Examen VWO

2010

tijdvak 2
woensdag 23 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

tevens oud programma **natuurkunde 1,2**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 80 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-10-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 1 Sopraansaxofoon

Op de foto van figuur 1 zie je Mauro met een sopraansaxofoon.
Het instrument rust op zijn lippen en op de duim van zijn rechterhand.
Met deze rechterduim oefent Mauro een kracht uit loodrecht op de saxofoon.
De werklijn van deze kracht is in de figuur aangegeven met een stippellijn.
Het zwaartepunt van de sopraansaxofoon is aangegeven met de letter Z. De massa van de saxofoon is 1,44 kg. Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

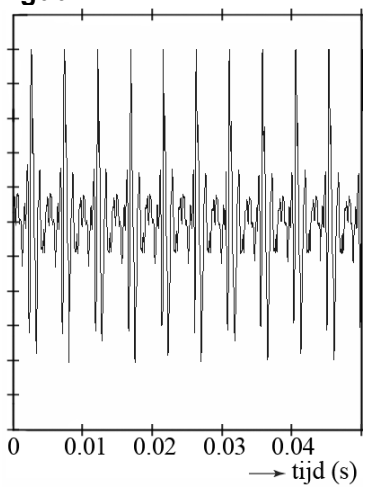
figuur 1

4p **1** Bepaal de grootte van de kracht die Mauro met zijn rechterduim moet uitoefenen om de saxofoon in evenwicht te houden. Geef daartoe in de figuur op de uitwerkbijlage de armen van de krachten aan.

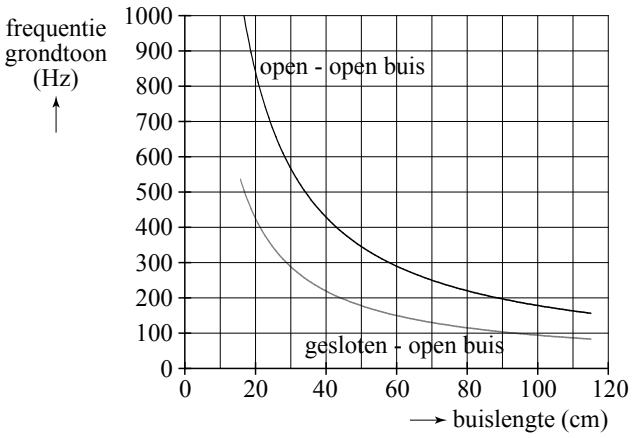
Mauro en zijn vriend Stef bespreken de toonvorming van de sopraansaxofoon.
Ze formuleren twee hypotheses:
a De buis heeft één gesloten en één open uiteinde.
b De buis heeft twee open uiteinden.

Deze hypotheses willen ze eerst controleren aan de hand van de grondtoon.
Mauro blaast op de saxofoon met alle kleppen dicht. Stef registreert het geluid met een computer. Zie figuur 2.
Op internet vinden ze informatie over de frequentie van de grondtoon van beide types buis. Zie figuur 3. De sopraansaxofoon is 66 cm lang.

figuur 2



figuur 3

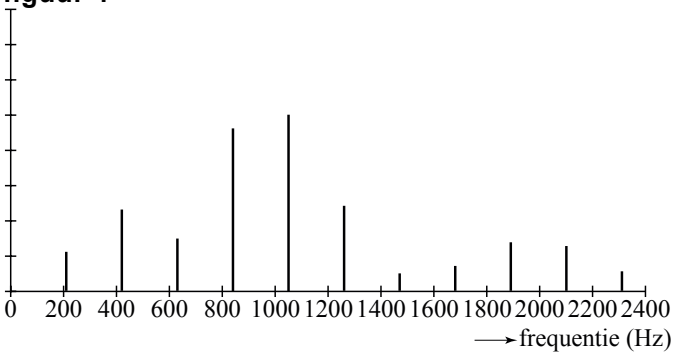


3p **2** Toon aan dat geen van beide hypotheses bevestigd wordt door de gegevens van figuur 2 in combinatie met figuur 3.

natuurkundeuitgelegd.nl

Om nog op een andere manier de hypotheses te testen, kijken Stef en Mauro naar de boventonen. In figuur 4 zijn de frequenties van de toon van de saxofoon weergegeven.

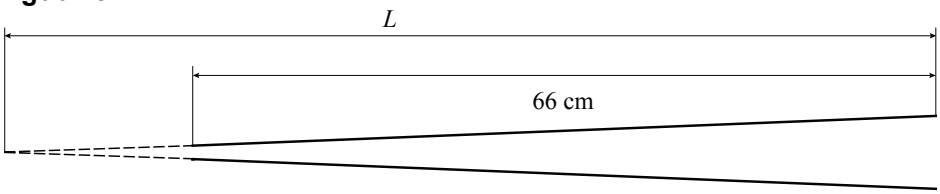
figuur 4



3p **3** Leg aan de hand van figuur 4 uit dat hypothese b het meest gesteund wordt.

Het lijkt er op dat hypothese b klopt, maar de grondfrequentie klopt niet. Daarom gaan Mauro en Stef in de literatuur zoeken hoe het precies zit met de toonvorming van een sopraansaxofoon. Zij vinden een theorie, die zegt dat een saxofoon een conische buis heeft. Dat wil zeggen dat de buis een deel van een kegel is. Zie figuur 5. Deze figuur is op schaal.

figuur 5



Door de conische buis is de toonvorming anders dan bij een klarinet of een orgelpijp. Voor de grondtoon van een conische buis zoals een saxofoon geldt:

$$\lambda = 2L$$

Hierin is:
- λ de golflengte van de grondtoon;
- L de akoestische lengte van de conische buis. Deze kan verkregen worden door de lengte van de buis te bepalen tot het denkbeeldig punt waar de dikte gelijk wordt aan nul.

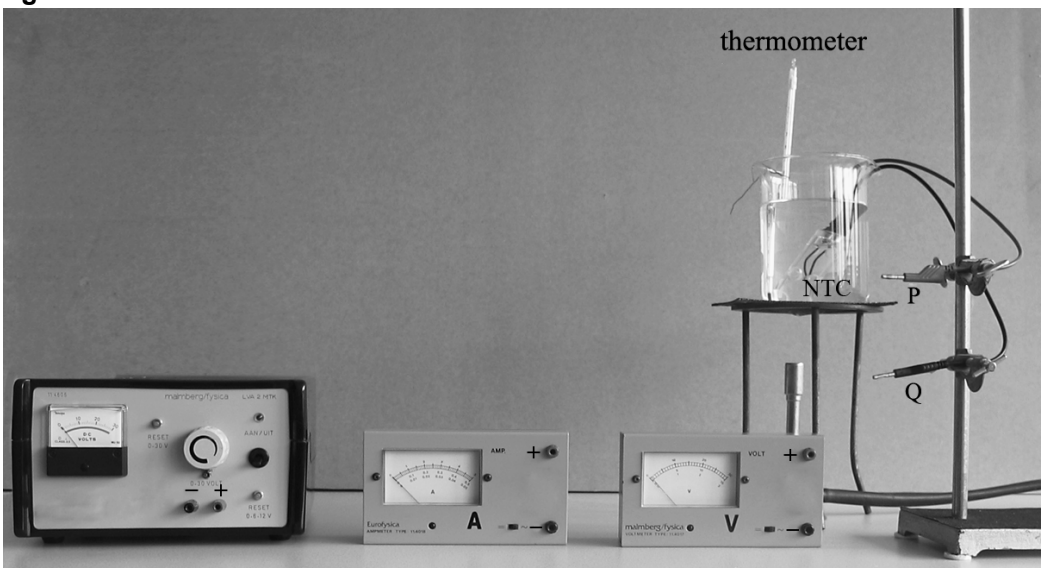
3p **4** Laat zien of de metingen van figuur 2 overeenkomen met bovenstaande theorie.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 2 WaarschuwingsLED

Pierre en Diane maken tijdens een practicum een waarschuwingssysteem waarbij een LED gaat branden als de temperatuur 20 °C of hoger is.
Op de practicumtafel staan de volgende spullen klaar (zie figuur 1):
- een driepoot met brander en een glas gevuld met water en ijs;
- een NTC en een thermometer die zich in het water bevinden;
- een regelbare spanningsbron, een volt- en een ampèremeter.

figuur 1



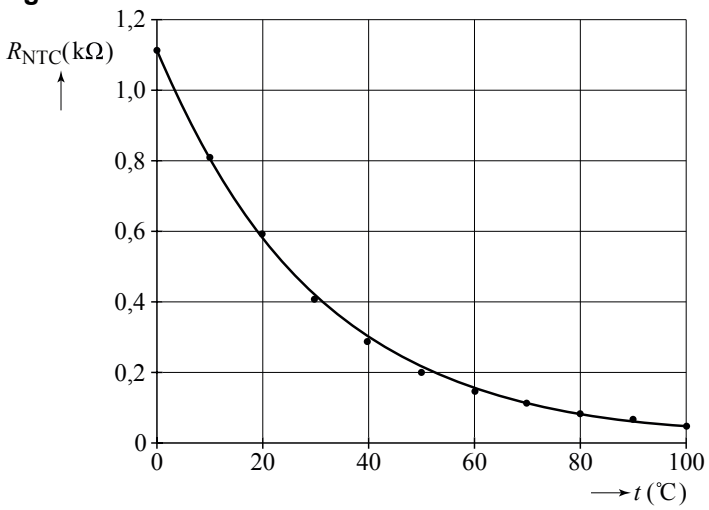
Zij willen eerst een grafiek maken van de weerstand van de NTC tegen de temperatuur. Daarvoor moet nog een aantal elektrische verbindingen in de practicumopstelling van figuur 1 gemaakt worden. P en Q zijn de aansluitpunten van de NTC.
Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **5** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de draden die nodig zijn om de metingen voor deze grafiek te kunnen uitvoeren.

natuurkundeuitgelegd.nl

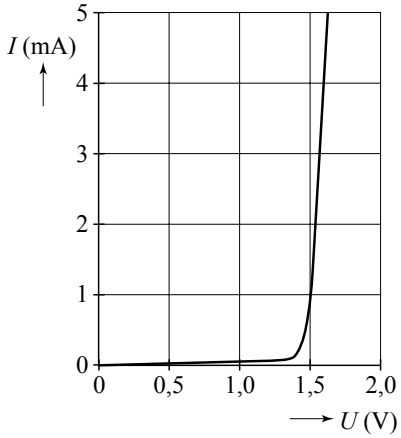
In figuur 2 zie je de grafiek die Diane en Pierre hebben gemaakt.

figuur 2

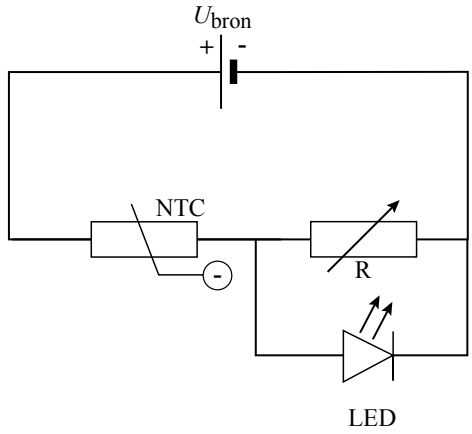


Voor het waarschuwingssysteem beschikken zij verder nog over een variabele weerstand en een LED. In figuur 3 staat het (I,U)-diagram van de LED.
De LED geeft licht als er een stroom van ten minste $1{,}0$ mA door gaat.
Diane en Pierre bouwen de schakeling van figuur 4.

figuur 3



figuur 4



4p **6** Leg aan de hand van de figuren 2, 3 en 4 uit dat de LED niet brandt bij een lage temperatuur en wel brandt bij een hoge temperatuur.

De variabele weerstand wordt zo ingesteld dat de LED licht geeft bij een temperatuur van 20 °C en hoger. De spanning van de spanningsbron is $5{,}0$ V.

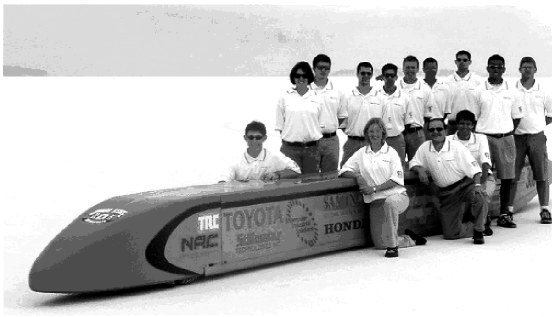
5p **7** Bepaal de waarde waarop de variabele weerstand wordt ingesteld.

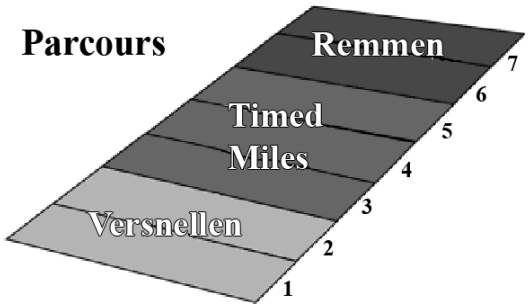
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Buckeye Bullet

Lees het volgende artikel.

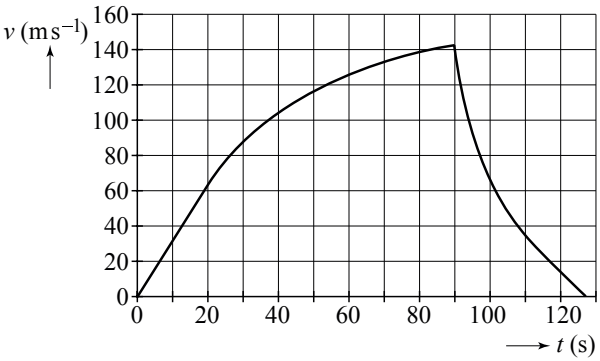
De “Buckeye Bullet” is met bijna 500 km/h houder van het snelheidsrecord voor elektrische auto’s. De wagen is gebouwd door studenten van de universiteit van Ohio (USA) en heeft een massa van 1740 kg.
De recordrace werd gereden op een zoutvlakte in de staat Utah.
Daar is een speciaal parcours uitgezet om snelheidsrecords te vestigen. Dit parcours is 7 mijl lang. Het eerste stuk (Versnellen) is om op te trekken. Op het tweede stuk (Timed Miles) wordt gemeten en het laatste stuk (Remmen) is om af te remmen.
1 mijl komt overeen met 1609,344 meter.





Het verloop van de recordrace is vastgelegd met behulp van sensoren en een computer in de auto. Figuur 1 toont het (v,t)-diagram.

figuur 1

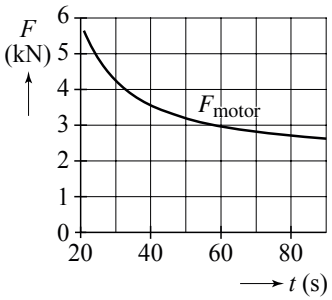


Op de zoutvlakte hebben de banden minder grip dan op een gewone weg. Bij te fel optrekken kunnen de wielen daarom slippen en mislukt de recordpoging. Voor auto’s als de Buckeye Bullet geldt op de zoutvlakte de vuistregel: ‘de voortstuwende kracht die de motoren via de wielen op de zoutvlakte kunnen uitoefenen, is maximaal $\frac{1}{3}$ van het gewicht van de auto.’
Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

4p **8** Ga met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage na of de vuistregel bij deze recordpoging geldt.

Pas vanaf $t = 20$ s leveren de motoren het volle vermogen. Ze blijven dit leveren totdat de bestuurder gaat remmen. In figuur 2 is het verloop van de motorkracht F_{motor} weergegeven. Je ziet dat F_{motor} kleiner wordt, terwijl het motorvermogen constant is.

figuur 2



2p **9** Leg uit hoe dit komt.

natuurkundeuitgelegd.nl

In de figuur op de uitwerkbijlage staat het verloop van de motorkracht tegen de tijd nogmaals weergegeven. Ook staat daarin het verloop van de luchtweerstandskracht F_{lucht} weergegeven.
De rolweerstand van de auto mag verwaarloosd worden.

4p **10** Bepaal welk percentage van het motorvermogen op $t = 50$ s gebruikt wordt voor het doen toenemen van de kinetische energie van de auto.

Het parcours op de zoutvlakte is voor de Buckeye Bullet te kort om zijn (theoretische) maximumsnelheid te bereiken. Op het tijdstip $t = 90$ s is de Buckeye Bullet immers nog steeds aan het versnellen.
Voor de luchtweerstandskracht geldt:

$$F_{\text{lucht}} = kv^2$$

Hierin is:
- k een constante;
- v de snelheid.

4p **11** Bereken de theoretische maximumsnelheid van de Buckeye Bullet. Bepaal daartoe eerst met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage de waarde van k.

Een onafhankelijke instantie, de Southern Californian Timing Association, bepaalt op het middenstuk van het parcours een aantal keren de gemiddelde snelheid over een afstand van één mijl. De resultaten worden vastgelegd op een computeruitdraai weergegeven in figuur 3.
Van belang zijn de gemiddelde snelheden achter 'Mile 3', 'Mile 4' en 'Mile 5'.
De hoogste waarde van deze gemiddelde snelheden geldt als het record. Dat is hier dus $308{,}317$ mph; mph staat voor mijl per uur.
Figuur 1 staat nogmaals vergroot op de uitwerkbijlage weergegeven voor het beantwoorden van vraag 12 en 13.

figuur 3

3p **12** Bereken de tijdsduur die de Buckeye Bullet over 'Mile 5' doet en geef in het (v,t)-diagram in de figuur op de uitwerkbijlage aan waar dat tijdsinterval op de tijdas ligt.

Op het laatste deel van het parcours brengt de bestuurder de Buckeye Bullet tot stilstand. Het remmen begint op $t = 90$ s.

3p **13** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de remweg van de Buckeye Bullet.

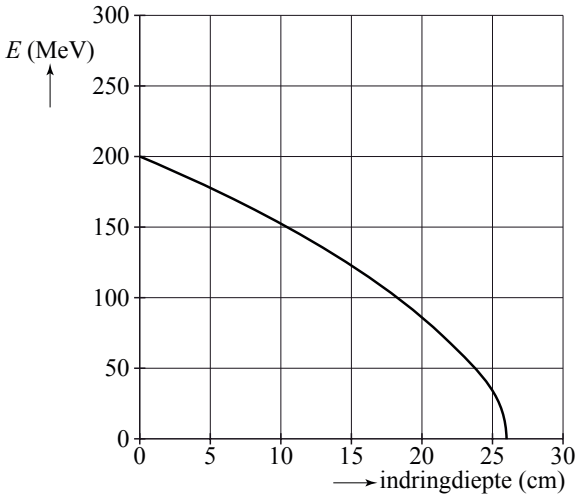
natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Protonentherapie

Protonentherapie
Voor het bestralen van tumoren maakt men meestal gebruik van gammastraling. Onderzoekers pleiten voor de bouw van drie centra in Nederland voor bestraling met protonen. Zij hebben het gedrag van protonen in water onderzocht en beweren dat deze manier voordelen heeft boven bestralen met gammastraling.

Onderzoek naar protonen in water is van belang voor eventuele medische toepassingen, omdat protonen zich in water hetzelfde gedragen als in biologisch weefsel.
In figuur 1 is de energie van protonen uitgezet tegen de indringdiepte. Het gaat hier om protonen die met een energie van 200 MeV water binnendringen.

figuur 1



De energieafname per centimeter wordt 'stopping power' genoemd met de eenheid $\mathrm{MeV\,cm^{-1}}$.
Uit figuur 1 is af te leiden dat de stopping power aan het begin veel kleiner is dan aan het eind.
Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **14** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage tot welke indringdiepte de stopping power voor deze protonen in water kleiner is dan $10\ \mathrm{MeV\,cm^{-1}}$.

In een onderzoek naar de bestraling van tumoren doet men een experiment waarbij een bolletje paraffine beschoten wordt met protonen.
Het bolletje is bevestigd op een plaat. Het geheel bevindt zich in een bak met water. Zie figuur 2.
Protonen gedragen zich in paraffine hetzelfde als in water.

figuur 2

Men stelt drie eisen aan de bestraling:
- het water ontvangt een lage stralingsdosis;
- het bolletje ontvangt een hoge stralingsdosis;
- de plaat ontvangt een stralingsdosis gelijk aan nul.

3p **15** Leg uit dat de linkerkant van de plaat zich moet bevinden op een afstand van 26 cm van de plaats waar de protonen het water binnenkomen. Bespreek daarbij alle drie de eisen.

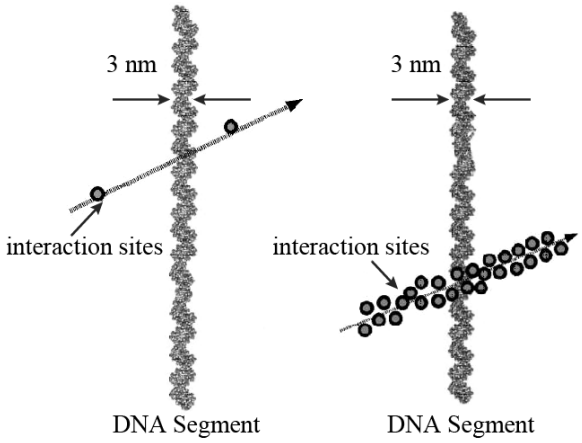
natuurkundeuitgelegd.nl

Protonen met een hogere beginenergie komen in water verder dan protonen met een lagere beginenergie.
Stel dat men de plaat met het bolletje $10\ \text{cm}$ meer naar links zou plaatsen.

2p **16** Welke beginenergie moeten de protonen hebben om opnieuw aan dezelfde eisen te voldoen?

De protonen geven hun energie af door interactie met watermoleculen. Gemiddeld wordt per interactie een energie van $72\ \text{eV}$ afgegeven.
In figuur 3 zijn twee segmenten getekend van een DNA-keten.
De pijl stelt de baan van een proton voor.
Bij het linker DNA-segment is de stopping power klein, namelijk ongeveer $2{,}5\ \text{MeV cm}^{-1}$, en liggen twee opeenvolgende interacties op nanoschaal betrekkelijk ver uit elkaar.

figuur 3

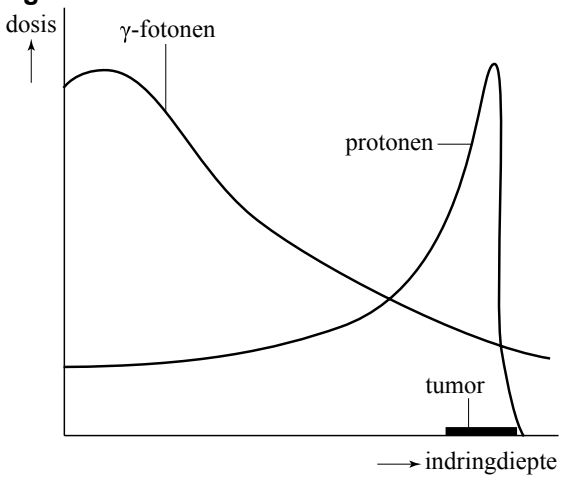


Bij het rechter DNA-segment is de stopping power groot, namelijk $800\ \text{MeV cm}^{-1}$, en liggen de interacties zo dicht op elkaar dat een gebiedje met de breedte van een DNA-keten op meerdere plaatsen geraakt wordt.

2p **17** Maak met een berekening aannemelijk dat bij het rechter DNA-segment het aantal ‘interaction sites’ goed is weergegeven.

Op verschillende plaatsen in de wereld worden hoogenergetische protonen al gebruikt om tumoren te bestralen. Ook in Nederland is de protonentherapie in opkomst.
Voorstanders wijzen op de voordelen die de bestraling met protonen heeft ten opzichte van bestraling met gammastraling (fotonen). Hun argumenten worden gevisualiseerd weergegeven in figuur 4.

figuur 4



1p **18** Leid uit figuur 4 één voordeel af van protonenbestraling ten opzichte van bestraling met fotonen.

natuurkundeuitgelegd.nl

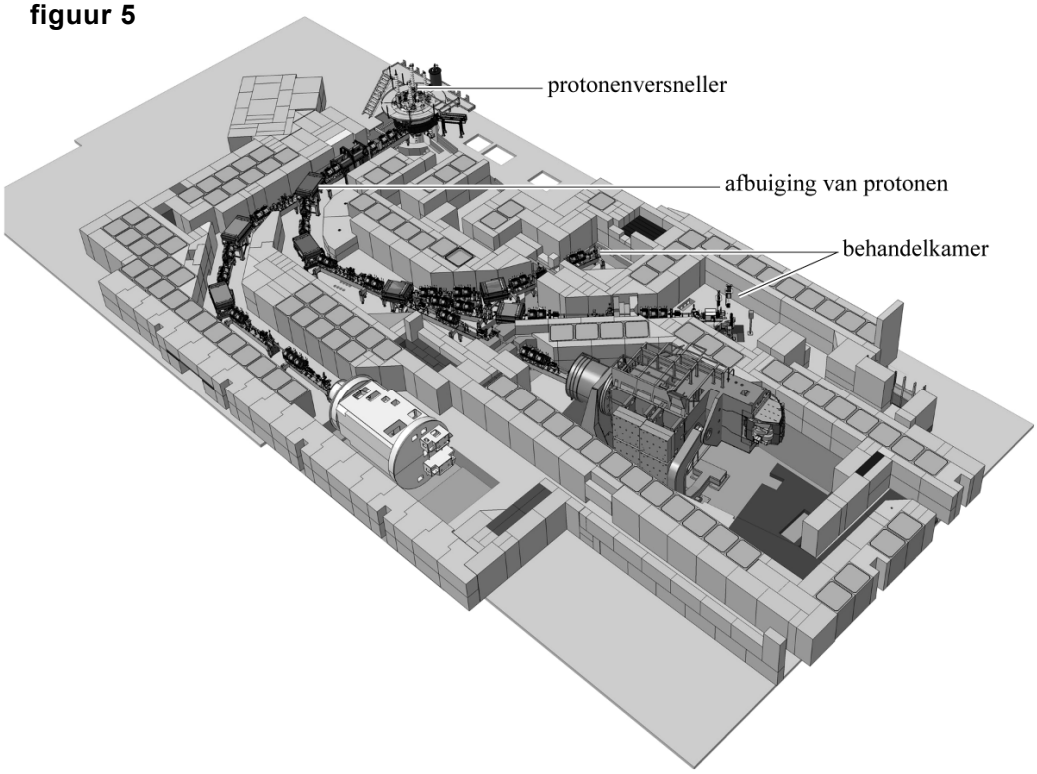
Bij een buitenlandse kliniek voor radiotherapie bij kinderen behandelt men tumoren die vlak onder de huid zitten. Daarvoor gebruikt men protonen met veel minder energie. De kliniek beschikt over een protonenversneller die protonen levert met een snelheid van $9{,}0 \cdot 10^6$ m s^{-1}. De protonen worden vanuit stilstand versneld in een elektrisch veld.

4p **19** Bereken de grootte van de spanning, waarmee deze protonen versneld worden.

1p **20** Hoe groot is de energie in MeV waarmee de protonen de versneller verlaten?

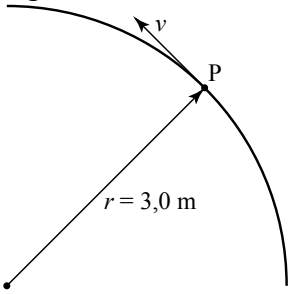
Op weg van de protonenversneller naar de behandelkamer worden de protonen afgebogen. Zie figuur 5. Daarvoor zijn sterke afbuigmagneten nodig.

figuur 5



We beschouwen protonen die daarbij een deel van een cirkelbaan doorlopen waarvan de straal 3,0 m bedraagt.
Zie figuur 6. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 6



3p **21** Bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage de richting van het magnetisch veld in de afbuigmagneten. Geef daartoe eerst de richting van de stroomsterkte en van de lorentzkracht aan.

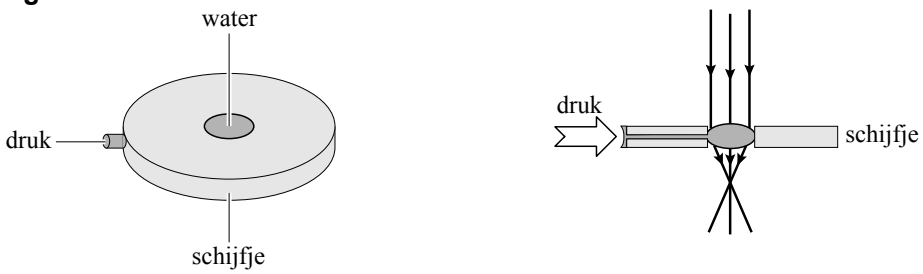
4p **22** Bereken de sterkte van het magnetisch veld die nodig is om deze protonen deze baan te laten doorlopen.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Waterlens

Een waterdruppel blijkt geschikt als lens met een variabele brandpuntsafstand. Het principe is als volgt: een waterdruppel wordt aangebracht in een gaatje van een schijfje. De druppel neemt dan een bolle vorm aan. Door via een dun kanaaltje in het schijfje meer druk op het water te zetten, wordt de lens boller. Zie figuur 1.

figuur 1



2p **23** Leg uit dat de manier van scherpstellen van de waterlens meer lijkt op de manier waarop een oog scherp stelt dan op de manier waarop een camera dat doet.

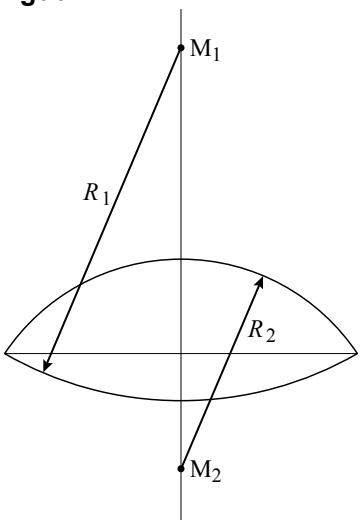
Voor de sterkte van een bolle lens geldt:

$$S = (n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$

Hierin is:
- S de sterkte van de lens in dioptrie;
- n de brekingsindex van het gebruikte materiaal;
- R_1 en R_2 de stralen van de boloppervlakken in m.

Zie figuur 2. M_1 en M_2 zijn de middelpunten van de boloppervlakken.

figuur 2



Voor een bepaalde waterlens zijn de beide stralen even groot. Die lens heeft voor rood licht een brandpuntsafstand van $25\ \mathrm{mm}$.

3p **24** Bereken de straal van de boloppervlakken van die waterlens.

Onder invloed van de zwaartekracht kan de waterlens een beetje uitzakken. Hierdoor zijn de stralen R_1 en R_2 niet meer gelijk.
Stel dat R_1 een factor 2 kleiner wordt en R_2 tegelijkertijd een factor 2 groter.

2p **25** Beredeneer aan de hand van de formule of hierdoor de sterkte van de lens groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.

Op de uitwerkbijlage staat een vergrote tekening van een bolle waterlens. Een rode lichtstraal valt evenwijdig aan de hoofdas in.

5p **26** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage het vervolg van deze lichtstraal door de lens totdat hij de hoofdas snijdt. Noteer de grootte van de brekingshoeken.

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