Het landschap en het moerasland

Meestal trekken natuurkundige fenomenen die zich afspelen op grote lengteschalen zich niks aan van de natuurkunde op veel kleinere schalen. Om bijvoorbeeld het overstromen van een flesje bier te begrijpen, of om te verklaren waarom de lucht blauw is, is kennis over de subatomaire wereld niet nodig. En gelukkig maar! Als dit niet zo was zou elk klein microscopisch effect een gigantisch gevolg kunnen hebben voor de macroscopische wereld. Recent onderzoek suggereert echter dat deze "ontkoppeling van lengteschalen" niet altijd gebeurt, en dat de fysica op de allerkleinste schalen soms ook grote gevolgen kan hebben!

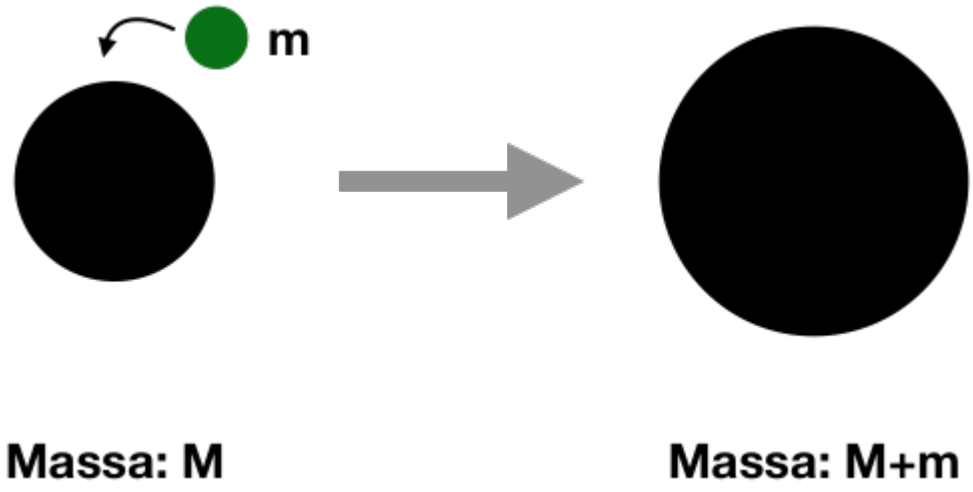


Afbeelding 1. Een moerasland.Vormt het "landschap" van quantumzwaartekracht-theorieën deels een "moerasland"? Foto: YellowForester.

Wanneer we in de natuurkunde denken aan hoge energieën, denken we meestal ook aan

kleine afstanden. Om bijvoorbeeld in de deeltjesversneller in Genève de subatomaire structuur van materie bloot te leggen, moeten protonen tot zeer hoge energieën worden versneld. Hoe hoger de energie, des te kleiner de karakteristieke lengteschaal die we kunnen bestuderen.

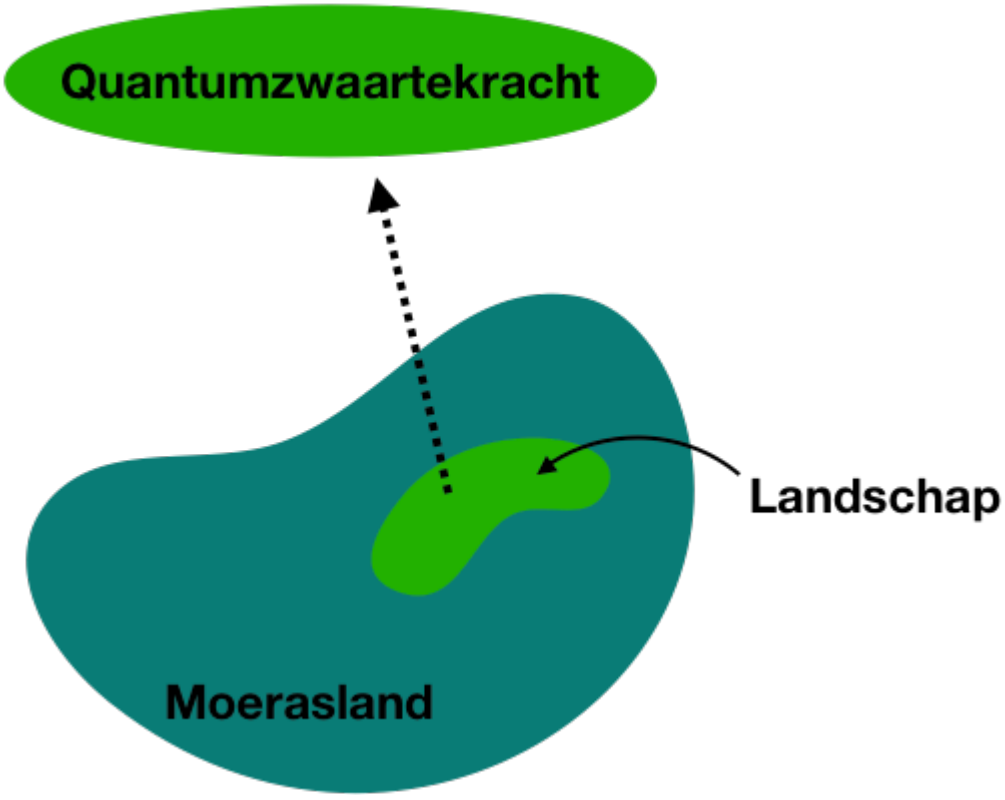
Een bijkomend effect van dit verband is dat het meestal mogelijk is om alledaagse natuurkundige fenomenen te verklaren zonder dat we ons druk hoeven te maken om de microscopische wereld. Verrassend genoeg werkt deze logica echter niet altijd. Stel je eens een zwart gat voor. De straal van het zwarte gat – en daarmee zijn karakteristieke lengteschaal – is evenredig met zijn massa. Als we meer energie (materie) in het zwarte gat stoppen, wordt het dus groter – zie afbeelding 2. Ondanks dat het zwarte gat nu een hogere energie heeft, is zijn karakteristieke lengteschaal ook groter geworden! Dit suggereert dat de het zwarte gat de natuurkunde van hoge energieën (die normaal gesproken horen bij een kleine afstand) mengt met de natuurkunde van lage energieën (die overeenkomen met de massa bij een kleine straal).



Afbeelding 2. Een groeiend zwart gat.Een zwart gat wordt groter wanneer we er meer energie (materie) in stoppen.

Dit “mengen van energieschalen” is typisch iets dat gebeurt in quantumzwaartekracht, een klasse van theorieën die probeert de quantummechanica te verenigen met Einsteins zwaartekrachttheorie. Aangezien zwarte gaten systemen zijn met een zeer grote massa in een klein volume, is quantumzwaartekracht nodig voor een volledige beschrijving en dit is dan ook de onderliggende reden voor hun bijzondere gedrag.

Eén van de gevolgen van het mengen van energieschalen is dat niet elke theorie die geldig is op lage energieën ook zonder problemen uitgebreid kan worden tot een theorie van de quantumzwaartekracht. Quantumzwaartekracht legt dus zowel op hoge als op lage energieën beperkingen op op de mogelijke natuurkundige theorieën die we kunnen formuleren. Een van deze beperkingen, waar we al eerder over schreven, is bijvoorbeeld het zwakke-zwaartekrachtspostulaat. Dit postulaat vertelt ons dat een hypothetische theorie waarin er een extra kracht bestaat die *zwakker* is dan zwaartekracht, niet consistent kan zijn. En zo zijn er nog veel meer "logische" grootschalige theorieën die op kleine schaal ineens heel "onlogisch" blijken te worden. In vaktermen zeggen we dat consistente theorieën tot *het landschap* behoren, en theorieën die niet aan deze voorwaarden voldoen tot *het moerasland*.



Afbeelding 3. Landschap en moerasland.Niet elke theorie is consistent met quantumzwaartekracht. Theorieën die consistent zijn behoren tot "het landschap" en de overige theorieën behoren tot "het moerasland".

Dit inzicht heeft grote gevolgen, aangezien een grote klasse van theorieën (die bijvoorbeeld kosmologische inflatie pogen te beschrijven) eigenschappen hebben die niet verenigbaar zijn met het landschap en dus tot het moerasland behoren. Deze modellen kunnen dus naar de prullenmand! Dat wil natuurlijk niet zeggen dat het idee van inflatie zelf daarmee direct onmogelijk is geworden, maar het toont wel aan dat het moeilijker is dan gedacht om dat

idee in een complete theorie van de quantumzwaartekracht te vangen.

Het idee van een “swampland” helpt ons dus om te snoeien in de grote hoeveelheid mogelijke theorieën. Daarnaast is er nog een positieve kant aan de ontdekking dat er extra voorwaarden zijn waaraan elke theorie moet voldoen om consistent te zijn met quantumzwaartekracht. Door deze voorwaarden zelf te bestuderen hebben we namelijk, naast het direct bestuderen van zwarte gaten en het botsen van deeltjes, een nieuwe manier gevonden om ideeën over quantumzwaartekracht te testen. De ultieme droom is dat de voorwaarden die we vinden beperkend genoeg zijn om het landschap te reduceren tot één unieke theorie die ons universum beschrijft. Of dat mogelijk is zal de toekomst moeten leren, maar als dat het geval is zouden we kunnen leren over quantumzwaartekracht door alleen de natuurkunde op veel grotere schaal, bij lage energieën te beschouwen.