natuurkunde 1,2

# Examen HAVO

Hoger
Algemeen
Voortgezet
Onderwijs

20 **04**

Tijdvak 1
Dinsdag 25 mei
13.30 – 16.30 uur

**Voor dit examen zijn maximaal 81 punten te behalen; het examen bestaat uit 27 vragen.**
**Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.**
**Voor de uitwerking van de vragen 4, 9, 20, 21, 22, 25 en 26 is een uitwerkbijlage toegevoegd.**

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.

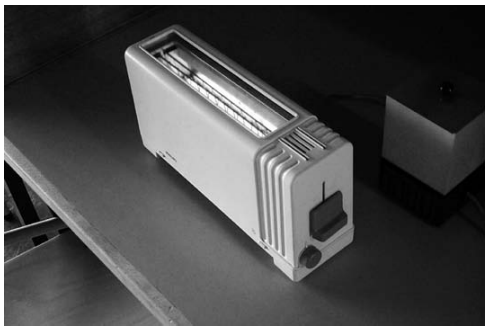


natuurkundeuitgelegd.nl

# Opgave 1 Broodrooster

De broodrooster die in figuur 1 is afgebeeld, heeft twee gloeistaven. Ze bevinden zich aan weerskanten van de gleuf waar de snee brood in komt. In figuur 2 is ingezoomd op een van de twee gloeistaven.

figuur 1



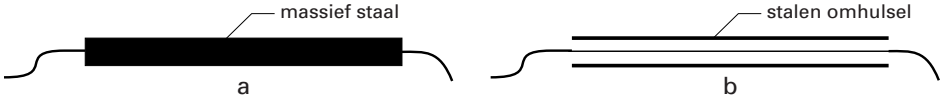
figuur 2

De broodrooster is aangesloten op 230 V en heeft een vermogen van 750 W.
De gloeistaven zijn parallel geschakeld.

4p **1** ☐ Bereken de weerstand van één gloeistaaf. Verwaarloos daarbij de weerstand van de aansluitdraden.

Elke gloeistaaf heeft een dikte (diameter) van ongeveer 0,5 cm en is aan de buitenkant van roestvrij staal. Van buitenaf is niet te zien of de gloeistaaf van massief staal is (mogelijkheid a) of dat zich binnen een stalen omhulsel een veel dunnere gloeidraad bevindt (mogelijkheid b). Zie figuur 3.

figuur 3




Ook zonder het apparaat uit elkaar te halen, is na te gaan welke mogelijkheid (a of b) zich voordoet.

3p **2** ☐ Beschrijf een methode waarmee je kunt aantonen dat de gloeistaven wel of niet van massief staal gemaakt zijn. Gebruik daarbij de formule voor de weerstand van een draad.

Vrij snel na het inschakelen zijn de gloeistaven roodgloeiend. Ze geven dan hun warmte volledig af in de vorm van straling. Tijdens het roosteren hebben de staven een constante temperatuur.
De stralingsenergie die één zo'n gloeistaaf per seconde afgeeft, wordt gegeven door de formule:

$P_{\text{straling}} = 3{,}20 \cdot 10^{-10} \cdot T^4$, waarin $T$ de temperatuur van de gloeistaaf in kelvin is.

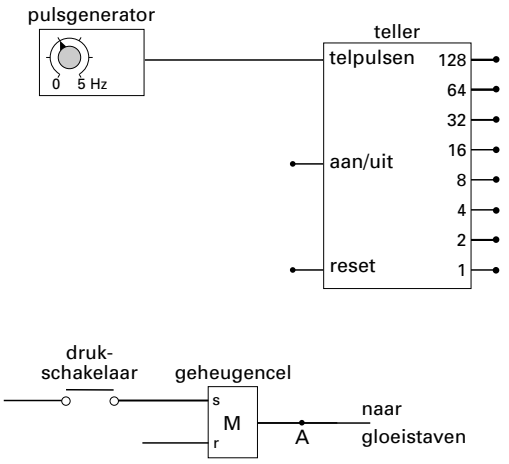
3p **3** ☐ Bereken de temperatuur van een gloeistaaf tijdens het roosteren.



natuurkundeuitgelegd.nl

De broodrooster schakelt na een bepaalde tijd automatisch de stroom door de gloeistaven uit. Dit kan worden nagebootst met een schakeling op een systeembord. In figuur 4 zijn de belangrijkste verwerkers getekend waarmee men deze schakeling kan maken.

figuur 4




Het inschakelen van de broodrooster wordt nagebootst met het indrukken van een drukschakelaar. Als de drukschakelaar even wordt ingedrukt, ontstaat bij de set van de geheugencel even een hoog signaal.
Zolang het signaal bij de uitgang van de geheugencel (A) hoog is, blijven de gloeistaven aan; als het signaal bij A laag is, zijn ze uit.
De pulsgenerator staat ingesteld op een frequentie van 2,0 Hz.
Aan de schakeling worden de volgende eisen gesteld:
- de teller gaat lopen op het moment dat de gloeistaven worden ingeschakeld;
- de gloeistaven moeten na 40 seconde worden uitgeschakeld;
- de teller wordt automatisch gereset op het moment dat de gloeistaven worden uitgeschakeld.
Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

5p **4** ☐ Maak in de figuur op de uitwerkbijlage de schakeling compleet zodat aan bovengenoemde eisen is voldaan.

Men kan de roostertijd langer maken door de frequentie van de pulsgenerator te veranderen. Verder verandert men niets aan de schakeling.

2p **5** ☐ Leg uit of de frequentie van de pulsgenerator dan hoger of lager moet worden.



natuurkundeuitgelegd.nl

## Opgave 2 G-Force

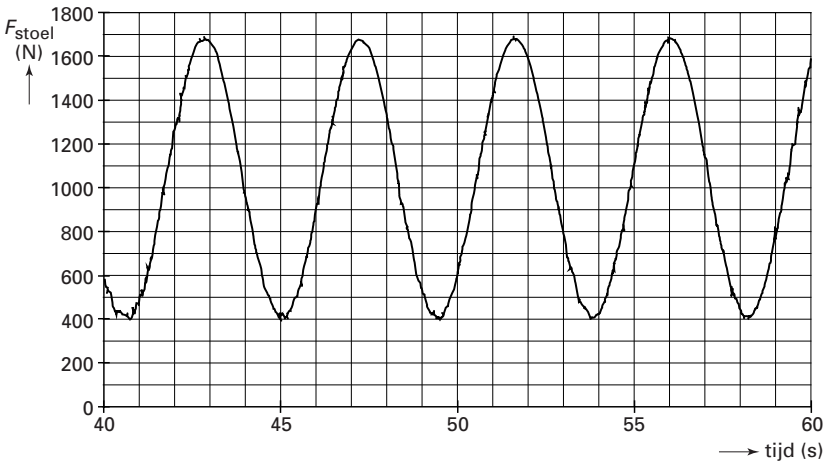
In het pretpark Six Flags staat een attractie met de naam G-Force. Zie figuur 5.
De schuitjes draaien met grote snelheid rond en gaan ondersteboven door het hoogste punt.
De attractie ontleent zijn naam aan de vaktaal van straaljagerpiloten.
De G-force is gedefinieerd als de verhouding van de kracht van de stoel op de piloot en de zwaartekracht die op zijn lichaam werkt:

figuur 5

$$\text{G-force} = \frac{F_{\text{stoel}}}{F_z}$$

Jo zit in een van de stoeltjes en voert een nagenoeg verticale cirkelbeweging met een constante snelheid uit. Tijdens deze beweging wordt de kracht gemeten die het stoeltje op Jo uitoefent.
In figuur 6 is deze kracht ($F_{\text{stoel}}$) voor een aantal rondjes als functie van de tijd weergegeven.

figuur 6




De massa van Jo bedraagt 65 kg.

3p **6** ☐ Bepaal de maximale waarde van de G-force die Jo ondervindt.

Het zwaartepunt van Jo beschrijft een cirkel met een straal van 7,9 m.

3p **7** ☐ Toon aan dat Jo ronddraait met een snelheid van 11 m/s.

Omdat Jo een eenparige cirkelbeweging uitvoert, moet er een constante middelpuntzoekende kracht op hem werken.

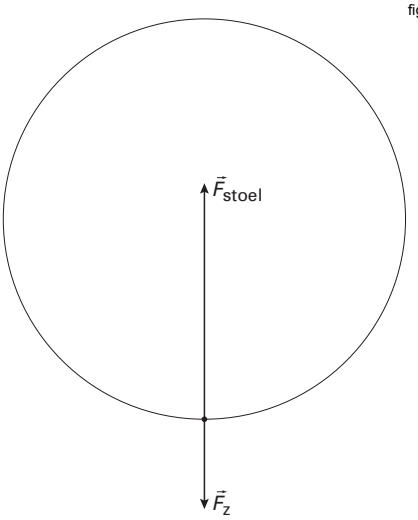
2p **8** ☐ Bereken de benodigde middelpuntzoekende kracht op Jo.



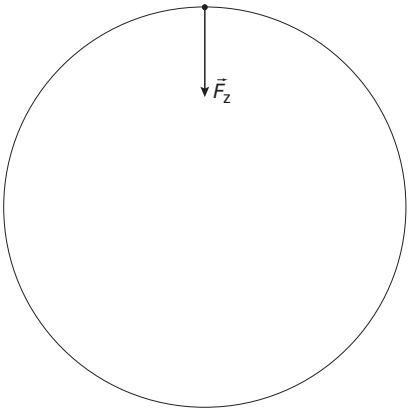
natuurkundeuitgelegd.nl

De middelpuntzoekende kracht is de resultante van de zwaartekracht $\vec{F}_z$ op Jo en de kracht $\vec{F}_{stoel}$ die hij van het stoeltje ondervindt.
In figuur 7 is schematisch de situatie getekend dat Jo zich in het onderste punt bevindt.
De krachten $\vec{F}_z$ en $\vec{F}_{stoel}$ zijn op schaal getekend.
In figuur 8 is schematisch de situatie getekend dat Jo zich in het bovenste punt bevindt.
In deze figuur is alleen $\vec{F}_z$ getekend.

figuur 7




figuur 8




Figuur 7 en 8 staan ook op de uitwerkbijlage.

3p **9** ☐ Teken in de rechter figuur op de uitwerkbijlage de kracht $\vec{F}_{stoel}$ die in het bovenste punt op Jo werkt. Let daarbij op de grootte en de richting.



natuurkundeuitgelegd.nl

## Opgave 3 Dynamo van Clarke

In het midden van de negentiende eeuw zijn de eerste apparaten ontwikkeld waarmee elektrische spanningen konden worden opgewekt.
In figuur 9 is het toestel van Clarke afgebeeld. Het wordt beschouwd als de voorloper van onze dynamo.
De dynamo van Clarke bevat een hoefijzermagneet en twee spoelen die van de ene naar de andere pool van de magneet draaien. Door het grote wiel rond te draaien, worden de twee spoelen via een rubberen band in beweging gebracht.
In figuur 10 is de flux binnen één zo'n ronddraaiende spoel als functie van de tijd weergegeven.
In figuur 11 is de spanning, die in de spoel wordt opgewekt, als functie van de tijd weergegeven.

figuur 9

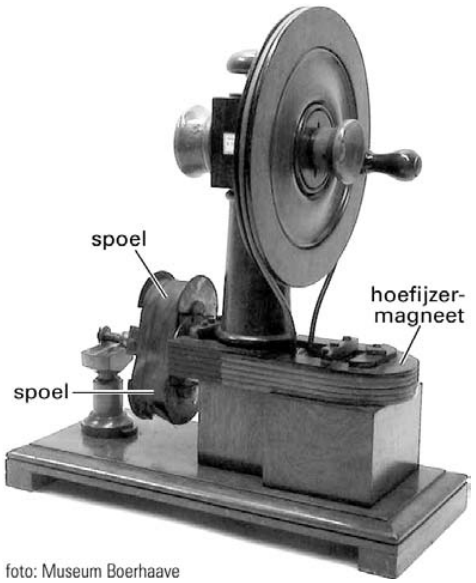
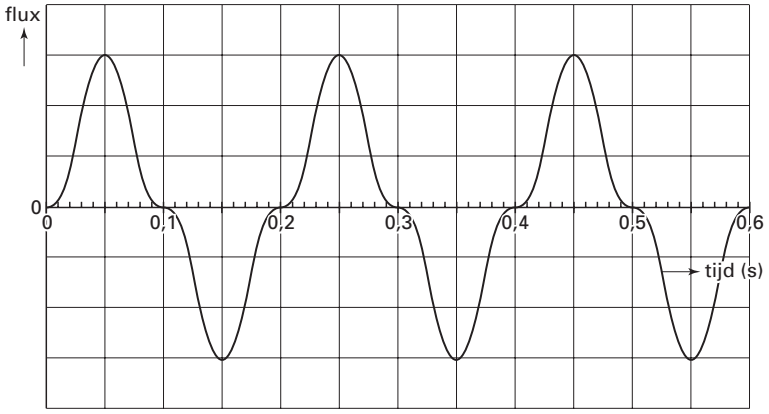
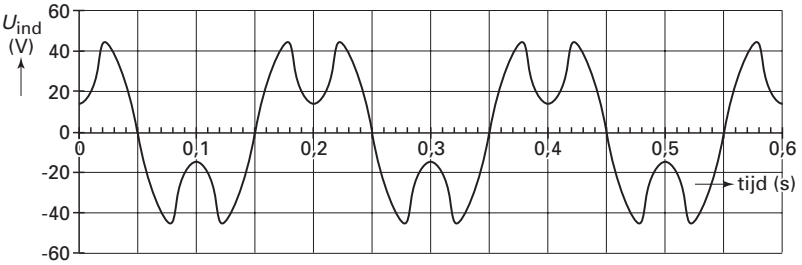



foto: Museum Boerhaave

figuur 10




figuur 11




In figuur 11 is af te lezen dat op het tijdstip $t$ = 0,022 s de spanning voor het eerst maximaal is.

2p **10** ☐ Leg met behulp van figuur 10 uit waarom op dat tijdstip de spanning maximaal is.

Men kan op verschillende manieren de spanning vergroten die in een spoel wordt opgewekt. Daarvoor is het toegestaan om eventueel veranderingen aan te brengen in het apparaat.

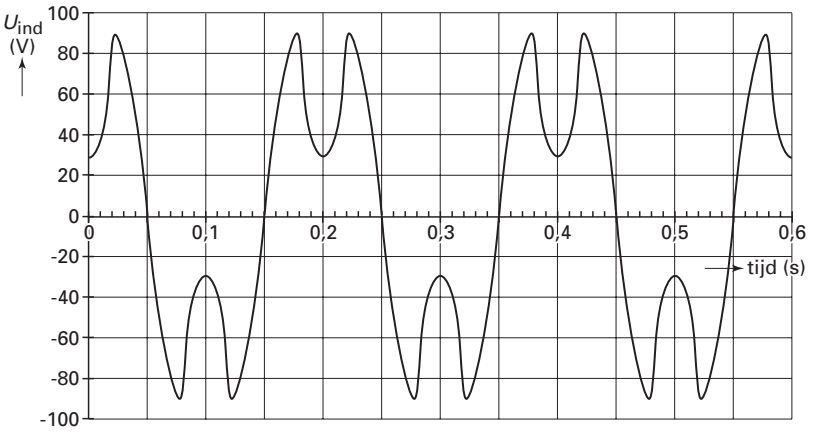
3p **11** ☐ Noem drie manieren.



natuurkundeuitgelegd.nl

De tweede spoel is zo aangesloten dat de spanning die daarin wordt opgewekt de spanning in de andere spoel versterkt.
In figuur 12 is de totale inductiespanning die de dynamo van Clarke opwekt, weergegeven als functie van de tijd.

figuur 12




De inductiespanning is een wisselspanning met een wat vreemd verloop.

3p **12** ☐ Bepaal de frequentie van deze wisselspanning.

Bij een wisselspanning hoort een bepaalde effectieve spanning. Hieronder staan vier beweringen over de effectieve spanning die hoort bij de wisselspanning van figuur 12.

A: $U_{eff} = 0$ V
B: $U_{eff} = 58$ V
C: $U_{eff} = 88$ V
D: $U_{eff} = 176$ V

2p **13** ☐ Welke van deze vier beweringen is juist? Licht je antwoord toe.



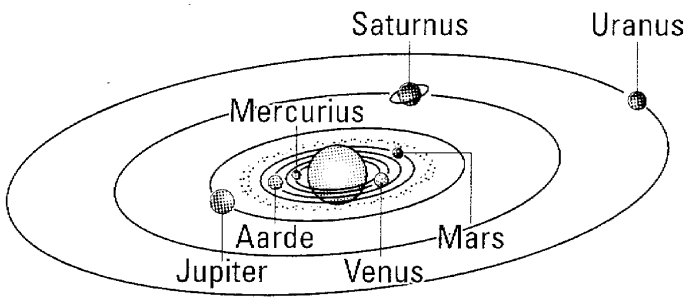
natuurkundeuitgelegd.nl

Lees onderstaand artikel.

artikel

**Kernenergie voor Cassini**

In oktober 1997 is vanaf het Amerikaanse ruimtevaartcentrum Cape Canaveral de Cassini-sonde gelanceerd voor een reis naar de planeet Saturnus. De sonde zal in juli 2004 bij de planeet met de ringen aankomen.
Gedurende vier jaar verblijft de onbemande sonde in een baan om Saturnus. De sonde gaat metingen verrichten die doorgestuurd worden naar de aarde. De Cassini heeft elektrische energie nodig voor de apparatuur. Zonnepanelen zijn daarvoor niet geschikt; de sonde is uitgerust met een zogenaamde RTG.
De afkorting RTG staat voor 'radio-isotope thermo-electric generator'. In de RTG wordt warmte geleverd door radioactief verval van plutonium. Die warmte wordt rechtstreeks omgezet in elektrische energie. De Cassini heeft 33 kg van de isotoop plutonium-238 aan boord. Hiermee wordt gedurende de elf jaar durende missie een vrijwel constant elektrisch vermogen van 885 watt geproduceerd. Het proces van energieopwekking in een RTG wijkt principieel af van dat in een kernreactor.




*naar: NRC Handelsblad, oktober 1997*

De sonde zendt gegevens naar de aarde door middel van radiosignalen. Deze verplaatsen zich met de lichtsnelheid.
Als de sonde bij de planeet Saturnus aankomt, is zijn afstand tot de aarde $1{,}4 \cdot 10^{12}$ m.

3p **14** ☐ Bereken de tijd die de signalen er dan over doen om de aarde te bereiken.

2p **15** ☐ Leg uit waarom zonnepanelen niet geschikt zijn voor de elektriciteitsvoorziening van de Cassini-sonde.

Bij het verval van een plutonium-238-kern komt een hoeveelheid energie vrij van 5,6 MeV.
Daarbij wordt een (klein) deel van de massa van zo'n kern omgezet in energie.
Het plutonium-238 van de Cassini-sonde heeft een activiteit van $2{,}1 \cdot 10^{16}$ Bq.
De verandering van de activiteit gedurende een jaar is te verwaarlozen.

5p **16** ☐ Bereken de massa, uitgedrukt in kilogram, die bij dit verval in 1,0 jaar wordt omgezet in energie.

In de toekomst worden misschien onbemande ruimtereizen uitgevoerd naar naburige sterren. Die ruimteschepen zullen enkele duizenden jaren onderweg zijn.
Tijdens die reizen zal steeds elektriciteit nodig zijn voor de meetapparatuur.
De halveringstijd van plutonium-238 is 88 jaar.

2p **17** ☐ Is bij dergelijke reizen een RTG met plutonium-238 een geschikte bron voor de elektriciteitsvoorziening? Licht je mening toe.

In de laatste zin van het artikel wordt gezegd dat het proces van energieopwekking in een RTG principieel afwijkt van dat in een kernreactor.
De afmetingen van een RTG zijn veel kleiner dan die van een kernreactor.

2p **18** ☐ Noem twee verschillen tussen de wijze van energieopwekking in een RTG en die in een kernreactor.



natuurkundeuitgelegd.nl

## Opgave 5 Springen vanuit stand

Bij basketbaltraining wordt geoefend om vanuit stand zo hoog mogelijk te springen. Van zo'n oefensprong is een opname gemaakt. De filmcamera maakte 25 beeldjes per seconde. In figuur 13 is een aantal beeldjes weergegeven.

figuur 13

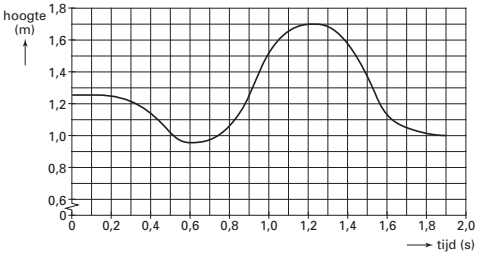
beeldje 1 beeldje 6 beeldje 11 beeldje 16 beeldje 21

beeldje 26 beeldje 31 beeldje 36 beeldje 41 beeldje 46

2p **19** ☐ Bereken de tijd tussen beeldje 1 en beeldje 6. Verwaarloos daarbij de belichtingstijd van elk beeldje.

Met behulp van de film is de hoogte van het zwaartepunt van de springer als functie van de tijd vastgelegd. Zie figuur 14.
Deze figuur is op de uitwerkbijlage vergroot weergegeven.
Op beeldje 1 ($t$ = 0 s) staat de springer rechtop, terwijl hij op beeldje 16 zo ver mogelijk door zijn knieën gezakt is.
Zijn zwaartepunt bevindt zich dan in het laagste punt.

figuur 14




2p **20** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage hoever het zwaartepunt van de springer hierbij is gedaald.

Op het tijdstip $t$ = 0,90 s komt de springer los van de grond.

3p **21** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zo nauwkeurig mogelijk de snelheid op dat tijdstip.

Tijdens het afzetten voor de sprong verricht de springer arbeid. Deze arbeid is gelijk aan de toename van zijn zwaarte-energie tussen het laagste punt en het hoogste punt.
De springer heeft een massa van 76 kg.
Neem aan dat de afzet duurt van het tijdstip $t$ = 0,60 s totdat hij loskomt van de grond.

5p **22** ☐ Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het gemiddelde vermogen van de springer tijdens de afzet. Geef de uitkomst in twee significante cijfers.

Om blessures te voorkomen, zakt een springer bij het neerkomen ver door zijn knieën.

3p **23** ☐ Leg uit waarom het verstandig is dat hij dan door zijn knieën zakt. Baseer je uitleg op de relatie $\Delta E_k = Fs$.

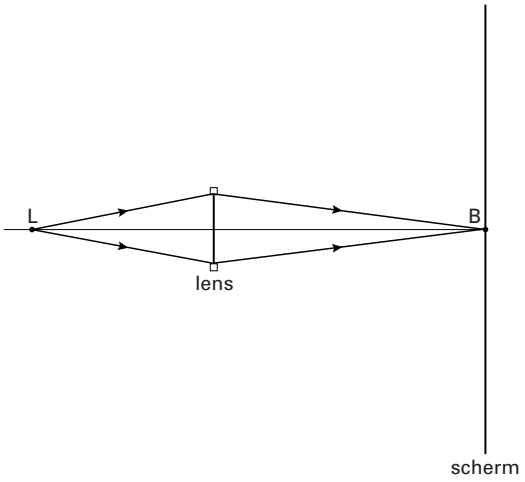


natuurkundeuitgelegd.nl

## Opgave 6 Schaduw?

Van een lampje L wordt met behulp van een lens een scherp beeld B op een scherm gemaakt. In figuur 15 is deze situatie schematisch weergegeven.

figuur 15

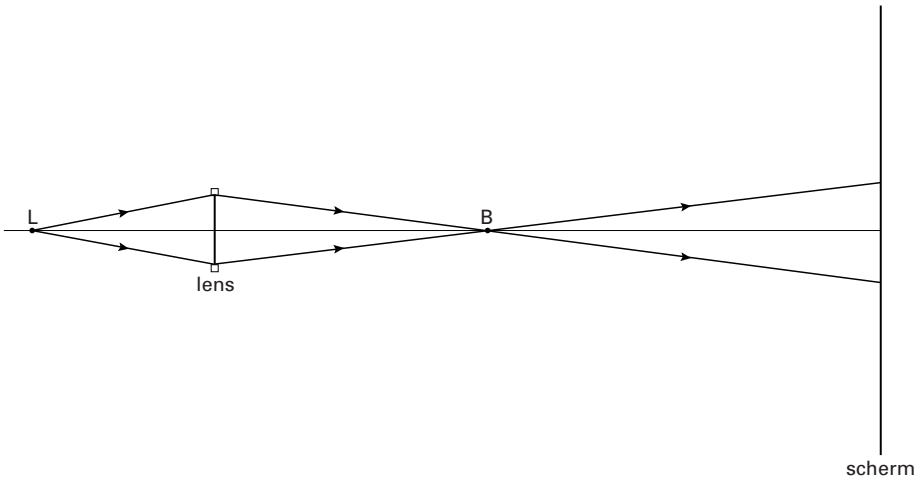



De tekening is op een schaal van 1:10.

4p **24** ☐ Bepaal met behulp van figuur 15 de brandpuntsafstand van de lens.

Vervolgens wordt het scherm naar rechts verschoven. Zie figuur 16.

figuur 16




Omdat in deze situatie de lichtstralen na het beeldpunt B verdergaan, ontstaat op het scherm een ronde lichtvlek. Als het scherm nog verder naar rechts verschoven wordt, neemt de diameter van de lichtvlek toe.

Figuur 16 staat ook op de uitwerkbijlage.

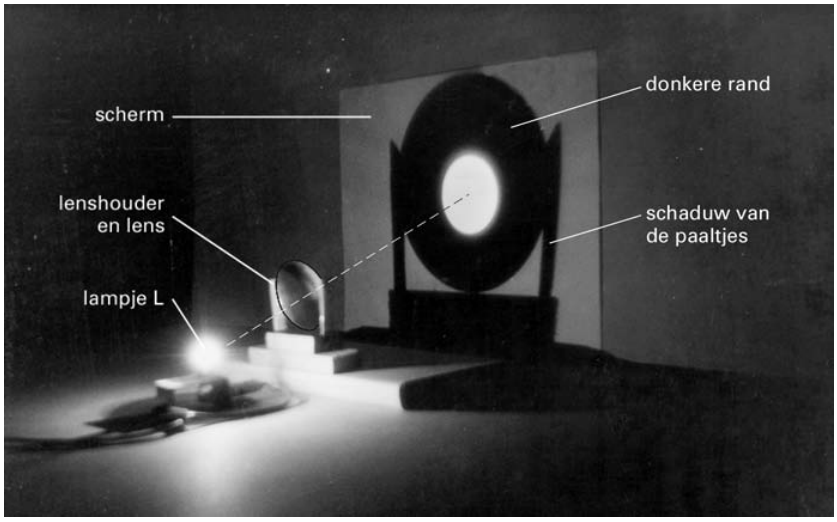
3p **25** ☐ Bereken of bepaal in de figuur op de uitwerkbijlage de afstand tussen de lens en het scherm als de ronde lichtvlek een diameter heeft die twee keer zo groot is als de diameter van de lens.



natuurkundeuitgelegd.nl

Van de situatie die in figuur 16 is weergegeven, is een opstelling gemaakt. Figuur 17 is een foto van die opstelling. In de foto is met een dun stippellijntje de hoofdas van de lens aangegeven.

figuur 17




Op het scherm is een ronde lichtvlek met een brede, donkere rand te zien.
De lenshouder bestaat uit twee paaltjes.
De schaduw van deze paaltjes op het scherm is duidelijk te zien.
Figuur 16 staat ook op de uitwerkbijlage. Deze figuur is een bovenaanzicht van de situatie op de foto. De paaltjes zijn met vierkantjes aangegeven.

4p **26** ☐ Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de schaduw van de paaltjes op het scherm en geef bij het scherm aan:
- waar zich de schaduw van de paaltjes bevindt;
- waar zich de donkere rand bevindt;
- waar zich de lichtvlek bevindt.

Als we in de situatie van figuur 16 toch een scherp beeld van het lampje op het scherm willen zien, zouden we de lens moeten vervangen door een andere.

3p **27** ☐ Leg uit of we in dat geval een sterkere of een zwakkere lens moeten kiezen.

**Einde**

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