

### Opgave 3 Op zoek naar Higgs

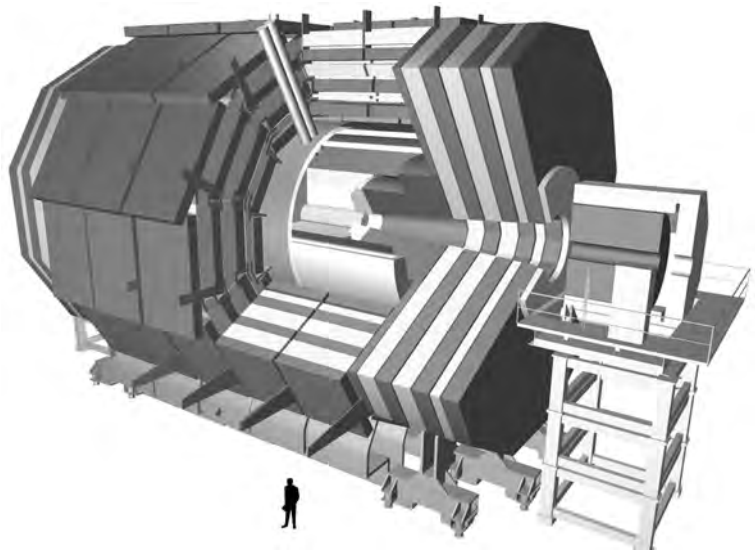
Lees het artikel.

Bij het onderzoekscentrum CERN in Geneve laten natuurkundigen in de LHC (Large Hadron Collider) protonen met een zeer hoge snelheid op elkaar botsen. Er ontstaan daarbij verschillende deeltjes. Op deze manier toont men het zogenaamde Higgs-deeltje aan. Het Higgs-deeltje is niet rechtstreeks te detecteren. Soms valt het Higgs-deeltje via een vervalreactie uiteen in twee muonen en twee antimuonen.

Een muon heeft dezelfde lading als een elektron, maar is veel zwaarder.

Een anti-muon is even zwaar als een muon, maar heeft een tegengestelde lading.

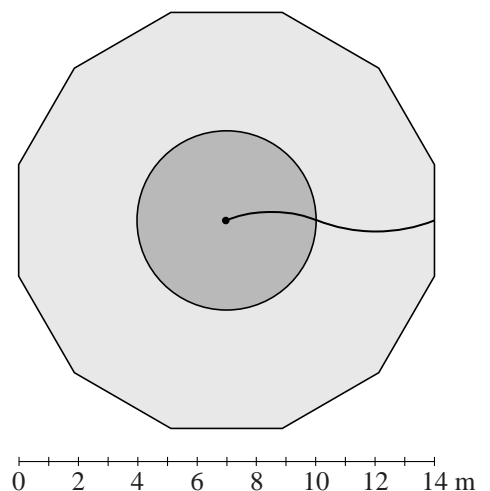
De (anti-)muonen worden waargenomen in de CMS- (Compact Muon Solenoïd) detector. Deze 14 meter hoge cilindervormige detector bestaat uit vele lagen waarin de banen van de deeltjes worden vastgelegd. Zie de figuur hiernaast. In het centrum van de detector vindt de botsing van de protonen plaats. Daar wordt door een grote supergeleidende spoel een magnetisch veld gemaakt.



Opengewerkte tekening van de CMS-detector. Midden in de detector vinden de botsingen plaats.

In figuur 1 is de dwarsdoorsnede van de CMS-detector getekend. De cirkel stelt de spoel voor. Daarbinnen (aangegeven met donkergrijs) heerst een homogeen magnetisch veld van 4,2 T. Midden in deze cirkel vindt de botsing plaats. De veldlijnen in die cirkel staan loodrecht op het vlak van tekening en zijn het papier in gericht. Ook buiten de spoel heerst een magnetisch veld (aangegeven met lichtgrijs). De baan van een wegschietend deeltje binnen en buiten de spoel is getekend. Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



- 3p **13** Leg uit of het deeltje een muon of een anti-muon is. Geef daartoe in de figuur op de uitwerkbijlage de richtingen van het magnetisch veld en van de lorentzkracht binnen de spoel aan.

In de figuur op de uitwerkbijlage zijn twee banen getekend van een ander wegschietend deeltje. Dit deeltje is het antideeltje van het deeltje uit vraag 13 en heeft dezelfde energie maar een tegenovergestelde beginrichting.

- 2p 14 Leg uit welke van de aangegeven banen de juiste is.

Voor een wegschietend deeltje geldt:

$$E = Bqcr$$

Hierin is:

- $E$  de totale energie van het deeltje;
- $B$  de sterkte van het magnetisch veld;
- $q$  de lading van het deeltje;
- $c$  de lichtsnelheid;
- $r$  de straal van (het deel van) de cirkelbaan van het deeltje.

- 2p 15 Toon aan dat het deel van de formule links van het = teken dezelfde eenheid heeft als het deel rechts van het = teken.

In figuur 1 is te zien dat buiten de spoel de straal van de cirkelbaan die het deeltje beschrijft groter is dan binnen de spoel.

Twee onderzoekers noemen hiervoor een oorzaak.

Oorzaak I:

De deeltjes hebben buiten de spoel een kleinere snelheid omdat ze door botsingen met de materie van de detector zijn afgeremd.

Oorzaak II:

Het magnetisch veld buiten de spoel is kleiner dan het magnetisch veld binnen de spoel.

- 4p 16 Leg voor beide oorzaken uit of ze de grotere straal van de cirkelbaan kunnen verklaren.

Op basis van de energieën van de wegschietende deeltjes (twee muonen en twee anti-muonen) kan een schatting gemaakt worden van de maximale massa van het Higgs-deeltje. Ga ervan uit dat de gehele massa van het Higgs-deeltje omgezet wordt in de energie van de vier wegschietende deeltjes en dat de vier wegschietende deeltjes dezelfde energie hebben als het deeltje in figuur 1 (zie uitwerkbijlage).

- 4p 17 Maak hiermee een schatting van de massa van het Higgs-deeltje in kg. Bepaal daartoe eerst in de figuur op de uitwerkbijlage de straal van de baan die het wegschietend deeltje binnen de spoel beschrijft.

**uitwerkbijlage**

13 en 17

