

EXAMEN VOORBEREIDEND WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN 1983

Dinsdag 10 mei, 9.00–12.00 uur

NATUURKUNDE

Dit examen bestaat uit vier opgaven
Bijlage: 1 antwoordpapier



Benodigde gegevens kunnen worden opgezocht in het tabellenboek Binas.
Het is de bedoeling dat van tabel 7 de tussen haakjes geplaatste, afgeronde waarden gebruikt worden.

1. DE CENTRALE VERWARMING.

Veel huizen zijn uitgerust met een gasgestookte centrale verwarming. Een uitgebreid buizenstelsel verbindt de ketel met de radiatoren. Een elektrisch aangedreven pomp doet het water in ketel, buizen en radiatoren circuleren.

In de verwarmingsinstallatie van de heer De Vries is een circulatiepomp opgenomen, aangedreven door gelijkstroom. Op de pomp staat vermeld: 24 V; 4,0 A.

- a. 1. Bereken het elektrische vermogen van de circulatiepomp.

Om energie te besparen schakelt de heer De Vries gedurende 4 zomermaanden de centrale verwarming uit. Ook de circulatiepomp wordt uitgeschakeld.
De prijs van elektrische energie bedraagt 20 cent per kWh.

2. Bereken hoeveel geld de heer De Vries bespaart door het uitschakelen van de circulatiepomp.

Uit de meterstanden berekent de heer De Vries dat zijn verwarmingsketel $3,87 \text{ m}^3$ aardgas verbruikt per uur bedrijfstermijn.

Het aardgas wordt geleverd onder een druk van 103 kPa ($1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$) en een temperatuur van 15°C .

Bij verbranding van $1,00 \text{ m}^3$ aardgas van 273 K en 101 kPa komt $30 \cdot 10^6 \text{ J}$ vrij.

- b. Bereken het thermisch vermogen van de brander.

Het ketelrendement bedraagt 82%. Van alle bij de verbranding vrijkomende energie wordt dus 82% overgedragen aan het circulatiewater.

- c. Noem twee redenen waarom bij de verbranding van aardgas in de ketel het rendement niet 100% bedraagt.

De ketel brandt enige tijd.

Het warme water dat uit de ketel vertrekt heeft een temperatuur van 84°C . Het koudere retourwater heeft een temperatuur van 65°C .

- d. Bereken hoeveel kg water per seconde door de ketel wordt gepompt.

De ketel van de heer De Vries heeft een „waakvlam”: dat is een kleine vlam die voortdurend brandt. Bij het aanslaan van de ketel wordt het uitstromende gas door deze waakvlam ontstoken.

In de gasleiding is een beveiliging aangebracht: als de waakvlam door één of andere oorzaak dooft, wordt korte tijd later de gastoevoer naar de ketel volledig afgesloten door een wekijzeren klep. In figuur 1 is schematisch de bouw van deze beveiliging getekend. De beweging van de klep wordt bestuurd door een thermokoppel.

Een thermokoppel bestaat in principe uit een stroomkring waarin twee draden van verschillende metaal zijn opgenomen. Zie figuur 2. In de schakeling van figuur 2 loopt een stroom als de plaatsen waar de twee metalen met elkaar verbonden zijn, een verschillende temperatuur hebben. Deze stroom wordt veroorzaakt door een potentiaalverschil in de keten. Dit potentiaalverschil, ook thermospanning genoemd, neemt toe als het temperatuurverschil tussen de contactplaatsen groter wordt.

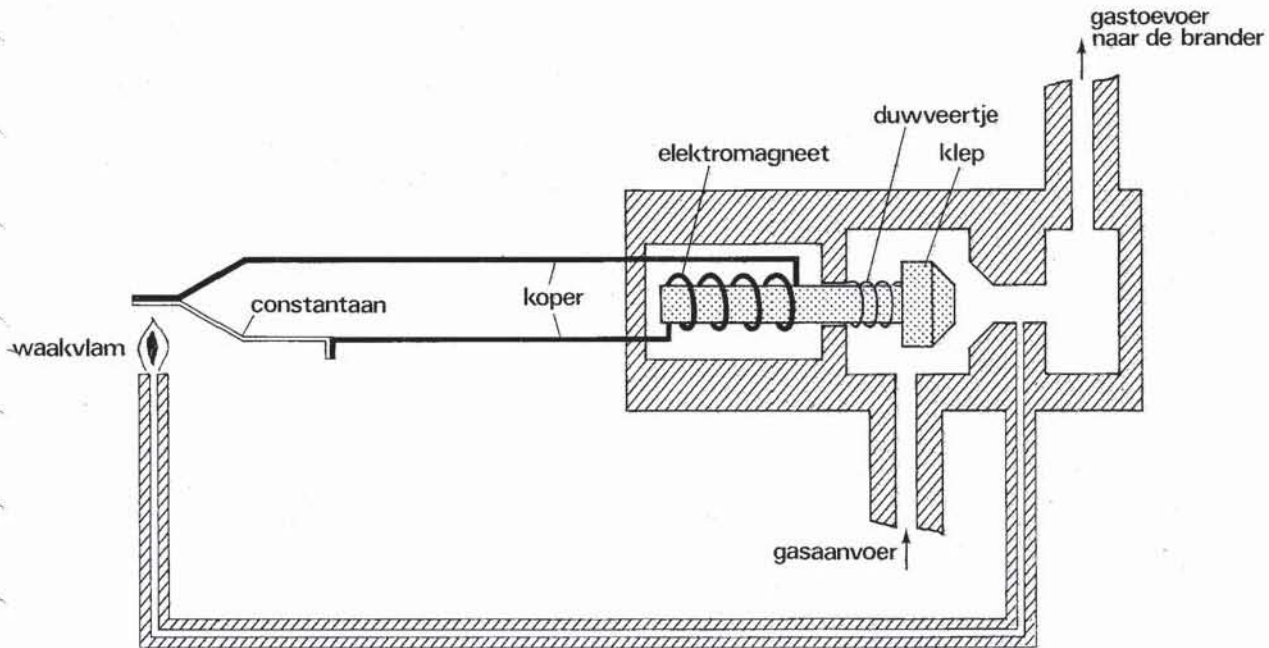
- e. Leg uit wat er in de beveiliging gebeurt als de waakvlam dooft.

In de gebruikte beveiliging is de lengte van de constantaandraad 0,45 m. De totale lengte van de koperdraad is 1,2 m. Beide draden hebben een doorsnede van $4,0 \text{ mm}^2$.

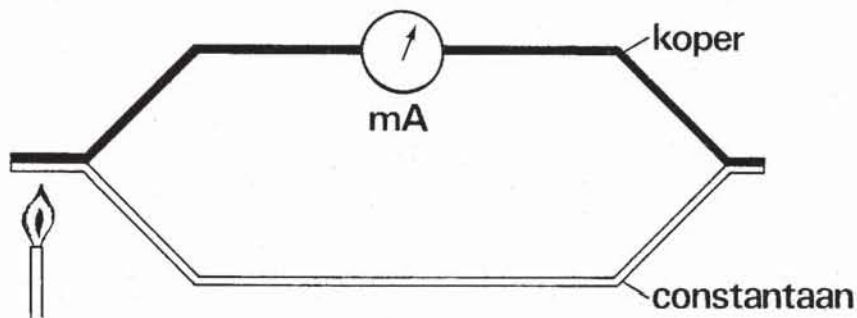
Als de waakvlam brandt, bedraagt de thermospanning 32 mV.

De weerstandsverandering ten gevolge van de hogere temperatuur van de ene contactplaats dient te worden verwaarloosd.

f. Bereken de stroomsterkte in de spoel als de waakvlam brandt.



figuur 1



figuur 2

2. DE BLOEDSOMLOOP.

In het menselijk lichaam pompt het hart bloed rond. In figuur 3 is schematisch de bloedsomloop voorgesteld. Het bloed wordt vanuit de linkerkamer (L) door een buizenstelsel (slagaders en aders) via de rechterboezem naar de rechterkamer (R) gepompt. Van de rechterkamer stroomt het bloed via de longen en de linkerboezem terug naar de linkerkamer (de kleine bloedsomloop).

De snelheid waarmee het bloed door een bloedvat stroomt kan met de hieronder beschreven methode worden gemeten. Daarbij nemen wij ter vereenvoudiging aan dat de snelheid van het bloed v op alle plaatsen in een doorsnede van een bloedvat even groot is en niet met de tijd verandert.

Men maakt gebruik van het feit dat in het bloed positieve en negatieve ionen aanwezig zijn. Loodrecht op de bloedstroom in een bloedvat wordt een magnetisch veld aangebracht.

Zie figuur 4. In de figuur is de richting van de bloedstroom aangegeven. Tussen de punten P en Q, gelegen aan weerszijden van het bloedvat, ontstaat een potentiaalverschil waarvan de grootte afhangt van de snelheid van het bloed.

- a. Beredeneer welk punt, P of Q, de hoogste potentiaal krijgt.

Aangetoond kan worden dat voor de grootte van het potentiaalverschil tussen P en Q geldt:

$$V_{PQ} = 2 \cdot B \cdot v \cdot R$$

Hierin is: B de magnetische veldsterkte
 v de snelheid van het bloed
 R de straal van het bloedvat.

- b. Controleer deze vergelijking aan de hand van een eenhedenbeschouwing.

Men verricht metingen aan de aorta van een volwassen mens. De doorsnede van de aorta kan bij benadering als cirkelvormig en constant worden opgevat. Deze doorsnede D bedraagt $4,0 \text{ cm}^2$. Als de magnetische veldsterkte $0,15 \text{ T}$ bedraagt, meet men een potentiaalverschil van $0,68 \text{ mV}$.

- c. Toon aan dat door het hart 80 cm^3 bloed per seconde in de aorta wordt gepompt.

De hoeveelheid bloed die per seconde rondgepompt wordt, hangt onder meer af van het drukverschil dat het hart onderhoudt tussen A en B. Zie figuur 3. Het drukverschil tussen die punten A en B bedraagt 15 kPa .

- d. Bereken het vermogen dat het hart moet ontwikkelen om het bloed van A naar B te pompen.

In werkelijkheid is de doorsnede van de slagaders niet constant: telkens als door samen-trekking van de linker-hartkamer bloed in de aorta wordt gedreven, neemt de druk toe en worden de elastische wanden van de slagaders opgerekt.

Deze oprekking en druktoename vindt echter niet gelijktijdig over de gehele lengte van de slagaders plaats, maar plant zich als een golf voort. We spreken van een „polsgolf”.

Bij benadering geldt voor de golfsnelheid van zo'n polsgolf:

$$c = \sqrt{\frac{D}{\rho} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta D}}$$

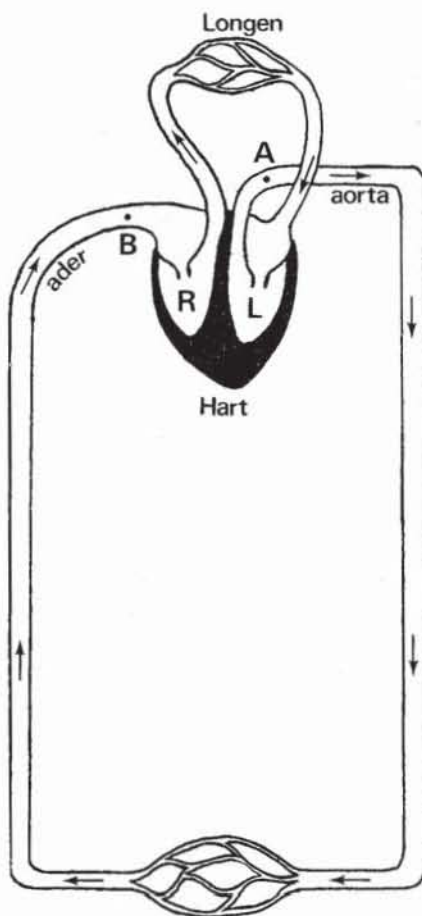
Hierin is: c de snelheid van de polsgolf
 ρ de dichtheid van bloed ($1,06 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 D de doorsnede van het bloedvat
 p is de bloeddruk; dit is de druk die het bloed op de wand van het vat uitoefent.

Bij een volwassen mens is de snelheid van de polsgolf in de aorta gemiddeld $6,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tijdens de samentrekking van de linkerkamer varieert de bloeddruk in de aorta tussen 119 kPa en 113 kPa.

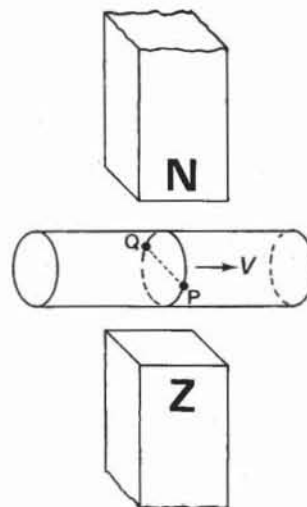
e. Bereken de verwijding ΔD van de aorta.

Door ziekte, of door het ouder worden, worden de bloedvaten minder elastisch.

f. Leg uit welke invloed dat heeft op de snelheid van de polsgolf.



figuur 3



figuur 4

3. SPECTRA VAN STERREN.

Het intensiteitsverloop in een sterspectrum kan worden opgemeten met een spectrobolometer. Zie figuur 5. Hierin wordt met een spleet, twee lenzen en een prisma een spectrum ontworpen. De straling op één plaats in het spectrum wordt opgevangen door een zeer dunne, gezwarte platinadraad.

Deze draad is als weerstand R_4 opgenomen in de schakeling van figuur 6. Men beweegt de platinadraad R_4 eenparig langs het spectrum.

Intensiteitsverschillen in het spectrum resulteren in verschillen in de uitslag van de (ideale) voltmeter.

De weerstanden R_1 en R_2 zijn volkomen gelijk. Weerstand R_3 is ook een gezwarte platinadraad, identiek aan de platinadraad die R_4 vormt. De weerstanden R_1 , R_2 en R_3 zijn in het donker geplaatst.

- a. 1. Leg uit dat de uitslag van de voltmeter nul is als er geen straling via de spleet in de spectrobolometer wordt toegelaten.
2. Leg uit welk van de punten A en B de hoogste potentiaal heeft als R_4 wel door sterlicht bestraald wordt.

Voor het prisma in de spectrobolometer kan men kiezen tussen twee exemplaren, die uiterlijk gelijk zijn, maar van verschillende glassoorten gemaakt zijn. In figuur 7 is voor de twee glassoorten (I en II) de brekingsindex als functie van de golflengte van het doorvallende licht weergegeven.

- b. Leg uit of men beter het prisma van glassoort I of dat van glassoort II in de spectrobolometer kan gebruiken, als men een zo lang mogelijk spectrum wenst.

Een open sterhoop is een verzameling van soms enige honderden dichtbijeenstaande sterren. In figuur 8 is het Hertzsprung-Russelldiagram van een aantal sterren uit de sterhoop Perseï getekend. We gaan de sterren α (een rode superreus) en β (een rode dwerg) met elkaar vergelijken. Deze sterren hebben dezelfde effectieve temperatuur.

- c. Bepaal de verhouding van de middellijnen van de sterren α en β .

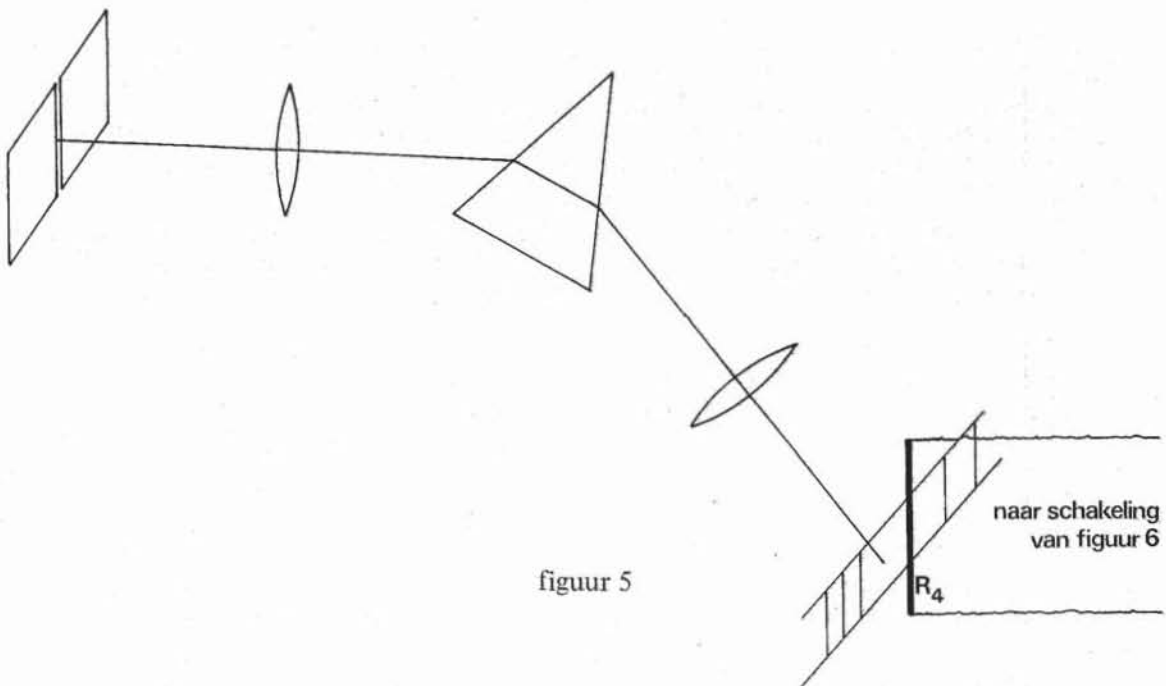
In het spectrum van ster β zijn de Ca- en Ca^+ -absorptielijnen ongeveer even sterk, terwijl de sterkte van de Fe-absorptielijnen geheel verschillend is van de sterkte van de Fe^+ -absorptielijnen.

- d. Leg met behulp van tabel 22 uit het BINAS-boek uit of in het spectrum van de ster β de Fe- of de Fe^+ -absorptielijnen het sterkst zullen zijn.

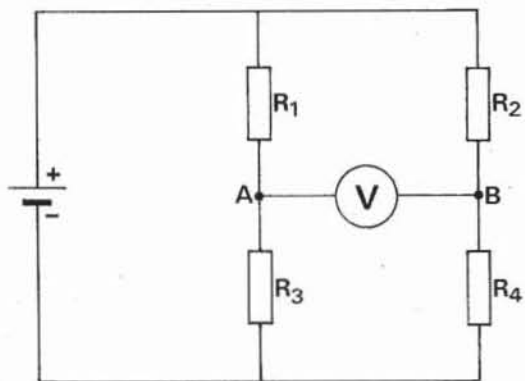
De dichtheid van de absorberende buitenste lagen van ster α is zeer veel kleiner dan die van ster β . In het spectrum van ster β is de sterkte van een bepaalde Ca-absorptielijn even groot als de sterkte van een bepaalde Ca^+ -absorptielijn.

Noch in het spectrum van ster α , noch in het spectrum van ster β komen Ca^{2+} -ionen voor. Men vergelijkt nu ook de sterkte van de overeenkomstige Ca-absorptielijn en Ca^+ -absorptielijn in het spectrum van de ster α .

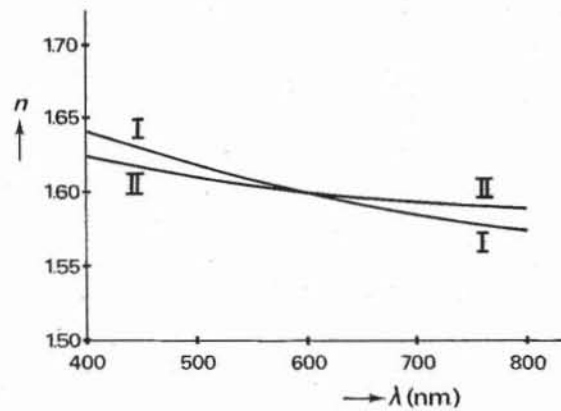
- e. Leg uit welke absorptielijn (die van Ca of die van Ca^+) in het spectrum van ster α het sterkste is.



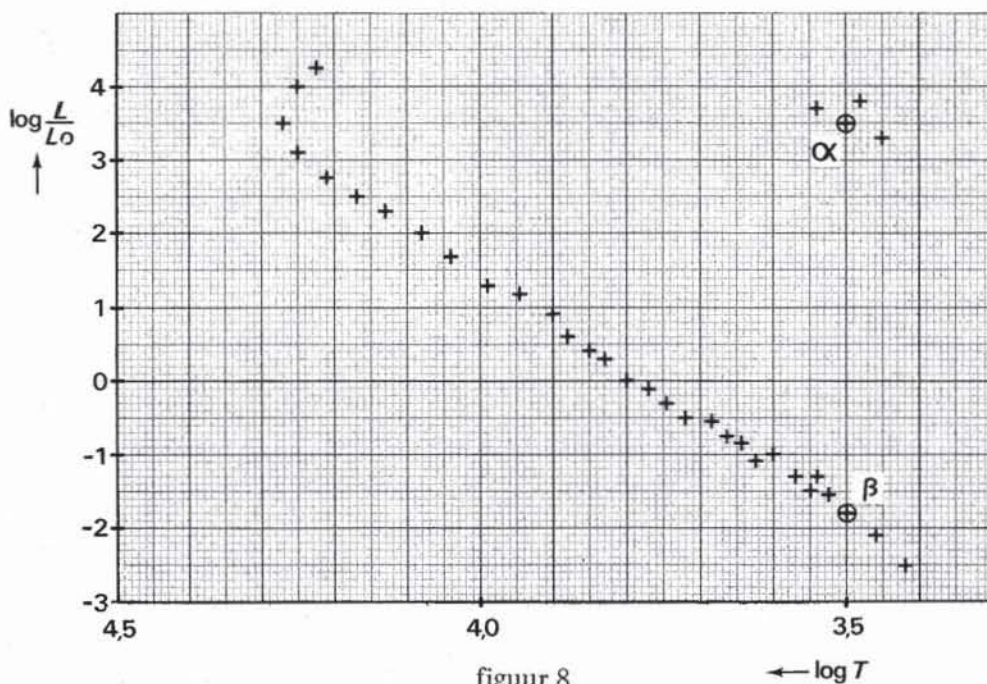
figuur 5



figuur 6



figuur 7



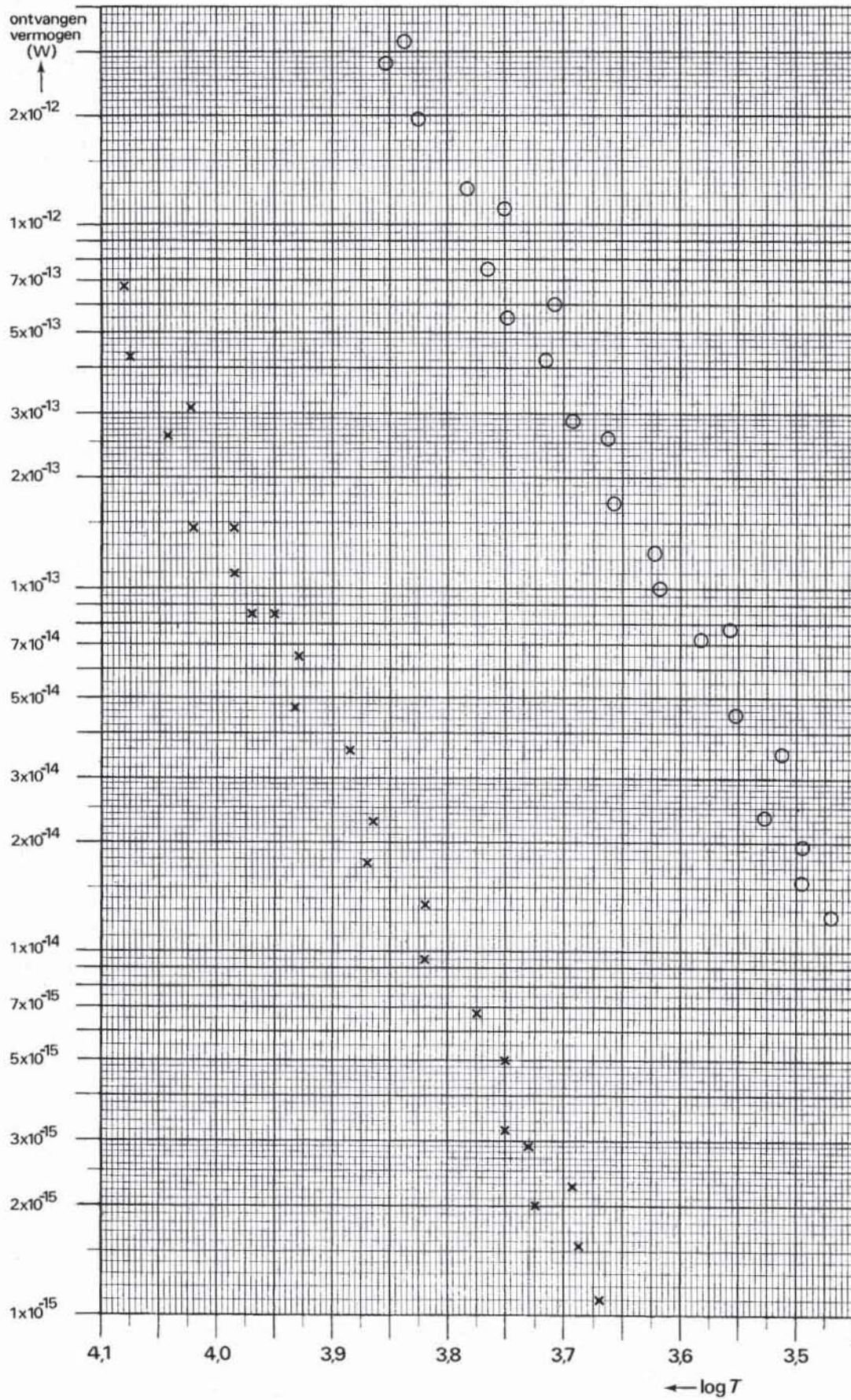
figuur 8

Met een sterrekijker onderzoekt men sterren van de sterhoop Perseï en van de sterhoop Praesepe. Men meet van vele sterren van beide sterhopen het vermogen dat door de kijker ontvangen wordt. Ook bepaalt men uit de spectra van deze sterren hun effectieve temperatuur. In figuur 9 zijn de resultaten van een gedeelte van deze metingen (na correctie voor absorptie door de aardse atmosfeer) weergegeven. De sterren van de sterhoop Perseï zijn met kruisjes aangegeven, die van Praesepe met rondjes.

- f. Hoe blijkt door vergelijking van figuur 9 met het Hertzsprung-Russelldiagram uit het BINAS-boek, dat de sterren van de sterhoop Praesepe waarvan hier de metingen zijn weergegeven, geen witte dwergen en geen reuzen zijn?

Neem aan dat alle metingen betrekking hebben op hoofdreekssterren. De sterhoop Perseï staat op $6,8 \cdot 10^{19}$ m van de aarde.

- g. Bepaal op welke afstand van de aarde de sterhoop Praesepe zich bevindt.



figuur 9

4. DE SPIEGELREFLEXCAMERA.

Deze opgave betreft een spiegelreflexcamera van het in figuur 10 geschetste type. Achter de lens van de camera bevinden zich een diafragma A, de film B, een opklapbare spiegel S, een matglas M en een sluitert. Deze sluitert is opgebouwd uit twee gordijnen G_1 en G_2 . Bij het instellen van de camera houdt de fotograaf het toestel voor zijn buik en kijkt van boven op het matglas. Op het matglas ziet hij het beeld dat de lens vormt en dat door S op het matglas wordt gespiegeld. Als de fotograaf afdrukt, klapt de spiegel weg en valt het licht op het eerste sluitergordijn G_1 . Dit gordijn wordt vervolgens weggeschoven zodat de film belicht wordt.

Vlak na het in beweging komen van G_1 begint sluitergordijn G_2 af te rollen en dekt zo de film weer af. Tijdens de opname kan het licht dus via een spleet tussen G_1 en G_2 de film belichten. Zie figuur 11.

De fotograaf maakt een foto van een klok. Bij de opname gebruikt hij een lens met een brandpuntsafstand van 7,5 cm. De wijzerplaat heeft in werkelijkheid een diameter van 30 cm. De in figuur 12 afgedrukte foto heeft dezelfde afmetingen als het belichte vlak op de film B.

- a. 1. Bepaal de vergroting bij de beeldvorming door de cameralens.
2. Bereken de afstand tussen de klok en de film tijdens de opname.

Om een juist belichte film te krijgen, moeten sluitertijd en diafragma worden ingesteld. De tijdsduur gedurende welke een willekeurig punt van de film belicht wordt, noemt men de sluitertijd.

De grootte van de cirkelvormige opening in het diafragma A bepaalt de hoeveelheid licht die de camera binnenkomt. De diafragma waarde D is gedefinieerd als:

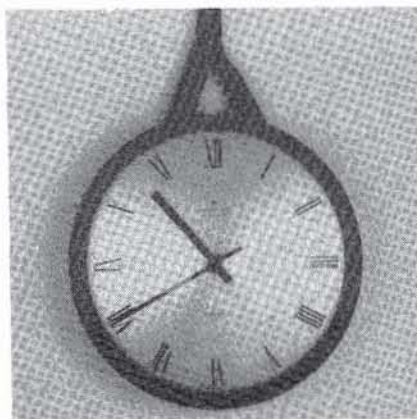
$$D = \frac{f}{d}$$

Hierin is f de brandpuntsafstand van de lens en d de diameter van de cirkelvormige opening van het diafragma.

Voor een juist belichte opname van de klok moet de fotograaf bij $D = 3,5$ een sluitertijd van 4,0 ms kiezen.

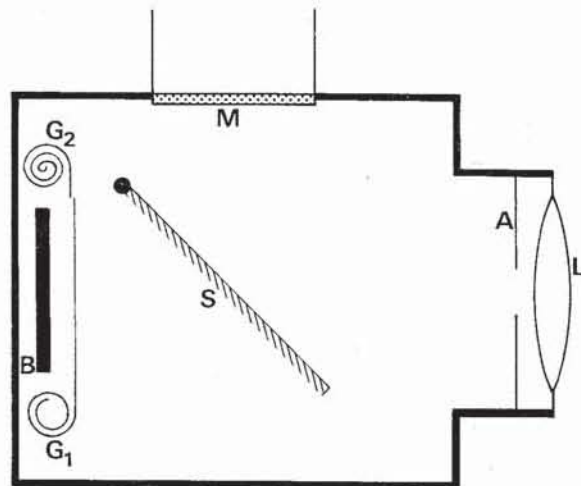
De fotograaf maakt onder gelijke omstandigheden een tweede opname van de klok waarbij $D = 8,0$.

- b. Bereken de sluitertijd die nodig is voor een opname die precies gelijk belicht is als de vorige.



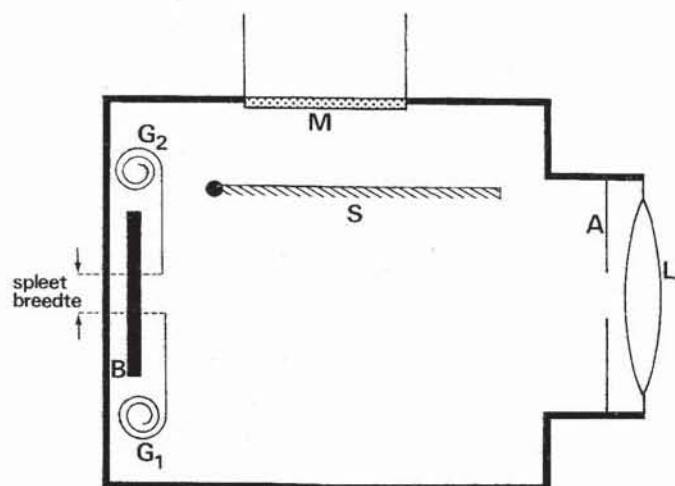
figuur 12

A oog



figuur 10

A oog

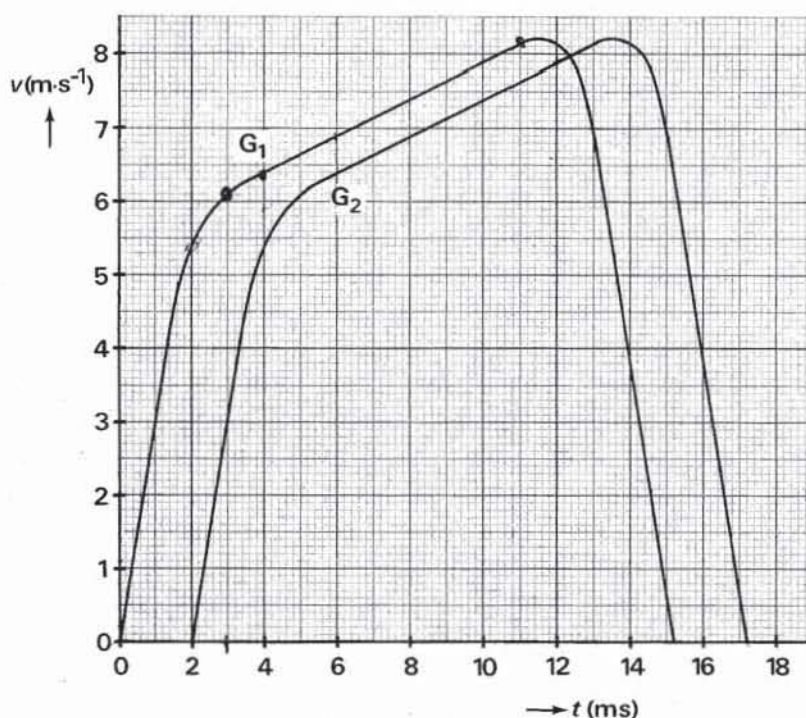


figuur 11



Voor de opname plaats vindt sluiten de randen van de gordijnen G_1 en G_2 precies aan. Zodra G_1 begint weg te schuiven ontstaat er dus direct een spleet tussen G_1 en G_2 . Het tijdstip waarop gordijn G_1 tijdens de opname begint te bewegen, noemen we $t = 0$. De rand van G_1 passeert op $t = 3,0$ ms de bovenrand van de film en op $t = 11,0$ ms de onderrand. Het toestel is nu zo ingesteld dat gordijn G_2 op $t = 2,0$ ms start. Het snelheidsverloop van G_2 is identiek aan dat van G_1 . In figuur 13 is het snelheidsverloop van G_1 en G_2 tijdens zo'n opname weergegeven.

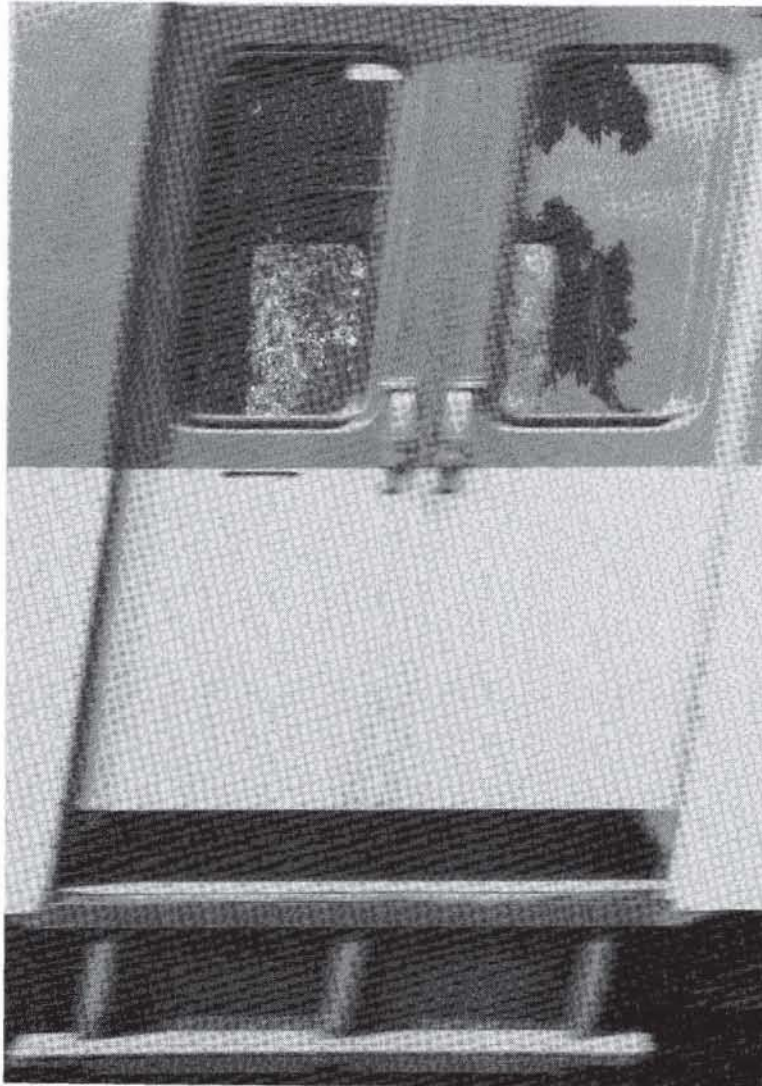
- c. Bepaal de versnelling van G_1 op $t = 2,0$ ms. Gebruik het antwoordpapier om het antwoord toe te lichten.
- d. 1. Is de spleetbreedte op $t = 8,0$ ms verschillend van die op $t = 6,0$ ms? Licht het antwoord toe.
2. Leg uit of bij de beschreven beweging van de gordijnen G_1 en G_2 alle punten van de film even lang belicht worden.



figuur 13

De fotograaf stelt een zeer korte sluitertijd in. Hierdoor zal G_2 op een eerder tijdstip dan 2,0 ms starten. De spleetbreedte is dus zeer klein. Met het aldus ingestelde toestel fotografeert hij van dichtbij een snel passerende trein. Het vlak van de film staat tijdens de opname verticaal en evenwijdig aan de spoorrails. Zoals in figuur 14 te zien is, is het beeld op de foto sterk vertekend.

- e. 1. Leg uit hoe het komt dat *verticale* lijnen op de passerende trein op de foto *scheef* staan.
2. Leg uit of de trein naar rechts of naar links rijdt.



figuur 14

EINDE