

EXAMEN VOORBEREIDEND WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN 1979

Woensdag 2 mei, 9.00–12.00 uur

NATUURKUNDE



Deze opgaven zijn vastgesteld door de commissie bedoeld in artikel 24 van het Besluit eind-examens v.w.o.-h.a.v.o.-m.a.v.o.

Benodigde gegevens kunnen worden opgezocht in het tabellenboekje. Het is de bedoeling dat van tabel 1 de kolom „Afgeronde waarde” wordt gebruikt.

1. Men heeft een gloeilampje dat normaal brandt bij 6,0 V en 2,5 A.
Men neemt hiervan de lampkarakteristiek op: dat wil zeggen de spanning over het lampje als functie van de stroomsterkte door het lampje. Het resultaat is weergegeven in figuur 1.

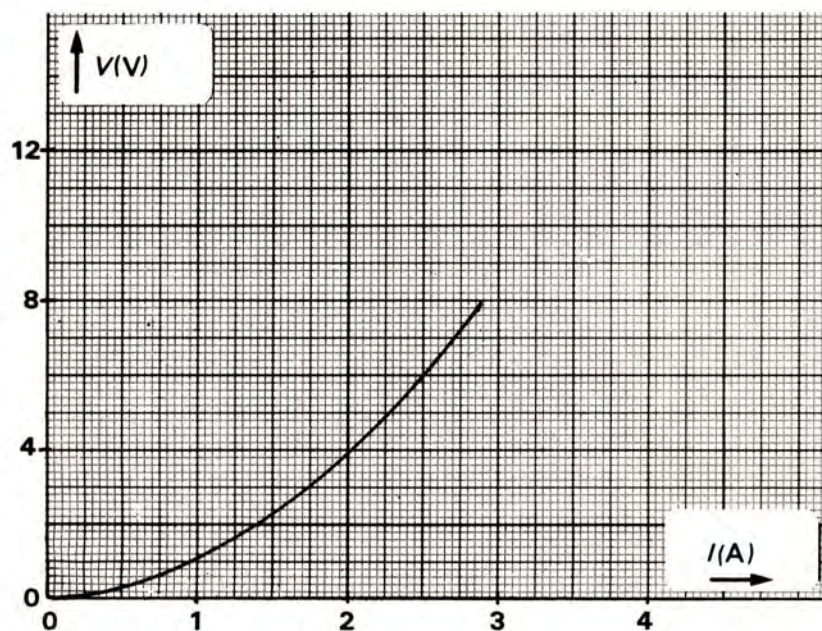


fig. 1

- a. 1. Bereken de weerstand van het lampje als het normaal brandt.
2. Bepaal de weerstand van het lampje bij een stroomsterkte van 1,5 A.
3. Verklaar hoe het komt dat men bij a.1 en a.2 verschillende waarden vindt.

Met behulp van de schakeling die in figuur 2 getekend staat, bepaalt men de klemspanning V_{klem} van een batterij en de stroomsterkte I in de keten bij verschillende standen van de schuifweerstand.

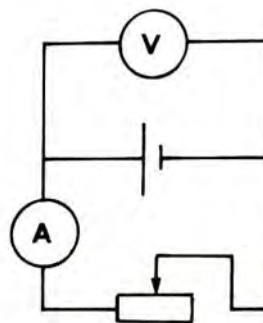


fig. 2

De meetresultaten zijn in figuur 3 weergegeven.
De grafiek blijkt een rechte te zijn.

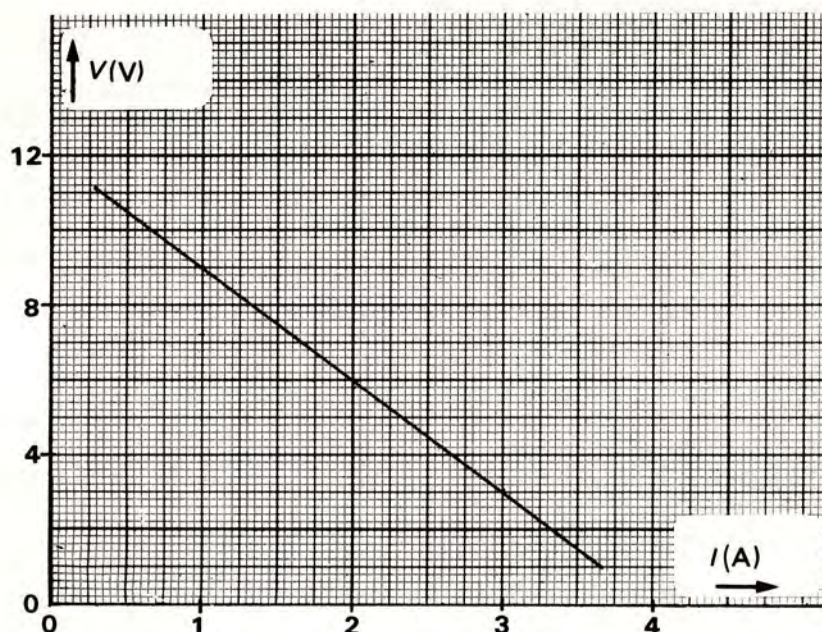


fig. 3

- b. 1. Bepaal met behulp van figuur 3 de bronspanning V_{bron} van de batterij.
2. Bepaal met behulp van figuur 3 de inwendige weerstand R_i van de batterij.

Men sluit het bovengenoemde lampje aan op deze batterij.

- c. Waarom kan men dat zonder schade voor het lampje doen?

Men wil nu bepalen hoe groot de stroom door het lampje in dit geval is.

Daartoe heeft men de grafieken van de figuren 1 en 3 tesamen getekend in de figuur op het bijgevoegde antwoordpapier.

Bij de beantwoording van de volgende vragen kan men van deze figuur op het antwoordpapier gebruik maken.

- d. Leg uit waarom men uit de ligging van het snijpunt van de twee grafieken onmiddellijk de waarde van de stroomsterkte kan bepalen.

Teneinde het lampje bij een stroomsterkte van 2,0 A te laten branden, schakelt men een weerstand R_1 in serie met het lampje en sluit het geheel aan op de batterij.

- e. 1. Bepaal de waarde van R_1 .
2. Bepaal het vermogen dat de batterij nu aan het uitwendige deel van deze stroomkring levert.

Tenslotte schakelt men in plaats van R_1 een weerstand R_2 in serie met het lampje.

$R_2 = 3,0 \Omega$.

- f. Bepaal grafisch in de figuur op het antwoordpapier de stroomsterkte door het lampje.

2. Een eenzaam gelegen huis is niet aangesloten op het waterleidingnet, wél op het elektriciteitsnet. Men heeft daarom zelf een voorziening getroffen voor het water. Zie figuur 4. Een elektromotor drijft een waterpomp aan, die het water uit een bron zuigt en in een voorraadtank perst. In deze tank zit boven het water een constante gewichtshoeveelheid lucht. Hij wordt wel „windketel” genoemd. Als het waterniveau in de windketel stijgt, dan stijgt dus ook de druk van de lucht erin. Zodra de luchtdruk in de windketel $4,0 \cdot 10^5$ Pa is, schakelt de drukschakelaar de elektromotor uit. Als dan water wordt gebruikt, daalt het waterniveau en ook de luchtdruk in de windketel. De drukschakelaar is zo geconstrueerd, dat niet direct de motor wordt ingeschakeld; dat gebeurt pas als de druk is gedaald tot $2,0 \cdot 10^5$ Pa.

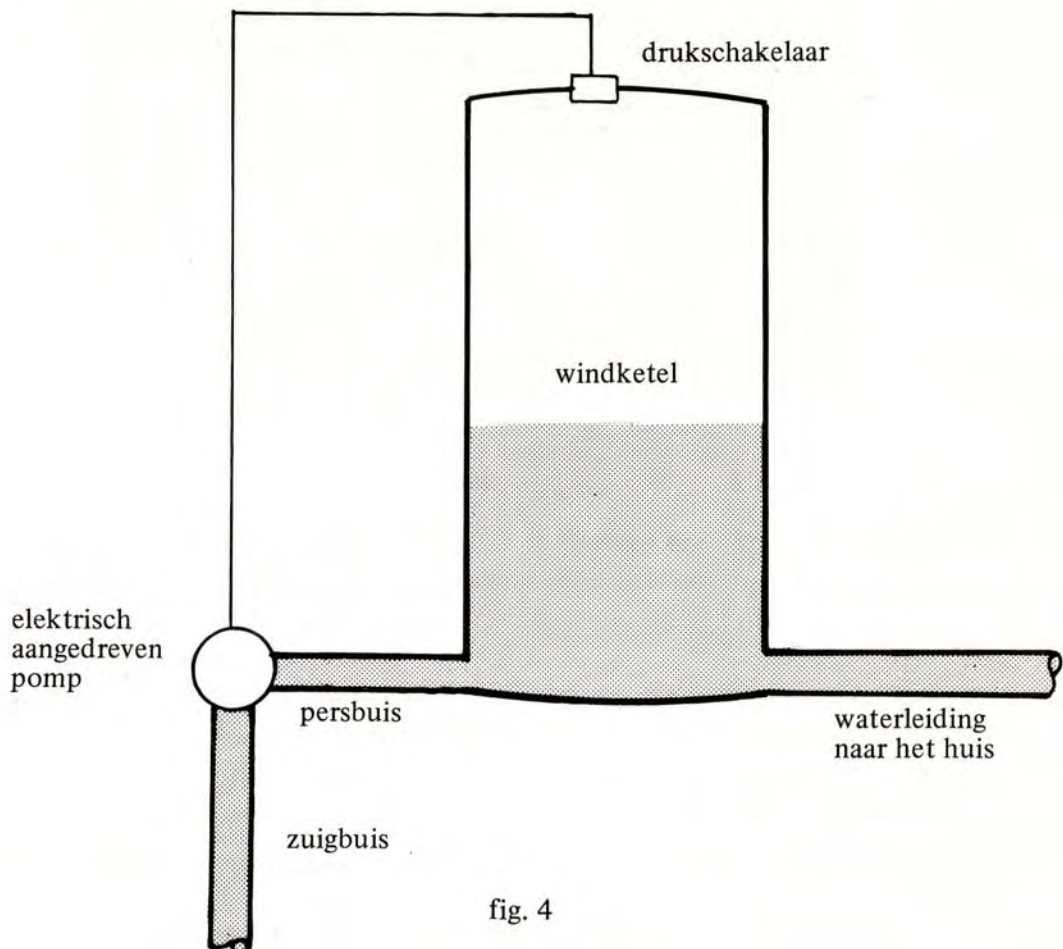


fig. 4

Het volume van de windketel is $200 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

Bij het monteren van de installatie is een en ander zo ingesteld, dat als de windketel $100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ water bevat, de luchtdruk $3,0 \cdot 10^5$ Pa is.

De constante omgevingstemperatuur is 20°C .

De motor loopt tot de windketel „vol” is.

- a. 1. Waarom staat „vol” tussen aanhalingstekens?
2. Bereken hoeveel water er nu in de windketel zit.

In het huis bevindt zich een douche met een gasgeiser. Uit de geiser stroomt per minuut $7,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ water, dat van 20°C tot 50°C is verwarmd.

Volumeverandering van het water bij temperatuurverandering wordt verwaarloosd.

- b. Bereken hoe lang men maximaal kan douchen zonder dat de motor aanslaat.

Iemand is tevreden met water van 40°C . Hij laat met de mengkraan zoveel koud water rechtstreeks uit de windketel toe, dat de temperatuur van het uit de douche stromende water 40°C is. De hoeveelheid water die per minuut door de geiser stroomt, blijft hetzelfde als tevoren.

- c. Beredeneer of hij nu langer, even lang of korter kan douchen dan zonder dit mengen, voordat de motor weer aanslaat.

Aangezien het huis ook niet op het gasnet is aangesloten gebruikt men een „gasfles”.

Dit is geen fles, maar een stalen cilinder en er zit geen gas in, maar vloeibaar butaan met daarboven verzadigde butaandamp.

Bij onderstaande vragen gaan we steeds uit van een volle gasfles. Dit is een fles die bijna volledig gevuld is met vloeibaar butaan.

Gegevens van de gasfles: $m_{\text{leeg}} = 5,0 \text{ kg}$; $m_{\text{vol}} = 26,5 \text{ kg}$.

De druk in een volle fles bedraagt $3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bij 20°C .

Bij de volledige verbranding van 1 kg butaan wordt $1,8 \cdot 10^7 \text{ J}$ warmte ontwikkeld.

Het nuttig effect van de geiser bedraagt 50%.

- d. Bereken hoeveel kg butaan men gebruikt voor 5 minuten douchen.
- e. Hoeveel bedraagt de druk in de gasfles na 5 minuten douchen?

Licht het antwoord toe.

Al het voorgaande geldt bij een lucht- en watertemperatuur van 20°C . De temperatuur van lucht en water daalt nu tot 5°C .

- f. Beredeneer of de windketel op het moment van inschakelen van de motor meer, minder of evenveel water zal bevatten als bij 20°C .



3. Als twee sterren S_1 en S_2 in cirkelvormige banen bewegen om hun gemeenschappelijk massamiddelpunt M , dan noemt men zo'n systeem een dubbelster. Dit vraagstuk betreft zo'n systeem.

De omlooptijd van beide sterren bedraagt T .

Van ster S_1 is de straal van de baan r_1 en de massa m_1 .

Van ster S_2 is de straal van de baan r_2 en de massa m_2 .

De afstand tussen de sterren is $d (= r_1 + r_2)$.

Zie figuur 5.

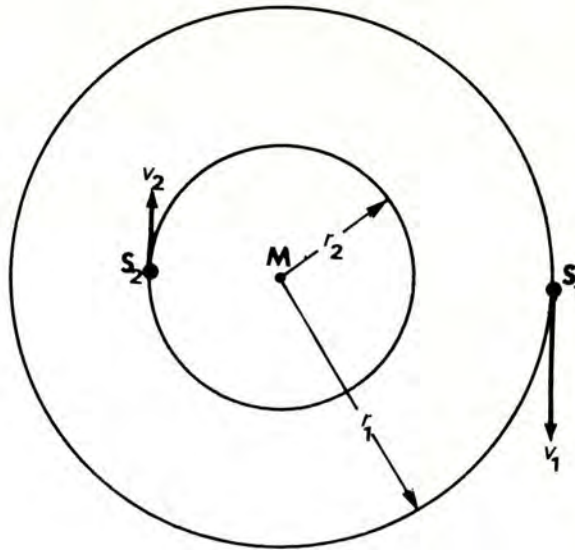


fig. 5

- a. Geef een uitdrukking voor de baansnelheid van S_1 en een uitdrukking voor de baansnelheid van S_2 .

De sterren S_1 en S_2 oefenen op elkaar een aantrekkingskracht uit.

- b. 1. Geef een uitdrukking voor deze kracht.
2. Verklaar waarom, ondanks deze aantrekkende kracht, de afstand tussen de sterren gelijk blijft.

Men beschouwt nu het spectrum van een bepaalde dubbelster.

Bij meting aan het spectrum van één der sterren (de ster S_1) blijkt dat de spectraallijn van 500 nm een maximale verschuiving heeft van 0,0080 nm.

Aangenomen wordt dat de aarde zich bevindt in het vlak waarin deze sterren bewegen en dat de afstand van de aarde tot het massamiddelpunt van deze dubbelster constant is.

- c. Verklaar dat, ondanks het constant zijn van de baansnelheid van de ster S_1 , de verschuiving van deze spectraallijn niet altijd even groot is.

De tijd waarin de beide componenten om hun gemeenschappelijk massamiddelpunt draaien bedraagt 80 jaar ($= 2,5 \cdot 10^9$ s).

Bij een bewegende trillingsbron en een stilstaande waarnemer geldt:

$$\Delta \lambda = \frac{v}{c} \lambda.$$

- d. Bereken de baansnelheid van de ster S_1 .

Uit metingen aan het spectrum van de andere ster (S_2) blijkt dat deze een baansnelheid heeft van 3,6 km/s.

e. Bereken de afstand d tussen de beide sterren S_1 en S_2 .

Men kijkt met een astronomische kijker naar de dubbelster. Deze kijker heeft een objectief met brandpuntsafstand 100 cm en een oculair met brandpuntsafstand 5,0 cm. De kijker is ingesteld voor een ongeaccomodeerd normaal oog.

De hoek waaronder men deze dubbelster door de kijker ziet, bedraagt maximaal $6'$ (boogminuten).

f. Bereken de grootst mogelijke hoek waaronder men op aarde deze dubbelster waarneemt *zonder* kijker.

g. Bereken de afstand van deze dubbelster tot de aarde.



4. Een radio-telescoop is een instrument dat radio-golven (electromagnetische golven), die afkomstig zijn van een zeer ver van de aarde verwijderd hemellichaam (radio-bron), kan ontvangen.
- Een radio-interferometer bestaat uit twee van zulke telescopen. De opgevangen signalen worden door de telescoop doorgegeven via een kabel naar een „correlator”. In de „correlator” interfereren de signalen, waarna het resultaat versterkt wordt.
- Met hetzelfde fase-verschil waarmee de telescopen de signalen ontvangen, komen de signalen aan bij de „correlator”.
- De telescopen T_1 en T_2 staan op de evenaar opgesteld; de afstand p tussen de telescopen is $p = 115$ m.
- In figuur 6 stelt de grote cirkel de evenaar voor. De aardas in M staat dus loodrecht op het vlak van tekening. De aarde draait om haar as in de aangegeven richting. De telescopen ontvangen radio-signalen uit een puntvormige radio-bron R . De ontvangers van de radio-telescopen kunnen slechts signalen met een golflengte $\lambda = 0,20$ m opvangen.
- Op het tijdstip $t = 0$ s is de situatie zoals in figuur 6 is aangegeven. Het fase-verschil van de signalen die de telescopen T_1 en T_2 ontvangen, is dan nul.

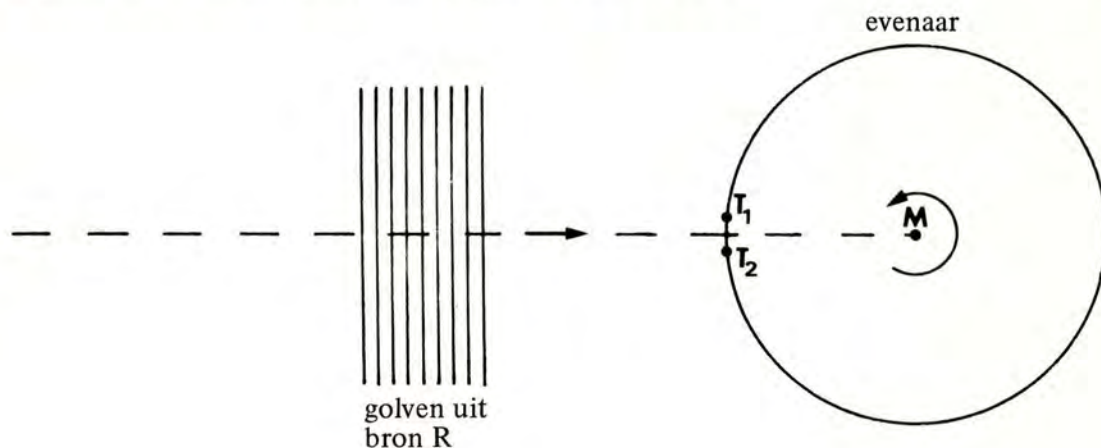


fig. 6

- a. Leg uit dat de golffronten in de buurt van de aarde terecht als evenwijdige lijnen zijn weergegeven, hoewel de radio-bron puntvormig is.

Op het tijdstip t zal de stand van de aarde zijn zoals in figuur 7a is aangegeven. Figuur 7b is een vergroting van een deel van figuur 7a.

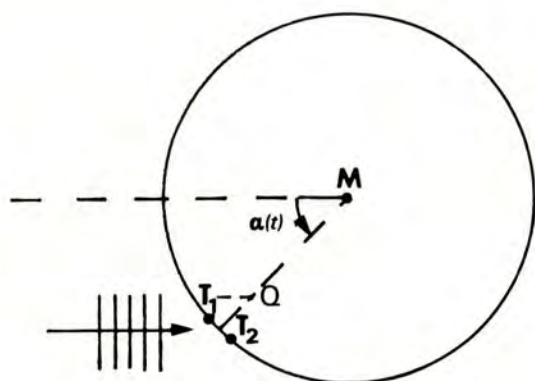


fig. 7a

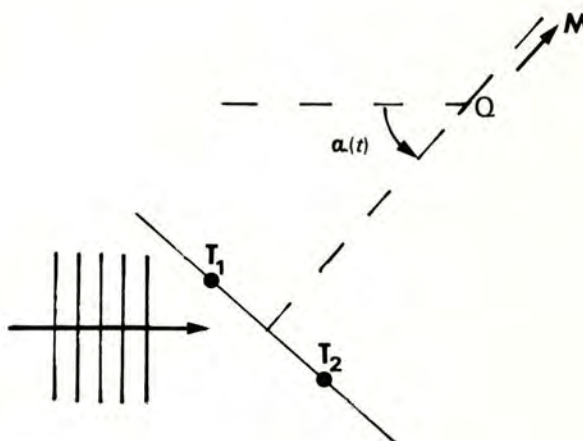


fig. 7b

- b. 1. Bewijs dat voor het fase-verschil ($\varphi_1 - \varphi_2$) waarmee de signalen van R de telescopen T_1 en T_2 bereiken, geldt:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{p}{\lambda} \sin \alpha(t).$$
2. Voor welke waarden van $\alpha(t)$ is deze formule van toepassing?
 Licht het antwoord toe.
- c. Bereken hoe groot het niet-gereduceerde fase-verschil maximaal kan zijn. Bij welke stand(en) van de aarde? Licht het antwoord toe.
- d. Bereken wanneer voor het eerste na $t = 0$ s de signaal-sterkte weer maximaal is.
- e. Toon aan dat de snelheid waarmee het fase-verschil verandert gelijk is aan

$$\frac{2\pi}{T} \frac{p}{\lambda} \cos \alpha(t),$$
 waarin T de omwentelingstijd van de aarde is.

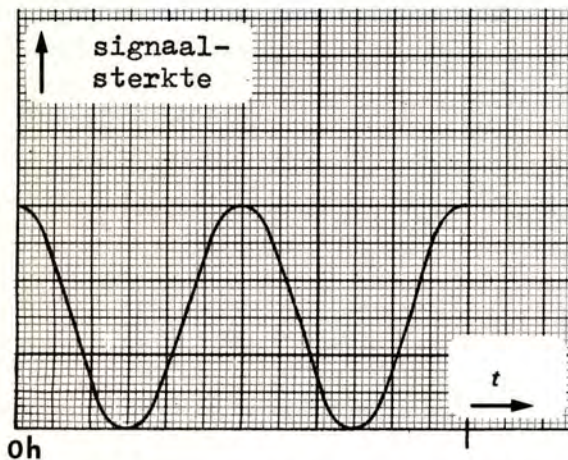


fig. 8a

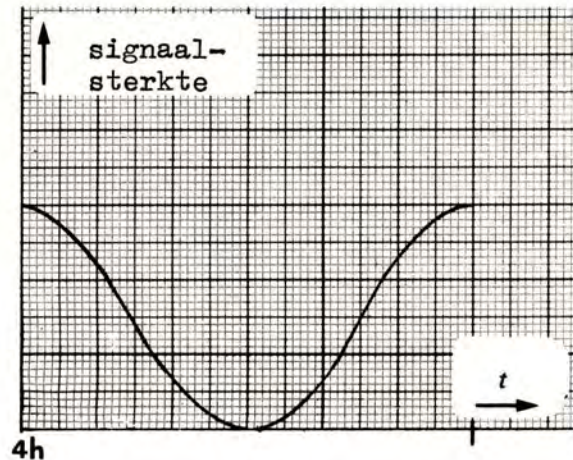


fig. 8b

De signaal-sterkte voor een tijdsinterval vanaf $t = 0$ s is als functie van de tijd weergegeven in figuur 8a. De signaal-sterkte voor een zelfde tijdsinterval vanaf $t = 4$ h is in figuur 8b weergegeven.

- f. Leg uit waarom de periode in figuur 8b tweemaal zo groot is als in figuur 8a.
- g. Maak een schets van de signaal-sterkte voor $t = 0$ s tot $t = 60$ s voor het geval dat alleen de telescoop T_1 een signaal aan de „correlator” doorgeeft en T_2 niet. Licht het antwoord toe.

EINDE