

EXAMEN VOORBEREIDEND WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN 1983

Vrijdag 17 juni, 9.00–12.00 uur

NATUURKUNDE

Dit examen bestaat uit 4 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. Botsende karren.

Over een horizontale baan rijden twee karren in dezelfde richting. De wrijving die de karren ondervinden is te verwaarlozen. Kar 1 rijdt voorop met snelheid $v_1 = 0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Achter op deze kar is een blokje van zacht materiaal bevestigd. Kar 2 (massa $0,90 \text{ kg}$) rijdt met snelheid $v_2 = 0,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ achter kar 1 aan. Voor op kar 2 is een naald bevestigd. De massa's van het blokje en van de naald worden verwaarloosd. Op een bepaald tijdstip is de punt van de naald $1,30 \text{ m}$ van het blokje van kar 1 verwijderd. Zie figuur 1.

- a. Bereken hoe lang het nog duurt voordat de naald van kar 2 het blokje zacht materiaal van kar 1 treft.

De botsing begint op tijdstip t_1 en eindigt op tijdstip t_2 .

De naald heeft zich dan over een afstand $\Delta x = 1,2 \text{ cm}$ in het blokje geboord. De karren rijden daarna samen met constante snelheid verder.

In figuur 2 is het verloop van de snelheid van elk der karren weergegeven vanaf enige tijd voor tot enige tijd na de botsing. Een driehoek tussen de beide grafieken is gearceerd.

- b. Bepaal de massa van kar 1.

- c. 1. Toon aan dat Δx ook gelijk is aan de oppervlakte van de gearceerde driehoek.

2. Bepaal de duur van de botsing.

- d. 1. Leid uit figuur 2 af dat de krachten, die de karren tijdens de botsing op elkaar uitoefenen, constant zijn.

2. Bereken deze krachten.

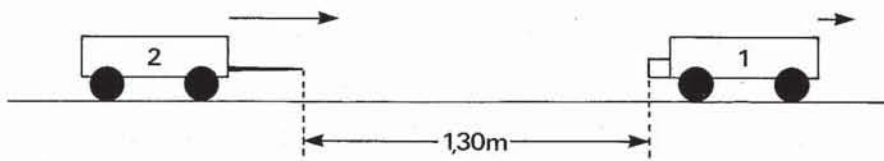
Men herhaalt de proef. Kar 1 rijdt weer voorop met snelheid $0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Achter op kar 1 is nu een blokje van een ander materiaal bevestigd, waarvan de massa eveneens verwaarloosd wordt. Kar 2 rijdt weer met een snelheid van $0,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ achter kar 1 aan en treft op tijdstip t_1 het blokje. De kracht die de karren op elkaar uitoefenen is op tijdstip t_1 gelijk aan de onder d.2 berekende kracht, maar neemt toe naarmate de naald van kar 2 verder in het blokje doordringt.

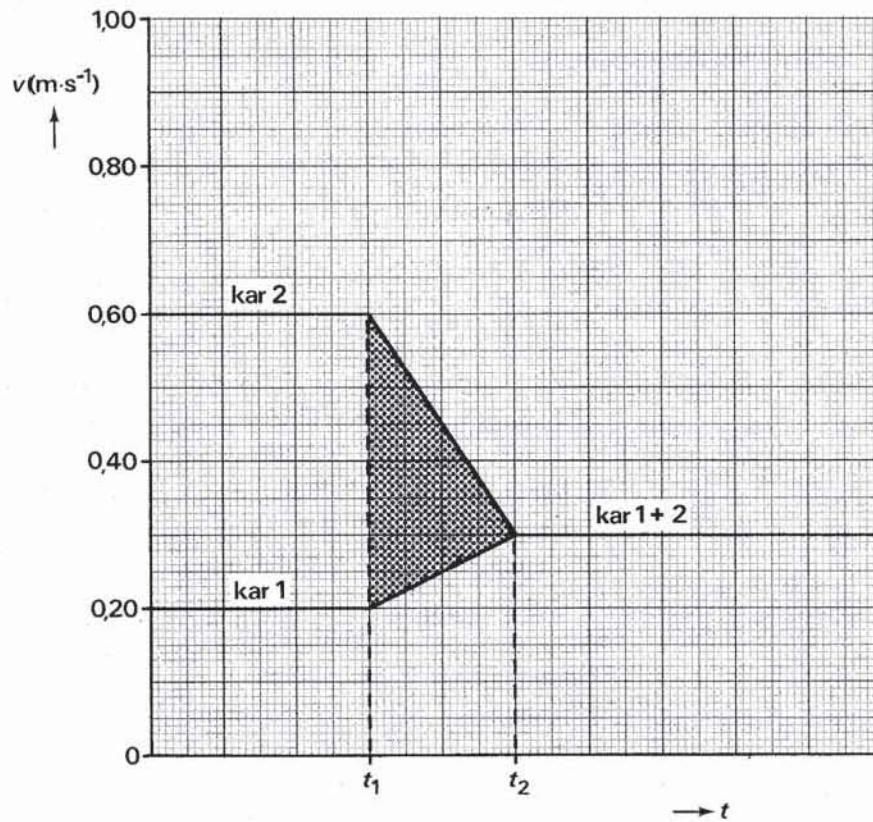
- e. Schets in de figuur op het bijgevoegde antwoordpapier het verloop van de snelheid van beide karren als functie van de tijd.

Ter vergelijking is in deze figuur het verloop van de snelheden van beide karren bij de eerste uitvoering van de proef gestippeld weergegeven.

- f. Vergelijk met elkaar de hoeveelheden warmte die bij beide botsingen vrijkomen.



figuur 1



figuur 2

2. De negatieve lens.

In een evenwijdige homogene bundel monochromatisch licht ($\lambda = 589 \text{ nm}$) wordt een cirkelvormige dunne negatieve lens geplaatst. De hoofdas van de lens is evenwijdig aan de invallende lichtstralen. In figuur 3 is, *niet op schaal*, de situatie geschetst. F_1 en F_2 stellen de hoofdbrandpunten van de lens voor.

De lijn l snijdt de hoofdas loodrecht op $5,0 \text{ cm}$ van het optisch middelpunt van de lens. Langs deze lijn beweegt men een vacuüm-fotocel voorzien van een diafragma D . Deze fotocel is opgenomen in de schakeling van figuur 4.

In figuur 5 is de spanning (in mV) over de weerstand van $4,7 \text{ k}\Omega$ uitgezet als functie van de plaats x van de fotocel op de lijn l .

De weerstand van de voltmeter V is $47 \text{ k}\Omega$. Per 1000 fotonen die op de kathode van de fotocel invallen, worden gemiddeld 13 elektronen vrijgemaakt.

a. 1. Bepaal de stroomsterkte in de fotocel als deze op de hoofdas geplaatst is.

2. Bereken hoeveel stralingsenergie per seconde in dit geval op de kathode valt.

b. Teken op het bijgevoegde antwoordpapier het verdere verloop van de getekende lichtstralen.

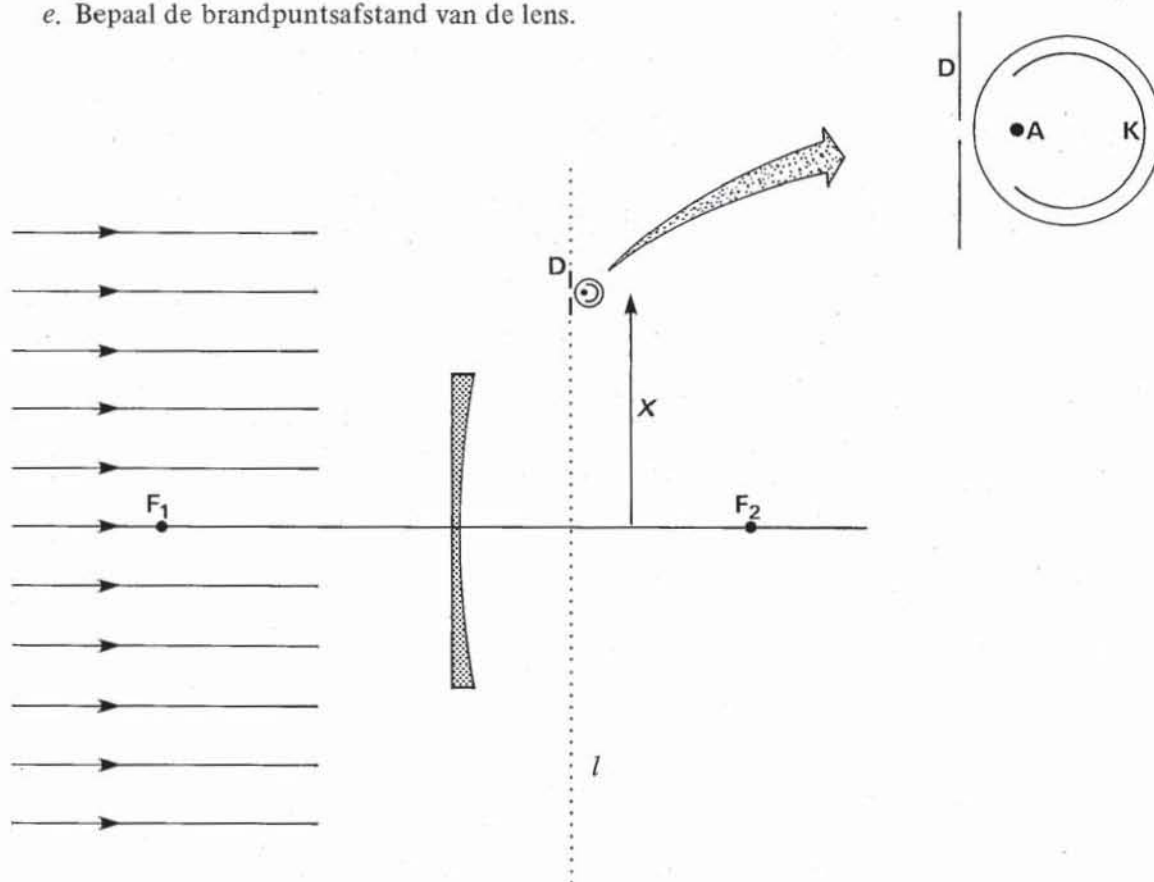
Langs de lijn l blijken globaal drie niveaus van verlichtingssterkte voor te komen, in figuur 5 aangegeven met A, B en C.

c. 1. Verklaar het ontstaan van deze drie niveaus.

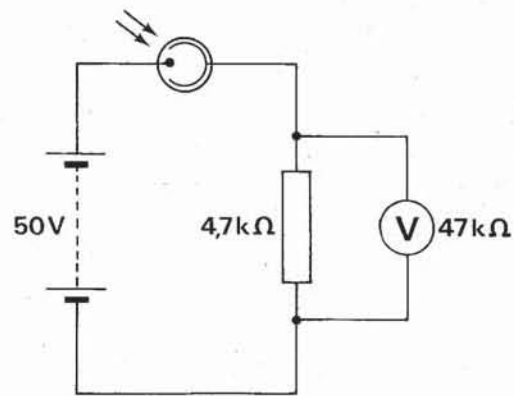
2. Noem twee oorzaken waardoor het hoogste van deze drie niveaus, niveau B, niet constant is.

d. Bepaal de diameter van de lens.

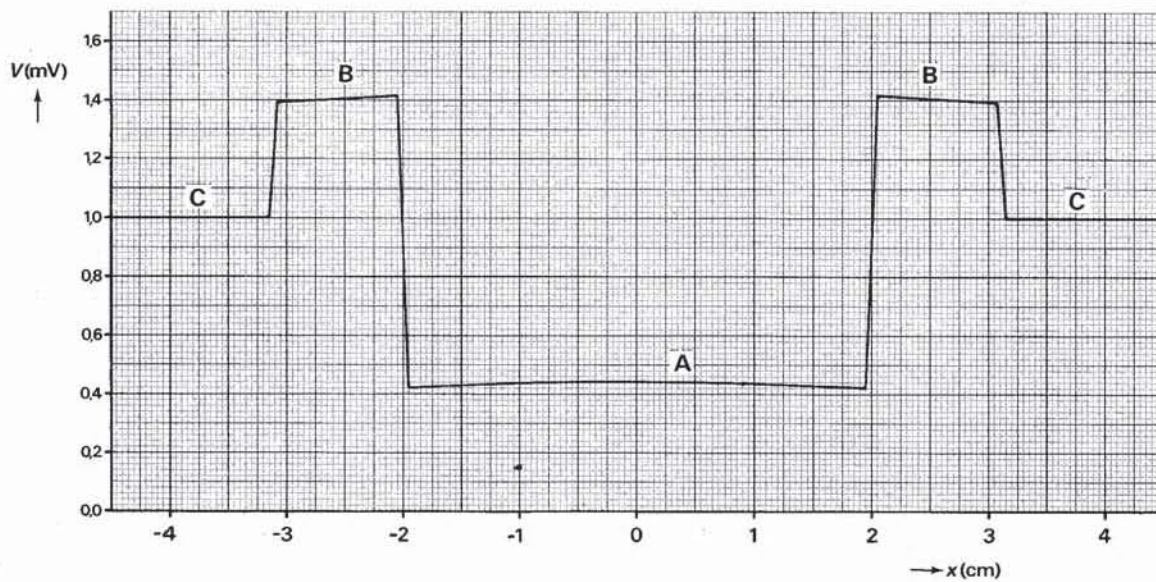
e. Bepaal de brandpuntsafstand van de lens.



figuur 3



figuur 4



figuur 5

3. De kwikthermometer.

Men legt een kwikthermometer op een horizontale tafel en meet met een veerunster de minimale kracht F_1 die nodig is om de thermometer aan het uiteinde A op te tillen.

F_1 blijkt 0,20 N te zijn.

Wanneer de thermometer aan het andere uiteinde B wordt opgetild, blijkt de minimaal benodigde kracht F_2 0,14 N te zijn. Zie figuur 6.

Neem aan dat de thermometer, op het kwik in het reservoir na, een homogene massa-verdeling heeft. Neem verder aan dat het zwaartepunt van het kwik in het uiteinde A ligt.

a. Toon aan dat bovenstaande metingen in overeenstemming zijn met het feit dat er 6,1 g kwik in het reservoir zit.

b. 1. Bereken het volume van het kwik bij 20 °C.

2. Bereken de volumetoename van het kwik per graad temperatuurstijging.

De inhoud van het glazen reservoir neemt per graad temperatuurstijging toe met $1,1 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$. De afstand op de schaal tussen 10 °C en 50 °C is 27,9 cm.

3. Bereken de doorsnede van de capillaire stijgbuis.

Met de thermometer wordt een kamertemperatuur van 19,4 °C gemeten. Op het tijdstip $t = 0 \text{ s}$ wordt de thermometer in een grote bak met stromend water geplaatst. Dit water heeft een temperatuur van 28,9 °C. De temperatuur die de thermometer vanaf $t = 0 \text{ s}$ heeft aangegeven is in figuur 7 in een grafiek weergegeven. Neem aan dat overal in het kwik dezelfde temperatuur heerst.

De energieoverdracht per seconde (P) tussen water en kwik is evenredig met het verschil in temperatuur $T_w - T_k$ tussen water en kwik. In formulevorm: $P = k \cdot (T_w - T_k)$.

c. 1. Hoe blijkt uit figuur 7 dat er per seconde steeds minder energie wordt overgedragen van water naar kwik?

2. Bepaal de temperatuurstijging per seconde van het kwik op $t = 5,0 \text{ s}$. Licht het antwoord toe met behulp van de figuur op het antwoordpapier. (Deze figuur is dezelfde als figuur 7).

3. Bepaal de evenredigheidsconstante k uit dit experiment.

De constante k is evenredig met de oppervlakte van het reservoir en hangt verder nog af van glasdikte en glassoort. Het thermometerreservoir kan bolvormig worden opgevat.

Men maakt een tweede thermometer waarvan de straal van het bolvormig reservoir tweemaal zo groot is. De glasdikte en de glassoort van het reservoir zijn hetzelfde als bij de eerste thermometer. Ook deze thermometer, die 19,4 °C aangeeft, wordt op $t = 0 \text{ s}$ in de bak met stromend water van 28,9 °C geplaatst.

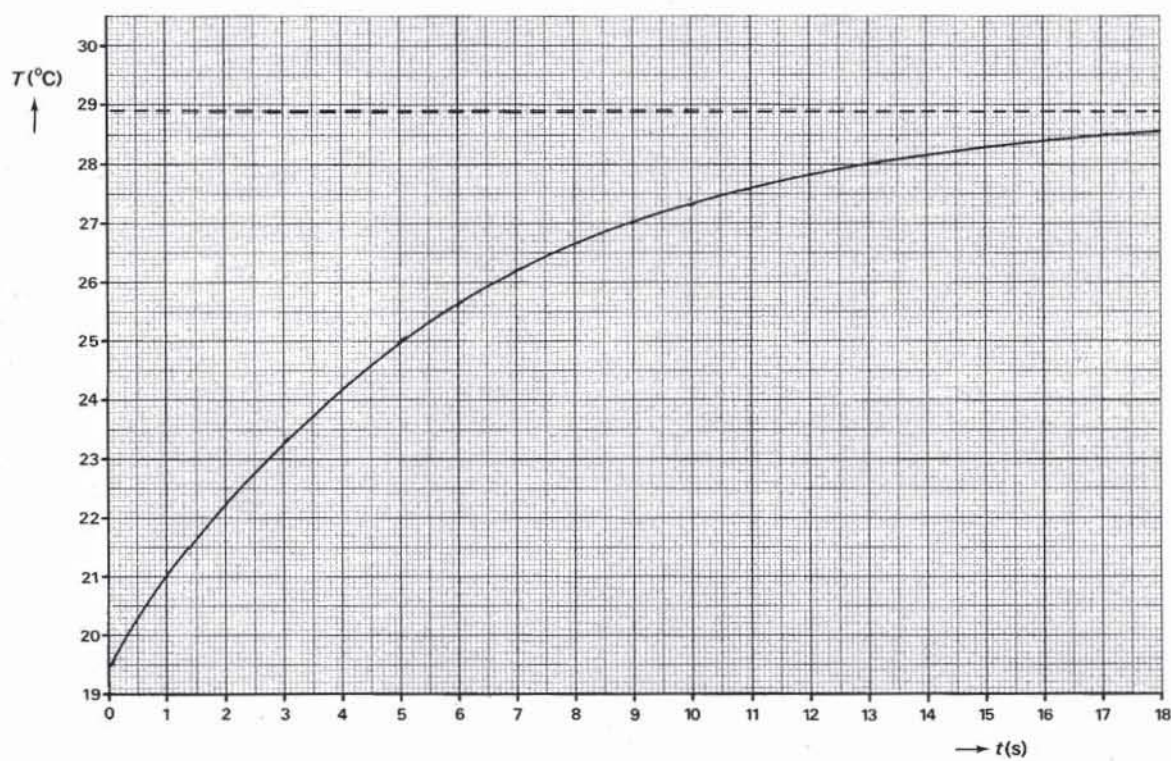
De eerste thermometer gaf na 5,0 s 25,0 °C aan.

d. Na hoeveel seconden geeft de tweede thermometer 25,0 °C aan?

Motiveer het antwoord.



figuur 6



figuur 7

4. Cepheïden.

Cepheïden zijn een bepaald soort veranderlijke sterren, genoemd naar de ster δ -Cepheï, de eerst ontdekte ster van deze soort. Bij Cepheïden variëren de straal en de effectieve temperatuur van de ster periodiek, waardoor ook het totaal uitgestraalde vermogen L (ook wel lichtsterkte genoemd) periodiek varieert.

Van een bepaalde Cepheïde, die we verder ster α noemen, is in figuur 8

het quotiënt $\frac{L}{L_{\min}}$ als functie van de tijd weergegeven. Hierbij is $L_{\min}$ de kleinste waarde van het vermogen L in een periode.

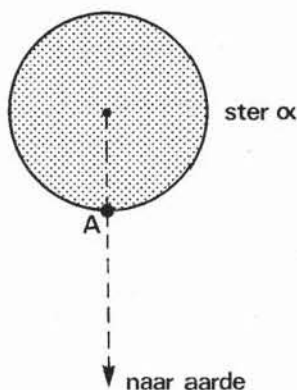
In figuur 9 is het snijpunt A van het oppervlak van de ster α met de verbindinglijn van het zwaartepunt van de ster naar de aarde aangegeven. De beweging die A uitvoert, is samengesteld uit de eenparige beweging van het zwaartepunt van de ster en de pulserende beweging van het oppervlak van de ster.

In figuur 10 is de radiële component van de snelheid van A (= component van de snelheid van A langs de lijn ster – aarde) als functie van de tijd weergegeven. Een positieve snelheid betekent een beweging van de aarde af.

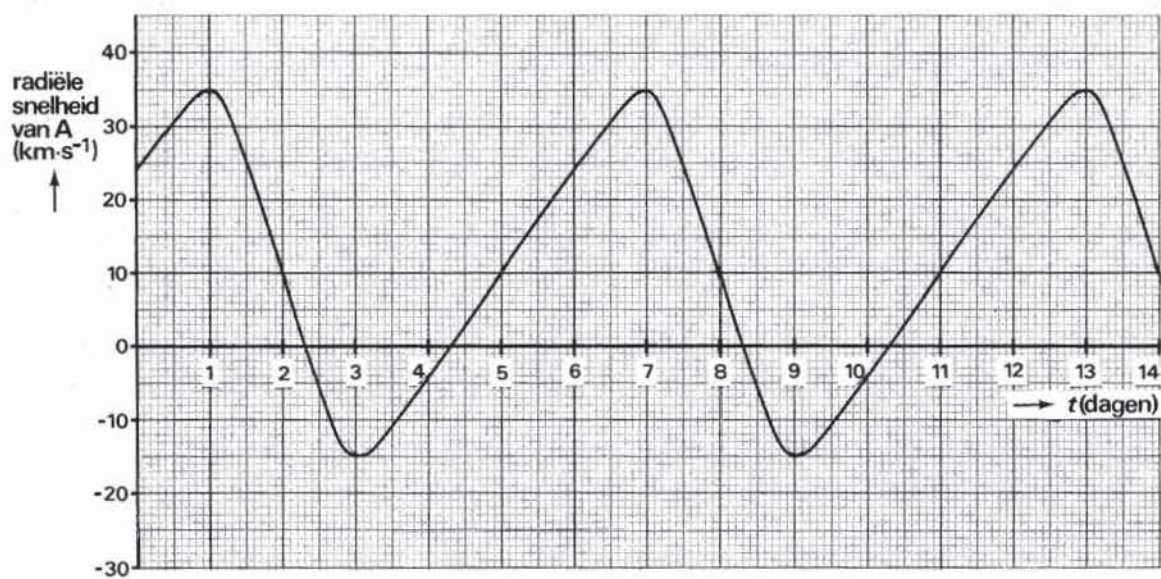
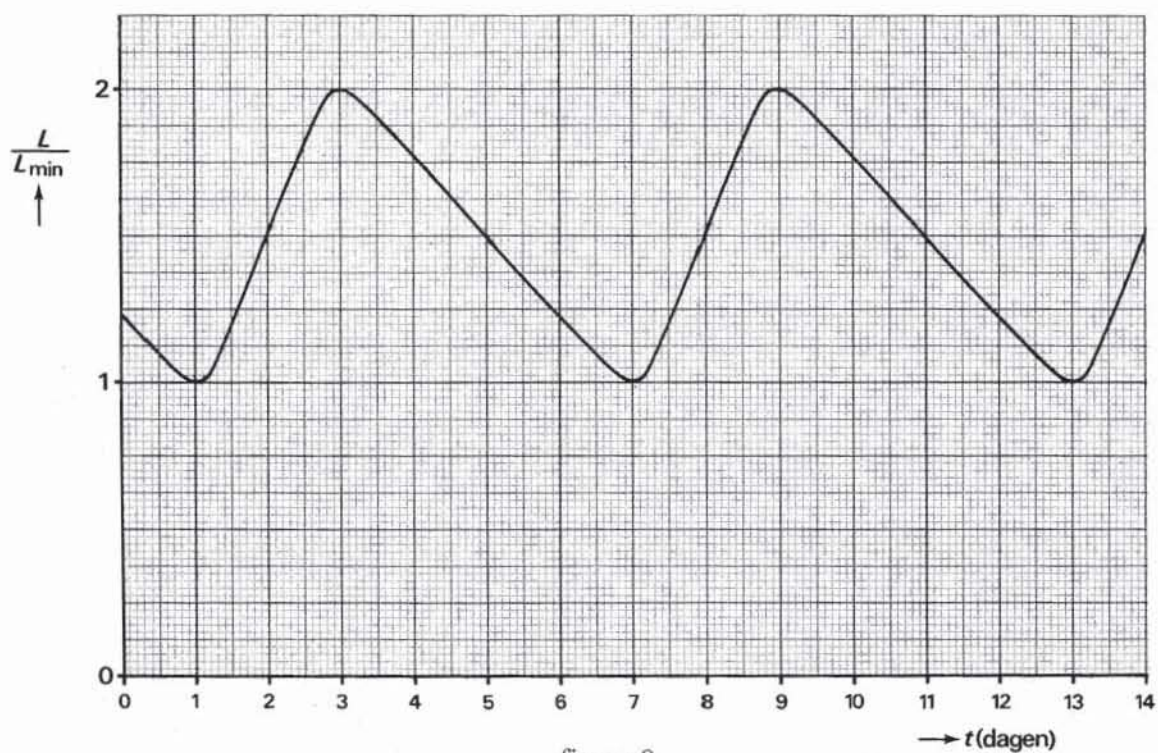
In het spectrum van ster α komen zowel absorptielijnen van Fe als van Fe^+ voor, maar geen absorptielijnen van Fe^{++} .

- a. 1. Leg uit tussen welke tijdstippen de absorptielijnen in het spectrum gevormd uit licht van A, een violetverschuiving vertonen.
2. Leg uit dat de verhouding tussen de sterktes van de Fe- en de Fe^+ -absorptielijnen van de ster α ook periodiek verandert.
- b. 1. Bepaal grootte en richting van de radiële snelheid van het zwaartepunt van de ster α .
2. Leg uit dat op $t = 5,0$ dag en op $t = 11,0$ dag de ster zijn maximale grootte bereikt.
- c. Hoe blijkt uit figuur 8 en figuur 10 dat de effectieve temperatuur van de ster α moet variëren?

ZIE VOOR DE VRAGEN d, e EN f BLZ. 10.



figuur 9



Voor Cepheïden blijkt de *gemiddelde* waarde van L evenredig te zijn met de periode P van de variaties in L :

$$L_{\text{gem}} = C \cdot P$$

$$\text{waarin } C = 1,8 \cdot 10^{24} \text{ W} \cdot \text{s}^{-1}$$

d. Bepaal L_{gem} van de ster α in S.I.-eenheden.

De intensiteit van de straling van ster α is in de buurt van de aarde gemiddeld $1,1 \cdot 10^{-9} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

e. Bereken de afstand van de ster α tot de aarde.

Baade ontdekte in 1952 dat er twee typen Cepheïden bestaan.

Cepheïden I zijn Cepheïden waarvoor bovengenoemde relatie tussen L_{gem} en P geldt.

Voor Cepheïden II heeft de constante C in deze relatie de waarde $0,45 \cdot 10^{24} \text{ W} \cdot \text{s}^{-1}$.

Veronderstel dat bij nadere beschouwing ster α niet van type I is, zoals bij de berekening van onderdeel e stilzwijgend werd aangenomen, maar van type II blijkt te zijn.

f. Beredeneer of de ster α dichterbij of verderaf staat dan bij onderdeel e is berekend.

EINDE
