

Het Higgs-boson

Hoewel het standaardmodel op succesvolle wijze alle elementaire deeltjes en hun wisselwerking beschrijft weten we toch dat ons begrip van de natuur hiermee niet compleet is. Er zijn een aantal fundamentele vragen die niet beantwoord worden. Eén daarvan is de vraag: Waarom hebben elementaire deeltjes überhaupt massa.

Zonder massa zou het universum er totaal anders uitzien. Als het elektron geen massa zou hebben zouden er bijvoorbeeld geen atomen zijn. Zonder atomen geen materie zoals we die kennen, geen chemie, geen biologie en geen mensen. Ook de zon brandt dankzij een subtiele samenwerking tussen de fundamentele natuurkrachten, een samenwerking die volledig verstoord zou zijn als een aantal van de krachtdeeltjes niet de grote massa zouden hebben die ze hebben.

Op het eerste gezicht lijkt het concept van massa niet te passen in het Standaardmodel van de deeltjesfysica. Twee krachten die het model beschrijft - elektromagnetisme en de zwakke kernkracht - kunnen door een enkele theorie worden beschreven, namelijk die van de elektrozwakke wisselwerking. Wetenschappers hebben de elektrozwakke wisselwerking onderworpen aan vele experimentele testen, waar zij steeds ongeschonden uit gekomen is. Echter, de basisvergelijkingen van de theorie lijken te vereisen dat alle elementaire deeltjes massaloos zijn.

Wetenschappers hadden een uitweg nodig uit dit probleem. Meerdere natuurkundigen, waaronder Peter Higgs, ontdekten een mechanisme dat, als het toegevoegd wordt aan de vergelijkingen, deeltjes zou toestaan om massa te hebben. Dit staat nu bekend als het Higgs-mechanisme. "De integratie van het Higgs mechanisme in het Standaardmodel door 't Hooft en Veltman (Nobelprijs 1999), stelden wetenschappers in staat om nauwkeurige voorspellingen te maken van verschillende grootheden, inclusief de massa van het zwaarste deeltje dat bekend is, het top-quark." Experimentele natuurkundigen hebben dit deeltje op precies die plek gevonden waar de berekeningen, die gebruik maken van het Higgs-mechanisme, het voorspelden.

Volgens de theorie werkt het Higgs mechanisme als een medium dat overal in de ruimte bestaat. Deeltjes verkrijgen massa door de wisselwerking met dit medium. Peter Higgs wees erop dat het mechanisme het bestaan van een nog onbekend deeltje vereist, dat we nu het Higgs-boson noemen. Het Higgs-boson is een fundamentele component van het Higgs-medium, net zoals het foton een fundamenteel component is van licht.

Het Higgs-boson is het enige door het Standaardmodel voorspelde deeltje dat nog niet gezien is door experimenten. Het Higgs mechanisme voorspelt niet de massa van het Higgs-boson zelf, maar meer een gebied van mogelijke massa's. Gelukkig zou het Higgs-boson een unieke voetafdruk achterlaten afhankelijk van zijn massa. Daarom weten wetenschappers waar ze naar moeten zoeken en zouden ze in staat moeten zijn om zijn massa te berekenen op basis van de deeltjes die ze in de detector zien.

Het is mogelijk dat experimentele natuurkundigen erachter komen dat het Higgs-boson verschilt van de meest simpele versie die het Standaardmodel voorspelt. Veel theorieën die fysica voorbij het Standaardmodel beschrijven, zoals supersymmetrie en composiete modellen, suggereren het bestaan van een dierentuin aan nieuwe deeltjes, inclusief verschillende soorten Higgs-bosonen. Als een van deze scenario's waarheid blijkt te zijn, kan het vinden van het Higgs-boson de deur openen naar de ontdekking van nieuwe fysica, zoals superdeeltjes of donkere materie. Aan de andere kant, als het Higgs-boson niet gevonden wordt in de LHC, zou dit een geheel andere klasse van theorieën in het middelpunt van de belangstelling plaatsen die het Higgs mechanisme op andere manieren verklaren.