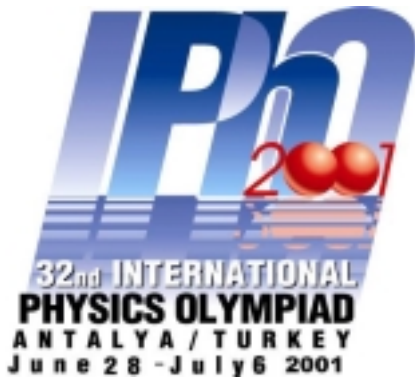


# DE XXXII INTERNATIONALE NATUURKUNDE OLYMPIADE



ANTALYA, TURKIJE

PRACTICUM TOETS

Zaterdag, 30 juni 2001

Lees dit eerst:

1. Voor het experiment heb je 5 uur tot je beschikking.
2. Gebruik uitsluitend de door de organisatie beschikbaar gestelde pen.
3. Beschrijf uitsluitend de voorkant van de bladen.
4. Gebruik voor elk onderdeel een nieuw blad.
5. Bij elk vraagstuk is, afgezien van de blanco bladen waar je op mag schrijven, een **antwoordblad** waarop je de resultaten *moet* vermelden. Geef de numerieke resultaten met het, gezien de gegevens, significante aantal cijfers op.
6. Schrijf op de blanco bladen de resultaten van alle metingen en verder alles dat van belang is voor de oplossing van het vraagstuk en waarvan je vindt dat dit moet worden beoordeeld. Gebruik echter zoveel mogelijk vergelijkingen, getallen, symbolen, figuren en grafieken. *Gebruik zo weinig mogelijk tekst.*
7. *Het is van het grootste belang* dat je in de hokjes bovenaan elk gebruikt blad je land (**Country no** en **Country code**) en je studentnummer (**Student No.**) vermeldt. Tevens vul je in het nummer van het vraagstuk (**Question No.**), het paginanummer (**Page No.**) en het totale aantal bladen dat je gebruikt hebt en beoordeeld wilt hebben (**Total No. of pages**). Het is handig om aan het begin van elk blad het nummer en het onderdeel van het vraagstuk waar je mee bezig bent, te vermelden. Zet, als je bladen als kladpapier gebruikt dat je niet beoordeeld wenst te hebben, een groot kruis en neem het niet op in de nummering van de overige bladen.
8. Leg, als je klaar bent, de bladen in deze volgorde:
  - Antwoordblad
  - De gebruikte bladen die moeten worden beoordeeld
  - De bladen die **niet** moeten worden beoordeeld
  - De ongebruikte bladen en de opgaven.

Doe de op volgorde gelegde papieren in de enveloppe en laat alles op tafel liggen. Je mag geen enkel papier of onderdelen van het experiment mee de zaal uit nemen.

## DRAAIENDE VLOEISTOF

Dit experiment bestaat uit drie verschillende onderdelen:

1. Onderzoek aan de vorm van het draaiende vloeistofoppervlak en de bepaling van de valversnelling  $g$  ten gevolge van de zwaartekracht.
2. Onderzoek aan de draaiende vloeistof als een optisch systeem
3. De bepaling van de brekingsindex van de vloeistof

Als een cilindrisch vat gevuld met een vloeistof met een constante hoeksnelheid rond de symmetrie-as van de cilinder draait, krijgt het vloeistofoppervlak de vorm van een parabool (zie figuur 1). Als de vloeistof in evenwicht is, wordt de helling in een willekeurig punt van het vloeistofoppervlak gegeven door de hoek  $\theta$  met het horizontale vlak waarvoor geldt:

$$\tan \theta = \frac{\omega^2 x}{g} \quad \text{voor } |x| \leq R \quad (1)$$

waarin  $R$  de straal van het vat is en  $g$  de valversnelling.

Tevens kan worden aangetoond dat voor  $\omega < \omega_{\max}$  (waarin  $\omega_{\max}$  de hoeksnelheid is waarbij er in het midden van het vat geen vloeistof meer is) het volgende geldt:

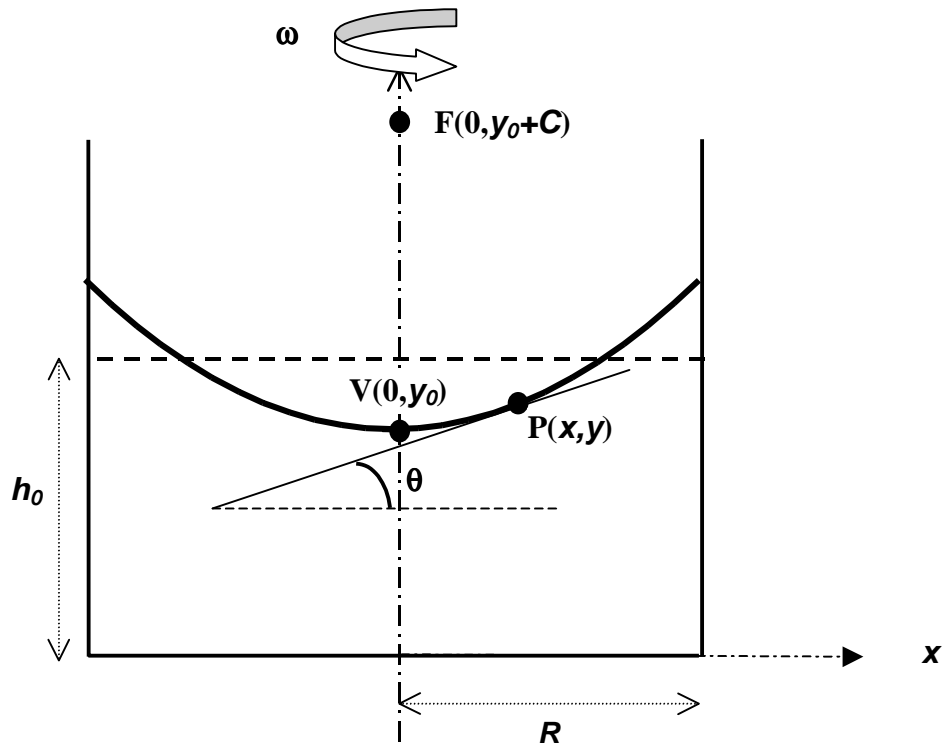
$$x = x_0 = \frac{R}{\sqrt{2}}, \quad y(x_0) = h_0 \quad (2)$$

Deze uitdrukking geeft aan op welke afstand van de as de roterende vloeistof evenhoog is als het vloeistofoppervlak in rust.

De vorm van de vloeistof is een parabool gegeven door de vergelijking:

$$y = y_0 + \frac{x^2}{4C} \quad (3)$$

Het minimum van de parabool is het punt  $V(0, y_0)$ ; het brandpunt van de parabool is het punt  $F(0, y_0 + C)$ . Een evenwijdige bundel lichtstralen die parallel aan de symmetrie-as van de parabool invalt, wordt zo weerkaatst dat alle stralen door het brandpunt  $F$  gaan (zie figuur 1).



**Figuur 1.** Definities van de hellingshoek  $\theta$  in het punt  $P(x, y)$ , het minimum  $V$  en het brandpunt  $F$  voor het parabolische oppervlak van een met constante hoeksnelheid  $\omega$  roterende vloeistof waarvan de oorspronkelijke hoogte  $h_0$  is.

## Apparatuur

- Een plastic cilinder met daarin de vloeistof glycerine. Zowel op de bodem als op de wand van de cilinder is transparant millimeterfolie aangebracht.
- Een elektrisch aangedreven draaitafel waarvan de hoeksnelheid met een spanningsregelaar ingesteld kan worden.
- Een horizontaal opgesteld, transparant scherm waarop doorzichtig en half-doorzichtig millimeterpapier gelegd kan worden. De positie van het scherm kan zowel in horizontale als in verticale richting ingesteld worden.
- Een laserpointer bevestigd aan een statief. De positie van de laserpointer kan worden ingesteld. De kop van de pointer kan worden veranderd.
- Een tweede kop voor de laserpointer.
- Een liniaal.
- Een markeerpen.
- Een stopwatch. Druk voor **reset** op de linker knop; om een andere **mode** te kiezen druk op de middelste knop; om de stopwatch te **starten** druk dan op de rechter knop.
- Een tralie met of 500 of 1000 lijnen per mm (kijk welk tralie je hebt).
- Een waterpas.
- Een veiligheidsbril.

## BELANGRIJKE AANWIJZINGEN

- **Kijk niet in de laserbundel. Let op dat ook teruggekaatst laserlicht gevaarlijk kan zijn. Draag daarom de bril voor je eigen veiligheid.**
- *Wees gedurende het experiment voorzichtig met de cilinder met glycerine.*
- *Gebruik de waterpas om het scherm horizontaal te stellen. De draaitafel is al waterpas gesteld.*
- *In het hele experiment zul je verschillende lichtvlekken op het scherm zien als gevolg van teruggekaatste en/of gebroken lichtstralen aan verschillende grensvlakken tussen de lucht, de vloeistof, het scherm en het vat. Let op dat je je metingen aan de juiste lichtbundel doet.*
- *Verander de rotatiesnelheid van de vloeistof geleidelijk en wacht steeds net zo lang tot de vloeistof in evenwicht is voordat je metingen doet.*

## EXPERIMENT

### DEEL 1: Bepaling van $g$ door middel van de roterende vloeistof [7,5 punten]

- Leidt vergelijking (1) af.
- Meet de hoogte  $h_0$  van de vloeistofniveau ten opzichte van de draaitafel en meet de binnendiameter  $2R$  van het vat.
- Breng het scherm tussen de laserpointer en het vat aan. Meet de hoogte  $H$  tussen het scherm en de draaitafel (zie figuur 2).
- Plaats de laserpointer zo dat de laserbundel verticaal naar beneden gericht is en het vloeistofoppervlak raakt op een afstand  $x_0 = \frac{R}{\sqrt{2}}$  van het centrum van het vat.
- Laat de draaitafel langzaam ronddraaien. Zorg er voor dat er in het midden van het vat steeds vloeistof aanwezig is.
- Het is bekend dat op een afstand  $x_0 = \frac{R}{\sqrt{2}}$  de hoogte van de vloeistof  $h_0$  blijft ongeacht de waarde van de hoeksnelheid  $\omega$ . Gebruik dit gegeven en doe metingen om de hoek  $\theta$  op deze afstand  $x_0$  van de as te bepalen. Herhaal dit voor verschillende waarden van de hoeksnelheid  $\omega$ .
- Geef in tabellen de gemeten en de berekende grootheden voor elke waarde van  $\omega$ .
- Maak een grafiek waaruit de waarde van  $g$  bepaald kan worden.
- Bepaal de waarde van  $g$  en bepaal de nauwkeurigheid van deze waarde.
- Neem de gevonden waarden van  $2R$ ,  $x_0$ ,  $h_0$ ,  $H$ , en de waarde van  $g$  met z'n nauwkeurigheid over op het **antwoordblad**.

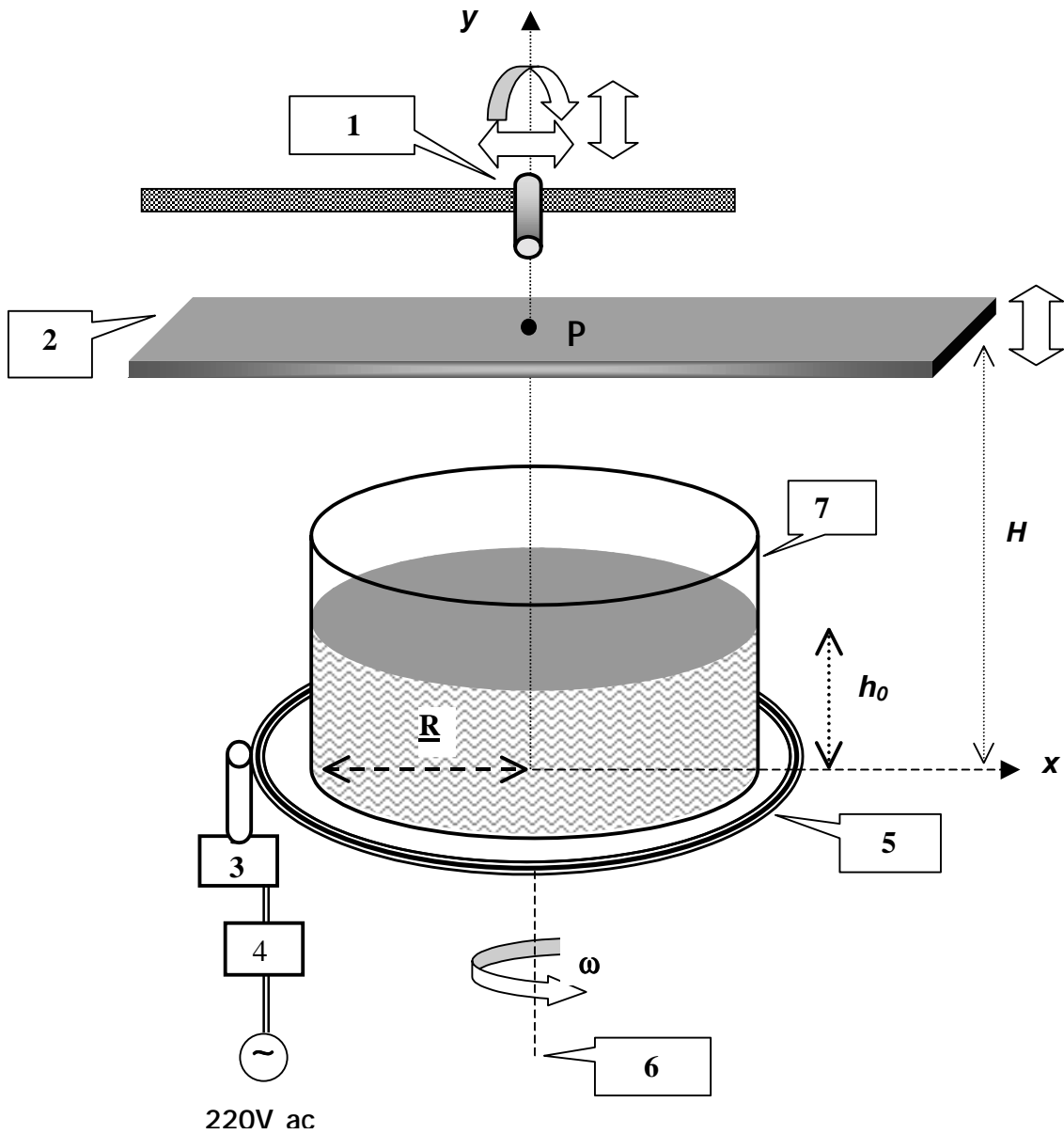
## DEEL 2: Optisch systeem

In dit deel van het experiment wordt de roterende vloeistof beschouwd als een optisch systeem waarmee afbeeldingen gemaakt kunnen worden. Aangezien de vorm van het oppervlak varieert met de hoeksnelheid, is de brandpuntsafstand afhankelijk van  $\omega$ .

### 2a) Onderzoek aan de brandpuntsafstand

[5,5 punten]

- Plaats de laserpointer eerst zo dat de laserbundel verticaal naar beneden gericht is op het centrum van het vat. Markeer het punt P op het scherm daar waar de bundel het scherm snijdt. De lijn die P met het centrum van het vat verbindt is dus de optische as van het systeem (zie figuur 2).
- Aangezien het oppervlak van de vloeistof zich als een parabolische spiegel gedraagt, zal elke lichtstraal die evenwijdig aan de optische as invalt, na terugkaatsing door het brandpunt gaan.
- Verplaats de laser en stel de hoeksnelheid zo in dat het brandpunt op het scherm terecht komt. Bepaal de hoeksnelheid  $\omega$  en meet de afstand  $H$  tussen het scherm en de draaitafel.
- Herhaal deze meting voor verschillende waarden van  $H$ .
- Noteer opnieuw de waarden van  $2R$  en  $h_0$  en neem eveneens de waarden van  $\omega$  als functie van  $H$  over op het **antwoordblad**.
- Bepaal de relatie tussen de brandpuntsafstand en de hoeksnelheid  $\omega$  met behulp van een geschikte grafiek van je metingen. Neem dit resultaat over op je **antwoordblad**.



**Figuur 2.** Experimentele opstelling voor de onderdelen 1 en 2.

1. Laserpointer aan het statief, 2. Doorzichtig scherm, 3. Motor, 4. Snelheidsregelaar, 5. Draaitafel, 6. Draai-as, 7. Cilindrisch vat.

## 2b) Analyse van het "beeld" (wat je op het scherm ziet)

[3,5 punten]

In dit deel worden de eigenschappen geanalyseerd van het "beeld" dat door dit optisch systeem ontstaat. Voer de volgende stappen een voor een uit.

- Verwijder de kop van de laserpointer door het tegen de wijzers van de klok in te draaien.
- Bevestig de nieuwe kop (die in de enveloppe zit) door het met de wijzers van de klok mee vast te draaien. De doorsnede van de bundel heeft nu een bepaalde vorm en is niet langer meer een nauwe bundel.
- Plaats de laserpointer nu zo dat de inkomende bundel het vloeistofoppervlak in het midden, vrijwel loodrecht raakt.
- Leg een half-doorlatend vel papier op het horizontale scherm, dat vlak boven het vat geplaatst is, zodat de inkomende bundel het papier niet raakt maar de teruggekaatste bundel wel.
- Kijk naar de "beelden" van de inkomende en de teruggekaatste bundels als de vloeistof stilstaat.
- Laat de vloeistof draaien en vergroot de draaisnelheid langzaam tot de maximum haalbare snelheid. Kijk goed naar de "beelden" op het scherm. Als  $\omega$  toeneemt zijn er verschillende intervallen te onderscheiden waarbinnen de eigenschappen van het "beeld" van de teruggekaatste bundel totaal verschillend zijn. Vul de tabel van het antwoordblad in om deze waarnemingen te beschrijven. Gebruik voor elk interval van de hoeksnelheden een nieuwe regel in de tabel.

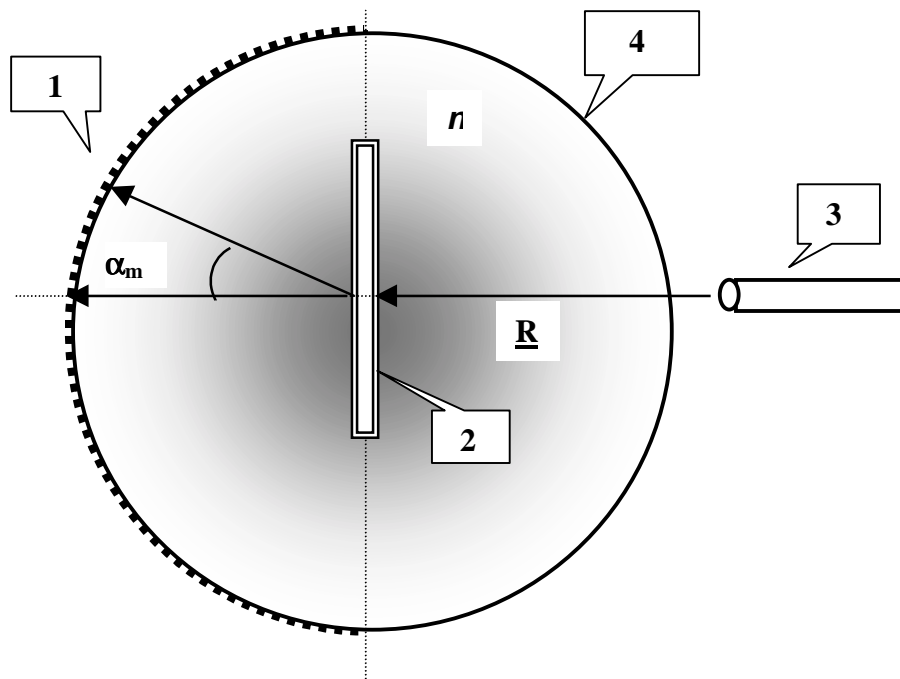
## Deel 3: Bepaling van de brekingsindex

[3,5 punten]

In dit deel van het experiment wordt de brekingsindex van de vloeistof bepaald met behulp van een tralie. Als monochromatisch licht met golflengte  $\lambda$  loodrecht op een tralie valt, zullen de maxima in het interferentiepatroon ontstaan onder hoeken  $\alpha_m$  waarvoor geldt:

$$m\lambda = d \sin \alpha_m \quad (4)$$

Hierin is  $m$  de orde van het interferentiemaximum en  $d$  is de afstand tussen de spleten van het tralie. In dit deel van het experiment wordt het tralie gebruikt om de golflengte van het laserlicht te bepalen en vervolgens de brekingsindex van de vloeistof (zie figuur 3).



**Figuur 3.** Bovenaanzicht van het experiment van het tralie in de vloeistof.

1. Millimeterfolie aan de zijkant, 2. Het tralie in een houder, 3. Laserpointer, 4. Cilindrisch vat.

- Gebruik het tralie om nauwkeurig de golflengte van het laserlicht te bepalen. Noteer je resultaat op het **antwoordblad**.
- Zet het tralie in de vloeistof, loodrecht op de bodem, in het midden van het vat.
- Richt de laserbundel zodanig dat het licht de vloeistof binnenkomt via de zijwand van het vat, en loodrecht op het tralie valt.
- Zorg dat het interferentiepatroon terecht komt op het doorzichtige millimeterfolie dat op de zijkant van het vat is bevestigd. Doe de noodzakelijke afstandsmetingen.
- Bereken de brekingsindex  $n$  van de vloeistof door gebruik te maken van je meetresultaten (bedenk daarbij dat het feit dat het licht door de wanden van het vat gaat, geen effect op de resultaten heeft).
- Noteer je resultaat op het **antwoordblad**.



Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

## ANTWOORDBLAD

### 1) Bepaling van $g$ door middel van de roterende vloeistof

$2R$	$x_0$	$h_0$	$H$

Experimenteel bepaalde waarde van  $g$ :

### 2a) Onderzoek aan de brandpuntsafstand

$2R$	$h_0$

$H$	$\omega$

### Relatie tussen de brandpuntsafstand en $\omega$

Country no	Country code	Student No.	Question No.	Page No.	Total No. of pages

## 2b) Analyse van het "beeld"

Gebruik de afkortingen, zoals die hieronder zijn gedefinieerd, om te beschrijven wat je op het scherm waarneemt van de gereflecteerde bundel.

**$\omega$  interval:** de grenswaarden van de hoeksnelheid bij benadering weergeven.

**Oriëntatie** ( ten opzichte van de invallende bundel zoals op het transparante scherm is te zien):  
Omgekeerd : **INV**  
In dezelfde stand: **ER**

**Verandering van de afmetingen** bij toenemende  $\omega$ :

Neem toe: **I**  
Neemt af: **D**  
Geen verandering: **NC**

Noteer in de kolom "beeld" voor de intervallen van de hoeksnelheid zoals je hierboven gevonden hebt :

"**R**" als het "beeld" op het scherm zich boven het convergentiepunt van de laserbundel bevindt.  
"**V**" als het "beeld" op het scherm zich onder het convergentiepunt van de laserbundel bevindt.

$\omega$ interval	Oriëntatie	Verandering van de afmetingen	"beeld"
<del><math>\omega=0</math></del>			

## 3) BREKINGSINDEX

Golflengte =

Experimenteel bepaalde waarde van  $n =$