</sup> En toch zijn de golf en het deeltje dezelfde entiteit gezien vanuit twee verschillende gezichtshoeken.

Wat het nog mysterieuzer maakt is dat sub-atomaire deeltjes van de ene baan van een atoom naar een andere kunnen springen zonder de tussenliggende ruimte te raken. Bovendien is het mogelijk om ofwel de positie van een deeltje vast te stellen, ofwel snelheid en impuls, maar niet beide.

En tenslotte heeft men ontdekt dat als twee deeltjes die in een bepaalde relatie tot elkaar staan zich van elkaar in de ruimte verwijderen – ongeacht hoe ver ze van elkaar zijn (het ene kan op aarde zijn en het andere op de maan) – ze een niet-plaatselijk verband vertonen, dat wil zeggen ze hebben een relatie die niet verklaard of beschreven kan worden in termen van een kracht of wisselwerking tussen beide.

Wat hebben fysici opgemaakt uit het vreemde gedrag van de sub-atomaire, microscopische wereld – de wereld die ten grondslag ligt aan onze eigen gewone wereld van “macroscopische” verschijnselen? Wat voor theorie hebben ze geformuleerd?

Om de paradoxale golf/deeltje-dualiteit te verklaren ontwikkelde Niels Bohr het begrip dat bekend staat als “complementariteit”, dat inhoudt dat deze twee tegenstrijdige gedra-

gingen niet zozeer eigenschappen van de deeltjes zelf zijn maar *van de interactie van de fysicus met deze verschijnselen*. Met andere woorden, de eigenschappen van de entiteiten zijn het gevolg van de meetactiviteit van de wetenschapper. Tal van vragen werden opgeroepen door deze complementariteits-theorie, en een eenduidig antwoord daarop ontbreekt tot op de dag van vandaag. Bijvoorbeeld, wat is de aard van een golf-deeltje *voordat* het gemeten wordt? Bestaat het *vóór* zijn meting, en zo ja, in welk verband staat het tot de macroscopische wereld? Het complementariteitsbeginsel stelt zich ermee tevreden te stellen dat de twee aspecten (golf-deeltje) beide nodig zijn voor een toereikende beschrijving van de atomaire werkelijkheid. Het beschouwt ze als deelaspecten van de een of andere ruimere matrix waarvan de aard tot nog toe onbekend is.

Merk op dat de fysica hier op een verschijnsel is gestuit, waarvoor ze door de omstandigheden gedwongen is een wat we zouden kunnen noemen non-dualistische oplossing te aanvaarden, namelijk dat *schijnbaar tegenstrijdige manifestaties slechts twee aspecten zijn van een meer fundamentele eenheid*.

Fritjof Capra verduidelijkt het golf/deeltje-verschijnsel als volgt:

De situatie leek hopeloos paradoxaal totdat men inzag dat de termen 'deeltje' en 'golf' verwijzen naar klassieke begrippen die niet ten volle toereikend zijn voor het beschrijven van atomaire verschijnselen. Een elektron is noch een deeltje, noch een golf, maar het kan deeltjesachtige aspecten vertonen in sommige omstandigheden en golfachtige aspecten in andere. Als het als een deeltje functioneert kan het zijn golfkarakter tot ontwikkeling brengen ten koste van zijn deeltjeskarakter, en omgekeerd, zodat het voortdurend transformaties ondergaat, van deeltje tot golf en van golf tot deeltje. Dit betekent dat noch het elektron, noch enig ander atomair 'object' enige intrinsieke eigenschappen bezit onafhankelijk van zijn omgeving. De eigenschap

pen die het toont – deeltjesachtig of golfachtig – hangen af van de experimentele situatie, dat wil zeggen, van het apparaat waarmee het gedwongen wordt in wisselwerking te staan.<sup>27</sup>

En hier is een verklarende opmerking van David Bohm: “Onder verschillende experimentele condities gedraagt materie zich meer als golf of meer als deeltje, maar altijd, in zekere zin, als beide tegelijk.”<sup>15</sup> In elk geval wordt complementariteit geaccepteerd als een essentieel begrip in de quantumfysica.

Dit brengt ons tot het nauw verwante onzekerheidsbeginsel, dat geformuleerd werd door Werner Heisenberg (in 1927) in een volgende poging om het tweevoudige karakter van materie en licht te verklaren. Het omschrijft de wiskundige grenzen van de relatie van deeltje en golf en stelt dat, hoewel een bepaalde entiteit zich als deeltje op een bepaalde plaats bevindt, zijn golfkarakter het onmogelijk maakt zijn plaats in een bepaald atoom met zekerheid te bepalen; het blijft een waarschijnlijkheid.

Bohr concludeerde, na over deze situatie te hebben nagedacht, dat materie niet *met zekerheid* op bepaalde plaatsen bestaat, maar dat ze een *neiging* heeft om op bepaalde plaatsen voor te komen, en dat deze neigingen als waarschijnlijkheden worden uitgedrukt en verbonden zijn met wiskundige grootheden die de vorm van golven aannemen. “Daarom,” legt Capra uit, “kunnen deeltjes tegelijkertijd golven zijn... Het zijn ‘waarschijnlijkheidsgolven’, abstracte grootheden met alle karakteristieke eigenschappen van golven.”<sup>26</sup>

Zo lost op het sub-atomaire niveau de vaste materiële wereld zich op in golfachtige patronen van waarschijnlijkheid. De wereld van de quantumfysica bestaat niet uit geïsoleerde dingen of objecten, maar veeleer uit een web van dynamische onderlinge verbindingen, of correlaties, tussen verscheidene processen.

Het overvloedige bewijsmateriaal dat de quantumtheorie steunt betekent dan ook dat we in een dynamische wereld le-

ven waarin alle objecten, inclusief de voorwerpen die gekend worden door de gewone waarneming, onderling verbonden zijn, voor zover de moleculen en atomen waaruit ze bestaan op hun beurt gemaakt zijn van deeltjes die bepaald worden door hun relaties en verbindingen met andere “objecten” (gebeurtenissen), zowel plaatselijk als *niet-plaatselijk*.

De term “niet-plaatselijk” verwijst naar nog een ander buitengewoon begrip dat verwant is met de quantumfysica – een begrip dat misschien de meest verreikende betekenis heeft. Het verschijnsel van de niet-plaatselijkheid dook voor het eerst onverwacht op in het beroemde experiment genaamd het Einstein, Podolsky en Rosen-experiment. Voor onze opzet hoeven we niet in te gaan op de vraag hoe het daar opdook. Wat belangrijker is, is dat het sindsdien herhaaldelijk bevestigd is, met name door het wiskundige bewijs van John S. Bell, dat bekend staat als het Theorema van Bell.

Volgens David Bohm toont het Theorema van Bell aan dat als een fysicus een bepaald atoom onderzoekt, het niet alleen verstoord raakt door het onderzoek maar door een hele reeks verre gebeurtenissen – gebeurtenissen die op datzelfde moment elders op aarde of in andere sterrenstelsels plaatsvinden. Niet-plaatselijkheid is een fundamenteel andere relatie, die omschreven kan worden als een niet-causaal verband tussen elementen die ver van elkaar verwijderd zijn. Terwijl plaatselijke variabelen gekenmerkt worden door verbanden tussen ruimtelijk gescheiden gebeurtenissen, door middel van *signalen* (deeltjes en netwerken van deeltjes) die niet sneller dan het licht kunnen worden doorgegeven, verlopen niet-plaatselijke verbanden *zonder* signalen, maar zijn in plaats daarvan *ogenblikkelijk* (ze kunnen op dit moment niet voorspeld worden op een precieze wiskundige manier). Niet-plaatselijkheid impliceert “dat de analyse van een totaal systeem in een verzameling onafhankelijk bestaande maar interacterende deeltjes op een radicaal nieuwe manier stukloopt. Je ontdekt in plaats daarvan, zowel door het overwegen van de betekenis van wiskundige vergelijkingen als door de resultaten van feitelijke experimenten, dat de verschillende deeltjes

letterlijk moeten worden opgevat als projecties van een hoger-dimensionale werkelijkheid die niet verklaard kan worden in termen van enige kracht of wisselwerking tussen hen.”<sup>15</sup>

Het belang van wat niet-plaatselijkheid betekent wordt nog niet ten volle begrepen. Toch is één ding duidelijk. De “hoger-dimensionale werkelijkheid” (of verenigende grond) waar Bohm over spreekt *gaat vooraf aan alle afzonderlijke delen, niet andersom*.

Wat heeft de quantumfysica ons te zeggen over de fysieke werkelijkheid? Vooraanstaande fysici hebben verscheidene interpretaties naar voren gebracht, en op dit moment heerst er geen eenstemmigheid. We kunnen echter het type orde dat door de quantumfysica gesuggereerd wordt vergelijken met de orde die verondersteld wordt door het mechanisme.

### **Twee soorten orde: mechanisme en quantumfysica**

Het voornaamste kenmerk van de mechanistische orde is volgens David Bohm

...dat de wereld beschouwd wordt als bestaande uit entiteiten die *buiten elkaar* [cursivering van hem] bestaan in de zin dat ze onafhankelijk van elkaar bestaan in verschillende gebieden van ruimte (en tijd) en met elkaar in wisselwerking staan door middel van krachten die geen verandering teweeg brengen in hun wezenlijke aard. De machine levert een treffende illustratie van een dergelijk geordend systeem. Elk onderdeel wordt... onafhankelijk van de andere [gemaakt] en staat met de andere onderdelen slechts in wisselwerking door de een of andere vorm van contact. In een levend organisme echter, groeit elk deel bijvoorbeeld binnen de context van het geheel, zodat het niet afzonderlijk bestaat, noch kun je ervan zeggen dat het slechts met andere in ‘wisselwerking’ staat, zonder zelf wezenlijk in deze relatie te worden beïnvloed.<sup>15</sup>

Om de vorige paragraaf samen te vatten, Bohm somt als volgt de kenmerkende trekken van de quantumtheorie op die het mechanisme in twijfel trekken: “(1) Beweging is in het algemeen *discontinu*, in de zin dat activiteit bestaat uit *ondeelbare quanta* [cursivering van hem] (wat ook inhoudt dat een elektron bijvoorbeeld van de ene in de andere toestand kan overgaan zonder door enige tussenliggende toestanden te zijn gegaan; (2) entiteiten zoals elektronen kunnen verschillende eigenschappen vertonen (bijvoorbeeld deeltjesachtig, golfachtig, of iets daar tussenin), afhankelijk van de omgevingscontext waarbinnen ze bestaan en onderworpen zijn aan observatie, en (3) twee entiteiten, zoals elektronen, die zich aanvankelijk samenvoegen om een molecuul te vormen en dan uit elkaar gaan, vertonen een merkwaardige niet-plaatselijke relatie, die het beste omschreven kan worden als een niet-causale verbinding van elementen die ver van elkaar verwijderd zijn.”<sup>15</sup>

Bohm vermeldt nog een kenmerk, namelijk dat de wetten van de quantumfysica statistisch zijn en toekomstige gebeurtenissen niet op een unieke en precieze wijze bepalen (zie ook Weber<sup>167</sup>). Bohm heeft opgemerkt dat ieder nieuw moment in principe volkomen los kan staan van het voorgaande moment – dat het volledig creatief zou kunnen zijn. Dit in tegenstelling tot de klassieke wetten, die in principe dergelijke gebeurtenissen *wel* determineren, maar het indeterminisme heeft niet zoals de andere drie kenmerken invloed op de vraag of de fundamentele orde mechanistisch is of niet. (Kansregels spelen bijvoorbeeld ook een rol in een flipperkast.)

Bohm legt uit waarom de drie bovengenoemde kenmerken aantonen dat het gehele universum moet worden opgevat als een ongebroken geheel:

...als alle activiteit plaatsvindt in de vorm van discrete quanta vormen de interacties tussen verschillende entiteiten (bijvoorbeeld elektronen) een enkele structuur van ondeelbare verbindingen, zodat het gehele universum opgevat moet worden als een ongebroken geheel.



In dit geheel vertoont ieder element dat we in gedachten apart kunnen nemen fundamentele eigenschappen (golf of deeltje, enzovoort) die afhangen van zijn totale omgeving, op een manier die veel meer lijkt op de wijze waarop de organen die levende wezens vormen met elkaar verbonden zijn, dan de manier waarop de onderdelen van een machine met elkaar in wisselwerking staan. Bovendien schendt het niet-plaatselijke, niet-causale karakter van de relatie tussen elementen die ver van elkaar verwijderd zijn duidelijk de eisen van de gescheidenheid en onafhankelijkheid van fundamentele bestanddelen die fundamenteel zijn voor ieder mechanisticische benadering.<sup>15</sup>

## De relativiteitstheorie

Laten we nu overgaan tot de andere tak van de twintigste-eeuwse fysica, namelijk de relativiteitstheorie.

Zoals men weet, publiceerde Einstein in 1905 drie zeer fundamentele artikelen: één over het lichtquantum (foto-elektrische effecten), één over de Brown-beweging en één waarin hij zijn speciale relativiteitstheorie, die gaat over verschijnselen die te maken hebben met grote afstanden en/of hoge snelheden, uiteenzette. De eerste twee zouden van fundamenteel belang blijken te zijn voor de ontwikkeling van de quantumtheorie, die zo'n twintig jaar later voltooid werd door de samenwerking van een heel team van fysici. De speciale relativiteitstheorie en zijn uitbreidingen, tien jaar later in de algemene relativiteitstheorie waren, bijna uitsluitend de verdienste van Einstein zelf.

De fysica van de late negentiende eeuw was er vast van overtuigd dat de interstellaire en interplanetaire ruimten, in plaats van leeg te zijn, werden ingenomen door een materiële substantie die de "ether" werd genoemd. Men nam aan dat de ether het medium was door middel waarvan lichtgolven zich verspreidden en daarom kreeg het onderzoek naar de mecha-

nische eigenschappen van de ether de hoogste prioriteit. Maar in 1887 voltooiden twee Amerikanen, Albert Abraham Michelson en Edward William Morley, een experiment dat als doel had de snelheid van de aarde te bepalen door dit altijd aanwezige trillende medium heen. De resultaten waren verbijsterend: het experiment slaagde er niet in enige beweging van de ether langs de aarde vast te stellen. De lichtsnelheid werd onder alle omstandigheden constant bevonden.

Zo lag de situatie toen Einstein, toen nog een onbekende klerk in het patentbureau van Zürich, als een donderslag bij heldere hemel tevoorschijn trad – door de publikatie van zijn drie beroemde artikelen. Het artikel waarin datgene wat bekend werd als de speciale relativiteitstheorie uiteen werd gezet, ontstond uit Einsteins interesse in twee vraagstukken, namelijk de newtoniaanse notie van absolute beweging, die niet aantoonbaar was, en het vraagstuk van de snelheid van het licht.

Einstein baseerde zijn hypothese op drie gedurfde veronderstellingen: hij rekende af met absolute beweging, hij rekende af met de ether en hij nam aan dat de constantheid van de snelheid van het licht in het Michelson/Morley-experiment niet een toevalligheid was maar een natuurkundig beginsel. Zo stelde hij dus, in tegenspraak met het gezonde verstand, dat de gemeten snelheid van het licht constant is voor alle waarnemers, ongeacht de beweging van de waarnemer, daarmee zijn beroemde vergelijking  $E=MC^2$  formulerend, die op tal van manieren bevestigd is – niet in de laatste plaats door de ontwikkeling van de atoombom.

Deze theorie houdt onder meer het volgende in: de maximumsnelheid die in het universum bereikbaar is, is die van het licht; massa neemt toe met snelheid; massa en energie zijn equivalent; voorwerpen krimpen samen in de richting van de beweging; een bewegende klok loopt langzamer als de bewegingssnelheid toeneemt; gebeurtenissen die voor een waarnemer in een systeem gelijktijdig lijken plaats te vinden kunnen dat niet lijken voor een waarnemer in een ander systeem.

Einsteins relativiteitstheorie is natuurlijk een natuurkun-

dige en niet een psychologische theorie. Het uitzetten en weer inkrimpen van verschijnselen die met hoge snelheid ten opzichte van elkaar bewegen is vaak bevestigd. Het is de beweging die de klokken en meetlatten beïnvloedt; nauwkeuriger gezegd, het zijn de atomen waaruit deze bestaan en de elektrische krachten die de atomen bijeen houden die beïnvloed worden, en die zo de uitzetting en inkrimping veroorzaken. Deze effecten zijn zo gering dat ze onder normale omstandigheden niet worden opgemerkt.

Maar hoewel de relativiteitstheorie een natuurkundige theorie is, is zij er een die een aanvulling biedt op psychologische en filosofische inzichten over tijd en ruimte. We komen hier nog op terug.

De speciale relativiteitstheorie verschaftte een algemeen kader voor de tot dan toe losstaande terreinen van elektrodynamica en mechanica. Maar terwijl zo de structuur van de klassieke fysica verenigd en voltooid werd, ondermijnde de relativiteitstheorie haar funderingen door radicale veranderingen in de fundamentele veronderstellingen over ruimte en tijd in te voeren, die door Einstein in zijn algemene relativiteitstheorie verder werden uitgewerkt.

In de gewone ervaring zijn we er niet aan gewend tijd en ruimte te zien als nauw met elkaar verbonden. Voor relativiteit is de verbinding tussen de twee echter essentieel. Zij benadrukt dat ruimte en tijd, hoewel van elkaar onderscheiden, onontwarbaar met elkaar verweven zijn: iets kan niet op een bepaalde plaats bestaan zonder op een bepaald moment te bestaan. Einsteins theorie drukt deze relatie uit als een "tijd/ruimte-continuüm" waarin de tijd de "vierde dimensie" van de ruimte wordt.

Door aan te tonen dat tijd afhangt van de snelheid van de waarnemer stelde het relativiteitsbegrip het idee ter discussie dat tijd op uniforme wijze door het universum stroomt. In de woorden van David Bohm: "Niet langer kon een enkele tijds-orde het gehele universum omvatten; verleden, heden en toekomst konden niet meer in dezelfde absolute zin worden gehanteerd als dat voor Newton mogelijk was."<sup>16</sup>

Zij die Einstein hebben gekend zullen het ermee eens zijn dat zijn werk doordrongen was van grote hartstocht. Het was waarneming voortgekomen uit dergelijke hartstocht die de oplossing mogelijk maakte van mentale barrières die vervat lagen in de voorafgaande kennistoestand. In het geval van de speciale relativiteit was een van de belangrijkste barrières het idee dat de totale structuur van Newtons denken over het onderwerp een absolute waarheid vertegenwoordigde omdat het zoveel eeuwen lang gewerkt had.... Weinig wetenschappers bezaten de geestelijke energie die nodig was om denkbeelden met een dergelijk aanzien in twijfel te trekken, en toch wilde Einstein Newton niet in diskrediet brengen door dit te doen. Hij zei veeleer dat als hij verder zag dan Newton, dat zo was omdat hij op Newtons schouders stond. Newton zelf gaf blijk van eenzelfde bescheidenheid toen hij zei dat hij zich voelde als iemand die op het strand van een grote oceaan van de waarheid wandelde, en die een paar steentjes had opgeraapt die van bijzonder belang leken te zijn.

David Bohm<sup>145</sup>

In dit ruimte/tijd-continuüm komen gebeurtenissen niet tot ontwikkeling, maar *zijn* ze er gewoon. Vergelijk dit met een gelijksoortige observatie, hoewel op een andere manier bereikt, van de mystici.

Het beroemdste resultaat van de speciale relativiteitstheorie is dat massa een vorm van energie is, en omgekeerd, een inzicht dat (samen met de quantumtheorie) onze visie op de natuur volledig veranderd heeft. De fysische wereld heeft zich opgelost in een spectrum van energetische toestanden dat een volledig open einde heeft, waardoor de mogelijkheid wordt opengelaten van een uitbreiding tot leven, denken en zelfs hogere toestanden – alle deel van een groot systeem.

De speciale theorie bleek succesvol, maar Einstein had het gevoel dat zij onvolledig was in de zin dat ze slechts van toepassing was op gecoördineerde systemen die ten opzichte van elkaar op uniforme wijze bewogen. Hij vroeg zichzelf af of het mogelijk zou zijn om gebeurtenissen zo te beschrijven dat ze zinvol waren voor waarnemers in systemen die niet uniform

bewogen. Of met andere woorden, kon een verenigde fysica worden geschapen die geldig was voor waarnemers in verschillende referentiekaders? Dat was in feite het doel en het resultaat van Einsteins algemene relativiteitstheorie.

In de loop van zijn verdere werk zag Einstein in dat de Euclidische meetkunde (die een platte, niet een bolvormige aarde aanneemt) alleen geldig is in beperkte gebieden van de ruimte – niet voor de totale uitgestrektheid van het universum. “Dit maakte de weg voor hem [Einstein] vrij om het universum te beschouwen op een wijze waarop niemand het voor hem had gezien”, merkt Gary Zukav op.<sup>186</sup>

De gedachtenexperimenten die Einstein uitvoerde met denkbeeldige liften, de waarnemingen van de inzittenden en de waarnemers van mensen buiten de liften zijn beroemd en zijn vaak beschreven (zie bijvoorbeeld Zukav<sup>186</sup>). Ze tonen de fascinerende wijze waarop Einstein een natuurkundige theorie ontwikkelde tot een revolutionaire meetkunde die aantoonde dat de waarnemingen van ruimte en tijd niet onafhankelijk zijn van de eigen situatie van de waarnemer.

De algemene relativiteitstheorie verruimt in feite de speciale theorie door het verschijnsel versnelling toe te voegen, die Einstein gelijkstelde aan de zwaartekracht. De algemene theorie stelt dat ruimte-tijd gekromd is en dat dit verschijnsel het gevolg is van de zwaartekracht – of eigenlijk van het zwaartekracht-veld van zware lichamen. Overal waar een massief voorwerp bestaat, zoals een ster of een planeet, is de ruimte eromheen gekromd in een mate die afhangt van de massa van het voorwerp. “En omdat ruimte in de relativiteitstheorie nooit los gezien kan worden van de tijd, wordt ook de tijd aangedaan door de aanwezigheid van materie en stroomt ze in verschillende delen van het universum met verschillende snelheden.”<sup>26</sup> Hoewel we allemaal de uitspraken van natuurkundigen aanvaarden met betrekking tot de vier-dimensionale en gekromde ruimte-tijd van de relativiteitstheorie, is het voor ons niet mogelijk ons dat voor te stellen, omdat dat onze zintuiglijke ervaring en onze gewone taal overstijgt, en alleen op wiskundige wijze kan worden uitgedrukt.

De algemene relativiteitstheorie volbracht een ontzagwekkende synthese – die van ruimte, tijd, zwaartekracht en traagheid of materie – die, zoals we hebben gezegd, ons wereldbeeld volledig heeft veranderd.

Capra merkt op dat Einstein, door aan te tonen dat ruimte, tijd en materie onderling afhankelijk zijn, de dynamische aard van de materie nog duidelijker onthulde dan de quantumtheorie doet. Deeltjes kunnen niet langer beschouwd worden als “spul” of voorwerpen, maar veeleer als dynamische bundels energie of als patronen van activiteit die zowel een ruimte- als een tijdsaspect vertonen – hun ruimte-aspect doet ze als voorwerp verschijnen en hun tijdsaspect als processen. De implicaties voor een verenigende theorie zijn immens, zoals Capra stelt: “Het wezen van de materie en zijn activiteit kunnen niet gescheiden worden; ze zijn slechts verschillende aspecten van dezelfde ruimte/tijd-werkelijkheid.”<sup>27</sup>

De nieuwe fysica toont aan dat tijd noch ruimte fysieke entiteiten zijn. Zoals Roger Jones opmerkt zijn ruimte, tijd, materie en aantal – de vier fundamentele pilaren van de fysica – *alle* metafysisch; geen van deze bezit een zuiver objectieve status.<sup>81</sup> Ze zijn veeleer creaties van het menselijk denken. Jones noemt ze “metaforen”, die nog verborgen eigenschappen van de werkelijkheid onthullen.

Uit de voorgaande bespreking zal het duidelijk zijn dat tijd en causaliteit behoren tot de fundamentele begrippen van de fysica die een radicale verandering ondergingen als gevolg van de quantumtheorie en de relativiteitstheorie. Tot dan toe werd de tijd in het westerse denken opgevat als iets lineairs en was de klassieke mechanica deterministisch. Nu waren het strikte determinisme en de absolute tijd weerlegd, en werd het duidelijk dat causaliteit veel ingewikkelder was dan men had gedacht.

Deze radicale veranderingen in de opvatting van de fysica omtrent tijd en causaliteit brachten haar in feite in een veel grotere harmonie met andere gebieden van denken, met name die van de parapsychologie, de metafysica en de mystiek (zie bijvoorbeeld de hoofdstukken 9, 10 en 14).