Examen VWO

2012

tijdvak 1
maandag 21 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Gebruik het tabellenboekje.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 77 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1023-a-12-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

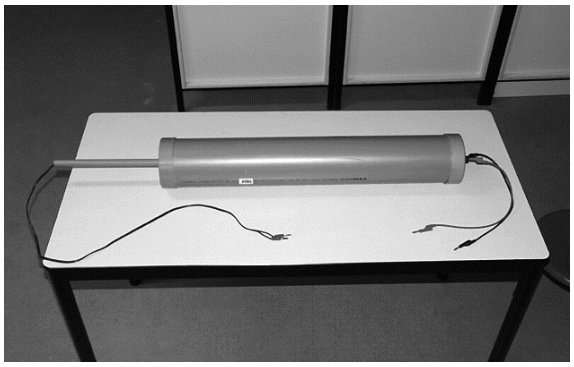
Opgave 1 Lichtpracticum

Bij een practicum op school moeten Amy en Rianne de volgende onderzoeksvraag beantwoorden:

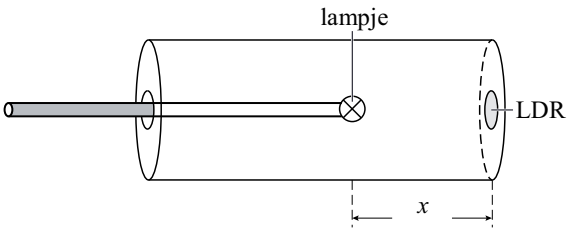
> Wat is bij een brandend fietslampje het verband tussen de verlichtingssterkte en de afstand tot dat brandend fietslampje?

Om de verlichtingssterkte bij verschillende afstanden te bepalen, gebruiken Amy en Rianne de opstelling van figuur 1. Een schematische tekening van de opstelling staat in figuur 2.

figuur 1



figuur 2

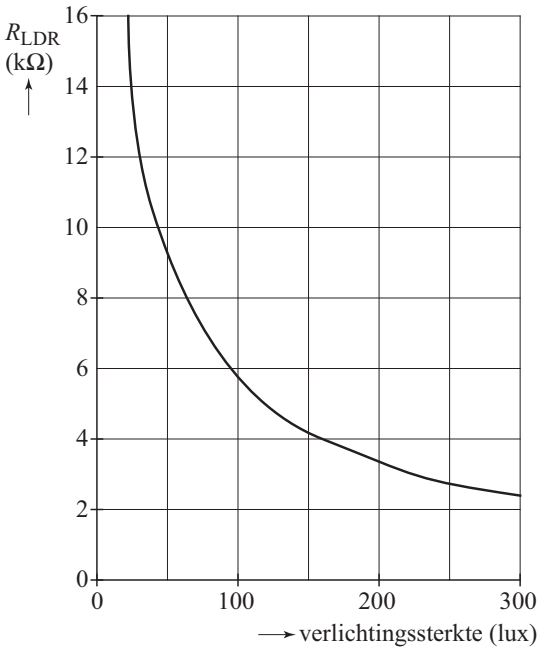


De opstelling bestaat uit een dikke PVC-buis die van binnen zwart is gemaakt. Aan de ene kant is de buis afgesloten met een deksel waarop een LDR gemonteerd is. Aan de andere kant zit een deksel met een staaf. Aan de staaf zit het fietslampje. Door met de staaf te schuiven kunnen Amy en Rianne de afstand x tussen het lampje en de LDR instellen.

2p **1** Beantwoord de volgende vragen.
- Waarom is de buis aan beide kanten afgesloten?
- Waarom is de buis van binnen zwart gemaakt?

De ijkgrafiek van de LDR staat weergegeven in figuur 3.

figuur 3



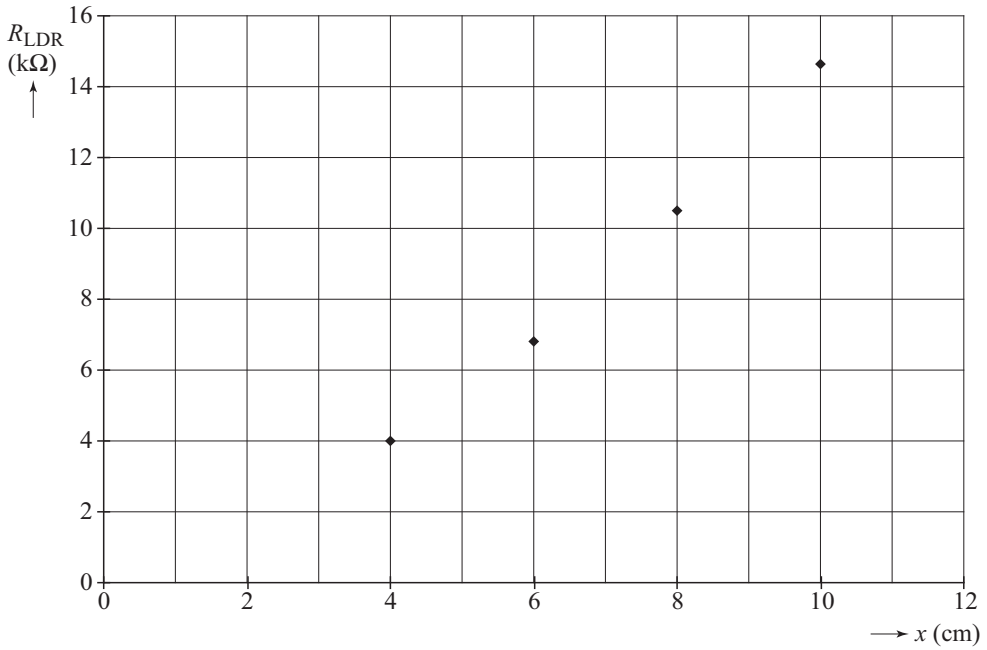
natuurkundeuitgelegd.nl

Ze nemen de LDR op in een schakeling met een spanningsbron van $6{,}0$ V, een extra weerstand van 10 kΩ en een spanningsmeter.

4p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken een schakeling met alleen deze componenten, die geschikt is om de weerstand van de LDR te bepalen.
- Leg uit hoe de waarde van de weerstand van de LDR hiermee te bepalen is.

Amy en Rianne bepalen de weerstand van de LDR bij verschillende afstanden x tussen het lampje en de LDR. Zij zetten hun meetpunten in het diagram van figuur 4.

figuur 4



Amy en Rianne willen nu controleren of de verlichtingssterkte op afstand x van een brandend fietslampje omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand x tot het lampje. Dit is een voorbeeld van de kwadratenwet.
Hierbij maken zij gebruik van de ijkgrafiek van de LDR. Zie figuur 3.

4p **3** Ga na of de metingen bij 4 en 8 cm de kwadratenwet ondersteunen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 Zweefmolen

Jan ziet op de kermis in Deurne de attractie die afgebeeld is in figuur 1: een hoge mast met een zweefmolen.

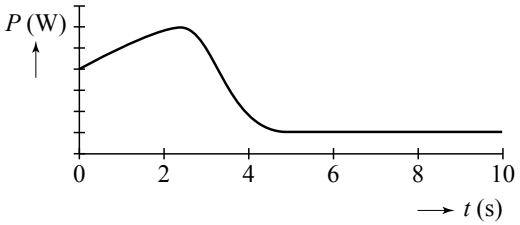
figuur 1

Nadat de passagiers in de stoeltjes hebben plaatsgenomen, beweegt de zweefmolen eerst zonder te draaien langs de mast omhoog.
In $8{,}0$ s gaat de zweefmolen 30 meter omhoog. In de mast bevindt zich een contragewicht met een massa gelijk aan de totale massa van de zweefmolen zonder passagiers. Dit contragewicht is via een katrol boven in de mast verbonden met de zweefmolen en daalt met dezelfde snelheid als de verticale snelheid van de zweefmolen. Zo wordt energie bespaard. Voor de verticale verplaatsing wordt een elektromotor gebruikt met een rendement van 90%. Neem aan dat er 22 passagiers met een gemiddelde massa van 60 kg in de stoeltjes hebben plaatsgenomen.

4p **4** Bereken het minimale elektrisch vermogen van deze elektromotor.

Na het omhooggaan begint de zweefmolen te draaien. Hiervoor wordt een tweede elektromotor gebruikt.
Op $t = 0$ s begint de zweefmolen te draaien en na 5 s draait hij met constante snelheid.
Het vermogen van de tweede elektromotor is uitgezet tegen de tijd in figuur 2.

figuur 2



2p **5** Beantwoord de volgende vragen.
- Waarom is het vermogen vóór $t = 5$ s groter dan na $t = 5$ s?
- Waarom is het vermogen na $t = 5$ s niet gelijk aan 0 W?

Vanaf $t = 5$ s draaien de passagiers in de zweefmolen met constante snelheid rond. Dit is vastgelegd op de foto van figuur 1. Figuur 1 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

Jan wil uit de foto de straal van de cirkelbaan bepalen. Hij merkt op dat op de foto de straal van de cirkelbaan even groot is als de lengte van de lantaarnpaal. De lantaarnpaal is in werkelijkheid $4{,}3$ meter hoog. Hij concludeert dat de straal van de cirkelbaan $4{,}3$ meter is.

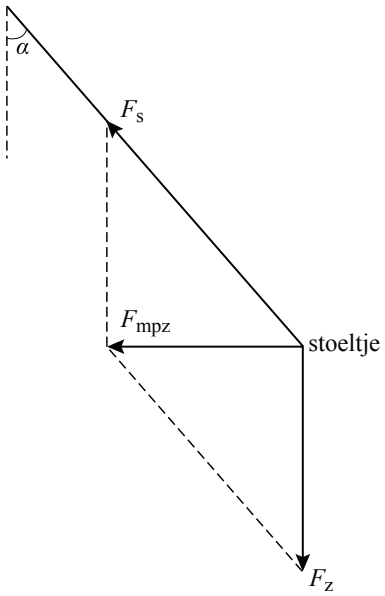
3p **6** Leg uit of deze conclusie juist is.
Gebruik in je antwoord het begrip ‘lineaire vergroting’.

natuurkundeuitgelegd.nl

De straal van de cirkelbaan van de stoeltjes **met** passagiers blijkt even groot te zijn als de straal van de cirkelbaan van de stoeltjes **zonder** passagiers.
Kennelijk is hoek α van de ophangkabel met de verticaal onafhankelijk van de massa die aan de kabel hangt.

Figuur 3 is een schematische tekening voor het meest rechtse stoeltje van de foto. In de figuur zijn krachtvectoren en de bijbehorende hoek α getekend.

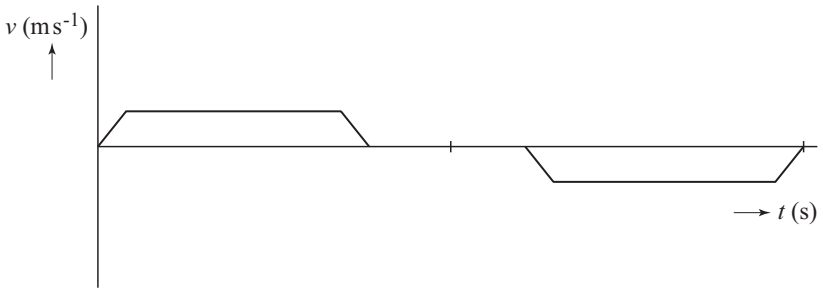
figuur 3



3p **7** Toon aan met behulp van formules uit Binas dat hoek α gelijk is voor stoeltjes **met** en **zonder** passagiers.

Tijdens het draaien beweegt de zweefmolen verder omhoog. Als hij de maximale hoogte bereikt heeft, blijft hij daar een tijdje ronddraaien en daarna beweegt hij naar beneden.
In figuur 4 is het (v,t)-diagram van deze verticale beweging weergegeven.
Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 4



Als de zweefmolen niet verticaal beweegt, is hoek α gelijk aan $40°$.
Bij de verticale beweging naar boven en beneden is hoek α niet altijd gelijk aan $40°$. Dit is niet het gevolg van verticale wrijvingskracht.

3p **8** Schets in de figuur op de uitwerkbijlage het verloop van hoek α tijdens de verticale beweging omhoog en omlaag.

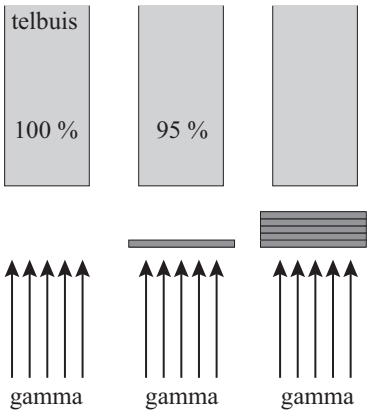
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Absorptie van gammastraling

Gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen dan alfa- en bètastraling. Bovendien laat gammastraling zich niet volledig afschermen: er komt altijd nog wel iets door de afscherming heen.

Om de halveringsdikte van aluminium voor gammastraling te bepalen, worden plaatjes aluminium van gelijke dikte tussen een gammabron en een telbuis gestapeld. Zie figuur 1.
De hoeveelheid gemeten straling zonder plaatjes noemen we 100%.
Bij één plaatje wordt 95% gemeten: het plaatje heeft dus 5% geabsorbeerd.

figuur 1



3p **9** Leg uit of de absorptie van de stapel van 5 plaatjes kleiner, even groot of groter is dan 25%.

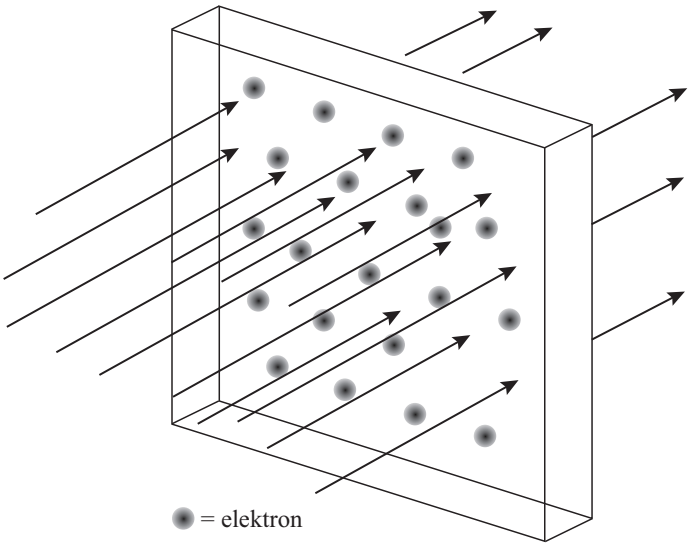
Met dit experiment wordt vastgesteld dat de halveringsdikte van aluminium voor gammastraling van 1 MeV gelijk is aan 4,2 cm.

3p **10** Bereken de dikte van een laag aluminium die nodig is om 99% van deze gammastraling te absorberen.

De waarde van de halveringsdikte voor gammastraling met een energie van 1 MeV vind je ook in Binas tabel 28E. Uit deze tabel blijkt dat niet alle stoffen gammastraling in gelijke mate absorberen.

De absorptie van gammastraling is uitgebeeld in figuur 2. Deze figuur is niet op schaal.
In de figuur is een bundel gammafotonen weergegeven die op een plaatje valt. Als een gammafoton een elektron tegenkomt, verdwijnt het uit de bundel en is het geabsorbeerd.
Bij een grotere elektronendichtheid worden dus meer gammafotonen geabsorbeerd.

figuur 2



natuurkundeuitgelegd.nl

Voor de elektronendichtheid in het materiaal geldt:

$$n_e = \rho \cdot \frac{Z}{m_{at}} \qquad (1)$$

Hierin is:
- n_e de elektronendichtheid;
- ρ de dichtheid van het materiaal;
- Z het atoomnummer;
- m_{at} de massa van het atoom.

2p **11** Leg uit met behulp van formule 1 dat de eenheid van n_e gelijk is aan m^{-3}.

Het verband tussen de halveringsdikte $d_{\frac{1}{2}}$ van het materiaal en de elektronendichtheid n_e wordt gegeven door de formule:

$$d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\sigma} \cdot \frac{1}{n_e} \qquad (2)$$

Hierin is:
- $d_{\frac{1}{2}}$ de halveringsdikte van het materiaal;
- σ de effectieve trefoppervlakte van de elektronen in het materiaal.

4p **12** Bereken de effectieve trefoppervlakte σ van de elektronen in aluminium voor gammafotonen van $1\ \mathrm{MeV}$.

3p **13** Leg uit met behulp van formule (2) en gegevens uit Binas of de effectieve trefoppervlakte σ afhangt van de energie van de gebruikte gammafotonen.

natuurkundeuitgelegd.nl

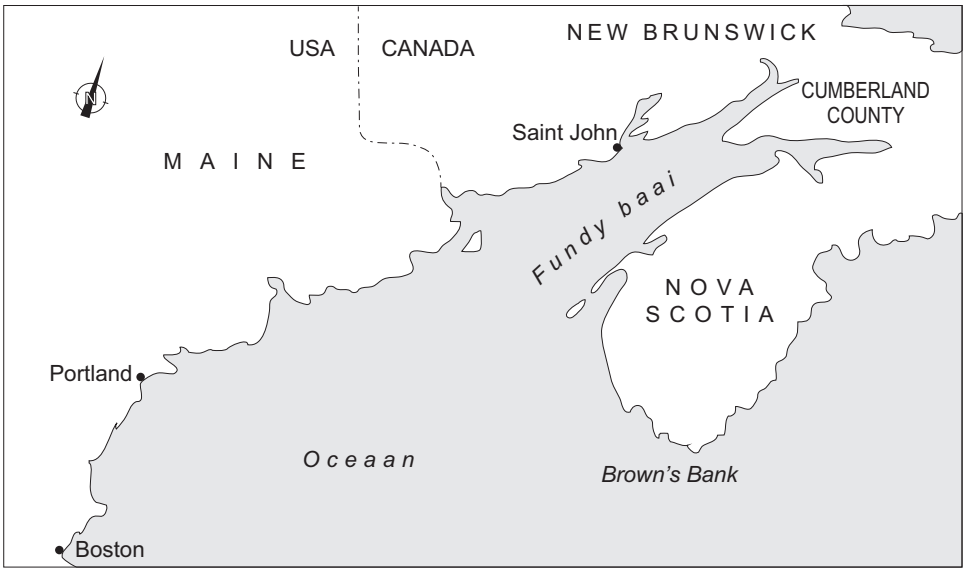
Opgave 4 Getijdenresonantie

Op sommige plekken op aarde is het verschil tussen eb en vloed zeer groot. De plaats Saint John aan de Fundybaai in Canada is zo'n plaats. De waterhoogte in Saint John is gedurende één etmaal gemeten. Op de uitwerkbijlage staat een grafiek van deze metingen.

3p **14** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale stijgsnelheid van het water in Saint John in centimeter per minuut.

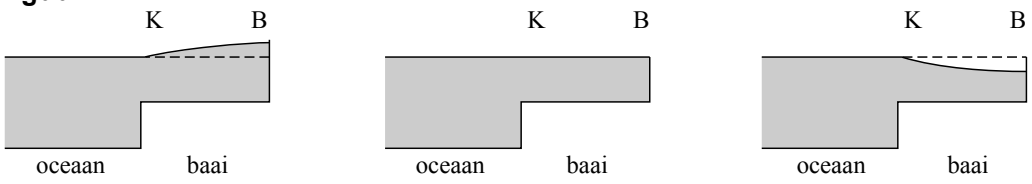
De 325 km lange Fundybaai waaraan Saint John ligt, is weergegeven in figuur 1.

figuur 1



Door zijn vorm en afmetingen ontstaat in de Fundybaai een staande golf.
Deze is in figuur 2 in zijaanzicht op drie momenten schematisch weergegeven.
Figuur 2 laat ook zien dat de baai minder diep is dan de oceaan.

figuur 2



3p **15** Schets in de figuur op de uitwerkbijlage de waterhoogte bij Cumberland County, aan het einde van de baai, als functie van de tijd.

De golflengte van de staande golf is gelijk aan 4 maal de baailengte.

2p **16** Leg uit hoe dit blijkt uit figuur 2.

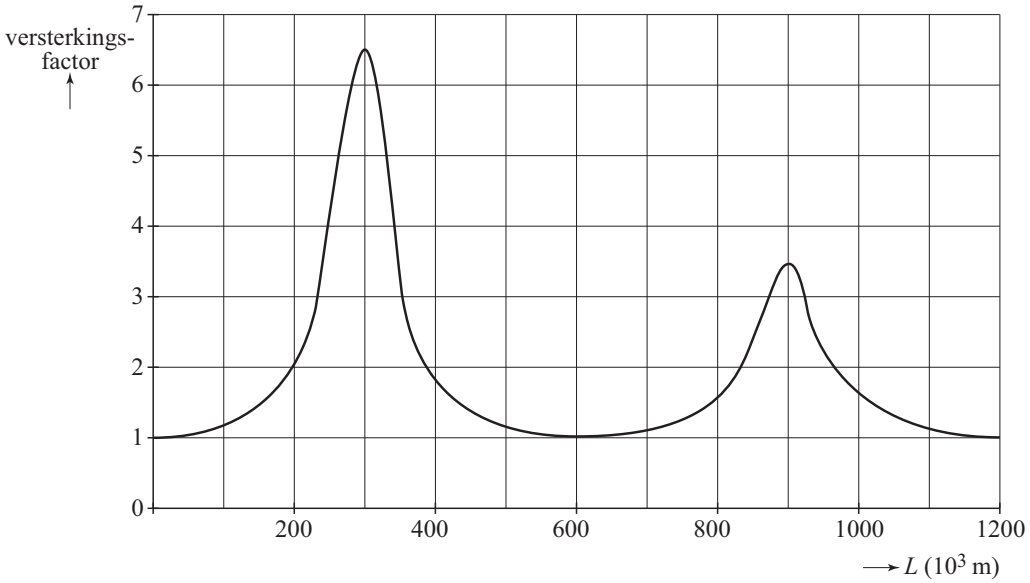
natuurkundeuitgelegd.nl

Het verschijnsel dat optreedt in de Fundybaai heet ‘getijdenresonantie’.
Dit verschijnsel treedt op meerdere plaatsen op aarde op. In een waterloopkundig laboratorium bestuderen wetenschappers met behulp van een computermodel de voorwaarden waaronder getijdenresonantie plaats kan vinden. Bij getijdenresonantie is er sprake van een grote versterkingsfactor.
De versterkingsfactor definieert men als:

$$\text{versterkingsfactor} = \frac{\text{maximale hoogteverschil in de baai}}{\text{hoogteverschil buiten de baai}}$$

De golfsnelheid in de baai hangt af van de diepte van de baai.
Een van de modellen levert voor een baai met een diepte gelijk aan de diepte van de Fundybaai de volgende grafiek van de versterkingsfactor als functie van de baailengte L. Zie figuur 3.

figuur 3



Je ziet dat hier maximale getijdenresonantie optreedt bij een baailengte van 300 km.

3p **17** Bepaal welke waarde voor de golfsnelheid gebruikt is in dit model.

Figuur 3 laat zien dat bij een baailengte van 900 km de versterkingsfactor ook hoog is.

2p **18** Verklaar dit.

De werkelijke lengte van de Fundybaai bedraagt 325 km.
Door klimaatverandering kan de zeespiegel gaan stijgen.
Hierdoor wordt de voortplantingssnelheid in de baai groter, waardoor de maxima in figuur 3 verschuiven. Bewoners aan de Fundybaai maken zich ongerust dat ze hierdoor te maken krijgen met een nog groter getijdenverschil.

3p **19** Leg uit of de bewoners aan de baai zich terecht ongerust maken.

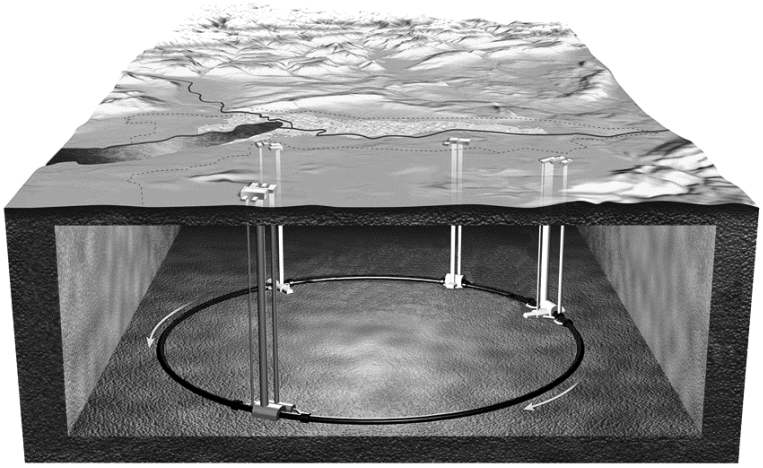
natuurkundeuitgelegd.nl

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 allerhande 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 $5{,}0\ \text{kV}$.

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.

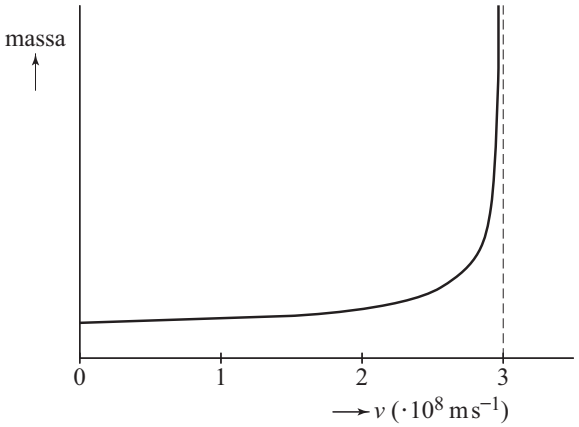
Voordat de protonen in de grote ring komen, worden ze in twee bundels gesplitst. Daarna worden de protonen versneld totdat ze 11245 maal per seconde de ring doorlopen.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

Als je met de klassieke theorie de kinetische energie van $7{,}0\ \mathrm{TeV}$ 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

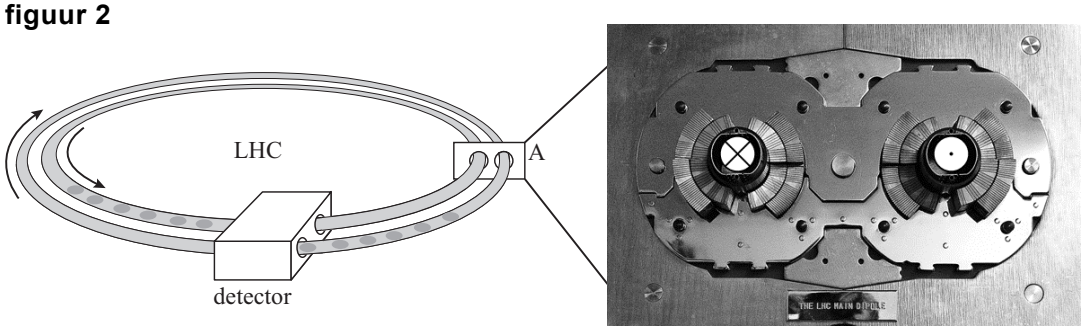


Bij elke omwenteling neemt de kinetische energie van een proton toe.

2p **22** 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.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

natuurkundeuitgelegd.nl

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

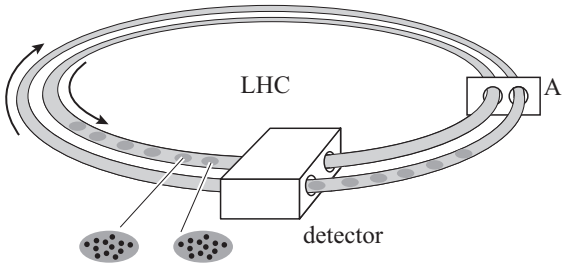
$$F_{\mathrm{mpz}} = \frac{E}{r}$$

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 $0{,}582\ \mathrm{A}$.

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

In de detector laten de wetenschappers de bundels elkaar snijden. Als twee protonen op elkaar botsen, kunnen nieuwe elementaire deeltjes ontstaan. De wetenschappers hopen hierbij het 'Higgs-deeltje' te vinden.
De massa van het Higgs-deeltje is nog niet bekend. Wel zijn schattingen gemaakt. Eén van de schattingen stelt dat de massa van het Higgs-deeltje in de orde van grootte van $10^{-25}\ \mathrm{kg}$ is.

3p **26** Laat met een berekening zien of de energie van de twee botsende protonen genoeg is om een Higgs-deeltje te laten ontstaan.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl