

Quantumzwaartekracht verklaart vier dimensies

Het doel van natuurkundige theorieën is vanuit een paar fundamentele principes te verklaren hoe fysieke objecten, van de grootste astrofysische lichamen tot de kleinste elementaire deeltjes, met elkaar wisselwerken in ruimte en tijd. Een erkende aanpak is sommige aspecten van een fysisch verschijnsel als constant te beschouwen en voor de resterende dynamische aspecten bewegingsvergelijkingen te formuleren en op te lossen. De hoge-energiefysica heeft echter geleerd dat hoe hoger de energieën van een systeem worden - en dus bij hoe kleinere afstanden wisselwerkingen optreden - hoe meer eigenschappen dynamisch worden. Ze kunnen niet meer als constant worden beschouwd, maar moeten in de vergelijkingen worden opgenomen.

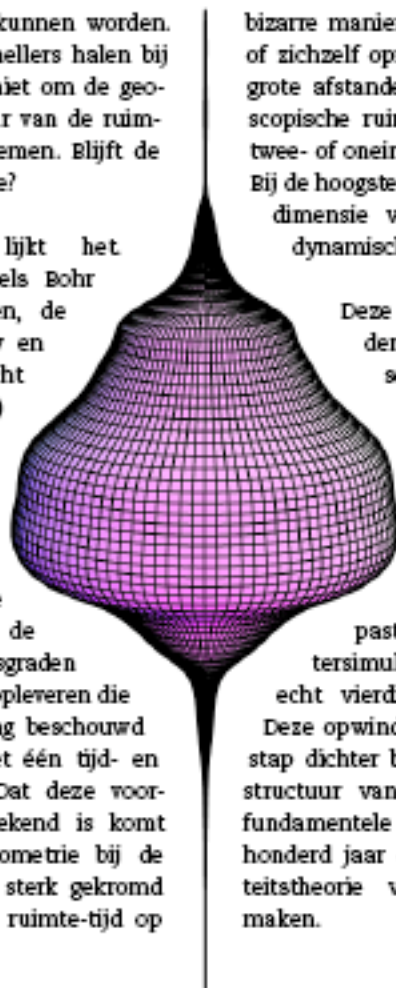
Bij extreem hoge energieën dicht bij de Planckschaal ($\sim 10^{19}$ GeV) wisselwerken niet alleen de materievelden met elkaar, maar neemt ook de ruimte-tijd zelf deel aan de quantumdynamica. Het doel van quantumzwaartekracht is deze quantumwisselwerkingen kwantitatief te beschrijven op de kleinste afstandsschalen en te zoeken naar natuurkundige effecten die

experimenteel getoetst kunnen worden. De huidige deeltjesversnellers halen bij lange na de energieën niet om de geometrische microstructuur van de ruimte-tijd direct waar te nemen. Blijft de theorie dan louter theorie?

Gelukkig niet, zo lijkt het. Onderzoek van het Niels Bohr Institute in Kopenhagen, de universiteit van Krakow en de Universiteit Utrecht (werkgroep FOM-U-29) heeft een stringente toets opgeleverd waaraan elke kandidaattheorie voor quantumzwaartekracht moet voldoen: de microscopische wisselwerkingen tussen de geometrische vrijheidsgraden moeten een ruimte-tijd opleveren die op de schaal van alledag beschouwd vierdimensionaal is, met één tijd- en drie ruimtedimensies. Dat deze voorwaarde niet vanzelfsprekend is komt doordat de quantumgeometrie bij de kleinste afstanden zeer sterk gekromd is. Dit houdt in dat de ruimte-tijd op

bizarre manieren kan verschrompelen of zichzelf oprollen waardoor hij over grote afstanden niet op onze macroscopische ruimte-tijd lijkt en typisch twee- of oneindig dimensionaal wordt. Bij de hoogste energieën wordt zelfs de dimensie van de ruimte-tijd een dynamische variabele!

Deze problemen kunnen worden omzeild door te vereisen dat de quantumgeometrische wisselwerkingen moeten voldoen aan een microscopische versie van causaliteit, het principe van oorzaak-gevolg. Toen de onderzoekers dit toepasten leverden hun computersimulaties een macroscopisch echt vierdimensionaal heelal op. Deze opwindende ontdekking is een stap dichterbij het begrijpen van de structuur van de ruimte-tijd vanuit fundamentele principes. Dat zal de honderd jaar oude algemene relativiteitstheorie van Einstein compleet maken.



Wanneer de microscopische bestanddelen van geometrie causaal wisselwerken komt er een macroscopisch vierdimensionaal heelal tevoorschijn. Bron: Jan Ambjörn, Jerzy Jurkiewicz en Renate Loll

Het doel van het FOM-programma "String theory and quantum gravity" is significante vooruitgang te boeken op de onderzoeksthema's quantumzwaartekracht en zwarte gaten, supersymmetrie en superzwaartekracht, stringtheorie en M-theorie, en conforme-veldentheorie. De looptijd van het programma is 2002-2009 en het budget voor die periode bedraagt 4,1 miljoen euro. De leiding van het programma is in handen van prof.dr. R.H. Dijkgraaf (UvA).