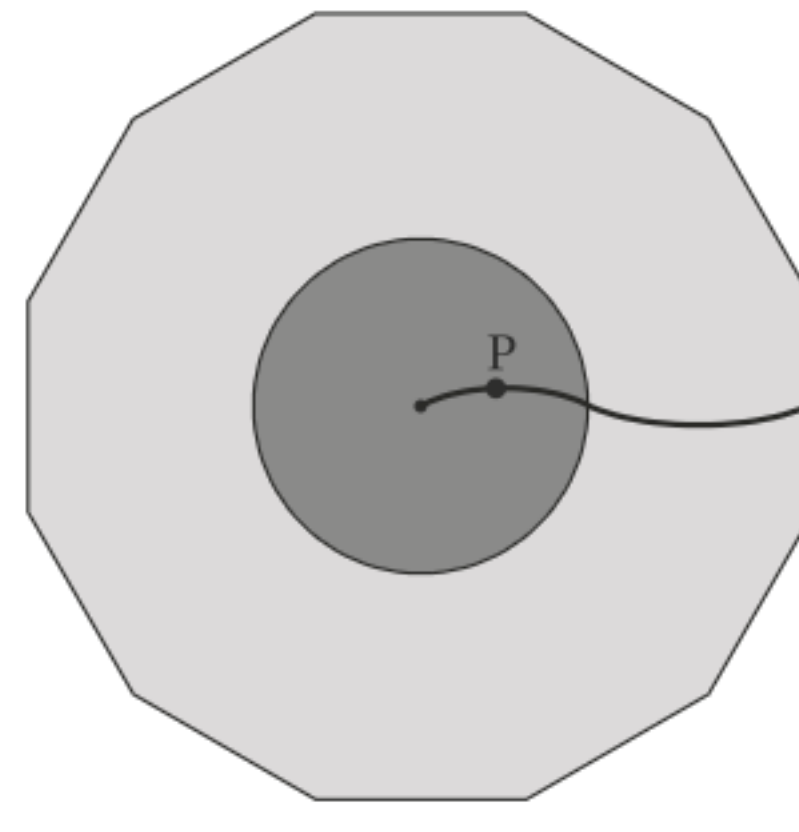


► **tekenblad** 43 In de LHC laten wetenschappers protonen met een zeer hoge snelheid op elkaar botsen. Daarbij ontstaan verschillende deeltjes. Op deze manier is het bestaan van het higgs-deeltje aangetoond. Het higgs-deeltje is niet rechtstreeks te detecteren. Soms valt het higgs-deeltje uiteen in twee muonen en twee antimuonen.

Een muon heeft dezelfde lading als een elektron, maar is veel zwaarder. Een antimuon is even zwaar als een muon, maar heeft een tegengestelde lading. De (anti)muonen worden waargenomen in een detector. Deze 14 m hoge cilindervormige detector bestaat uit vele lagen waarin de banen van de deeltjes worden vastgelegd.

In figuur 10.109 is de dwarsdoorsnede van de detector getekend. De cirkel stelt een spoel voor. Daarbinnen (aangegeven met donkergrijs) heerst een homogeen magnetisch veld. Midden in deze cirkel vindt de botsing plaats. De veldlijnen in die cirkel staan loodrecht op het vlak van tekening en zijn de pagina in gericht. Ook buiten de spoel heerst een magnetisch veld (aangegeven met lichtgrijs). Je ziet de baan van een wegschietend deeltje binnen en buiten de spoel.

- a Leg uit of het deeltje een muon of een antimuon is. Teken daartoe in figuur 10.109 de richtingen van het magnetisch veld en van de lorentzkracht in punt P.



Figuur 10.109

In figuur 10.110 zijn twee banen getekend van een ander wegschietend deeltje. Dit deeltje is het antideeltje van het deeltje uit vraag a en heeft dezelfde energie maar een tegengestelde beginrichting.

- b Leg uit welke van de aangegeven banen de juiste is.

Voor een wegschietend deeltje geldt:

$$E = B \cdot q \cdot c \cdot r$$

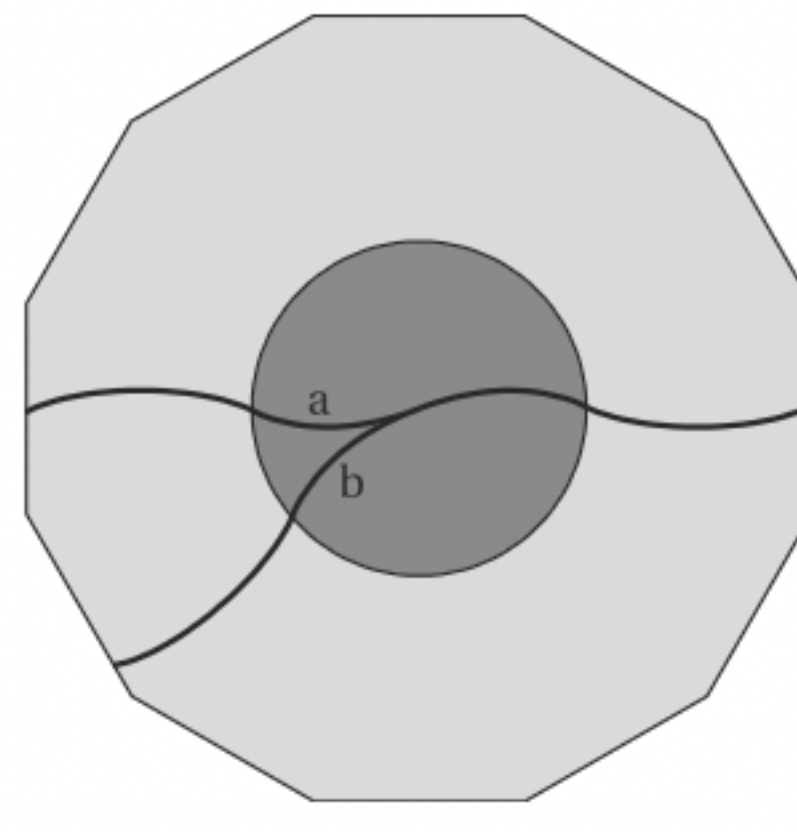
- E is de totale energie van het deeltje in J.
- B is de sterkte van het magnetisch veld in T.
- q is de lading van het deeltje in C.
- c is de lichtsnelheid in m s^{-1} .
- r is de straal van de cirkelbaan van het deeltje in m.

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

In de figuren zie je dat buiten de spoel de straal van de cirkelbaan groter is dan binnen de spoel. Twee onderzoekers noemen hiervoor een oorzaak.

Oorzaak I: De deeltjes hebben buiten de spoel een kleinere snelheid doordat ze door botsingen met de materie van de detector zijn afgeremd.

Oorzaak II: Het magnetisch veld buiten de spoel is zwakker dan het magnetisch veld



Figuur 10.110

Opgave 43

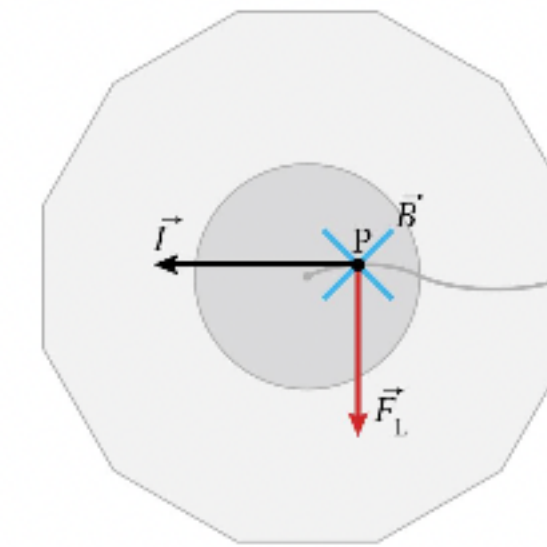
- a Of het deeltje een muon of een antimuon is bepaal je met de richting van de stroom en de richting waarin het deeltje beweegt. De richting van de stroom bereken je met de FBI-regel (linkerhandregel).

Zie figuur 10.25.

Het deeltje wordt door de lorentzkracht afgebogen. De lorentzkracht in P is dus naar het middelpunt van de cirkel gericht (duim).

Het magnetisch veld wijst de pagina in (wijsvinger).

Met behulp van de FBI-regel bepaal je de richting van de stroom. De stroom loopt in punt P naar links. Het deeltje beweegt de andere kant op. De lading van het deeltje is dus negatief. Het deeltje is dus een muon.



Figuur 10.25

- b De lading van het deeltje is tegenovergesteld, dus positief. Het beweegt naar links. De richting van de stroom is dus gelijk aan de richting van de stroom bij het deeltje uit vraag a. Het magnetisch veld heeft dezelfde richting, dus is de lorentzkracht naar beneden gericht. Het deeltje wordt dus dezelfde kant op afgebogen. Baan b is correct.
- c Dat de delen dezelfde eenheid hebben leg je uit met de eenheden van de andere grootheden.

$$E = B \cdot q \cdot c \cdot r$$

$[E] = \text{J}$ Dit is hetzelfde als Nm . (zie BINAS tabel 4)

$$[B \cdot q \cdot c] = [B \cdot q \cdot v] = [F] = \text{N}$$

$$[r] = \text{m}$$

De rechterterm heeft dus ook de eenheid Nm .

Dus de eenheden zijn hetzelfde.

- d Of een oorzaak de grotere straal kan verklaren, leg je uit met de gegeven formule.

Uit de formule $E = B \cdot q \cdot c \cdot r$ blijkt dat de totale energie van het deeltje evenredig is met de straal r . Als de snelheid van een deeltje door botsingen kleiner wordt, neemt zijn kinetische energie af. En dus neemt zijn totale energie af.

Omdat de grootheden B , q en c niet veranderen, wordt dus zijn straal r kleiner.

Oorzaak I kan de grotere straal dus niet verklaren.

Als de grootheden E , q en c niet veranderen, blijkt uit de formule $E = B \cdot q \cdot c \cdot r$ dat de straal r dan groter wordt als het magnetisch veld B kleiner wordt.

Oorzaak II kan de grotere straal dus wel verklaren.