

Examen HAVO

2024

tijdvak 1  
vrijdag 24 mei  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 76 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.

## Schip uit koers

In 2017 liep een groot containerschip op de oever van de Schelde. Een onderzoeker deed onderzoek naar dit ongeluk. Hij zag dat het schip over een afstand van 50% van zijn lengte op de oever was geschoven. Zie figuur 1. Op internet zijn de gegevens van het schip te vinden. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

gegevens containerschip	
massa	$1,55 \cdot 10^5$ ton
lengte	366 m
maximaal vermogen	$7,2 \cdot 10^7$ W
maximale snelheid	$46 \text{ km h}^{-1}$

Van ieder schip wordt elke 2 minuten de positie bijgehouden. Met deze informatie bepaalde de onderzoeker de snelheid van het schip voor het ongeluk. Die bleek  $7,1 \text{ ms}^{-1}$  te zijn. Hij ging ervan uit dat de wrijvingskracht op het schip tijdens het vastlopen op de oever constant was. Hij berekende dat die wrijvingskracht  $2,1 \cdot 10^7 \text{ N}$  was.

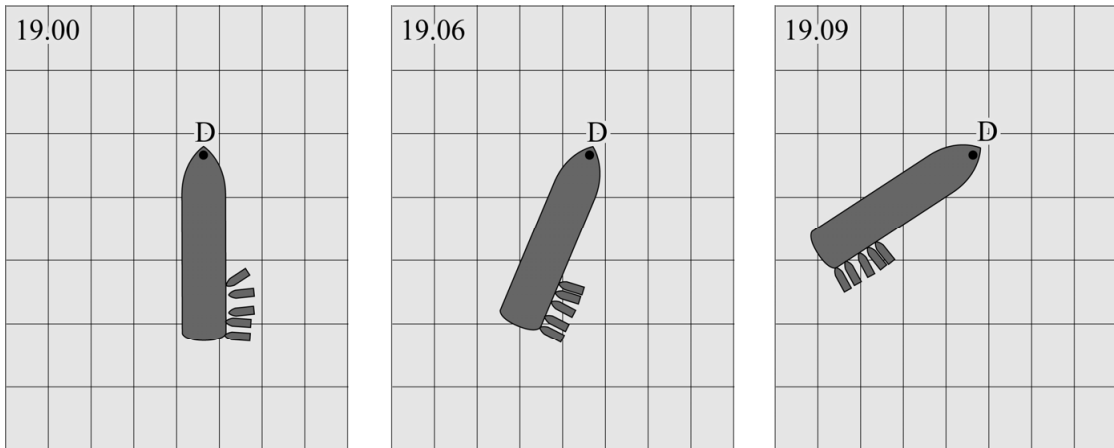
- 4p 1 Toon met behulp van arbeid en kinetische energie aan dat deze waarde voor de wrijvingskracht klopt.

Met de gegevens uit figuur 2 kan de maximale kracht van de motor berekend worden. De onderzoeker concludeerde uit deze berekening dat de wrijvingskracht te groot was en het schip met de eigen motor niet los kon komen van de oever.

- 3p 2 Toon met een berekening aan dat die conclusie klopt.

Er werden duwboten ingezet om het schip los te duwen van de oever. Zie figuur 3. De duwboten duwden eerst het schip aan de achterkant opzij. Het schip is hierbij als hefboom te beschouwen. Om 19.00 uur begonnen de duwboten te duwen, het schip lag toen nog stil. Een paar minuten later begon het schip om een punt te draaien dat met D is aangegeven.

**figuur 3**

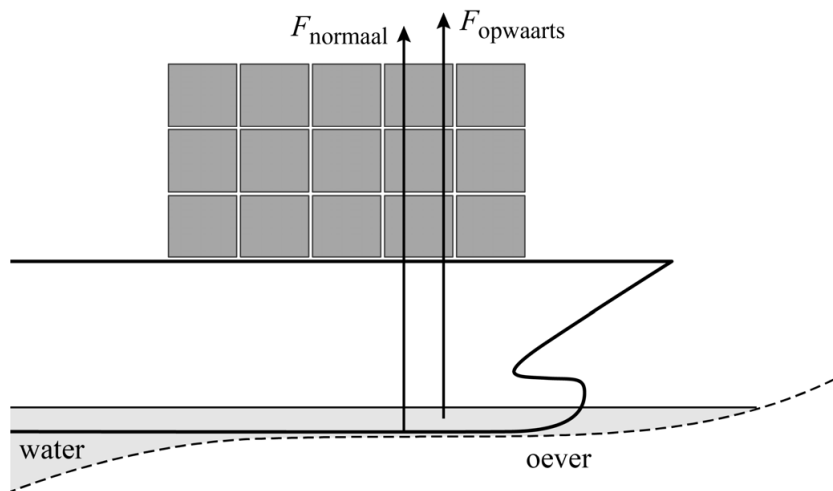


Op de uitwerkbijlage is de situatie van 19.00 uur, zoals getekend in figuur 3, vergroot weergegeven. In de figuren op de uitwerkbijlage zijn het aangrijpingspunt W van de wrijvingskracht  $F_w$  en het aangrijpingspunt B van de totale duwkracht  $F_{\text{duwboten}}$  weergegeven.

- 3p **3** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken in de figuren op de uitwerkbijlage de armen van  $F_w$  en  $F_{\text{duwboten}}$ .
  - Leg met behulp van de hefboomwet uit of om 19.00 uur de totale duwkracht  $F_{\text{duwboten}}$  groter was dan  $F_w$ , kleiner was dan  $F_w$  of even groot was als  $F_w$ .

Om het schip los te duwen, moesten de duwboten de wrijvingskracht tussen het schip en de oever overwinnen. Deze wrijvingskracht is evenredig met de normaalkracht van de oever op het schip. Behalve de normaalkracht werkte er ook een opwaartse kracht van het water op het schip. Zie schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 4. Hoe dieper een schip in het water ligt, hoe groter deze opwaartse kracht is.

**figuur 4**



Tijdens opkomende vloed (hoogwater) begon het water in de Schelde te stijgen.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

2p **4** Omcirkel in de tabel wat er gebeurde tijdens het stijgen van het water.

## Kampeerbrander op hout

Tijdens een kampeervakantie wordt vaak gekookt op een brander met een gasblikje. Zie figuur 1.

**figuur 1**



Omdat gasblikjes niet overal verkrijgbaar zijn, willen Jos en Martijn voor hun profielwerkstuk een brander ontwerpen die op hout werkt. Met deze brander moet ook een telefoon opgeladen kunnen worden. Ze stellen een programma van eisen op waar hun brander aan moet voldoen.

Enkele eisen zijn:

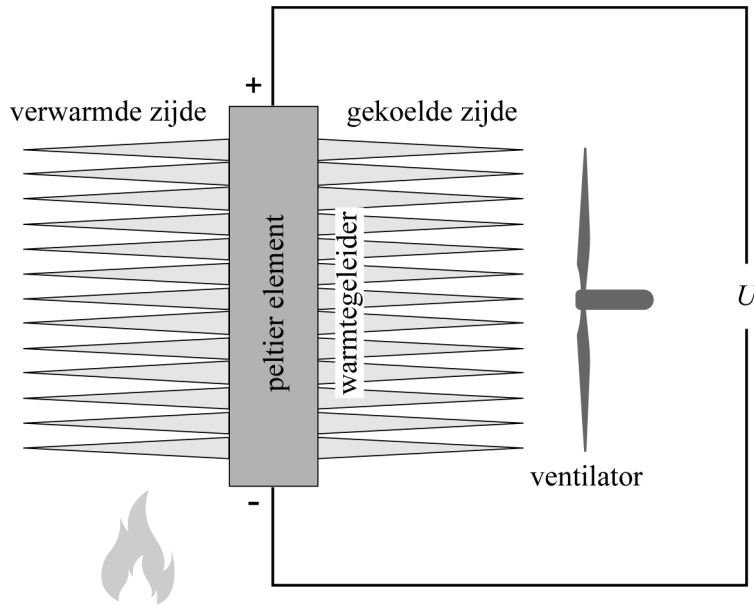
- 1 Het rendement voor water koken moet hoger zijn dan 40%.
- 2 De brander moet een elektrische spanning kunnen opwekken van 5,0 V voor het opladen van een telefoon.
- 3 Er moet zichtbaar gemaakt worden of de spanning hoog genoeg is om de telefoon op te laden.
- 4 De telefoon moet volledig kunnen opladen tijdens het koken van een maaltijd.

Ze bouwen een brander die hout verbrandt en koken daarmee water om de eerste eis te controleren. Om 400 gram water van 10 °C aan de kook te brengen, hebben ze 18 gram hout nodig.

- 4p **5** Toon met een berekening aan of het ontwerp van de jongens daarmee aan de eerste ontwerpeis voldoet.

Als spanningsbron gebruiken ze een zogenaamd peltier-element. Een peltier-element levert een elektrische spanning  $U_{\text{pelt}}$  als er een temperatuurverschil is tussen de twee zijden van het element. Jos en Martijn verwarmen de ene kant met het vuur en koelen de andere kant met een ventilator. Aan beide zijdes van het peltier-element zijn warmtegeleiders van metaal bevestigd. Zie figuur 2.

**figuur 2**



De warmtegeleiders moeten zo snel mogelijk warmte geleiden naar en van het peltier-element.

- 2p **6** Beredeneer met behulp van een stofeigenschap of Jos en Martijn daarom beter een warmtegeleider van aluminium of een warmtegeleider van koper kunnen kiezen.

De spanning  $U_{\text{pelt}}$  is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen beide zijdes van het element. Bij benadering geldt:

$$U_{\text{pelt}} = C\Delta T$$

Hierin is:

- $U_{\text{pelt}}$  de opgewekte spanning;
- $C$  een constante;
- $\Delta T$  het temperatuurverschil.

- 2p **7** Leid de eenheid van  $C$  af.

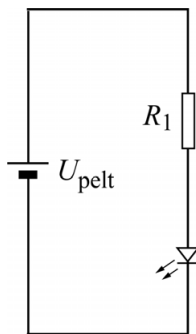
Jos en Martijn meten de temperatuur aan beide zijdes van het peltier-element. Deze is  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$  voor de verwarmde zijde en  $63\text{ }^{\circ}\text{C}$  voor de gekoelde zijde. Het peltier-element levert dan een spanning  $U_{\text{pelt}}$  van  $2,8\text{ V}$ . Om hun telefoon te kunnen opladen, is echter een spanning van  $5,0\text{ V}$  nodig.

- 3p **8** Bereken het temperatuurverschil dat nodig is om een  $U_{\text{pelt}}$  van  $5,0\text{ V}$  op te wekken.

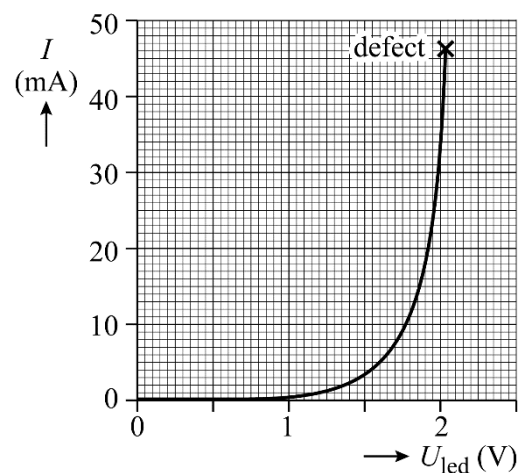
Ze voeren de spanning  $U_{\text{pelt}}$  op door het vuur heter te stoken.

Jos en Martijn willen kunnen zien of de spanning al hoog genoeg is om de telefoonaccu op te laden (de derde ontwerpeis). Ze sluiten daarom een led-schakeling aan op het peltier-element. De led-schakeling bestaat uit een led en een weerstand  $R_1$ . Het peltier-element werkt dus als voedingsbron. Zie figuur 3.

**figuur 3**



**figuur 4**



In figuur 4 is het  $(I, U)$ -diagram van deze led weergegeven. Jos en Martijn zien dat de led licht gaat geven bij een spanning  $U_{\text{led}}$  van  $1,5\text{ V}$ .

De led moet licht gaan geven bij een spanning  $U_{\text{pelt}}$  van  $5,0\text{ V}$ .

- 4p **9** Bepaal met behulp van figuur 4 de grootte die de weerstand  $R_1$  moet hebben. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Op het peltier-element sluiten ze nu de ventilator, de led-schakeling en een lader voor een telefoonaccu parallel aan elkaar aan. Ze houden het peltier-element op temperatuur zodanig dat het  $5,0\text{ V}$  blijft leveren.

Ze meten dat het peltier-element een stroomsterkte van  $0,41\text{ A}$  levert.

Door de ventilator en de led-schakeling samen loopt een totale stroom van  $0,30\text{ A}$ . De telefoonaccu heeft een capaciteit van  $2,6\text{ Ah}$ .

- 4p **10** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de tijd die minimaal nodig is om de lege accu volledig op te laden met deze opstelling.
  - Leg uit welke conclusie Jos en Martijn moeten trekken over het halen van de vierde ontwerpeis.

## Falcon heavy

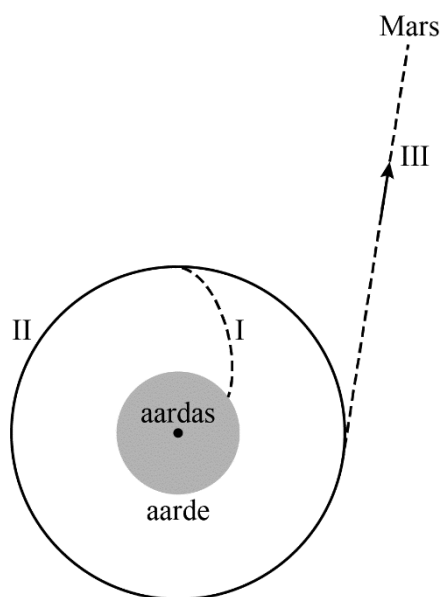
In februari 2018 is de Falcon 9 heavy (kortweg F9h) getest. Dit is een raket die naar Mars moet reizen. Zie figuur 1.

Het bovenaanzicht van het testtraject is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 2. F9h werd gelanceerd (I) richting een baan om de aarde. Daar aangekomen werd de raket tijdelijk ‘geparkeerd’ in deze baan om de aarde, de zogenaamde parkeerbaan (II). Daarna vervolgde hij zijn weg verder richting Mars (III).

figuur 1



figuur 2



### I Lancering

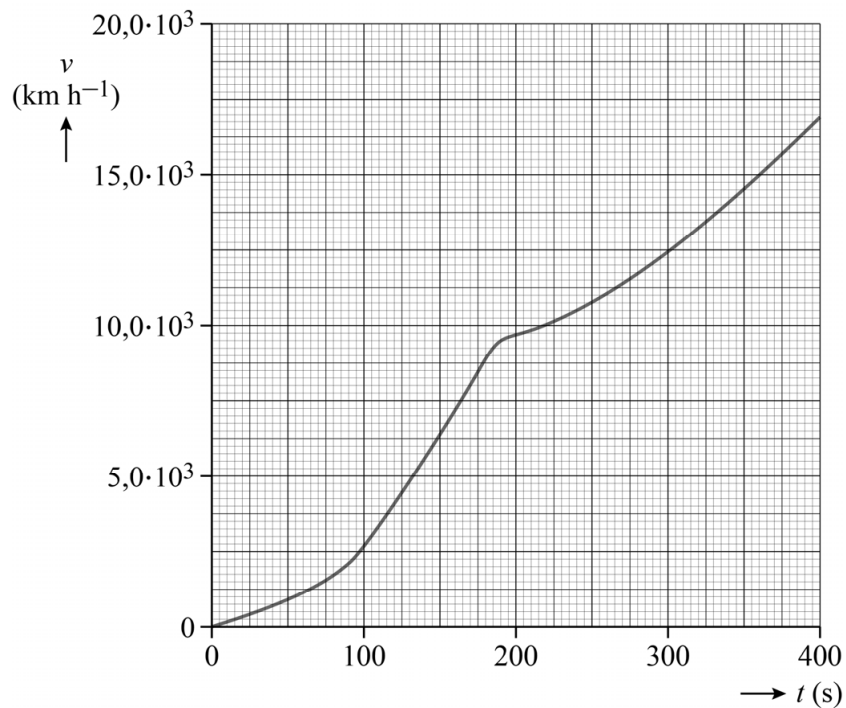
Om in de parkeerbaan te komen, moest de raket brandstof verbranden om voldoende kinetische energie en zwaarte-energie te krijgen. De benodigde zwaarte-energie is niet afhankelijk van de plek waar de raket vanaf aarde gelanceerd werd. De benodigde kinetische energie is wel afhankelijk van de plek van lancering. Omdat de aarde om de aardas draait, heeft het lanceerplatform zelf een snelheid  $v_L$ . Hierdoor had de raket al voor de lancering kinetische energie.

- 4p 11 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat de snelheid  $v_L$  bij de evenaar het grootst is.
  - Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat er minder brandstof nodig is als de lanceerplek dicht bij de evenaar ligt.



Van de eerste minuten van de beweging van F9h is een  $(v,t)$ -diagram gemaakt. Zie figuur 3.

**figuur 3**



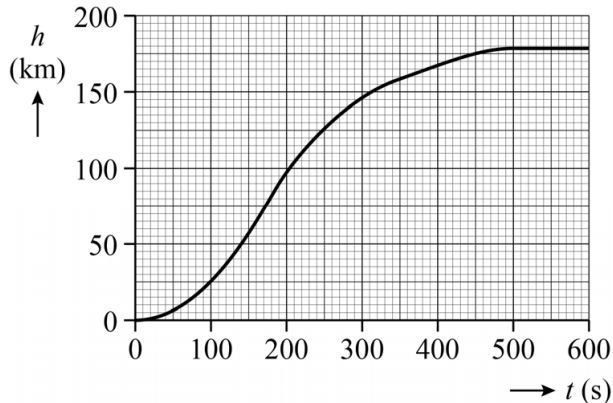
De raket gebruikte een hoofdmotor en extra hulpmotoren. Na ruim 3 minuten werden de hulpmotoren uitgeschakeld en bleef alleen de hoofdmotor van de raket werken. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p 12 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling op  $t = 180$  s. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

## II Parkeerbaan

In figuur 4 is in een  $(h, t)$ -diagram de hoogte van F9h boven het aardoppervlak uitgezet tegen de tijd.

figuur 4



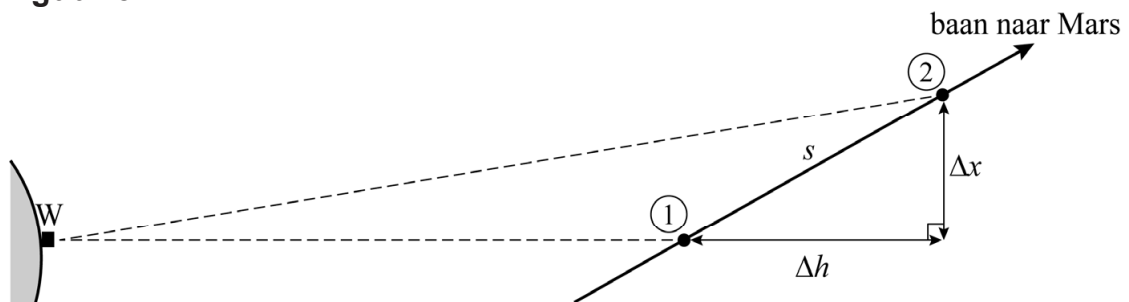
Ongeveer acht minuten na de lancering bereikte F9h de cirkelvormige parkeerbaan.

- 5p 13 Bepaal met behulp van figuur 4 en een berekening de baansnelheid van F9h in de parkeerbaan. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

## III Op weg naar Mars

Na een tijd verliet F9h de parkeerbaan en vervolgde de raket de reis naar Mars. Aangenomen wordt dat de snelheid van F9h in dit traject constant was en anders dan de snelheid van F9h in de parkeerbaan. Tijdens een deel van de vlucht werd F9h door een waarnemer W twee keer gefotografeerd. Het zijaanzicht van de baan is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 5.

figuur 5



F9h legde tussen de tijdstippen van foto 1 en foto 2 een afstand  $s$  af. Deze afstand kan bepaald worden uit:

- het hoogteverschil  $\Delta h$  van  $9,21 \cdot 10^6$  m.
- de afstand  $\Delta x$ , die door de waarnemer is bepaald op  $4,38 \cdot 10^6$  m.

Tussen het maken van foto 1 en foto 2 zat een tijd van 20,0 minuten.

- 3p 14 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de afstand  $s$ .
  - Bereken de snelheid van F9h op het traject richting Mars.

## Sarcoïde

Een veelvoorkomende tumor bij paarden is een zogenaamde sarcoïde. Dit is een huidtumor. Er bestaan verschillende methodes om deze tumor te behandelen.

Een eerste behandelmethode is bestraling. Hierbij kunnen afgesloten capsules gebruikt worden met radioactieve isotopen die ioniserende straling uitzenden. Deze capsules worden in de tumor geplaatst. In figuur 1 staat een tabel met een aantal capsules met verschillende isotopen die gebruikt kunnen worden.

figuur 1

capsule	isotoop	vervalproducten	$t_{1/2}$
I	Au-198	$\beta$ en Hg-198 (niet radioactief)	3,8 dagen
II	Co-60	$\beta$ en Ni-60 (niet radioactief)	5,3 jaar
III	Cs-137	$\beta$ en Ba-137 (niet radioactief)	30 jaar
IV	Ir-192	$\beta$ en Pt-192 (niet radioactief)	74 dagen

Een van de capsules mag blijven zitten na de behandeling. De overige capsules moeten verwijderd worden wanneer de sarcoïde voldoende is bestraald.

- 3p 15 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit welke capsule (I, II, III of IV) mag blijven zitten.
  - Geef een reden waarom de isotopen uit figuur 1 alleen geschikt zijn om de tumor van binnenuit te behandelen.

Een sarcoïde kan ook worden behandeld met de isotoop Sr-90.

- 3p 16 Geef de vergelijking van de vervalreactie van Sr-90.

Een bepaalde sarcoïde heeft een massa van  $7,9 \cdot 10^{-5}$  kg en wordt behandeld met Sr-90. Tijdens één bestraling ontvangt deze tumor een dosis van 20 Gy. De energie die per vervallen Sr-90-kern aan de tumor wordt afgegeven is 2,9 MeV. De gemiddelde activiteit tijdens de bestraling is  $3,1 \cdot 10^6$  Bq.

- 5p 17 Bereken de tijdsduur van één bestraling van deze sarcoïde.

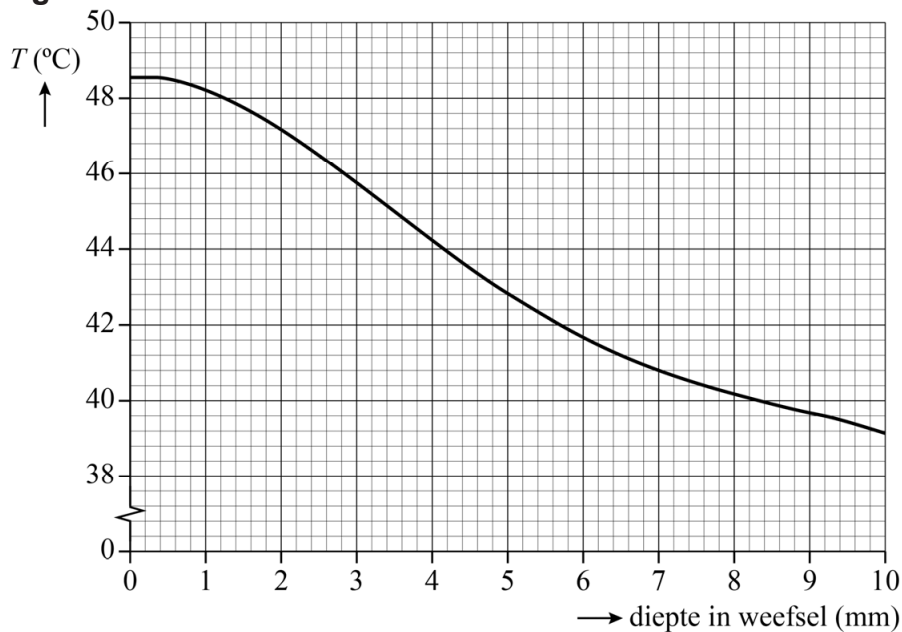
Een andere behandelmethode voor een sarcoïde is hyperthermie. Dit is een methode waarbij de tumor vernietigd wordt door hem van buitenaf te verhitten met microgolfstraling met een frequentie van 2,45 GHz. De stralingsbron levert  $6,2 \cdot 10^{25}$  fotonen per seconde.

Om een bepaalde sarcoïde op de behandeltemperatuur te brengen moet de stralingsbron  $7,2 \cdot 10^2$  J stralingsenergie leveren. Nadat de behandeltemperatuur is bereikt, wordt de sarcoïde nog 30 s lang bestraald met microgolfstraling om haar op temperatuur te houden.

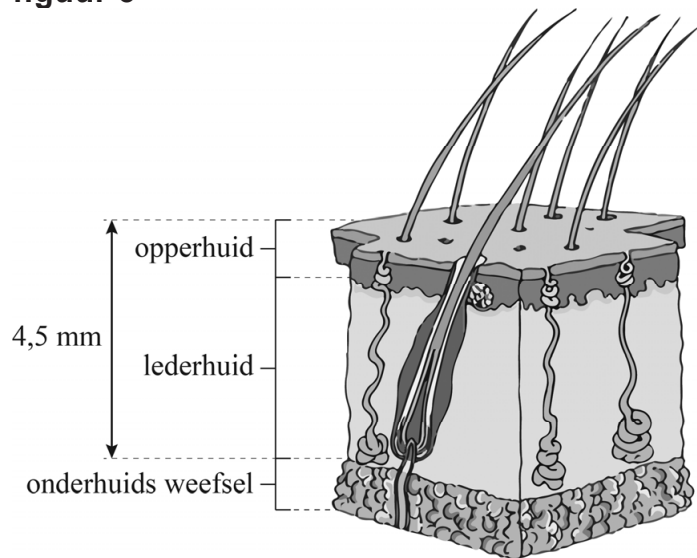
- 5p **18** Bereken de benodigde totale tijd voor de hyperthermie-behandeling van deze sarcoïde.

Bij hyperthermie moet een tumor verhit worden tot minimaal  $42^\circ\text{C}$ . In figuur 2 is de temperatuur die bij deze behandelmethode gehaald kan worden, uitgezet tegen de diepte in het weefsel. In figuur 3 is schematisch de doorsnede van de huid van een paard weergegeven. De huid bestaat uit de opperhuid en de lederhuid. Onder de lederhuid begint het onderhuids weefsel.

**figuur 2**



**figuur 3**

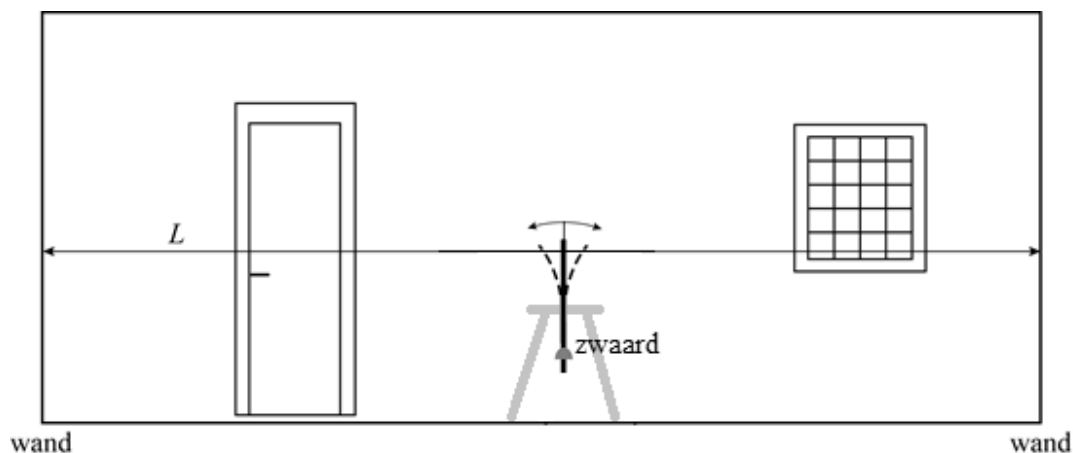


- 2p **19** Leg uit met behulp van figuren 2 en 3 of hyperthermie geschikt is om sarcoïdes in de hele huiddikte te behandelen.

## Infrasone trillingen

In de jaren 80 deed wetenschapper Vic Tandy een toevallige ontdekking. Hij had een zwaard vastgeklemd om het schoon te maken. Het vrije uiteinde van het zwaard bleek uit zichzelf te trillen. Zie schematisch in figuur 1.

figuur 1



Hij verplaatste het zwaard in de kamer. Midden in de kamer trilde het zwaard het hardst. Richting de wanden nam de trilling af, bij de wanden trilde het zwaard niet.

Tandy concludeerde dat infrasone geluidsgolven de oorzaak waren van het trillen van het zwaard. Infrason geluid is onhoorbaar voor mensen omdat het een frequentie heeft lager dan 20 Hz. De lengte  $L$  van de ruimte is 11,0 m en de temperatuur is 20 °C.

- 4p 20 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage op de stippellijn het patroon aan van knopen (K) en buiken (B) van de grondtoon in de kamer.
  - Toon met een berekening aan dat de geluidsgolven infrason waren.

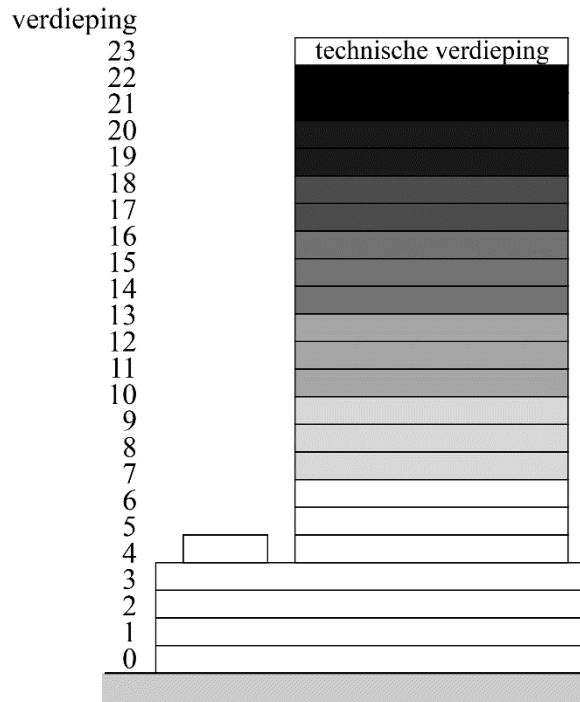
In 2012 vertoonde een nieuw gebouw van Rijkswaterstaat ongewenste trillingen. Zie figuur 2 voor een foto van dit gebouw. Al snel werd gedacht aan infrasone trillingen. Men startte een onderzoek naar de oorzaak van die trillingen.

Tijdens het onderzoek hebben onderzoekers in beeld gebracht hoeveel klachten er binnen waren gekomen per verdieping. In hun rapport zijn de resultaten weergegeven op de manier van figuur 3.

**figuur 2**



**figuur 3**



Hoe donkerder de verdieping is weergegeven, hoe groter het percentage klagers op deze verdieping.

De onderzoekers hebben geconstateerd dat het gaat om een golf in het gebouw.

- 2p **21** Leg met behulp van figuur 3 uit of dit patroon van klachten beter past bij een staande golf of bij een lopende golf.

Ook staat in het rapport:

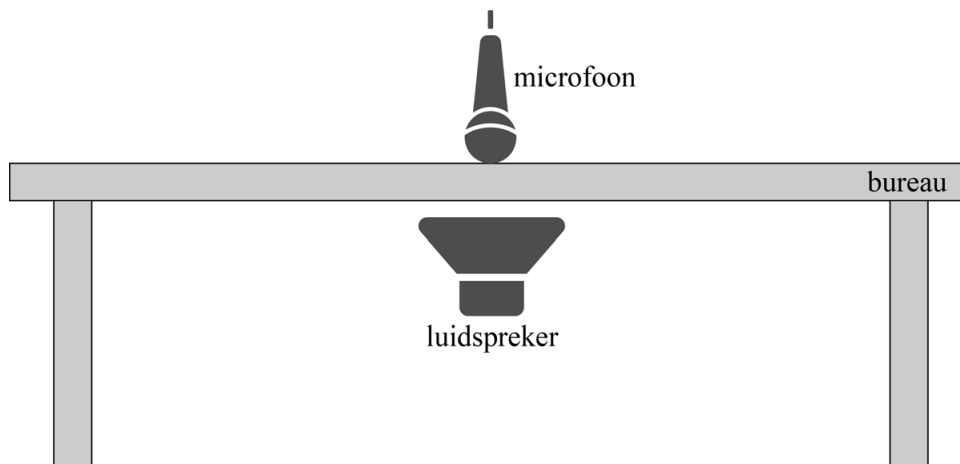
Veel melders zeggen dat de glaswasinstallatie op dat moment in gebruik was, maar wijzen de glaswasinstallatie niet aan als mogelijke oorzaak. De melders kunnen zich niet voorstellen dat deze installatie dergelijke heftige trillingen in het gebouw kan veroorzaken.

- 1p **22** Noem het natuurkundig verschijnsel dat hiervoor toch een verklaring kan zijn.

In het rapport staat verder dat de medewerkers hun bureaus soms heftig op en neer voelden trillen. Tijdens het onderzoek zijn daarom de infrasone eigenfrequenties van de bureaus bepaald.

Een mogelijke methode om deze eigenfrequenties te bepalen is een bureau tussen een luidspreker en een microfoon te plaatsen en de luidspreker steeds een toon met een vaste (infrasone) frequentie te laten uitzenden. Zie schematisch in figuur 4.

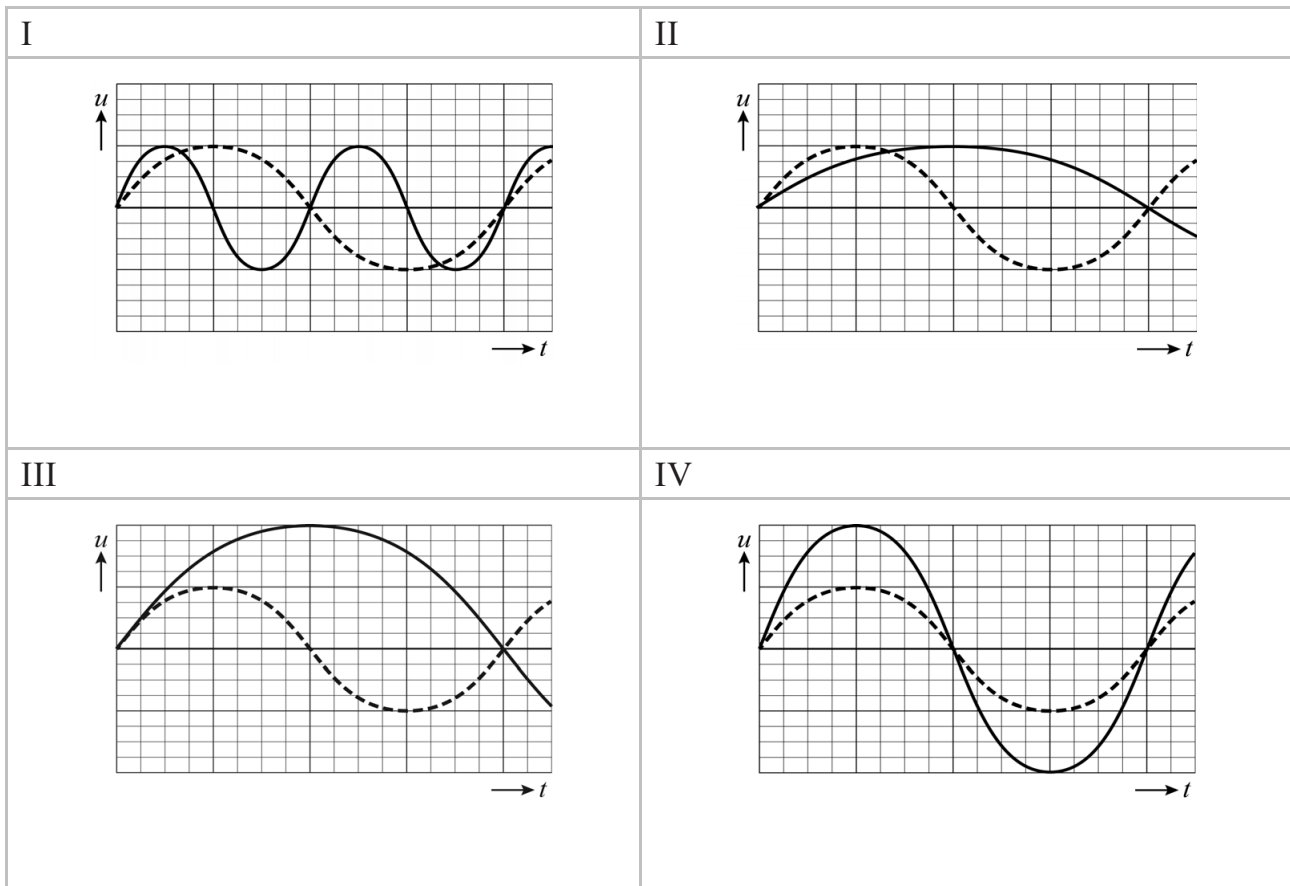
**figuur 4**



Het signaal dat de microfoon opvangt, wordt vastgelegd in een  $(u,t)$ -diagram. In figuur 5 staan vier  $(u,t)$ -diagrammen. De gestippelde lijn geeft in elke grafiek de trilling van de microfoon weer als er geen bureau tussen de luidspreker en de microfoon staat. De doorgetrokken streep geeft een mogelijke meetuitkomst als er wel een bureau tussen de luidspreker en de microfoon staat.



figuur 5



- 1p 23 Welk diagram geeft het juiste meetresultaat weer als de infrasone frequentie van de luidspreker overeenkomt met de eigenfrequentie van het bureau?
- A diagram I
  - B diagram II
  - C diagram III
  - D diagram IV

In het rapport staat verder:

Toevalligerwijs valt de frequentie van het trillen van de glaswasinstallatie samen met de eigenfrequentie van de bureaus (4 Hz).

De glaswasinstallatie bestaat uit een bak die aan staalkabels hangt, waarin de glazenwassers kunnen staan. De totale massa van bak en glazenwassers is 350 kg. De lange staalkabels kunnen worden beschouwd als een veer. De veerconstante van de kabels samen is  $2,2 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-1}$ . De massa van de kabels wordt verwaarloosd.

- 3p 24 Toon met een berekening aan dat de eigenfrequentie van de glaswasinstallatie met glazenwassers gelijk is aan die van de bureaus.

**Bronvermelding**

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.