

Examen HAVO

2011

tijdvak 1  
donderdag 26 mei  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde (pilot)**

Dit examen bestaat uit 31 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.

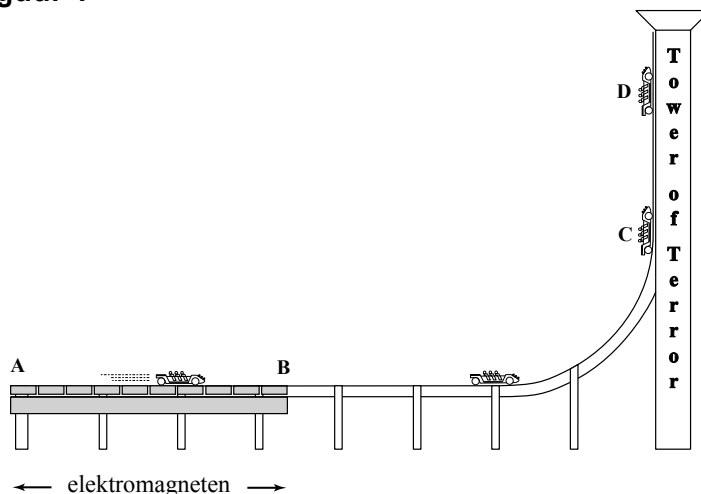
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

## Opgave 1 Tower of Terror

Opmerking: in deze opgave verwaarlozen we steeds de wrijving.

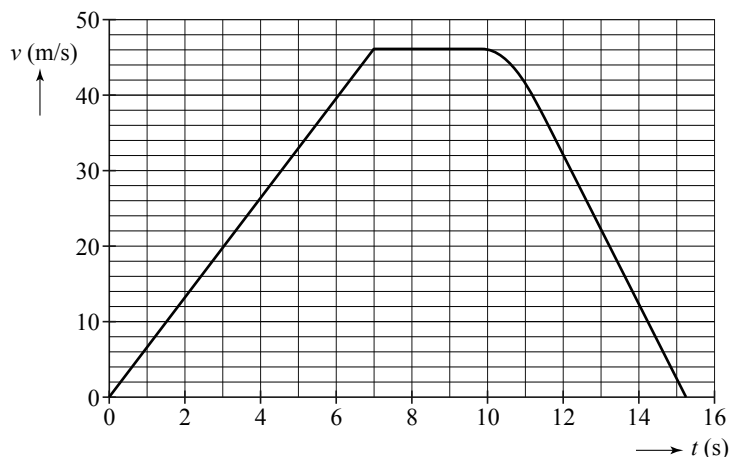
In het attractiepark Dreamworld in Australië staat de Tower of Terror. Zie figuur 1. Op het stuk AB wordt een kar met behulp van elektromagneten versneld. Na het horizontale gedeelte komt de kar in een verticale bocht en gaat vervolgens loodrecht omhoog. Bij terugkeer wordt hij door de elektromagneten vertraagd.

figuur 1



Figuur 2 laat zien hoe de grootte van de snelheid van de kar verloopt tussen het moment van vertrek en het bereiken van het hoogste punt D.

figuur 2



- 4p **1** Bepaal de (horizontale) kracht die de elektromagneten tussen  $t = 0$  s en  $t = 7,0$  s op de kar uitoefenen.

- 3p **2** Op  $t = 10$  s gaat de kar de bocht in. Bepaal de afstand die de kar aflegt tussen  $t = 0$  s en  $t = 10$  s.

- 3p **3** Bepaal met behulp van de wet van behoud van energie de verticale afstand tussen het hoogste punt D en het horizontale gedeelte van de baan.

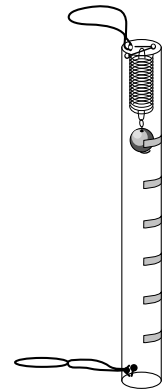
In figuur 1 is het einde van de verticale bocht met C aangegeven en het hoogste punt met D.

- 3p **4** Welke kracht/krachten werkt/werken er op de kar:
- op het traject van C naar D,
  - in punt D,
  - op het traject van D naar C?

John en Dave nemen een zelfgemaakte versnellingsmeter mee de attractie in. De versnellingsmeter bestaat uit een metalen bolletje aan een veer in een doorzichtig buisje dat aan de uiteinden dicht is gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3

John houdt zijn meter horizontaal in de rijrichting. Dave houdt zijn meter ook horizontaal, maar in omgekeerde richting. Zie figuur 4.



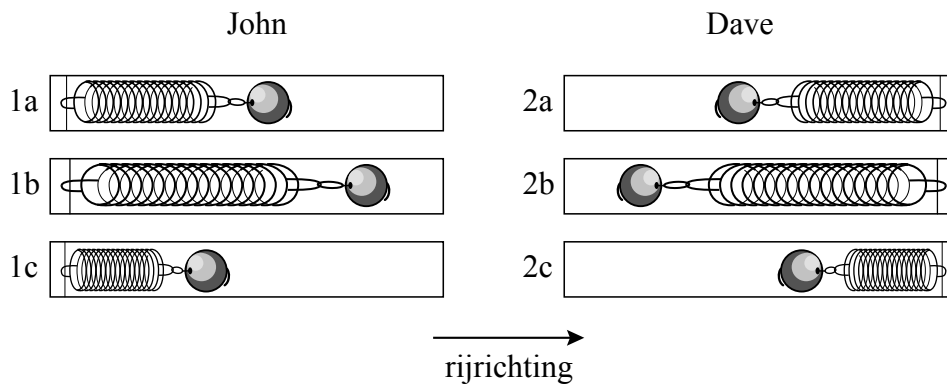
figuur 4



De kar wordt versneld door de elektromagneten.

In figuur 5 zijn schematisch drie afbeeldingen getekend van de versnellingsmeter van John en drie van de versnellingsmeter van Dave.

figuur 5



- 2p 5 In welke afbeelding is de plaats van het bolletje tijdens het versnellen goed weergegeven? Beantwoord deze vraag voor zowel John als Dave.

## Opgave 2 Vleermuis in winterslaap

In koude streken houden vleermuizen een winterslaap. Bij een omgevingstemperatuur van  $5\text{ }^\circ\text{C}$  laten ze hun lichaamstemperatuur van  $37\text{ }^\circ\text{C}$  dalen tot enkele tienden graden Celsius boven de buitentemperatuur. De hoeveelheid vet die ze dan per dag verbranden is daardoor veel kleiner dan de hoeveelheid vet die ze bij een lichaamstemperatuur van  $37\text{ }^\circ\text{C}$  zouden verbranden.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage staat een zin waarin op drie plekken woorden ontbreken. Voor iedere lege plek is een aantal alternatieven gegeven waaruit je een keuze moet maken.

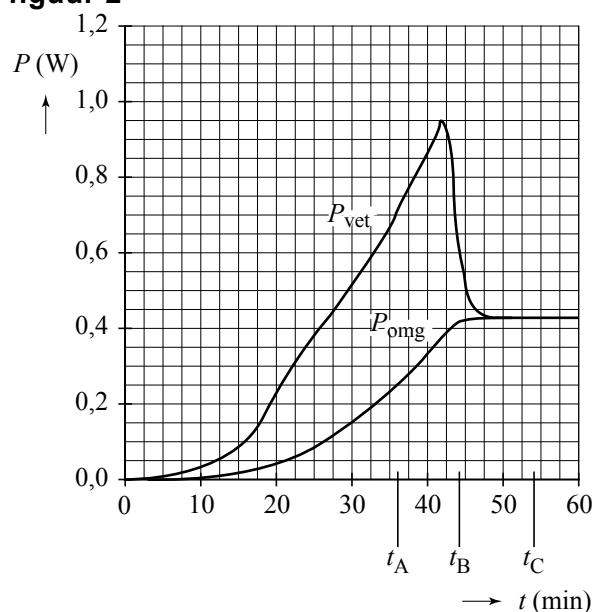
- 3p **6** Maak de zin op de uitwerkbijlage kloppend door voor iedere lege plek het juiste alternatief te omcirkelen.

Een vleermuis onderbreekt tien tot vijftien maal per winterseizoen zijn winterslaap. Hij warmt daarbij in minder dan een uur op.

In figuur 2 is de warmte die hierbij per seconde vrijkomt door vetverbranding ( $P_{\text{vet}}$ ) en de warmte die per seconde aan de omgeving wordt afgestaan ( $P_{\text{omg}}$ ) gegeven als functie van de tijd.

- 3p **7** Geef in de tabel op de uitwerkbijlage met een kruisje aan of de lichaamstemperatuur van de vleermuis stijgt, daalt, of gelijk blijft op de tijdstippen  $t_A$ ,  $t_B$  en  $t_C$ .

figuur 2



Bij het verbranden van  $1,0\text{ kg}$  lichaamsvet komt  $4,0 \cdot 10^7\text{ J}$  warmte vrij. De vleermuis gebruikt voor het opwarmen  $1,1 \cdot 10^3\text{ J}$ .

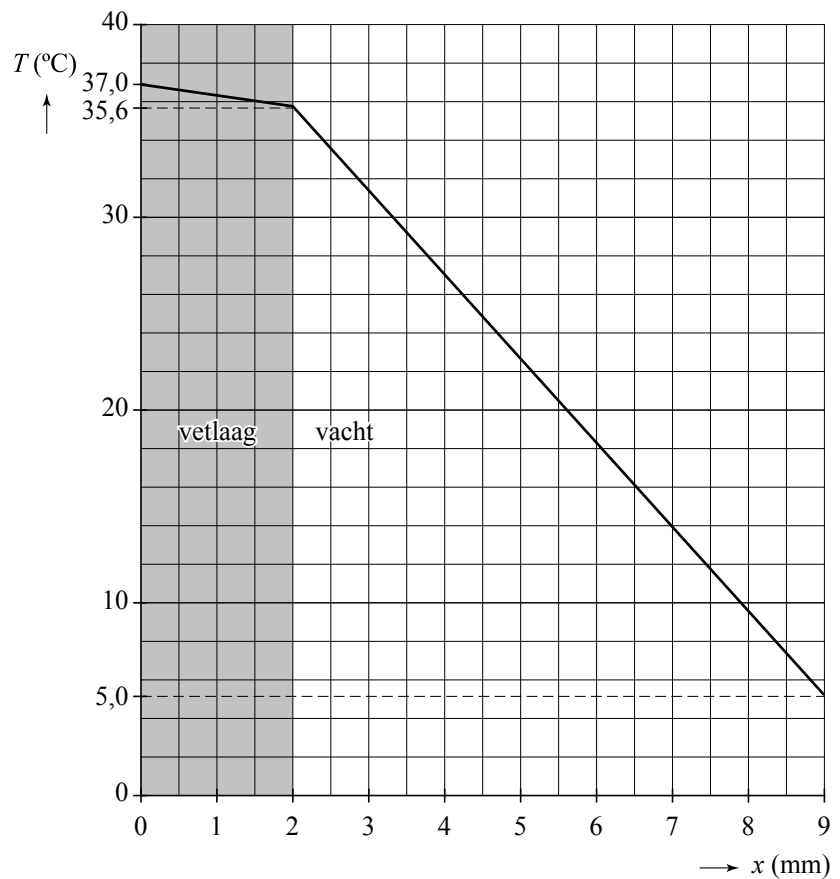
- 3p **8** Bereken hoeveel milligram vet de vleermuis daarbij verbrandt.

De massa van de vleermuis is  $6,6\text{ g}$ . De gemiddelde soortelijke warmte van de vleermuis is  $3,0 \cdot 10^3\text{ J/kgK}$ . Tijdens het opwarmen van  $5\text{ }^\circ\text{C}$  naar  $37\text{ }^\circ\text{C}$  wordt een deel van de warmte aan de omgeving afgestaan.

- 3p **9** Bereken hoeveel warmte aan de omgeving wordt afgestaan.

De dikte van de vacht van de vleermuis ( $d_{\text{vacht}}$ ) is 7,0 mm.  
 De dikte van de onderhuidse vetlaag ( $d_{\text{vet}}$ ) is 2,0 mm.  
 De vetlaag en de vacht zorgen samen voor de isolatie van het lichaam.  
 In figuur 3 staat het temperatuurverloop in de vetlaag en de vacht.

**figuur 3**



Voor de warmtestroom per  $\text{m}^2$  door een laag materiaal geldt:

$$q = \frac{P}{A} = k \frac{\Delta T}{d}$$

Hierin is:

- $q$  de warmtestroom per  $\text{m}^2$  in  $\text{W m}^{-2}$ ;
- $k$  de warmtegeleidingcoëfficiënt in  $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ;
- $\Delta T$  het temperatuurverschil over de laag in  $\text{K}$ ;
- $d$  de dikte van de laag in m.

3p **10** Toon met behulp van figuur 3 aan dat  $\frac{k_{\text{vetlaag}}}{k_{\text{vacht}}} = 6,2$ .

Veronderstel dat de vacht vervangen werd door een extra vetlaag die even goed isoleert als de vacht.

2p **11** Bereken hoe dik deze extra vetlaag dan zou moeten zijn.

## uitwerkbijlage

- 6 Maak de zin kloppend door voor iedere lege plek het juiste alternatief te omcirkelen.

Tijdens de winterslaap is 1 het lichaam van de vleermuis en de omgeving kleiner dan tijdens het waken. Daardoor is 2 per seconde wordt afgestaan aan de omgeving 3 en hoeft de vleermuis minder vet te verbranden.

Alternatieven voor plek 1:

- a de temperatuur tussen
- b het temperatuurverschil tussen
- c de temperatuurtoename van
- d de temperatuurafname van

Alternatieven voor plek 2:

- a de warmte die
- b het warmteverschil dat
- c de temperatuur die

Alternatieven voor plek 3:

- a kleiner
- b groter
- c gelijk

- 7 **tabel 1**

tijdstip	lichaamstemperatuur stijgt	lichaamstemperatuur daalt	lichaamstemperatuur blijft gelijk
$t_A$			
$t_B$			
$t_C$			

## Opgave 3 Nucleaire microbatterij

Lees eerst onderstaande tekst.

### Nucleaire microbatterij

Onderzoekers hebben een kleine batterij ontwikkeld die werkt met behulp van een radioactieve bron.

In de figuren hiernaast wordt de werking ervan uitgelegd.

Een kunststof strip is aan één kant ingeklemd. Op de strip zit een plaatje zogenoemd piëzo-elektrisch materiaal.

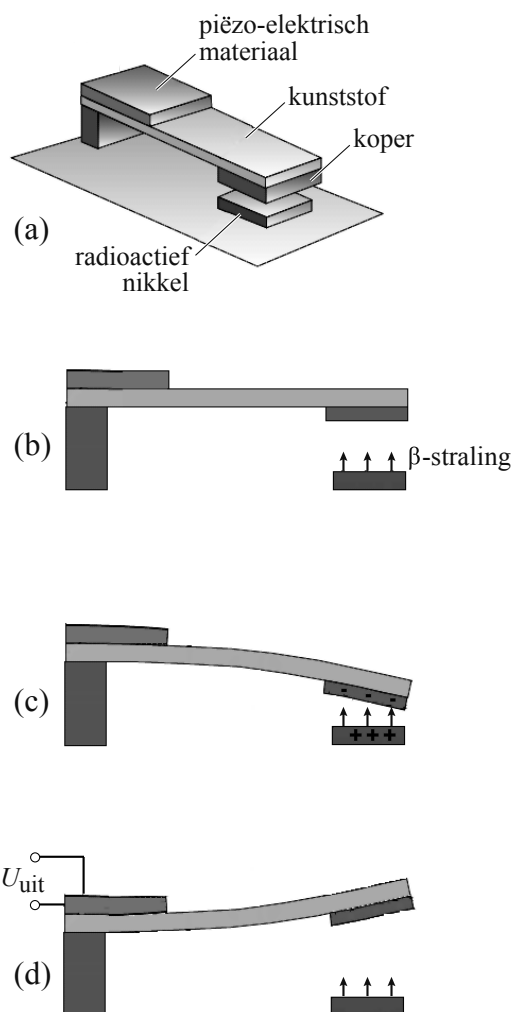
Onder het andere uiteinde zit een koperen plaatje. Tegenover dit plaatje is een plaatje radioactief nikkel ( $^{63}\text{Ni}$ ) geplaatst. Het geheel bevindt zich in vacuüm. Zie figuur (a).

$^{63}\text{Ni}$  zendt  $\beta$ -straling uit die door het koper wordt geabsorbeerd. Zie figuur (b).

Het nikkel wordt dan positief geladen en het koper negatief. Daardoor trekken de plaatjes elkaar aan waardoor de strip buigt. Zie figuur (c).

Wanneer de twee plaatjes elkaar aanraken, schiet de kunststof strip terug en trilt een tijdje na. Zie figuur (d). Dit proces herhaalt zich steeds.

Piëzo-elektrisch materiaal heeft de eigenschap dat het een elektrische spanning opwekt wanneer het gebogen wordt. Zo wordt de trillingsenergie van de strip omgezet in elektrische energie.



$^{63}\text{Ni}$  zendt  $\beta$ -straling uit.

3p 12 Geef de vervalvergelijking van  $^{63}\text{Ni}$ .

Het koperen en het nikkelen plaatje krijgen een tegengestelde lading en trekken elkaar aan.

3p 13 Leg uit waarom:

- het koperen plaatje een negatieve lading krijgt;
- het nikkelen plaatje een positieve lading krijgt.

Door de aantrekkende kracht buigt de kunststof strip naar beneden. Als het koperen en nikkelen plaatje elkaar aanraken, schiet de strip meteen terug.

1p 14 Leg uit waarom de strip dan terugschiet.

Het apparaatje is in werkelijkheid slechts enkele millimeters groot. De dikte van het koperen plaatje is maar 60 micrometer.

Voor een goede werking van de batterij heeft men radioactief materiaal uitgekozen waarvan de  $\beta$ -deeltjes een betrekkelijk lage energie hebben.

- 1p **15** Leg uit waarom de batterij minder goed werkt als de uitgezonden  $\beta$ -deeltjes een hoge energie zouden hebben.

Een tweede eis die men aan het radioactieve materiaal stelt, is dat het naast de  $\beta$ -straling geen  $\gamma$ -straling uitzendt.

- 2p **16** Leg uit wat het nadeel is van radioactief materiaal dat ook  $\gamma$ -straling uitzendt.

De microbatterij kan worden gebruikt als voeding voor een pacemaker. Het is dan nuttig dat de batterijen niet vaak vervangen hoeven te worden.

- 1p **17** Leg uit waarom deze microbatterij daar zeer geschikt voor is. Baseer je uitleg op een gegeven uit Binas.



## Opgave 4 Loopbrug

Professor Barrett en twee studenten staan op een loopbrug en bewegen ritmisch op en neer met een bepaalde frequentie. Daardoor komt de hele brug in trilling. Deze situatie is gefilmd. Op de uitwerkbijlage staat een serie beelden uit die film. Bekijk deze beelden (serie 1) voordat je verder leest.

Aan de beweging van de rechervoet van professor Barrett is een videometing gedaan. Het bijbehorende  $(s,t)$ -diagram is in figuur 1 afgedrukt.

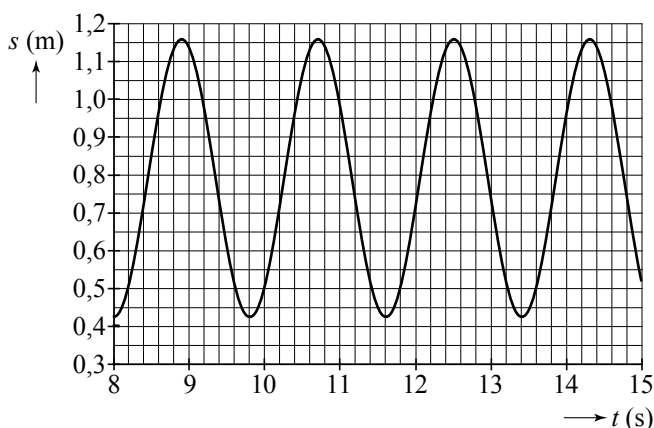
- 2p **18** Bepaal de amplitudo van de trilling die de voet van de professor uitvoert.

De frequentie van de trilling van de voet gelijk is aan 0,56 Hz.

- 2p **19** Toon dat aan met behulp van figuur 1.

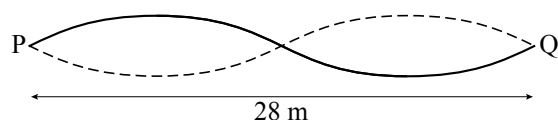
De brug is ook van opzij gefilmd terwijl de professor en de studenten weer met een frequentie van 0,56 Hz op en neer bewegen. Ook van deze film staan op de uitwerkbijlage twee beelden. Bekijk deze beelden (serie 2) voordat je verder leest.

figuur 1



Door de beweging van de professor en de studenten worden in de brug lopende golven opgewekt die tegen de vaste uiteinden P en Q van de brug weerkaatsen. Bij deze frequentie ontstaat dan de staande golf waarvan in figuur 2 de uiterste standen schematisch zijn weergegeven. Deze figuur is niet op schaal. De lengte van de brug is 28 m.

figuur 2



- 3p **20** Bereken de voortplantingsnelheid van de lopende golven in de brug.

Op een andere film bewegen de professor en de studenten met een hogere frequentie op en neer. Op die manier kunnen ze staande golven in de brug opwekken met meer buiken en knopen. Zie figuur 3. Op deze film bewegen zij met een frequentie van 0,84 Hz. Op de uitwerkbijlage zijn de vaste uiteinden P en Q van de brug getekend.

figuur 3



- 3p 21 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de uiterste standen van de staande golf die bij deze frequentie in de brug ontstaat. Licht je tekening toe met een berekening of een redenering.

Aan beide kanten van de brug staat een waarschuwingsbord met de tekst:

*Indien u met meerdere personen tegelijk over deze brug wilt lopen, is het veiliger om uit de pas te lopen! <sup>1)</sup>*

noot 1 Marcherende soldaten lopen *in* de pas. 'Uit de pas lopen' betekent juist niet in de pas lopen.

- 1p 22 Leg uit waarom dat een goed advies is.

# uitwerkbijlage

## serie 1

1



2



3



4



5



6



## serie 2



P•

•Q

ruimte voor een toelichting:

.....

.....

.....

## Opgave 5 Koffiezetapparaat

In veel huishoudens wordt het koffiezetapparaat gebruikt dat in figuur 1 is afgebeeld. Bij dit apparaat wordt heet water door een koffiepad (een zakje fijngemalen koffie) geperst.

figuur 1



Het diagram van figuur 2 laat het elektrisch vermogen van het apparaat zien als functie van de tijd tijdens het zetten van één kopje koffie.

Op  $t = 0$  s begint een verwarmingselement water te verhitten. Op  $t = 60$  s wordt door het indrukken van een knop een pompje ingeschakeld dat ervoor zorgt dat heet water door de koffiepad wordt geperst.

Iemand zet gemiddeld vier kopjes koffie per dag.

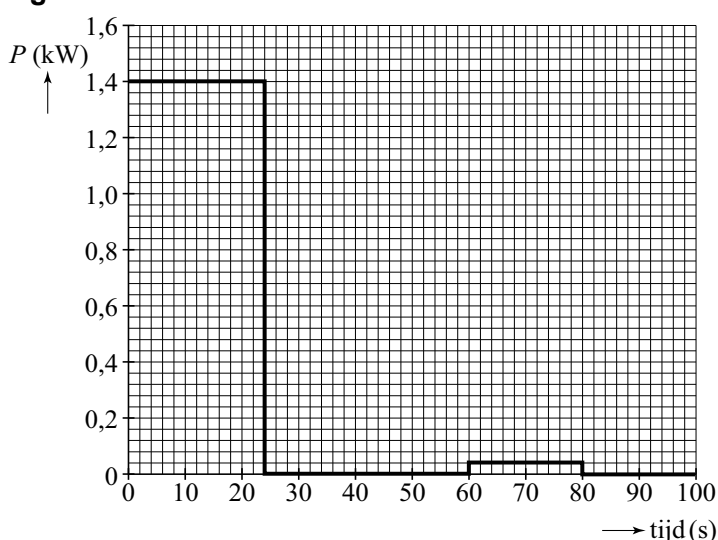
- 4p **23** Bepaal de hoeveelheid elektrische energie in kWh die het koffiezetapparaat per jaar verbruikt.

Het verwarmingselement heeft een vermogen van  $1,40 \cdot 10^3$  W.

De netspanning is 230 V.

- 2p **24** Toon aan dat de weerstand van het verwarmingselement  $37,8 \Omega$  is.

figuur 2



Door slijtage wordt na verloop van tijd de nichroomdraad in het verwarmingselement dunner.

- 3p **25** Beredeneer of hierdoor het elektrisch vermogen van het koffiezetapparaat groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.

Als het verwarmingselement enige tijd aan staat, wordt de temperatuur van de nichroomdraad in het element  $800^\circ\text{C}$ . De draad is van nichroom omdat de weerstand van nichroom bij stijgende temperatuur vrijwel niet toeneemt. In een prototype van het koffiezetapparaat werd in plaats van een nichroomdraad een ijzerdraad gebruikt met dezelfde weerstandswaarde bij  $800^\circ\text{C}$ .

De weerstand van de ijzerdraad is bij  $800^\circ\text{C}$  zes maal zo groot als bij kamertemperatuur.

Bij het inschakelen van dit verwarmingselement ging de zekering kapot. De gebruikte zekering brandt door bij stroomsterktes groter dan 16 A.

- 3p **26** Toon met behulp van een berekening aan dat de zekering in dit prototype doorbrandt bij inschakelen.

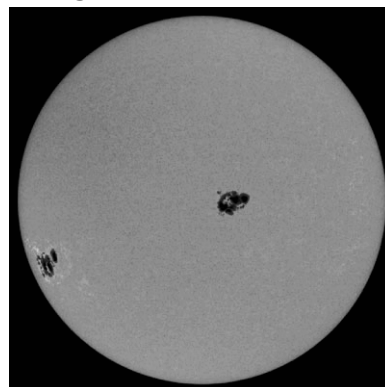


## Opgave 6 Zonnevlekken

Zonnevlekken zijn donkere vlekken op het oppervlak van de zon (zie figuur 1). Deze vlekken worden al eeuwen lang door astronomen bestudeerd.

In figuur 2 zie je hoe een astronoom uit de 17de eeuw een telescoop gebruikt om zonnevlekken op een vel papier af te beelden.

figuur 1



figuur 2



- 1p 27 Wat is de belangrijkste reden om het beeld van de zon op een vel papier te projecteren zoals in figuur 2?
- A Het beeld staat dan rechtop.
  - B Het beeld is dan in kleur.
  - C Dit is veel veiliger dan direct in de telescoop kijken.
  - D Zijn vrouw en kinderen kunnen nu ook meekijken.

Zonnevlekken hebben een effectieve temperatuur die  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$  lager ligt dan de temperatuur van hun directe omgeving.

- 2p 28 Bereken de absolute effectieve temperatuur van een zonnevlek. Gebruik hierbij Binas.

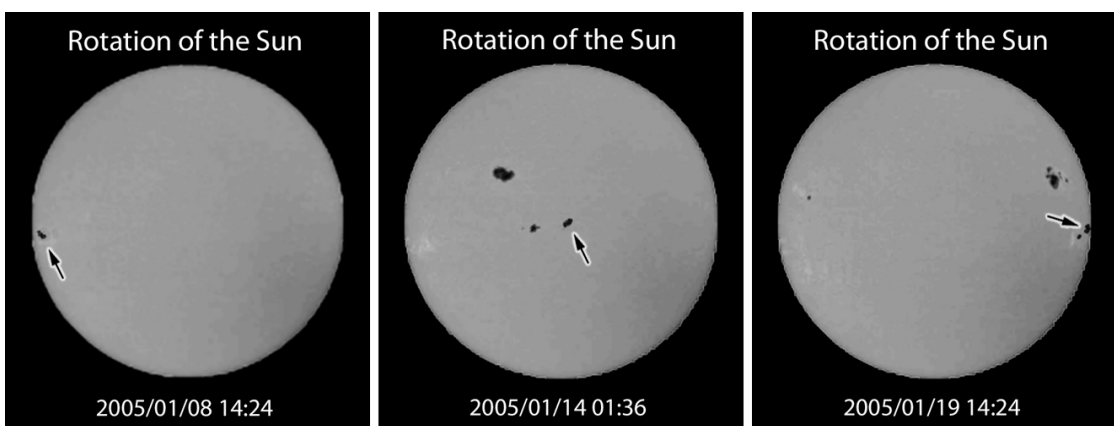
- 3p **29** Leg uit of de kleur van het licht van de zonnevlek blauwer of roder is dan de kleur van het licht uit de directe omgeving.

Het aantal zonnevlekken is een maat voor de activiteit van de zon: hoe meer er te zien zijn, hoe actiever de zon. Op de uitwerkbijlage is te zien hoe het aantal zonnevlekken vanaf het jaar 1900 in de tijd varieert.

- 2p **30** Voorspel met behulp van de grafiek op de uitwerkbijlage of er op dit moment veel of weinig zonnevlekken op de zon te zien zullen zijn.

In figuur 3 zie je dat op 8 januari 2005 een kleine zonnevlek verscheen aan de linkerkant op de evenaar van de zon. De zonnevlek is met een pijltje aangegeven. Op 14 januari was de vlek halverwege en op 19 januari verdween de zonnevlek weer uit beeld.

**figuur 3**



- 4p **31** Bepaal de (baan)snelheid van de kleine zonnevlek. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

## uitwerkbijlage

30

