

EXAMEN VOORBEREIDEND WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS IN 1980

Dinsdag 29 april, 9.00–12.00 uur

NATUURKUNDE

$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \lambda}$. Hierin is ρ de waterdichtheid en λ de golflengte.

In figuur 8 is een watervrij op water grootte getekend.

a. Bepaal voor deze golf de voortplantingsnelheid.

b. Toon aan dat voor de periode T van deze golfbreving geldt: $T = 0,36 \cdot \lambda$.

Door het water met een overdruk van h , van het water aan het oppervlak met voldoende snelheid en richting bewijzen wij een... (de beweging van een licht voorwerp dat op het water drijft, blijkt dat het water niet alleen op en neer gaat maar ook voor- en achteruit). Het water in de top van de golf heeft een voorwaartse beweging, het water in een dal een achterwaartse.

De werkelijkheid is dat de waterdeeltjes van het oppervlak cirkelbanen in een verticaal vlak. Een cirkelbaan heeft een omvang van $2\pi r$ en een tijd T . Deze tijd T is ook de in vraag b gevraagde periode T van de watergolf, dus de tijd waarin de golf een golf-lengte aflegt.

In figuur 9 is de watergolf van figuur 8 nogmaals getekend, maar nu met een aantal cirkels erop die door waterdeeltjes van het oppervlak van de golf worden doorlopen in de aangegeven richting.

c. Bepaal de snelheid u waarmee een waterdeeltje op'n cirkel draait.

d. Bepaal voor dat de watergolf in figuur 9 naar rechts loopt.

Stel dat $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ en dat de afstand van het wateroppervlak tot figuur 9 wordt weergegeven.

e. 1. Bepaal op welk tijdstip de snelheid van het waterdeeltje dat de cirkel om punt 1

beschrijft, voor het eerst op $v = 0$ staat (naar rechts of links).

2. Bepaal op welk tijdstip de snelheid van het waterdeeltje dat de cirkel om punt 2

beschrijft, voor het eerst op $v = 0$ staat (naar rechts of links).

f. Construeer in de figuur op dit antwoordpapier de richting van de snelheidsvector $\vec{u}$ van het waterdeeltje in punt X.

Licht het antwoord toe.

Men plaatst een rubberen buis in een bak waarin de golven lopen. In figuur 10 is een rubberen buis afgebeeld die aangebracht was door een het waterniveau zichtbaar is.

(Zie figuur 10).

De buis wordt verplaatst van het punt G. Het waterniveau beweegt tussen de punten G₁ en G₂, op een met.



Fig. 10

De snelheid van de golf is v . De afstand van G₁ tot G is $\lambda/4$ en de afstand van G₂ tot G is $\lambda/4$.

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 tabellenboek Binas. Het is de bedoeling dat van tabel 7 de tussen haakjes geplaatste afgeronde waarden gebruikt worden.

1. Op een horizontale vloer in een stilstaande trein ligt een glasbuis met een kleine, overal even grote, inwendige doorsnede.
 De buis is aan de vloer bevestigd.
 In de buis bevindt zich lucht, afgesloten door een kwikdraad. (Zie figuur 1).
 De buis heeft een lengte van 150,0 cm; de lengte van de afgesloten luchtkolom bedraagt 50,0 cm en de lengte van de kwikdraad 75,0 cm.
 Met strepen op de vloer zijn de plaatsen van de uiteinden van de kwikdraad aangegeven.
 De lengterichting van de buis valt samen met de lengterichting van de trein.
 De druk van de buitenlucht bedraagt $1,00 \cdot 10^5$ Pa.

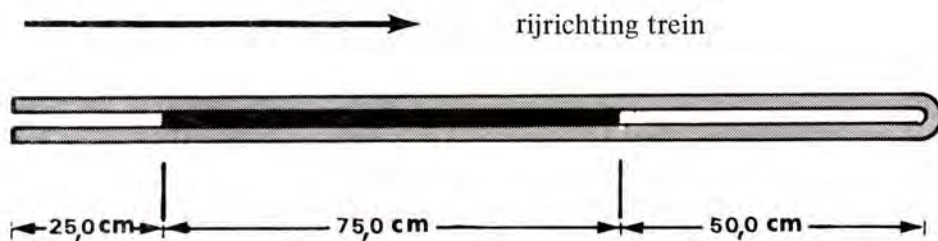


fig. 1

Men laat de trein nu met een constante snelheid over een rechte horizontale baan rijden. De rijrichting van de trein is in figuur 1 aangegeven.

- a. Hoe groot is de druk van de afgesloten lucht in de buis?
 Licht het antwoord toe.

Vervolgens rijdt de trein eenparig versneld over een rechte horizontale baan weer in de richting die in figuur 1 is aangegeven.

- b. Beredeneer in welke richting de uiteinden van de kwikdraad in de buis zijn verschoven ten opzichte van de strepen op de vloer.

Voor het verschil tussen de luchtdruk in het open en de luchtdruk in het gesloten deel van de buis geldt:

$$\Delta p = \rho \cdot l \cdot a \quad \text{waarin} \quad \begin{array}{l} \rho = \text{de dichtheid van kwik} \\ l = \text{de lengte van de kwikdraad} \\ a = \text{de versnelling van de trein} \end{array}$$

- c. Leid deze formule af.

De versnelling van de trein is $1,5 \text{ m/s}^2$.

- d. Toon aan dat de druk in het gesloten deel van de buis in dit geval $0,85 \cdot 10^5$ Pa bedraagt.
 e. Bereken hoe groot de verschuiving van de kwikdraad in de buis is ten opzichte van de strepen op de vloer.

Men legt nu de buis op de vloer met zijn lengterichting loodrecht op de lengterichting van de trein. De plaatsen van de uiteinden van de kwikdraad (bij stilstaande trein, op de horizontale vloer) zijn weer met strepen aangegeven. (Zie figuur 2). De trein rijdt met een constante snelheid $v = 30 \text{ m/s}$ over een baan die een bocht naar links maakt. De vloer in de trein blijft bij de beweging in deze bocht horizontaal.

- f. Beredeneer in welke richting de kwikdraad verschoven is: naar het open of naar het gesloten uiteinde van de buis.
- g. Bereken de straal van de bocht als het drukverschil Δp tussen de lucht in het open en de lucht in het gesloten deel van de buis $0,15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bedraagt.

De trein rijdt nu met een snelheid van 30 m/s door een bocht waarvan de railstaven niet even hoog liggen. De staaf in de buitenbocht ligt iets hoger dan de andere. Ook bij autowegen en bij wielervedbanen ziet men deze zogenaamde „verkanting” in een bocht.

Aangenomen wordt dat de helling van de vloer gelijk is aan de verkanting.

De straal van de bocht bedraagt $1,0 \text{ km}$.

- h. Bereken hoe groot de verkanting (uitgedrukt in graden of radialen) in de bocht moet zijn, opdat het kwik niet verschoven is ten opzichte van de strepen op de vloer.

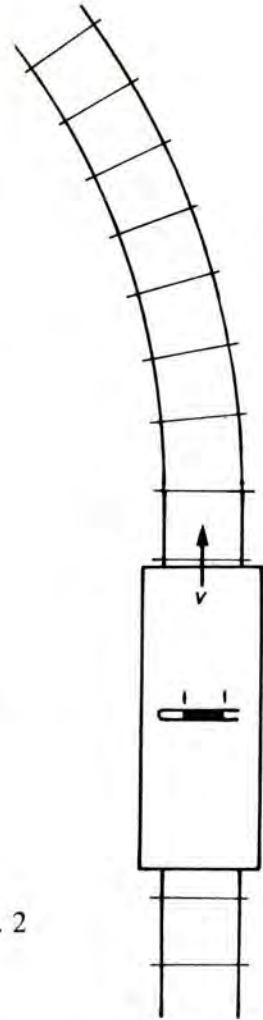


fig. 2

2. Met een opstelling zoals deze schematisch is weergegeven in de onderstaande figuur 3 kan de massa van een proton worden bepaald.

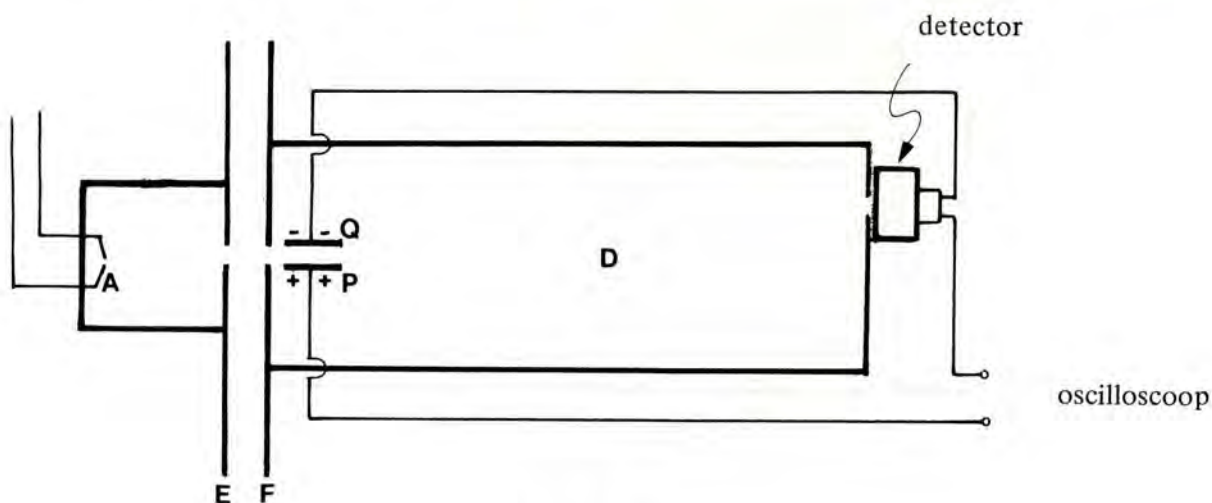


fig. 3

Bij A wordt waterstof door vonkontladingen gedissocieerd en geïoniseerd: er ontstaan vrije protonen.

De protonen die door de opening van E komen, worden versneld door het elektrische veld tussen E en F. Daarna komen deze protonen in de ruimte D.

Er bevindt zich geen ander gas in de opstelling en de druk van het waterstofgas is zo laag, dat de protonen zonder botsingen tegen de waterstofmoleculen hun baan doorlopen.

De beginsnelheid van de protonen bij de opening van E is te verwaarlozen.

De spanning tussen E en F bedraagt 90 V.

- a. Hoe groot is de kinetische energie die een proton heeft na het doorlopen van dit elektrische veld.

In de ruimte D lopen de protonen tussen twee geladen platen P en Q door naar de achterwand. Het teken van de lading van de platen is in figuur 3 aangegeven.

De gemiddelde potentiaal van de platen P en Q is gelijk aan de potentiaal van F.

- b. 1. Welke vorm heeft de baan van de protonen tussen de platen P en Q ?
Verklaar dit.
2. Welke vorm heeft de baan van de protonen als deze de ruimte tussen de platen P en Q hebben verlaten ? Verklaar dit.

De detector in de achterwand is verbonden met het verticale afbuiggedeelte van een oscilloscoop (verder afgekort met scoop).

Als protonen de detector treffen, geeft deze detector een spanning af. De platen P en Q zijn in serie geschakeld met de detector. Op de scoop verschijnt een beeld, dat de som weergeeft van de spanning over de platen P en Q en de spanning over de detector.



Als de platen P en Q ongeladen zijn, gaat de protonenbundel niet door het gaatje van de detector. Op het scherm van de scoop is dan een horizontale lijn te zien, die in figuur 4 is getekend als nullijn.

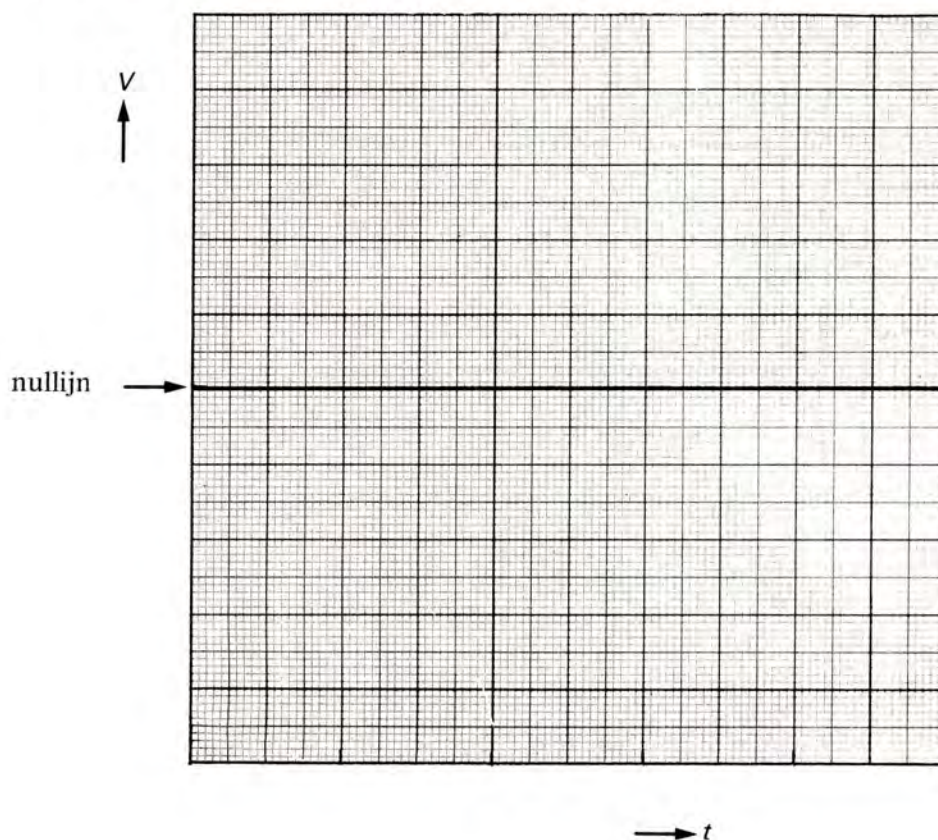


fig. 4

De platen P en Q worden langzaam geladen. Het potentiaalverschil V_{PQ} tussen de platen neemt toe. De horizontale lijn op de scoop beweegt langzaam omhoog totdat deze plotseling omlaag springt. De spanning waarbij dit gebeurt, noemen we V_{kritisch} .

c. Verklaar het plotseling verspringen van het scoopbeeld.

d. Wat verandert er aan het scoopbeeld als V_{PQ} groter wordt dan V_{kritisch} ?

We gaan nu de tijd bepalen die de protonen nodig hebben om vanaf het platenpaar PQ de detector te bereiken.

Daartoe beginnen we V_{PQ} te verhogen tot tweemaal V_{kritisch} .

De platen P en Q worden daarna losgemaakt van de spanningsbron. Vervolgens verbinden we beide platen met elkaar via een weerstand R.

De scoop brengt het daardoor optredende spanningsverloop in beeld volgens figuur 5. De schrijvende stip van de scoop gaat bij dit experiment slechts éénmaal van links naar rechts (dus niet periodiek). Dit gaat erg snel; daarom wordt het beeld fotografisch vastgelegd. Tijdens deze meting is de tijdbasis ingesteld op $0,50 \cdot 10^{-6}$ seconde per cm van het scherm.

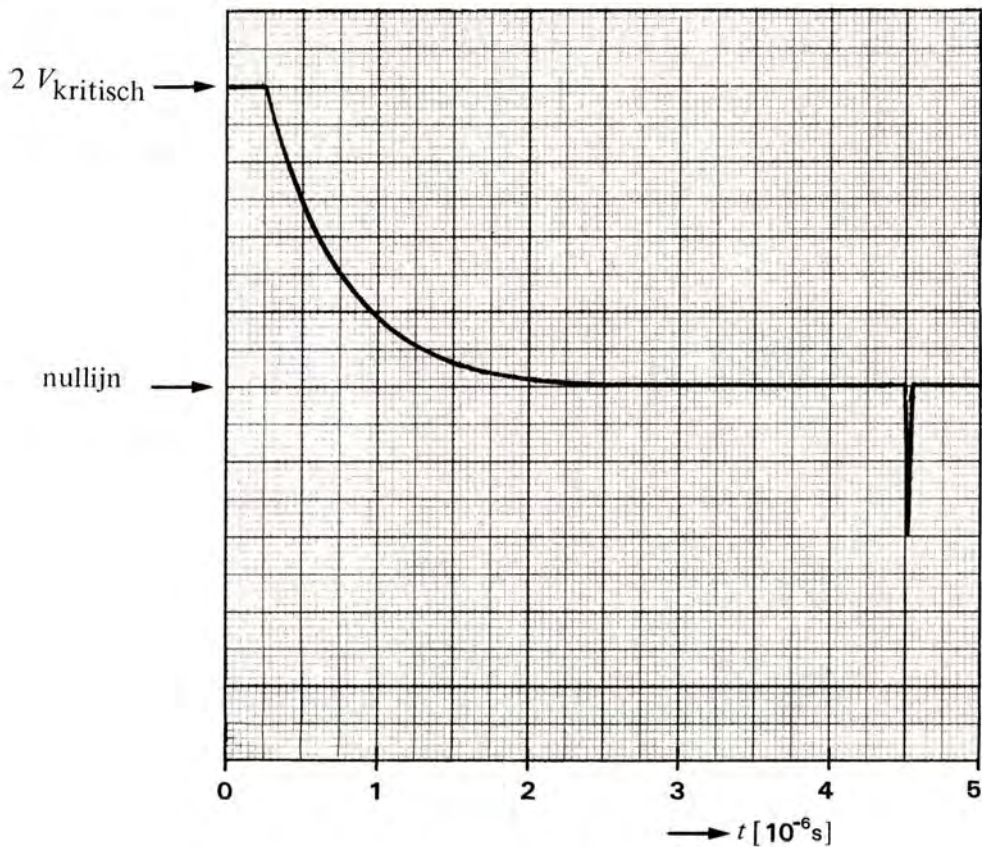


fig. 5

Als V_{PQ} de kritische waarde bereikt doordat de helft van de lading is weggestroomd, zullen de protonen tussen P en Q een zodanige afwijking krijgen dat zij even later in de detector terecht komen.

- e. Bepaal uit het scoopbeeld van figuur 5 de tijd die de protonen nodig hebben om vanaf het platenpaar PQ de detector te bereiken.

De afstand van het midden van het platenpaar PQ tot de achterwand bedraagt 0,50 m.

- f. Toon aan dat uit de meetgegevens volgt dat de horizontale component van de snelheid van de protonen $1,3 \cdot 10^5$ m/s is.

- g. Bereken vervolgens met behulp van de meetgegevens de massa van een proton.

3. Een fietsdynamo levert een sinusvormige wisselspanning wanneer het dynamowieltje eenparig wordt rondgedraaid. Met zo'n dynamo voert men nu een aantal experimenten uit.

- I. Men sluit eerst de dynamo via een schuifweerstand op een accu aan. (Zie figuur 6). Het dynamowieltje draait dus niet.

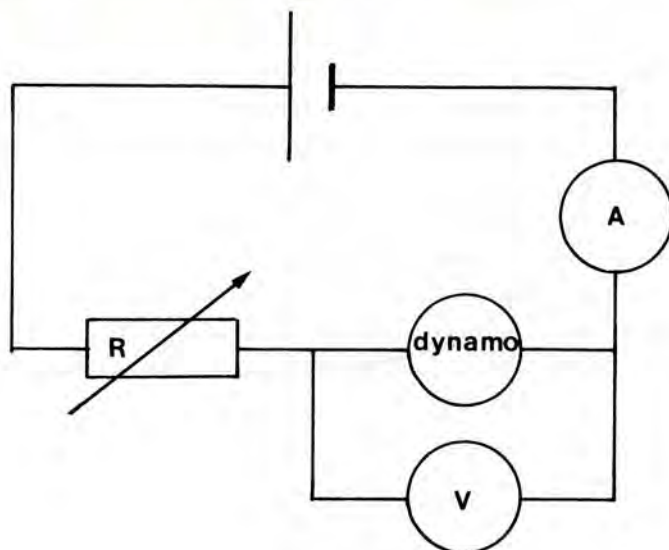


fig. 6

Bij verschillende spanningen over de dynamo meet men de stroomsterkte door de dynamo. De meetresultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

V (volt)	I (ampère)
1,0	0,27
2,0	0,54
3,0	0,81

- a. Bereken de ohmse weerstand van de dynamo.

Bij de volgende experimenten en vragen wordt met de sterkte van een wisselspanning of een wisselstroom steeds de effectieve waarde bedoeld.

- II. De dynamo sluit men vervolgens via een schuifweerstand aan op een sinusvormige wisselspanning. Hierbij wordt het dynamowieltje vastgezet, zodat het wiel niet kan draaien.
De frequentie van de wisselspanning bedraagt 50 Hz.
Bij verschillende spanningen over de dynamo meet men weer de stroomsterkte door de dynamo. In onderstaande tabel zijn de meetresultaten weergegeven.

V (volt)	I (ampère)
1,0	0,20
2,0	0,40
3,0	0,60

- b. 1. Bereken de impedantie van de dynamo.
2. Toon door een berekening aan dat de coëfficiënt van zelfinductie van de dynamo 10,7 mH bedraagt.

- III. De dynamo blijft via de schuifweerstand aangesloten op de sinusvormige wisselspanning. Maar het dynamowieltje wordt nu niet vastgezet. Bij een wisselspanning van 6,0 V (frequentie 50 Hz) over de dynamo blijkt het wieltje te draaien. De gemeten stroomsterkte door de dynamo bedraagt dan 0,48 A.
- c. Wat is de oorzaak dat de stroomsterkte nu zo laag is?
- IV. Men monteert tenslotte de dynamo op een fiets. Het dynamowieltje bevindt zich tegen de fietsband.
- De buitendiameter van de fietsband is 64,0 cm; de binnendiameter van de fietsband is 60,0 cm. Het dynamowieltje zit tegen het midden van de zijkant van de fietsband. (Zie figuur 7).
- De diameter van het dynamowieltje is 2,0 cm.

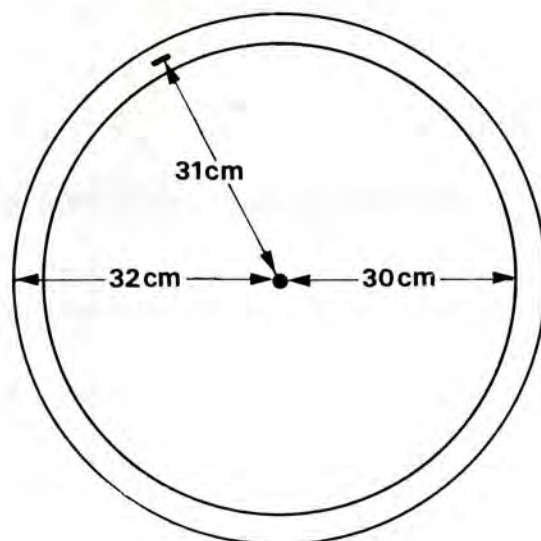


fig. 7

Bij een bepaalde snelheid van de fiets maakt het dynamowieltje 50 omwentelingen per seconde.

d. Bereken de snelheid van de fiets.

Op de dynamo is een lampje aangesloten. Bij een bepaalde snelheid van de fiets loopt er door het lampje een wisselstroom waarvan de sterkte 0,42 A en de frequentie 100 Hz is. De weerstand van het lampje bedraagt dan 12,0 Ω .

e. 1. Bereken de klemspanning van de dynamo.

2. Bereken de bronspanning van de dynamo.

Indien er twee keer zo snel wordt gereden zijn de bronspanning en de frequentie elk twee keer zo groot.

f. Noem twee redenen waarom de stroomsterkte door het lampje minder dan twee maal zo groot wordt.

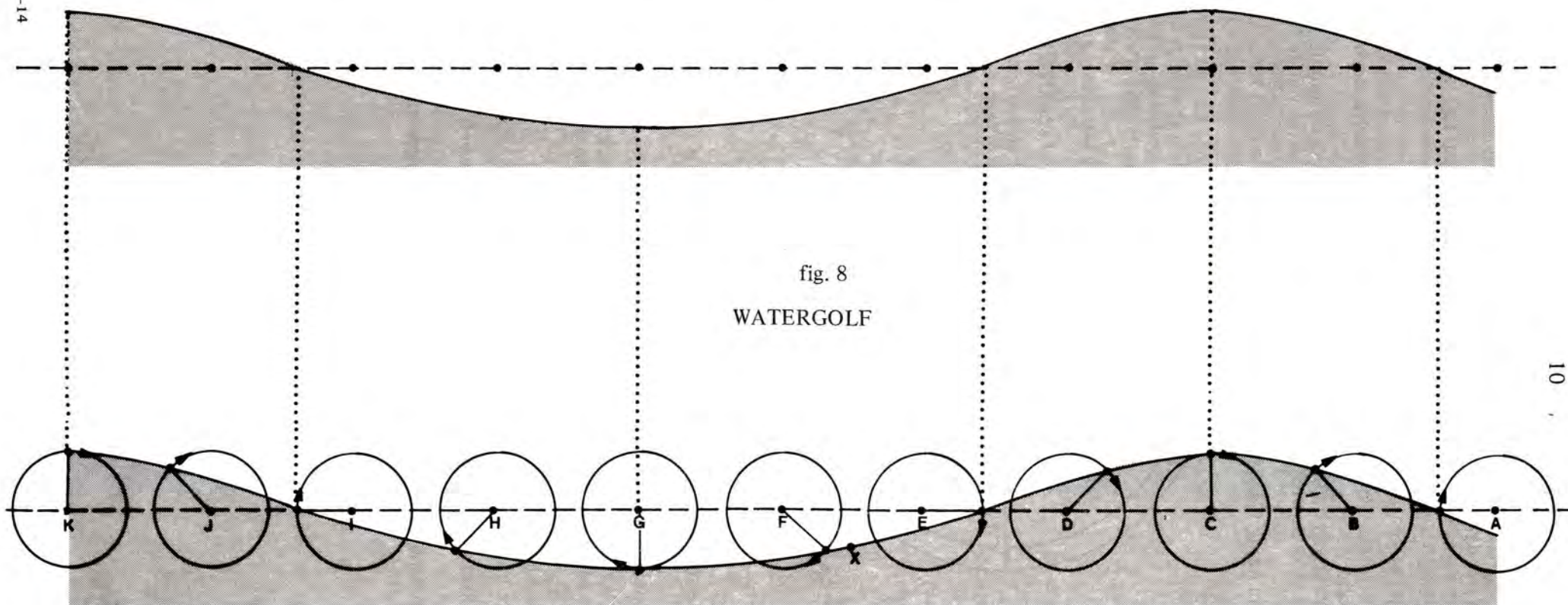


fig. 9

WATERGOLF

Deze figuren, 8 en 9, zijn op ware grootte getekend

4. Bij golven die over een wateroppervlak lopen, speelt de zwaartekracht een zelfde rol als de spankracht bij golven in een snaar.

Uit theorie en experiment blijkt dat de voortplantingssnelheid v van de door ons te beschouwen watergolven te berekenen is met de formule:

$$v = \sqrt{\frac{g}{2\pi}} \lambda \quad \text{Hierin is } g \text{ de valversnelling en } \lambda \text{ de golflengte.}$$

In figuur 8 is een watergolf op ware grootte getekend.

- Bepaal voor deze golf de voortplantingssnelheid.
- Toon aan dat voor de periode T van deze golfbeweging geldt: $T = 0,36 \text{ s}$.

Doordat water niet samendrukbaar is, kan het water aan het oppervlak niet uitsluitend een op- en neergaande beweging uitvoeren. Bij een nauwkeurige waarneming van de beweging van een licht voorwerp dat op het water drijft, blijkt dat het water niet alleen op en neer gaat maar ook voor- en achteruit. Het water in de top van de golf heeft een voorwaartse beweging, het water in een dal een achterwaartse.

In werkelijkheid beschrijven de waterdeeltjes van het oppervlak cirkelbanen in een verticaal vlak. Een waterdeeltje beschrijft zijn cirkelbaan eenparig in een tijd T . Deze tijd T is ook de in vraag *b* genoemde periode T van de watergolf, dus de tijd waarin de golf een golflengte aflegt.

In figuur 9 is de watergolf van figuur 8 nogmaals getekend, maar nu met een aantal cirkels erbij die door waterdeeltjes van het oppervlak eenparig worden doorlopen in de aangegeven richtingen.

- Bepaal de snelheid u waarmee een waterdeeltje zo'n cirkel doorloopt.
- Beredeneer dat de watergolf in figuur 9 naar rechts loopt.

Stel dat op $t = 0$ de stand van het wateroppervlak door figuur 9 wordt weergegeven.

1. Bepaal op welk tijdstip de snelheid van het waterdeeltje dat de cirkel om punt I beschrijft, voor het eerst na $t = 0$ verticaal omlaag gericht is.
2. Bepaal op welk tijdstip het wateroppervlak voor het eerst na $t = 0$ door het punt I gaat.

Op het bijgevoegde antwoordpapier is een deel van figuur 9 vergroot weergegeven.

- Construeer in de figuur op dit antwoordpapier de richting van de snelheidsvector u van het waterdeeltje in punt X.
- Licht het antwoord toe.

Men plaatst een ondoorzichtig scherm voor de bak waarin de golven lopen. In het scherm is een nauwe verticale spleet aangebracht waar doorheen het waterniveau zichtbaar is. (Zie figuur 10).

De spleet bevindt zich bij punt G. Het waterniveau beweegt tussen de punten G_0 en G_1 op en neer.

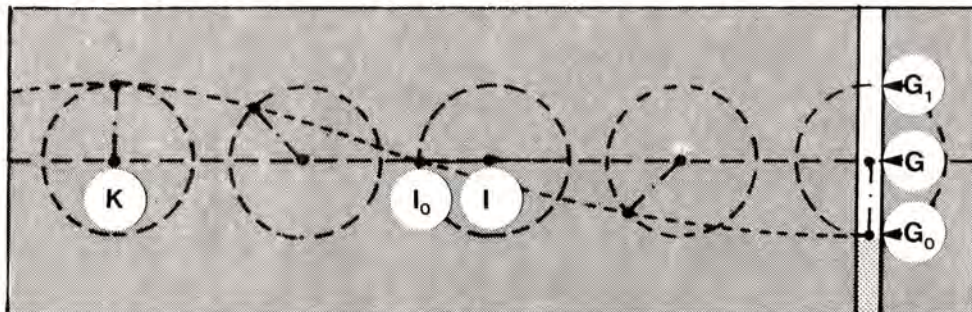


fig. 10

We bestuderen de snelheid waarmee het waterniveau stijgt van G_0 via G naar G_1 . De gemiddelde snelheid van G_0 tot G noemen we w_0 .

De gemiddelde snelheid van G tot G_1 noemen we w_1 .

1. Bepaal de verhouding $GI_0 : I_0 K$.
2. Bepaal de verhouding $w_0 : w_1$.

EINDE