

# Examen VWO 2012

tijdvak 1  
maandag 21 mei  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde (pilot)**

Dit examen bestaat uit 27 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.

## Formuleblad

---

Formules die bij het pilot-programma horen en die niet in Binas staan.

### C Beweging en wisselwerking

$$F_{w,l} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$$

$$E_{\text{chem}} = r_v V \qquad E_{\text{chem}} = r_m m$$

$$\Sigma p_{\text{voor}} = \Sigma p_{\text{na}}$$

### D Lading en veld

$$I = GU$$

### E Straling en materie

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4 \qquad L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \qquad v = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} c$$

$$D = \frac{E}{m} \qquad H = QD$$

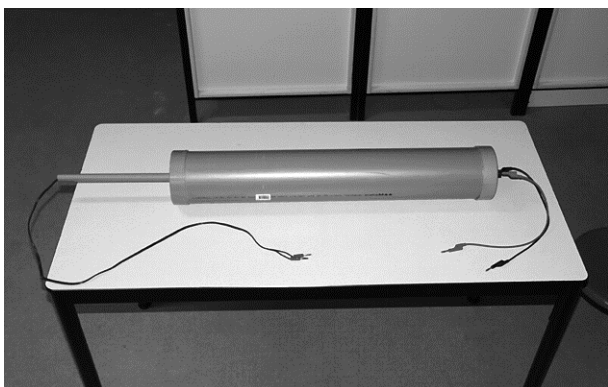
## Opgave 1 Lichtpracticum

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

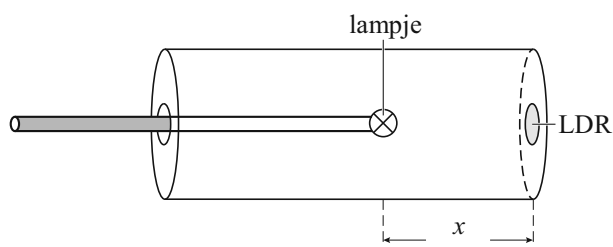
Wat is bij een brandend fietslampje het verband tussen de verlichtingssterkte en de afstand tot dat brandend fietslampje?

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

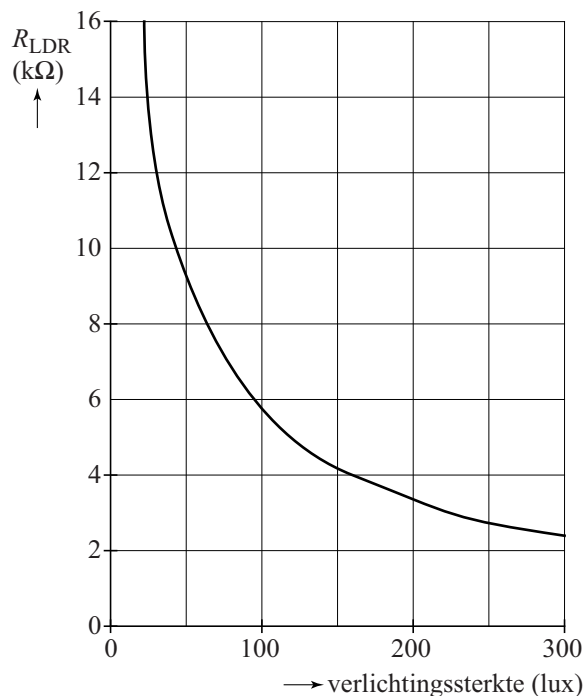


De opstelling bestaat uit een dikke PVC-buis die van binnen zwart is gemaakt. Aan de ene kant is de buis afgesloten met een deksel waarop een LDR gemonteerd is. Aan de andere kant zit een deksel met een staaf. Aan de staaf zit het fietslampje. Door met de staaf te schuiven kunnen Amy en Rianne de afstand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

- 1p 1 Waarom is de buis aan beide kanten afgesloten?

De ijkgrafiek van de LDR staat weergegeven in figuur 3.

figuur 3



Ze nemen de LDR op in een schakeling met een spanningsbron van 6,0 V, een extra weerstand van 10 k $\Omega$  en een spanningsmeter.

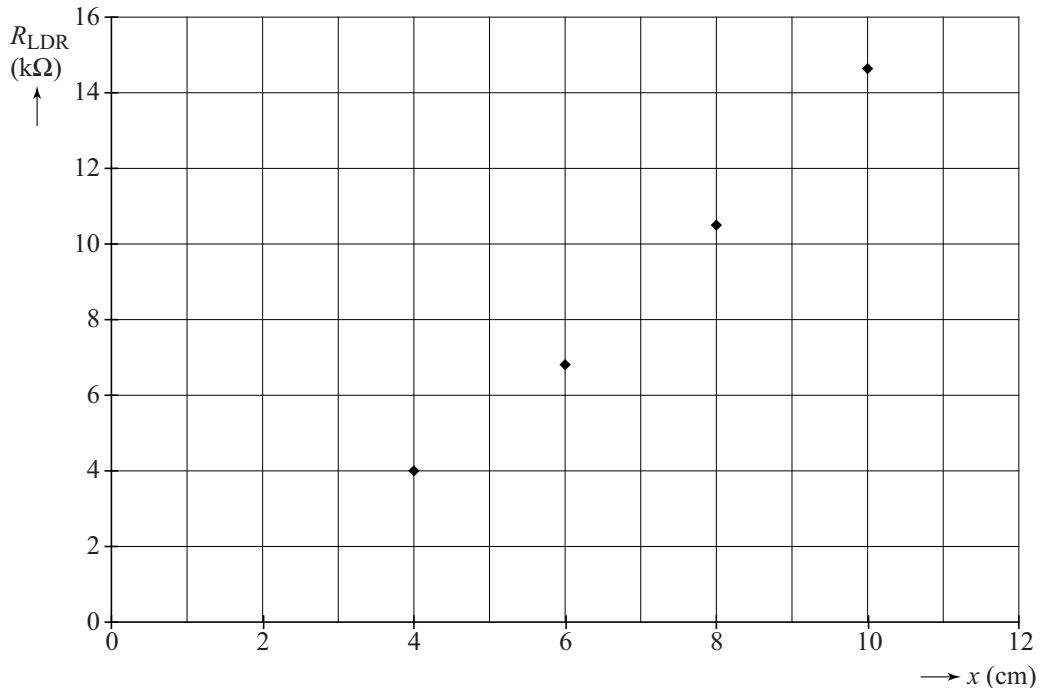
4p 2

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.

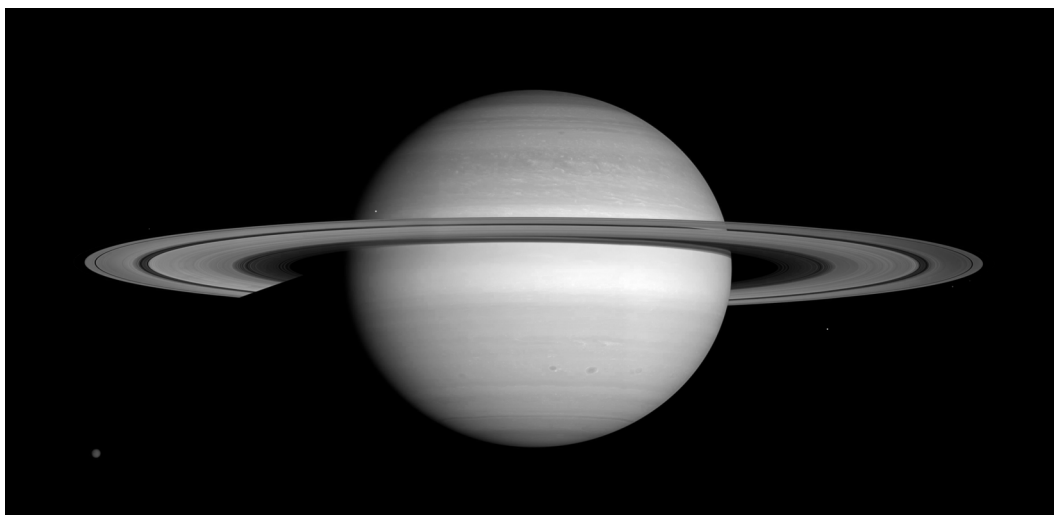
4p 3

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

## Opgave 2 Ringen van Saturnus

Saturnus is de op één na grootste planeet van ons zonnestelsel. Saturnus staat bekend om zijn ringen rond de evenaar, die bestaan uit ijs- en rotsdeeltjes. De diameter van deze deeltjes kan variëren van een enkele centimeter tot een meter. Zie figuur 1.

figuur 1



De ringen strekken zich uit tot een straal van  $137 \cdot 10^6$  m en blijken minder dan 100 m dik te zijn. Ze worden vaak met een DVD-schijfje vergeleken, wat betreft de verhouding tussen straal en dikte.

- 2p 4 Laat aan de hand van een berekening zien of de Saturnus-ringen in verhouding veel dunner of veel dikker zijn dan een DVD-schijfje.

Hieronder wordt de geschiedenis van de ontdekking van de ringen van Saturnus kort weergegeven:

- |      |   |
|------|---|
| 1610 | Galilei ontdekt als eerste de ringen van Saturnus met een primitieve telescoop.                                     |
| 1612 | Tot zijn verbazing kon Galilei geen ringen meer rond Saturnus waarnemen.  |
| 1655 | Met een verbeterde telescoop stelt Huygens vast dat het echt om volledige ringen gaat.                              |
| 1848 | Roche berekent een theoretische limiet waarbinnen manen om een planeet uiteenvallen tot kleine brokstukjes.         |
| 1859 | Maxwell laat theoretisch zien dat de ringen geen vast geheel kunnen vormen, maar moeten bestaan uit losse deeltjes. |
| 1895 | Keeler bevestigt de theorie van Maxwell experimenteel.  |

Het feit dat Galilei de ringen in 1612 niet meer kon vinden, zegt iets over de positie van de aarde ten opzichte van het draaivlak van de ringen.

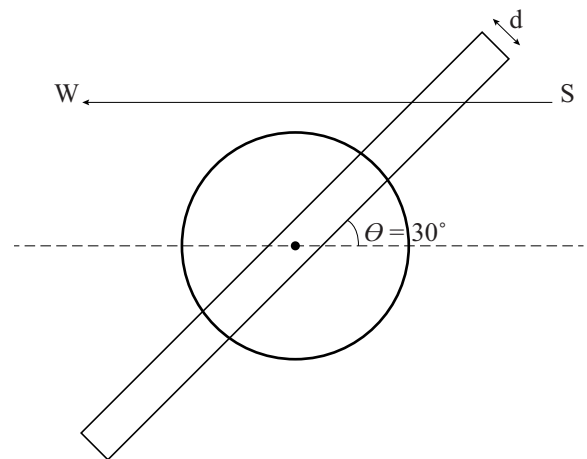
- 2p 5 Leg dit uit aan de hand van een schets.

Als de ringen voor een ster S langs trekken, constateert een waarnemer W dat de straling van S verzwakt wordt tot 17% van de oorspronkelijke hoeveelheid.

Uit modelberekeningen bij de veronderstelde dichtheid en samenstelling van de ringen volgt een halveringsdikte net als bij ioniserende straling. Zie figuur 2.

Hiervoor geldt:  $d_{\frac{1}{2}} = 59 \text{ m}$ .

figuur 2



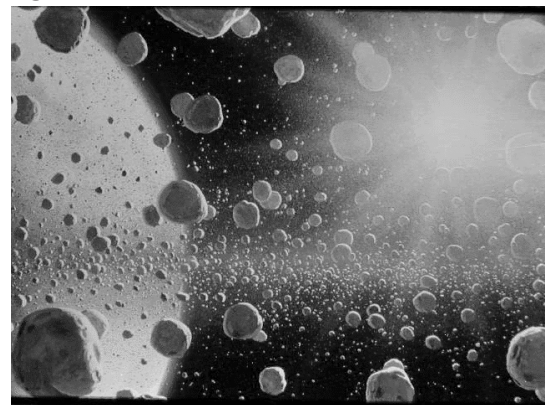
- 4p 6 Bereken de dikte  $d$  van de ringen die hieruit volgt.

De deeltjes waar de ringen uit bestaan, draaien om de planeet Saturnus.

Zie figuur 3. Hierover gaan de onderstaande twee stellingen:

- 1 De draaiing van de ringdeeltjes is een voorwaarde voor het bestaan van de ringen.
- 2 De draaiing van de ringdeeltjes is onafhankelijk van de draaiing van Saturnus om zijn eigen as.

figuur 3



- 2p 7 Leg van elke stelling uit of deze juist is.

Elk ringdeeltje beschrijft een cirkelbaan rond Saturnus met straal  $r$ . Voor het verband tussen de omlooptijd  $T$  en de straal  $r$  geldt:  $T = kr^{\frac{3}{2}}$ , waarin  $k$  constant is. De deeltjes aan de binnenkant van een ring en de meer naar buiten gelegen deeltjes worden vergeleken. Dit levert drie stellingen op.

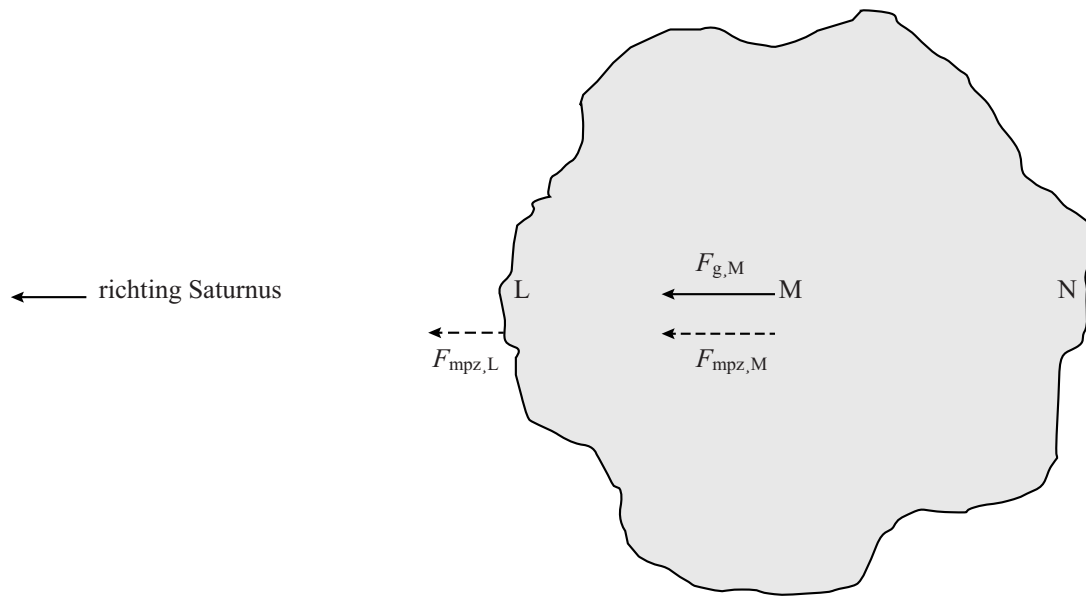
- 2p 8 Welke van de drie stellingen is juist? Licht je antwoord toe.
- a Binnendeeltjes raken achter op buitendeeltjes.
  - b De ringen draaien als één geheel.
  - c Buitendeeltjes raken achter op binnendeeltjes.

In 1848 stelde Roche een algemeen model op voor een rotsblok dat om een planeet cirkelt onder invloed van de gravitatiekracht.

In dit model worden de krachten in drie punten L, M en N met elkaar vergeleken. De gravitatiekrachten  $F_g$  in die punten verschillen van elkaar. Ook de benodigde middelpuntzoekende krachten  $F_{mpz}$  op materiaal in de punten verschillen van elkaar. De situatie is schematisch weergegeven in de figuur op de uitwerkbijlage. In die figuur zijn met pijlen drie krachten aangegeven.

- 4p 9 Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken de krachtpijl van de benodigde middelpuntzoekende kracht in punt N en de krachtpijlen van de gravitatiekracht in de punten L en N.
- Leg aan de hand van de getekende krachtpijlen uit dat het rotsblok uit elkaar valt.



### Opgave 3 Absorptie van gammastraling

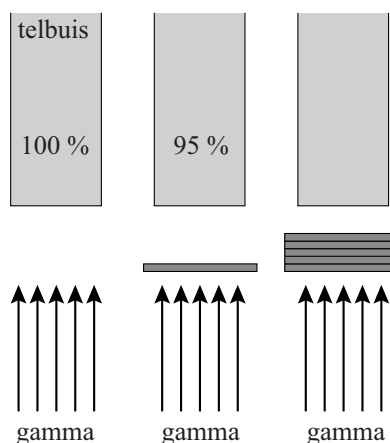
Gammastraling heeft een veel groter doordringend vermogen dan alfa- en bètastraling. Bovendien laat gammastraling zich niet volledig afschermen: er komt altijd nog wel iets door de afscherming heen.

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.

- 3p 10 Leg uit of de absorptie van de stapel van 5 plaatjes kleiner, even groot of groter is dan 25%.

figuur 1



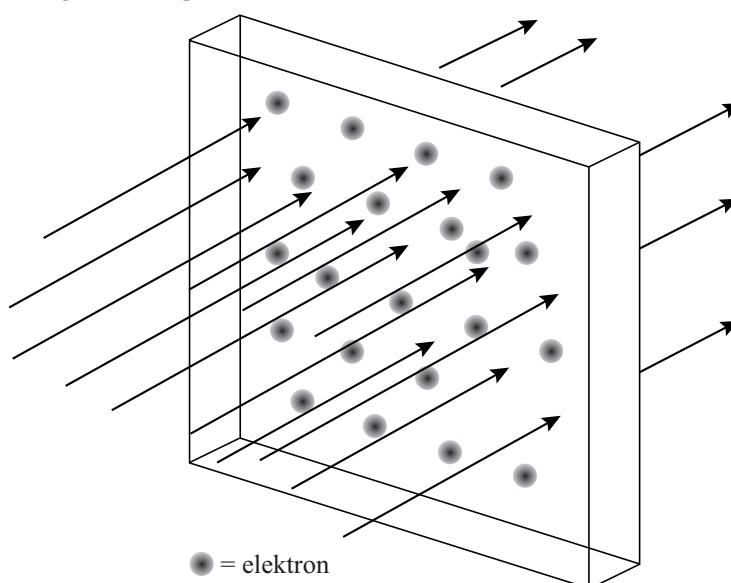
De waarde van de halveringsdikte voor deze gammastraling met een energie van 1 MeV vind je ook in Binas tabel 28E. Uit deze tabel blijkt dat niet alle stoffen gammastraling in gelijke mate absorberen.

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





Voor de elektronendichtheid in het materiaal geldt:

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

Hierin is:

- $n_e$  de elektronendichtheid;
- $\rho$  de dichtheid van het materiaal;
- $Z$  het atoomnummer;
- $m_{\text{at}}$  de massa van het atoom.

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

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

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

Hierin is:

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

4p 12 Bereken de effectieve trefoppervlakte  $\sigma$  van de elektronen in aluminium voor gammafotonen van 1 MeV.

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

Om na te gaan of de waarde van  $\sigma$  van elektronen in verschillende materialen hetzelfde is of niet, is de grafiek van figuur 3 gemaakt.

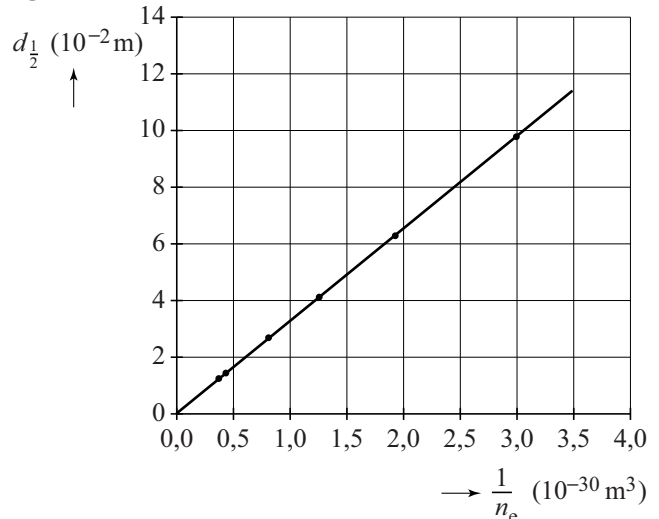
Hierin is  $d_{\frac{1}{2}}$  voor gammafotonen met een bepaalde energie uitgezet tegen  $\frac{1}{n_e}$ .

Door de punten is een trendlijn getrokken. Over de conclusie zijn drie beweringen gedaan:

- 1 Bij stoffen met een grotere  $d_{\frac{1}{2}}$  neemt  $\sigma$  af;
- 2 Bij stoffen met een grotere  $d_{\frac{1}{2}}$  blijft  $\sigma$  gelijk;
- 3 Bij stoffen met een grotere  $d_{\frac{1}{2}}$  neemt  $\sigma$  toe.

3p 14 Leg uit met behulp van figuur 3 welke bewering juist is.

figuur 3



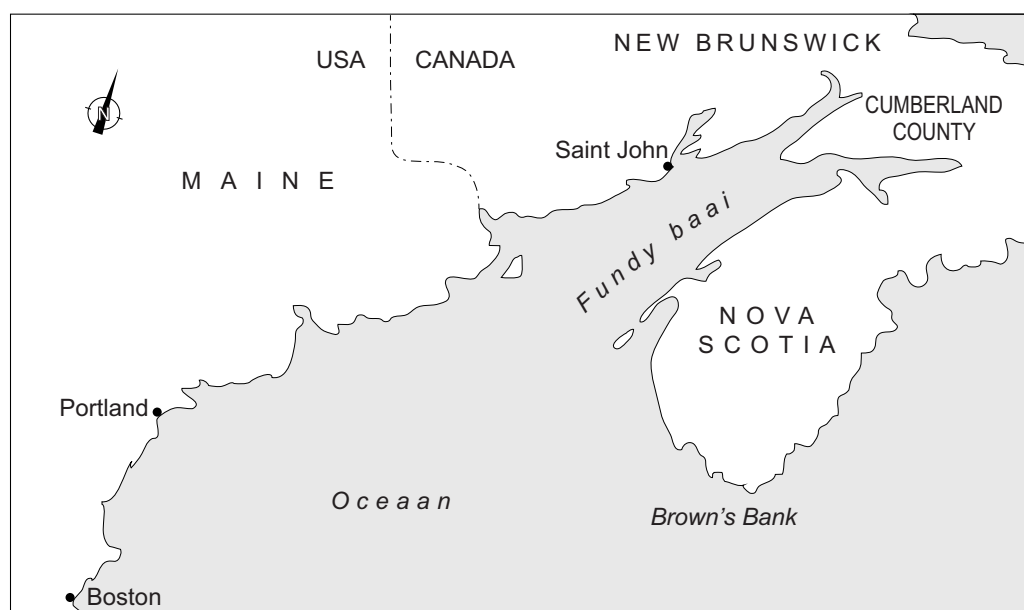
## Opgave 4 Getijdenresonantie

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 15 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale stijgsnelheid van het water in Saint John in centimeter per minuut.

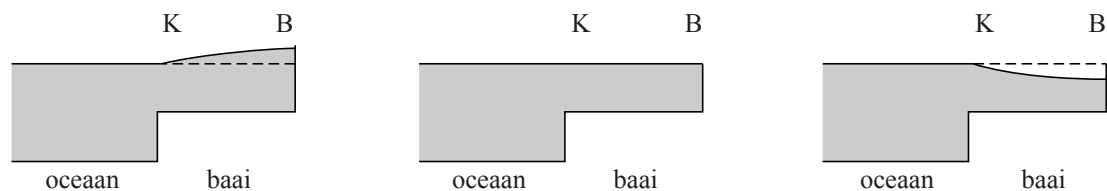
De 325 km lange Fundybaai waaraan Saint John ligt, is weergegeven in figuur 1.

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 16 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.

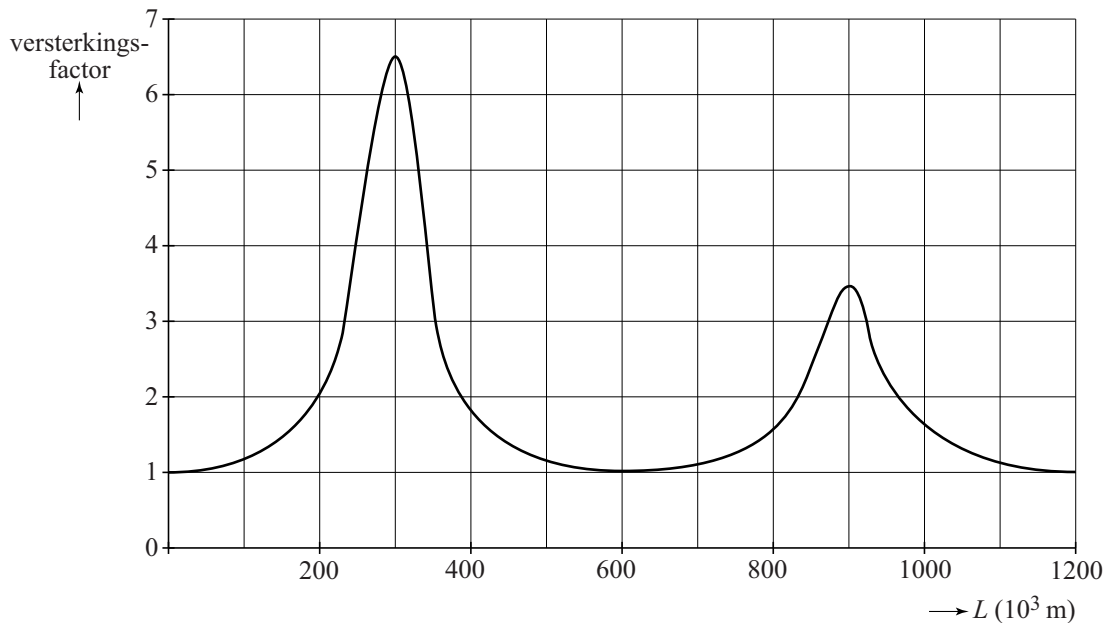
- 2p 17 Leg uit hoe dit blijkt uit figuur 2.

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 **18** Bepaal welke waarde voor de golfsnelheid gebruikt is in dit model.

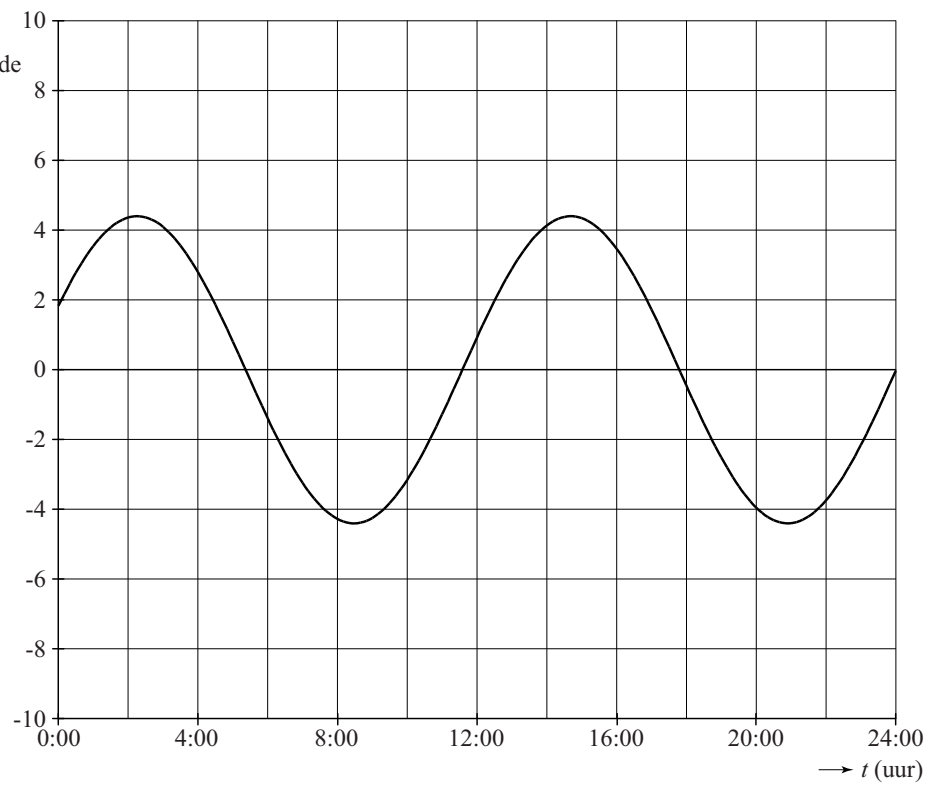
Figuur 3 laat zien dat bij een baailengte van 900 km de versterkingsfactor ook hoog is.

2p **19** Verklaar dit.

## uitwerkbijlage

15, 16 en 18

waterhoogte (m)  
t.o.v. het gemiddelde  
↑

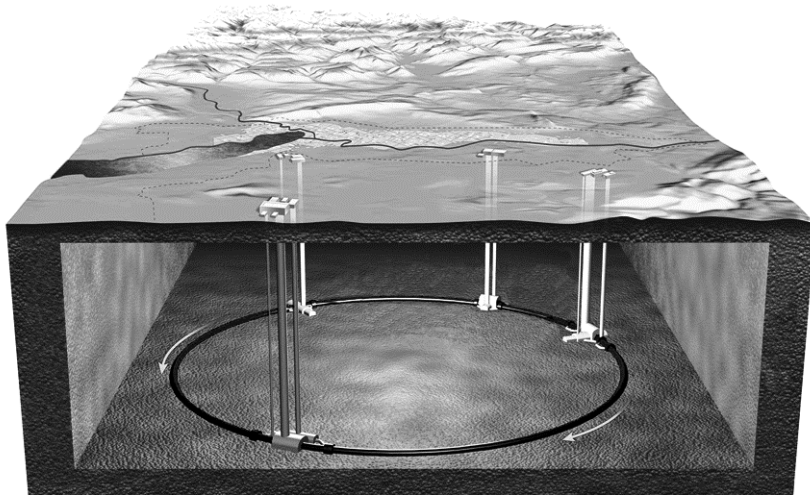


## Opgave 5 LHC

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.

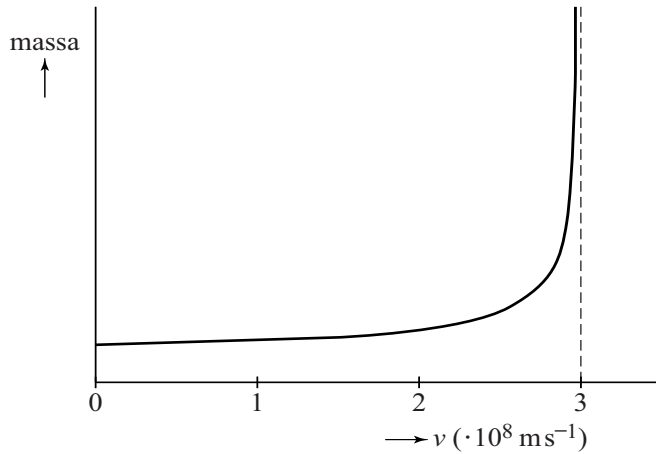
- 3p **20** Bereken hoe vaak de protonen deze spanning moeten doorlopen om een snelheid van  $1,2 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$  te krijgen als ze vanuit stilstand versneld worden.

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.

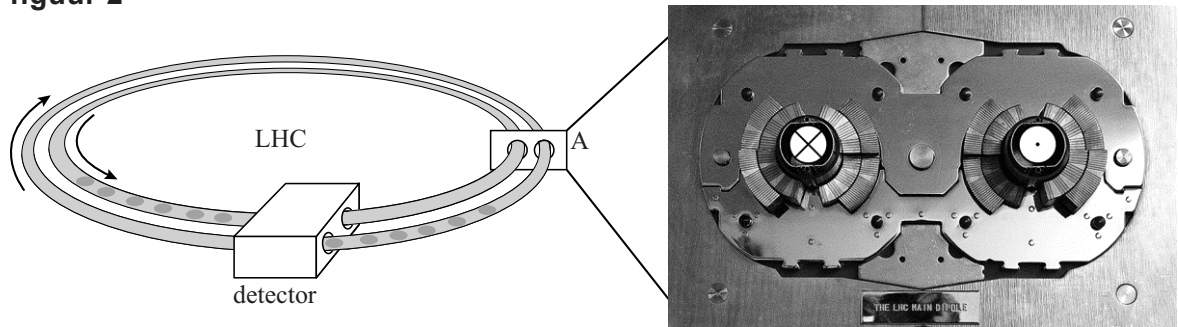
**figuur 1**



- 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:

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

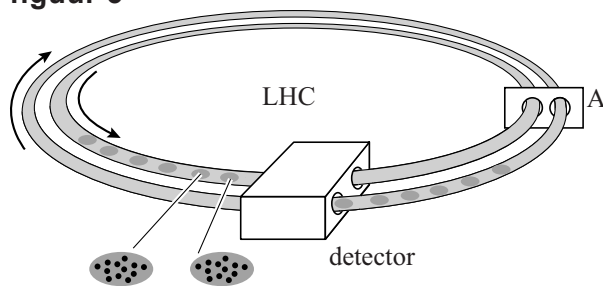
Hierin is:

- $E$  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

