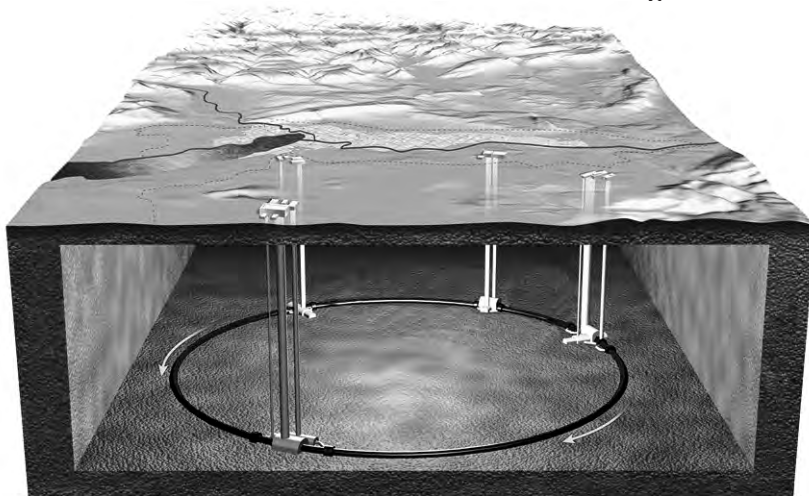


## Opgave 5 LHC

Lees het krantenartikel.

### Large Hadron Collider (LHC) geopend

Wetenschappers zijn al jaren op zoek naar het zogenaamde Higgs-deeltje. Om dit te vinden, is in de buurt van Genève in het voorjaar van 2010 de Large Hadron Collider (LHC) in gebruik genomen. Deze ondergrondse deeltjesversneller is met een diameter van maar liefst 8,4858 km de grootste ter wereld.



In de LHC worden protonen versneld tot bijna de lichtsnelheid. De LHC bestaat uit een ondergrondse ring met daarin twee dicht naast elkaar gelegen cirkelvormige buizen. In de twee buizen gaan twee bundels protonen rond in tegengestelde richting. Als ze door het versnellen een energie van 7,0 TeV (tera-elektronvolt) hebben gekregen, laten de wetenschappers de protonen in een detector tegen elkaar botsen. Tijdens de botsing ontstaan allerlei elementaire deeltjes. Hierbij hopen de wetenschappers het Higgs-deeltje te vinden.

Voordat de protonen in de ring van de LHC binnenkomen, worden ze eerst in een lineaire versneller versneld. (Deze versneller is niet te zien in de figuur in het artikel.) Daarbij doorlopen de protonen een groot aantal malen een elektrische spanning van 5,0 kV.

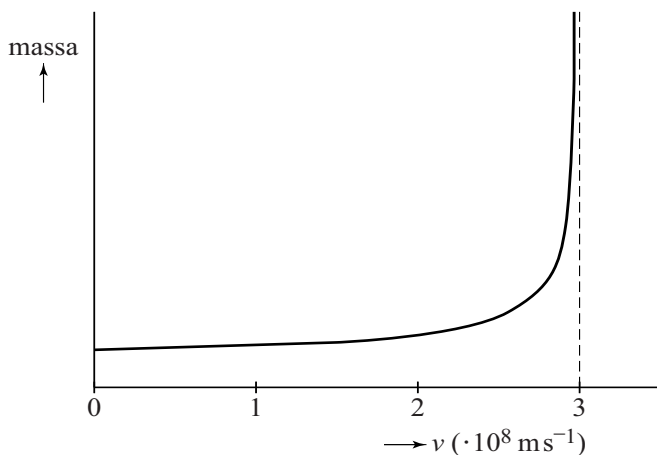
- 3p **20** Bereken hoe vaak de protonen deze spanning moeten doorlopen om een snelheid van  $1,2 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$  te krijgen als ze vanuit stilstand versneld worden.

Voordat de protonen in de grote ring komen, worden ze in twee bundels gesplitst. Daarna worden de protonen versneld totdat ze 11245 maal per seconde de ring doorlopen.

- 3p **21** Bereken hoeveel procent de snelheid van de protonen dan verschilt van de lichtsnelheid.

Als je met de klassieke theorie de kinetische energie van 7,0 TeV omrekent naar de snelheid van het proton vind je een waarde die veel groter is dan de lichtsnelheid. Volgens de relativiteitstheorie is dit niet mogelijk, omdat de massa van een deeltje tot oneindig toeneemt als het deeltje de lichtsnelheid bereikt. Dit is weergegeven in figuur 1.

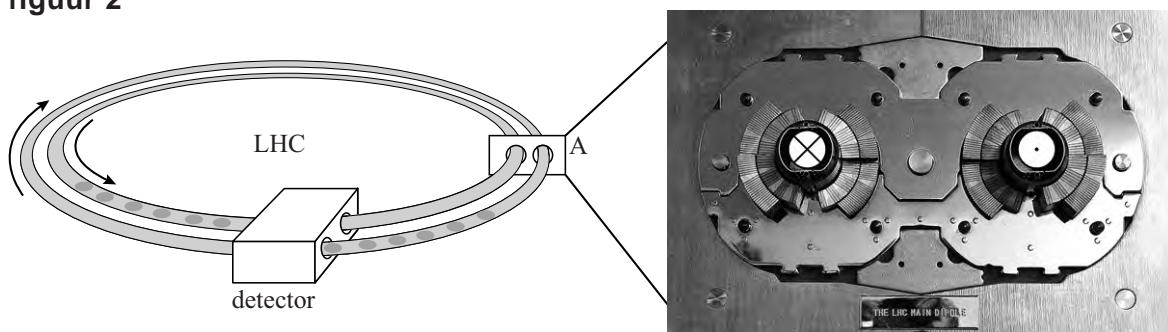
**figuur 1**



- 2p **22** Bij elke omwenteling neemt de kinetische energie van een proton toe. Leg uit aan de hand van figuur 1 dat een proton nooit de lichtsnelheid bereikt, hoe groot de kinetische energie ook is.

In de ring bevinden zich twee buizen waarin de protonen in tegengestelde richting bewegen. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2. Rechts in figuur 2 zie je een foto van de dwarsdoorsnede bij punt A.

**figuur 2**



De protonen worden in de buizen in een cirkelbaan gehouden door sterke elektromagneten om de buizen.

In figuur 2 is aangegeven dat de protonen in de rechterbuis naar je toe bewegen (⊙) en in de linkerbuis van je af (⊗).

Het rechterdeel van figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 2p **23** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de richtingen van de magneetvelden in elke buis afzonderlijk.

Voor een proton met een energie van 7,0 TeV dat rondgaat in een buis geldt voor de middelpuntzoekende kracht:

$$F_{\text{mpz}} = \frac{E}{r}$$

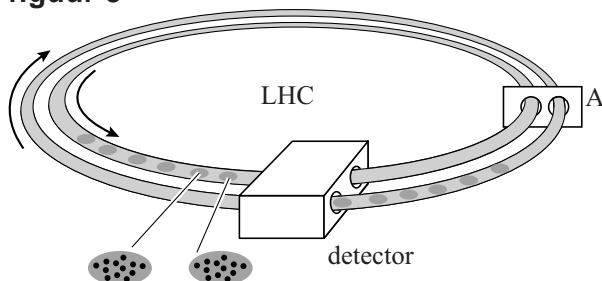
Hierin is:

- $E$  de energie van het proton,
- $r$  de straal van de baan.

4p **24** Bereken de sterkte van het magneetveld.

De protonen gaan in groepjes door de buizen. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.

**figuur 3**



In één buis bewegen 2808 groepjes protonen. Hierdoor is in die buis de stroomsterkte gelijk aan 0,582 A.

4p **25** Bereken hoeveel protonen er in één groepje zitten.

De wetenschappers laten de bundels samenkomen zodat de protonen botsen. Als twee protonen op elkaar botsen, kunnen allerlei reacties plaatsvinden. Bij één van die reacties ontstaan deuterium en een positron en een ander deeltje. Dit andere deeltje is een neutrino of een antineutrino.

2p **26** Leg uit welke van de vier fundamentele wisselwerkingen bij deze reactie optreedt.

4p **27** Voer de volgende opdrachten uit:

- Stel de reactievergelijking van deze reactie op.
- Leg uit met behulp van welke behoudswet(ten) je gevonden hebt wat het andere deeltje is.

uitwerkbijlage

23

