

Examen HAVO

2024

tijdvak 2  
maandag 24 juni  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde**

Dit examen bestaat uit 24 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

## Kunstmatige meteoroiden

Meteoroiden zijn objecten uit de ruimte die lichtflitsen veroorzaken bij het binnendringen en doorkruisen van de atmosfeer van de aarde. Deze lichtflitsen zijn als lichtsporen aan de hemel te zien. Zie figuur 1.

**figuur 1**



Meteoroiden komen de aardatmosfeer binnen met een snelheid tussen  $3,5 \cdot 10^4 \text{ km h}^{-1}$  en  $2,5 \cdot 10^5 \text{ km h}^{-1}$ . De meteoroïde in figuur 1 was gedurende 1,22 s zichtbaar aan de hemel.

- 4p 1 Bereken de maximale lengte van het spoor van deze meteoroïde. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Het waarnemen van een meteoroïde is een toevalstreffer. Daarom ontwikkelt een Japans bedrijf kunstmatige meteoroiden om deze op afroep als kosmisch vuurwerk in te zetten. Het bedrijf heeft een satelliet ontworpen die vanuit de ruimte metalen bolletjes kan lanceren richting de aarde. Deze bolletjes komen de aardatmosfeer binnen op hoge snelheid. Door de luchtwrijving bereiken de bolletjes een zeer hoge temperatuur waardoor ze gedurende langere tijd helder licht uitzenden.

Het bedrijf heeft de bolletjes getest in een testopstelling waar ze de vlucht door de aardatmosfeer nabootsen met een luchtstroom. De temperatuur van de bolletjes wordt bepaald door de golflengte van de straling met de hoogste intensiteit te meten. Deze is 940 nm.

- 3p 2 Bereken de temperatuur van de bolletjes in  $^{\circ}\text{C}$ .

De satelliet van het bedrijf draait op  $4,0 \cdot 10^2$  km hoogte boven het aardoppervlak in een cirkelbaan.

4p 3 Bereken de snelheid van de satelliet in deze baan.

De bolletjes beginnen hun val vanuit de satelliet richting aarde.

Max en Lara hebben ieder een verklaring waarom een bolletje niet in een cirkelbaan om de aarde blijft draaien, maar naar de aarde toe valt:

- Volgens Max valt een bolletje naar de aarde omdat het een lagere snelheid heeft dan de benodigde baansnelheid.
- Volgens Lara valt een bolletje naar de aarde omdat de gravitatiekracht groter is dan de middelpuntzoekende kracht die nodig is voor de cirkelbaan.

1p 4 Wie heeft er gelijk?

- A Alleen Max heeft gelijk.
- B Alleen Lara heeft gelijk.
- C Beiden hebben gelijk.
- D Geen van beiden heeft gelijk.

De bolletjes beginnen hun val richting aarde met een beginsnelheid van  $7,5 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$ .

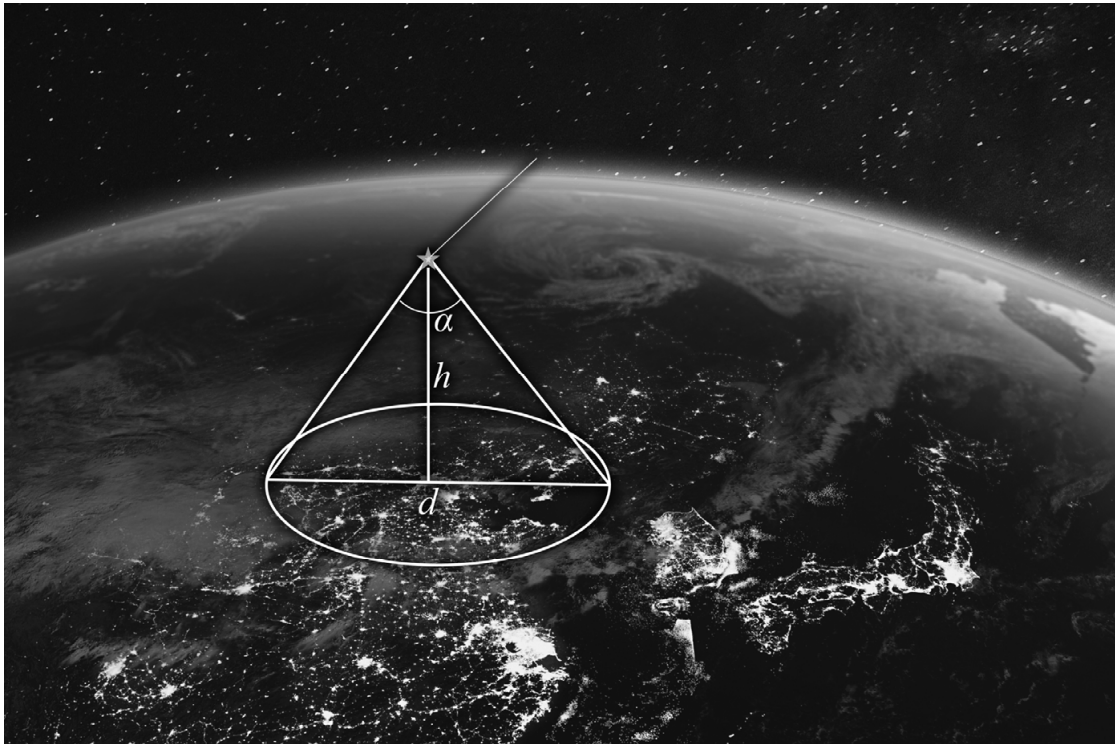
De valversnelling mag tijdens de hele val gelijkgesteld worden aan de valversnelling op aarde. Op een hoogte van  $1,0 \cdot 10^2$  km komen de bolletjes de aardatmosfeer binnen.

De snelheid van de bolletjes is dan lager dan de snelheid van  $3,5 \cdot 10^4 \text{ kmh}^{-1}$  van een echte meteoroïde.

4p 5 Toon dat aan met een berekening met de wet van behoud van energie.

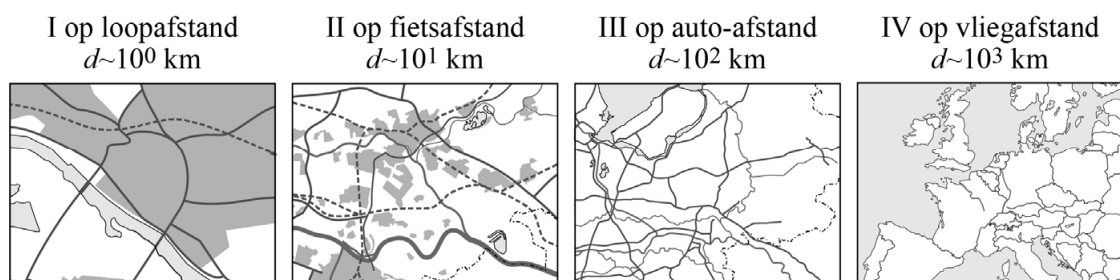
De kunstmatige meteoroiden lichten op als ze de atmosfeer op  $h = 1,0 \cdot 10^2$  km boven het aardoppervlak binnendringen. Ze zijn op dat moment overal vanaf het aardoppervlak waarneembaar binnen een cirkelvormig gebied dat de basis is van een kegel met hoogte  $h$  en een tophoek  $\alpha$  van 77 graden. Zie schematisch en niet op schaal in figuur 2.

**figuur 2**



In figuur 3 zijn vier gebieden (I, II, III en IV) met bijbehorende orde van grootte weergegeven.

**figuur 3**



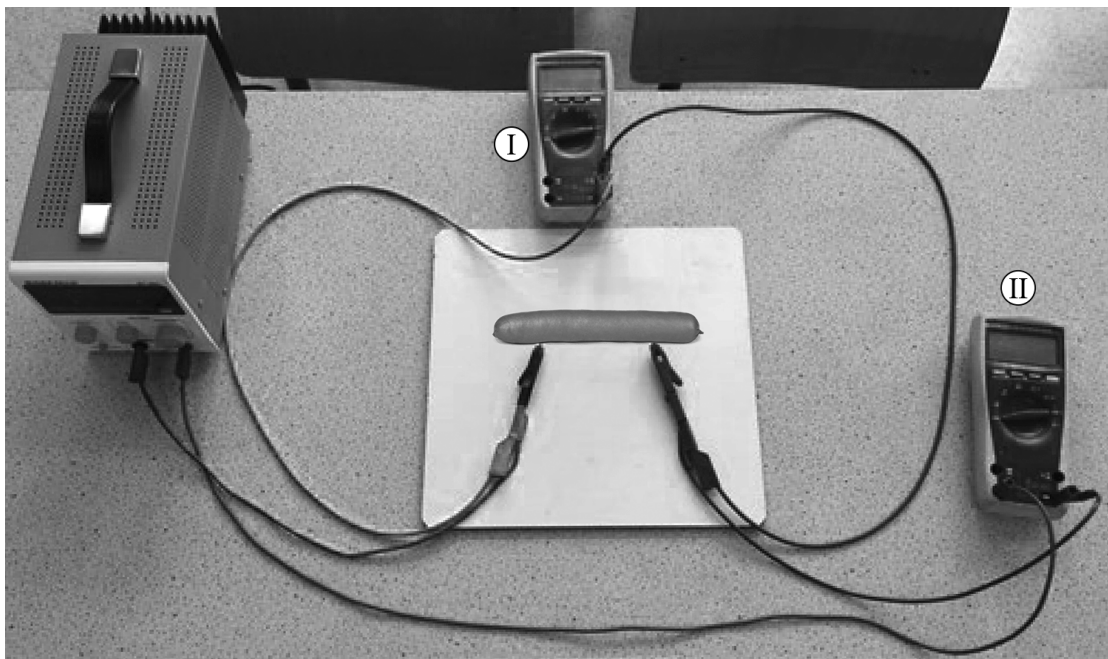
- 3p **6** Leg met behulp van een berekening uit welk gebied (I, II, III of IV) het grootste gebied is waarbinnen het kosmisch vuurwerk van de meteoroiden nog overal zichtbaar is.

## Knakworstenverwarmer

Lieke onderzoekt of het mogelijk is om een knakworst te verwarmen door er een elektrische stroom doorheen te sturen.

Hiervoor prikt ze twee aansluitpunten in een knakworst en bouwt ze de schakeling van figuur 1.

figuur 1



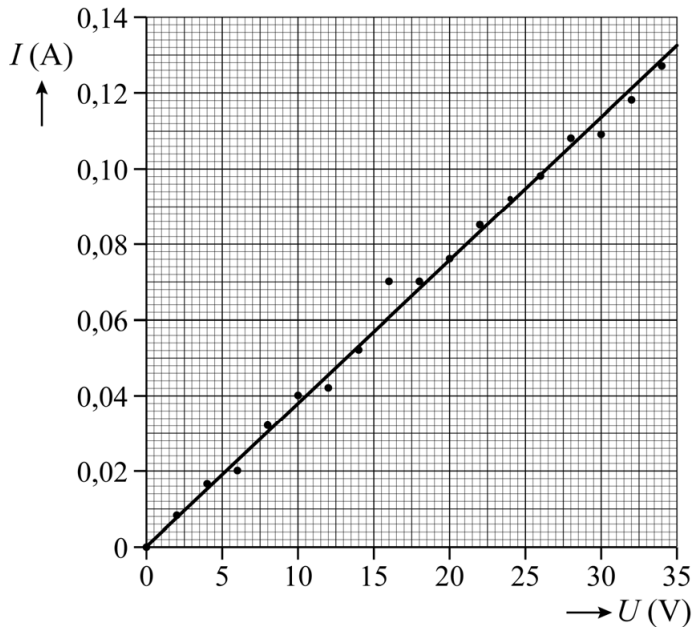
In de schakeling van figuur 1 zijn twee meters (I en II) opgenomen. Eentje werkt als spanningsmeter, de andere als stroommeter.

- 2p 7 Leg op basis van de schakeling in figuur 1 uit welke meter (I of II) de stroommeter is.

Lieke meet de stroom  $I$  door de knakworst bij verschillende spanningen  $U$ . Ze voert de metingen in zeer korte tijd uit, om de knakworst tijdens deze metingen nog niet te laten opwarmen.

Van haar metingen maakt ze een  $(I,U)$ -diagram. Zie figuur 2.

**figuur 2**



Op het potje van de knakworsten staat dat er zout in zit. Lieke vraagt zich af of de soortelijke weerstand van de knakworst hetzelfde is als die van zout water. Op internet vindt ze dat de soortelijke weerstand van zout water gelijk is aan  $0,24 \Omega\text{m}$ .

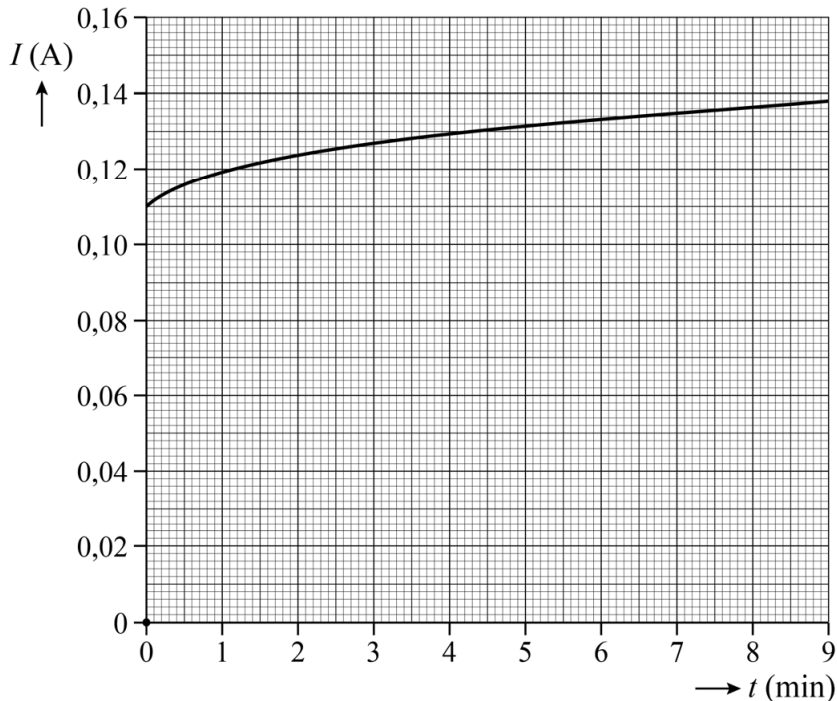
De knakworst heeft een diameter van 15 mm en de lengte van de knakworst tussen de aansluitpunten van de draden is 8,0 cm.

6p 8 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van figuur 2 de weerstand van de knakworst. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
- Toon met een berekening aan of de soortelijke weerstand van de knakworst gelijk is aan die van zout water.

Vervolgens zet Lieke een constante spanning over de knakworst. Nu laat ze de knakworst wel opwarmen. Het valt Lieke op dat de stroomsterkte niet constant blijft tijdens het verwarmen. Ze maakt daarom een  $(I, t)$ -diagram. Zie figuur 3.

**figuur 3**



- 3p **9** Leg met behulp van figuur 3 uit of de knakworst zich gedraagt als een NTC of als een PTC.

Lieke laat de knakworst in 14 minuten opwarmen van een temperatuur van  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot een temperatuur van  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ze vraagt zich af wat het rendement is van haar opstelling tijdens het opwarmen van de knakworst. Het gemiddelde elektrische vermogen tijdens het opwarmen is  $3,9\text{ W}$ . De massa van de knakworst is  $20\text{ g}$ .

Ze vindt op internet dat vlees een soortelijke warmte heeft van  $3,0 \cdot 10^3\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ .

- 4p **10** Bereken het rendement van de opstelling.

Lieke wil nu met haar opstelling, in dezelfde tijd als bij één knakworst, meerdere knakworsten tegelijk opwarmen tot een temperatuur van  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Op de spanningsbron staat vermeld dat deze een maximale spanning van  $35\text{ V}$  kan leveren en een maximale stroomsterkte van  $5,0\text{ A}$ .

- 3p **11** Leg met behulp van figuren 2 en 3 uit of ze de knakworsten dan in serie of parallel moet aansluiten op de spanningsbron.

## Boombrommer

---

Betelnoten groeien in de toppen van palmbomen. De stammen van die bomen zijn hoog en kaarsrecht. Zie figuur 1. Boeren beklimmen deze bomen om de noten te plukken. Een uitvinder heeft een boombrommer gemaakt om langs een stam omhoog naar de top te kunnen 'rijden'. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

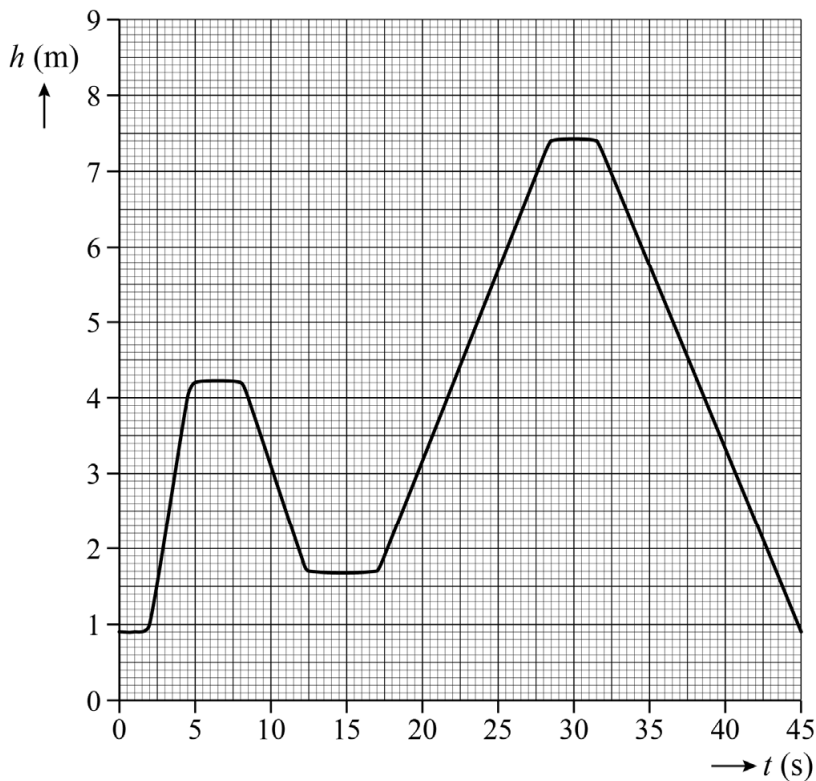


De brommer klemt met wielen om de stam.  
Een benzinemotor kan de brommer met constante snelheid langs de stam naar boven laten rijden.  
De boombrommer is uitgerust met een rem. Deze rem zorgt voor een grote remkracht op de brommer, waardoor die stil kan hangen aan de stam. De boombrommer kan vanuit stilstand weer afdalen langs de stam door de remkracht te verkleinen.



De uitvinder heeft een testrit gemaakt om de boombrommer te demonstreren. Van deze rit is een  $(h,t)$ -diagram gemaakt. Zie figuur 3.

**figuur 3**



Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

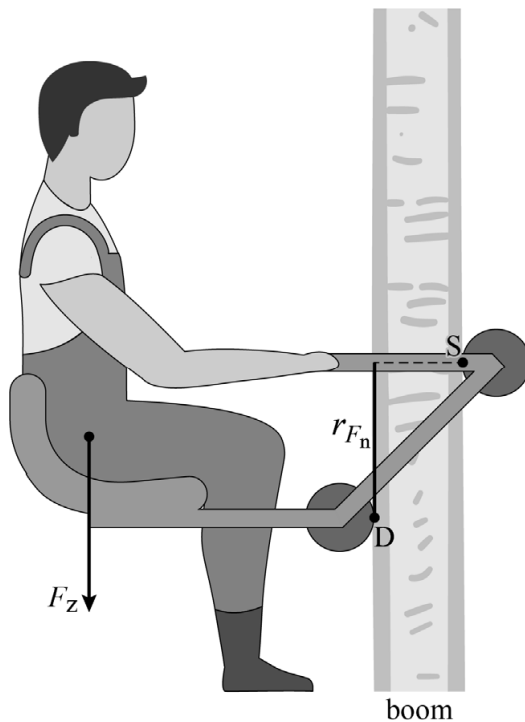
2p **12** Geef in de tabel met een kruisje per tijdstip aan welke bewering juist is.

Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

4p **13** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale snelheid waarmee de brommer langs de stam naar boven rijdt. Geef in de figuur aan hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

In figuur 4 is de situatie van een stil hangende boombrommer schematisch en op schaal weergegeven. Bij het ontwerp is handig gebruikgemaakt van de hefboomwet. De brommer heeft een draaipunt D. De boom oefent op steunwiel S alleen een normaalkracht  $F_n$  uit. Door de arm  $r_{F_n}$  ontstaat er een moment  $M$ . Dit is in evenwicht met het moment van de zwaartekracht  $F_z$  op de uitvinder en brommer samen. De uitvinder hangt stil. De massa van de uitvinder en boombrommer samen is 104 kg.

**figuur 4**



Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **14** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de arm van de zwaartekracht.
  - Bepaal met behulp van de hefboomwet de grootte van de normaalkracht  $F_n$  op steunwiel S. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

De uitvinder wil dat de boom niet wordt beschadigd. Daarom wil hij  $F_n$  zo klein mogelijk houden. In het ontwerp kan hij de afstand SD kleiner maken.

- 3p **15** Leg uit of  $F_n$  groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft door een kleinere afstand SD.

De uitvinder beweert dat hij 135 bomen van elk 30 m hoog kan beklimmen met 1,5 liter benzine. Het rendement van de motor die in de boombrommer zit, is 18%.

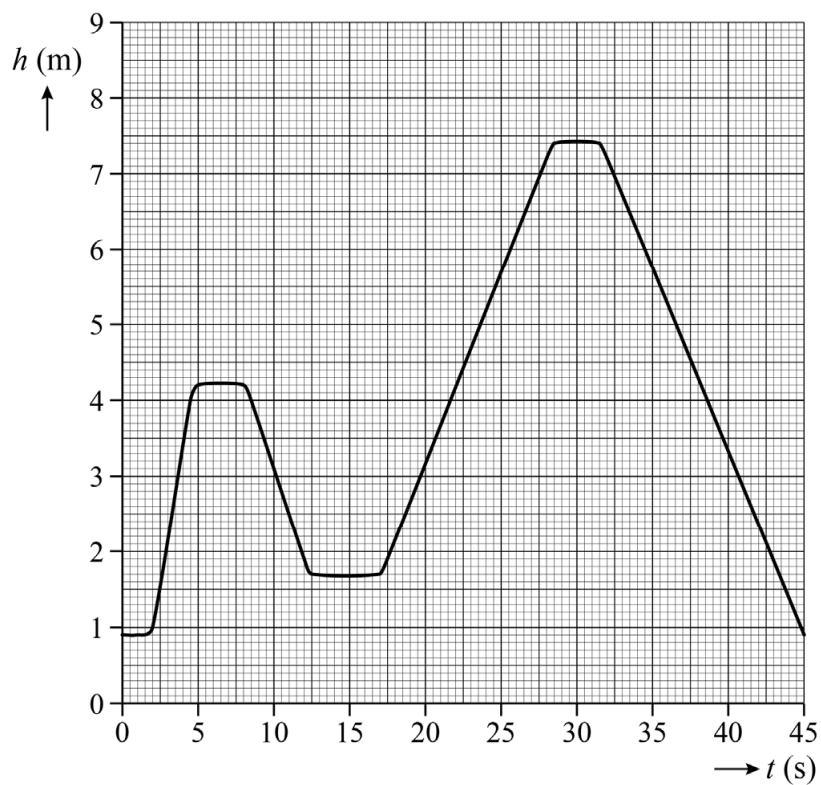
- 5p **16** Toon met een berekening aan of de bewering van de uitvinder kan kloppen.

## uitwerkbijlage

12 Geef in de tabel met een kruisje per tijdstip aan welke bewering juist is.

tijdstip (s):	de motorkracht verricht arbeid	de remkracht verricht arbeid	er wordt geen arbeid verricht
7			
23			
36			

13



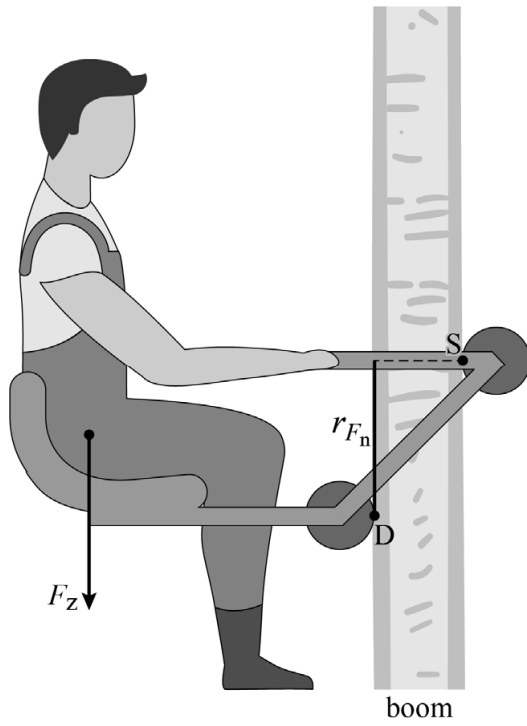
Antwoord: .....

.....

.....

.....

14



Bepaling: .....

.....

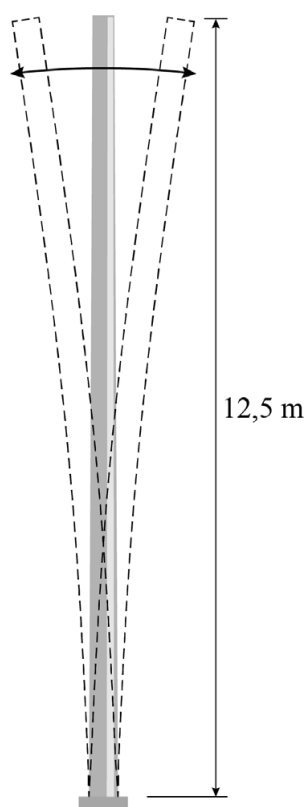
.....

.....

## Wiebelgenerator

Er wordt onderzoek gedaan naar een nieuwe methode om windenergie om te zetten in elektrische energie. Bij een bepaalde experimentele methode wordt een lange paal gebruikt waarin staande golven ontstaan als de paal in de wind staat. De wiebelende paal wekt elektriciteit op en wordt dan ook 'wiebelgenerator' genoemd. Voor een test is een prototype van een wiebelgenerator gemaakt met een 12,5 m lange paal. Zie figuur 1. In deze figuur is schematisch weergegeven hoe de paal in de grondtoon trilt.

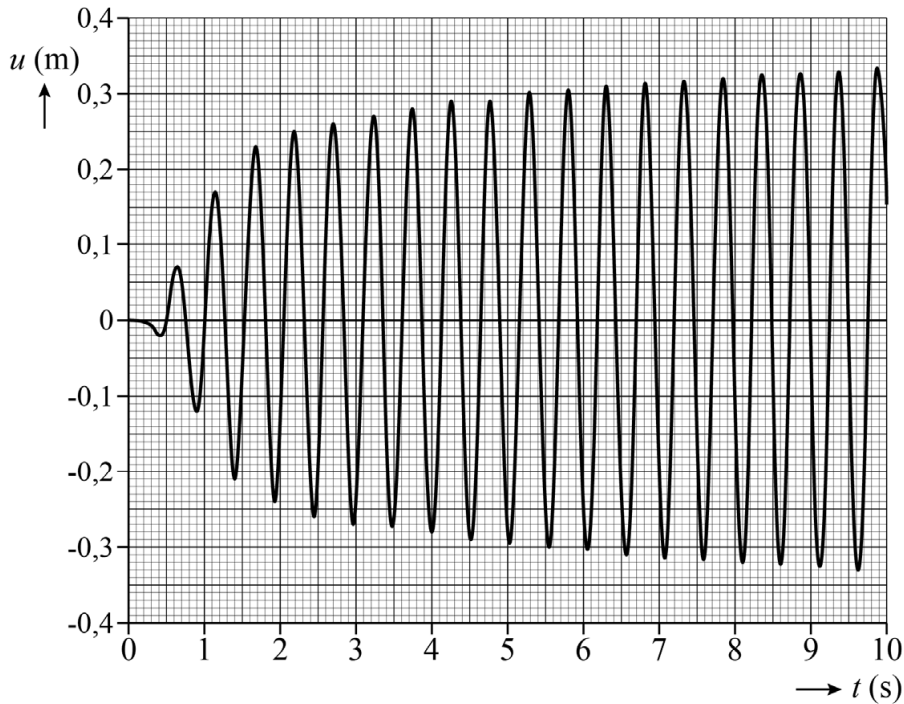
figuur 1



- 2p 17 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage het patroon van knopen (K) en buiken (B) voor de eerste boventoon van de paal.

De frequentie waarmee de paal gaat trillen, is afhankelijk van de voortplantingssnelheid van de golven in de paal. Om deze snelheid te bepalen, wordt tijdens een test de paal aan het trillen gebracht in de grondtoon. Zie figuur 1. Van deze trilling wordt een  $(u,t)$ -diagram gemaakt. Zie figuur 2.

**figuur 2**



- 4p 18 Bepaal met behulp van figuren 1 en 2 de voortplantingssnelheid die uit deze test volgt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Als gevolg van de wind ontstaan er rond de paal wervelingen met een bepaalde frequentie  $f_w$ . Voor een zo groot mogelijke opbrengst van de wiebelgenerator moet  $f_w$  gelijk zijn aan de eigenfrequentie  $f_0$  van de grondtoon. De frequentie  $f_w$  is niet constant, maar afhankelijk van de windsnelheid. De eigenfrequentie  $f_0$  moet dus aangepast kunnen worden tijdens het veranderen van de windsnelheid. De onderzoekers denken dit te kunnen doen met een technische oplossing waarmee de veerconstante van de paal kan worden verhoogd of verlaagd.

De paal is te modelleren als een massa-veer-systeem.

Op de uitwerkbijlage staan hierover twee zinnen.

- 2p 19 Omcirkel op de uitwerkbijlage in iedere zin het juiste alternatief.

Met behulp van het model wordt berekend dat het nuttige vermogen van de wiebelgenerator bij een bepaalde lengte van de paal gelijk is aan 100 W. Men wil het rendement van de wiebelgenerator bij een windsnelheid van  $12 \text{ m s}^{-1}$  vergelijken met het rendement van een reguliere windturbine onder dezelfde omstandigheden. Voor het vermogen dat de wind overdraagt op de wiebelgenerator geldt:

$$P_{\text{wind}} = 0,30 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Hierin is:

- $P_{\text{wind}}$  het overgedragen vermogen;
- $\rho$  de dichtheid van lucht;
- $A$  het frontaal oppervlak van de wiebelende paal;
- $v$  de windsnelheid.

Het frontaal oppervlak voor de paal in het model wordt gesteld op  $1,2 \text{ m}^2$ . Een reguliere windturbine heeft onder dezelfde omstandigheden een rendement van 35%.

- 3p **20** Toon met behulp van een berekening aan of het rendement van de wiebelgenerator dat volgt uit dit model hoger of lager is dan het rendement van de reguliere windturbine.

## uitwerkbijlage

- 17 Geef het patroon van knopen (K) en buiken (B) voor de eerste boventoon van de paal.



- 19 Omcirkel in iedere zin het juiste alternatief.

Wanneer de windsnelheid en dus de frequentie  $f_w$  afneemt, moet de trillingstijd van de paal **toenemen** / **afnemen**.

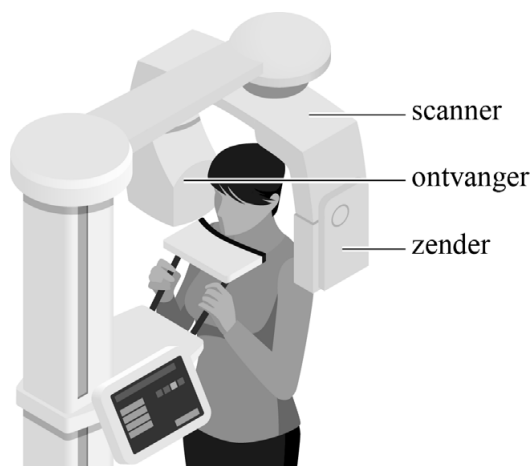
De veerconstante moet dan **verhoogd** / **verlaagd** worden.



## Gebitsfoto

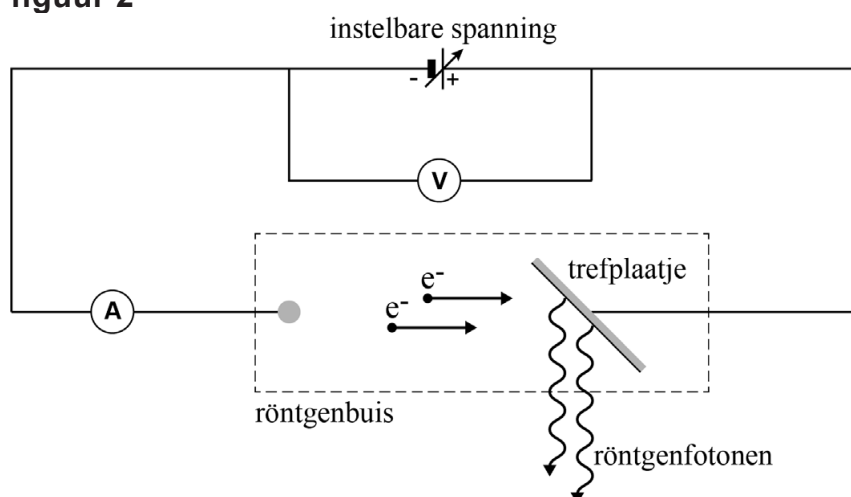
Om het gebit goed te kunnen beoordelen, maakt de tandarts röntgenscans. Voor het maken van een röntgenscan kan de tandarts een röntgenapparaat met een draaibare scanner gebruiken waarmee die een foto van het volledige gebit kan maken. In korte tijd draait de scanner rondom het hoofd van de patiënt. Zie figuur 1.

figuur 1



De röntgenstraling wordt opgewekt in een zogenaamde röntgenbuis. Dit gebeurt door in de röntgenbuis een trefplaatje te beschieten met elektronen. De snelheid van de elektronen kan verhoogd worden door het verhogen van een instelbare spanning  $U$  over de röntgenbuis. Zie figuur 2.

figuur 2



Snellere elektronen leveren fotonen op met een hogere foton-energie en dus een kleinere golflengte. De golflengte van fotonen die voor gebitsfoto's worden gebruikt, ligt tussen de 0,01 nm en 10 nm. De spanning  $U$  is zo ingesteld dat de fotonenergie 85 keV is.

- 4p 21 Toon met een berekening aan dat de golflengte van de gebruikte fotonen binnen het aangegeven gebied ligt.

Hoeveel fotonen er per seconde ontstaan, wordt onder andere bepaald door de stroomsterkte  $I$  van de elektronen in de röntgenbuis. Deze stroomsterkte is 6,0 mA. Slechts 1 op de 100 elektronen uit deze stroom maakt echt een foton vrij in het trefplaatje.

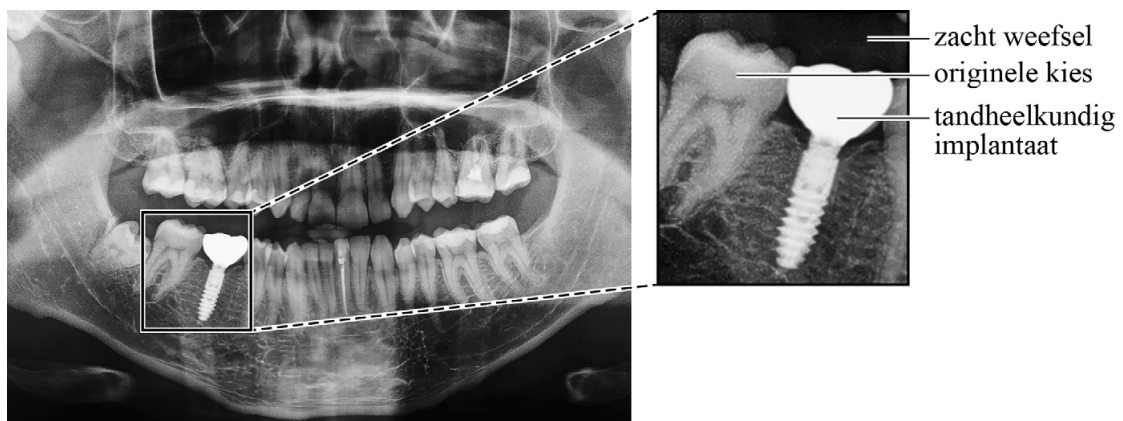
- 3p 22 Bereken hoeveel fotonen er per seconde ontstaan.

Om de stralingsdosis goed te kunnen instellen, worden proefmetingen in de scanner gedaan met een pop die werkt als een dosimeter. De pop ontvangt tijdens een proefscan een stralingsvermogen van  $2,6 \cdot 10^{-4}$  W. Het maken van de totale scan duurt 16,7 s. De massa van het bestraalde materiaal is 1,5 kg.

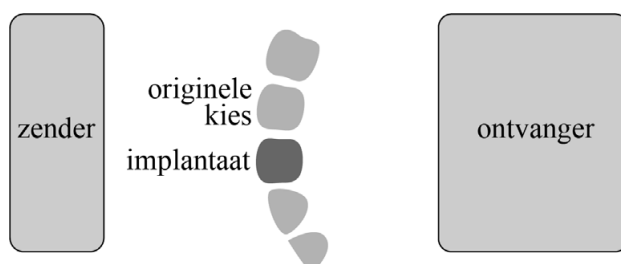
- 3p 23 Bereken de dosis die de pop ontvangt tijdens deze proefscan.

In figuur 3 is de scan te zien zoals een tandarts die heeft gemaakt van een patiënt. Eén van de kiesen van de patiënt is vervangen door een implantaat van metaal. In de vergroting zijn een originele kies en het implantaat zichtbaar. De kies en het implantaat hebben dezelfde dikte. Zie het schematische bovenaanzicht in figuur 4.

figuur 3



figuur 4



De donkere gebieden op de scan in figuur 3 geven aan dat er op die plaatsen meer straling door de ontvanger gemeten is.

- 2p 24 Leg uit of het implantaat een grotere of kleinere halveringsdikte heeft dan de originele kies.

#### Bronvermelding

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