

Nummer 133870	Emne Lys, brydningsindeks		
Version 2015.09.11 / HS	Type Elevøvelse	Foreslås til gymAB	p. 1/4

## Formål

Bestemmelse af lysets hastighed i vand.

## Princip

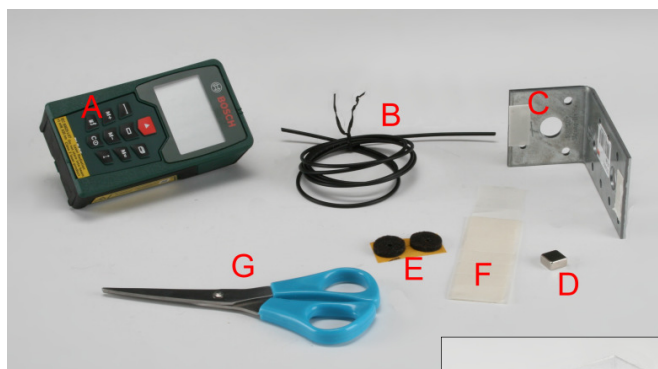
En laser-afstandsmåler er i realiteten et avanceret stopur, som måler tiden fra udsendelse af et lysglimt til det reflekterede lysglimt når tilbage til apparatet. Resultatet omregnes til en afstand ud fra lysets hastighed *i luft*. Vi bruger "afstanden" i displayet og lyshastigheden *i luft* til at regne baglæns til en tid – uanset hvilket materiale, lyset bevæger sig i.

## Generelt om Olympiadekasse 2

Sættet er en udvidelse af Olympiadekasse 1 og nogle af de tilhørende eksperimenter bruger dele fra denne.

Apparaturet omfatter:

- A Laser-afstandsmåler
- B Lyslederkabel
- C Vinkelbeslag
- D Magnet
- E Filtskiver med hul (1-2 stk.)
- F Dobbeltklæbende puder
- G Saks



Denne øvelse anvender apparatur med **fed skrift**.

Fra Olympiadekasse 1 bruges **plastkuvetten**.

Desuden anvendes:

Stativmateriel, målebånd eller lineal.



## Laser-afstandsmåleren

NB: Lad aldrig laserstrålen ramme hverken dine egne eller andres øjne – risiko for varige skader!

- A – Tænd / sluk
- B – Skift mellem at måle fra fronten eller bagenden
- C – Indikator for B

*I denne øvelse skal der altid måles fra bagenden. Dette er standard, når der tændes.*

- D – Tænd laser, start målinger
- E – Kontinuerte målinger
- F – Indikator for E

Ved kontinuerte målinger kan displayet vise en termometer-ikon for at indikere, at afstandsmåleren er ved at være for varm.

Sluk og vent lidt, mens apparatet køler ned



## Måleprincip

Laserstrålen er moduleret med et hurtigt varierende signal.

Elektronikken måler en forsinkelse  $t$  mellem det udsendte og det modtagne signal. Denne forsinkelse omregnes til en afstand  $y$ , som vises i displayet:

$$y = \frac{1}{2} ct + k$$

Her er lyshastigheden  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$  i luft (samme som i vakuum indenfor usikkerheden) og  $k$  er en konstant, som afhænger af indstillingen B (se ovenfor).

## Klargøring

Hvis afstandsmåleren har været brugt til en anden øvelse, sidder der muligvis en filtskive foran linsen. Den fjernes forsigtigt – og anbringes helst på det tilhørende bagside-papir, da den skal genbruges.

Du skal måle vanddybden i kuvetten flere gange, så det kan være en ide at sætte enden af målebåndet eller evt. en lille lineal fast til kuvetten med tape. Nulpunktet skal være så tæt på bordet som muligt, men det er ikke vigtigt, præcis hvor det er placeret.



## Udførelse

Monter afstandsmåleren i et stativ, så den peger næsten lodret ned. Der skal være en lille vinkel, så laseren ikke reflekteres tilbage i sig selv eller i modtageren – men den reflekterede stråle må gerne ramme plastkabinettet udenfor linserne.

Med afstandsmåleren hævet 30-40 cm over bordet, vil dette være forholdsvis let at opnå.

Indstil afstandsmåleren til kontinuerte målinger.

Anbring et stykke papir på bordet, hvor laserstrålen rammer, og stil kuvetten ovenpå.

Hæld et par millimeter vand i bunden, og kontroller for uønskede reflekser. Bemærk, at det tager lidt tid, inden vandoverfladen er så meget i ro, at refleksen kan ses som et punkt.

Aflæs vanddybden  $h$  og display-visningen  $y$ .

Når du måler vanddybden, er det vigtigt at kigge vandret ind mod opstillingen.

Gentag dette med mere og mere vand i kuvetten. Fordel målepunkterne, så du opnår 10 – 12 målinger i alt.



## Teori

Lyshastigheden i luft er kun 0,03 % mindre end  $c$ , lyshastigheden i vakuum. Måleusikkerhederne i denne øvelse er væsentligt større end dette, så du kan trygt benytte  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$  for lyshastigheden i luft.

Anderledes for f.eks. vand – her er hastigheden markant lavere. Sammenhængen er generelt givet ved udtrykket

$$v = \frac{c}{n}$$

hvor  $n$  er det pågældende materiales *brydningsindeks*. ( $n$  er større end 1.)

Som nævnt er sammenhængen mellem den viste afstand  $y$  i displayet og den tid  $t$ , som laserstrålen bruger mellem udsendelse og modtagelse

$$y = \frac{1}{2} ct + k$$

Faktoren  $\frac{1}{2}$  stammer fra, at lyset skal nå både frem og tilbage, når det reflekteres.

Opstil nu et udtryk for, hvor lang tid  $t$  lyset er om at udbrede sig stykket  $L$  gennem et materiale med brydningsindeks  $n$ .

Sæt dit udtryk for  $t$  ind i ovenstående udtryk for  $y$ , og reducer ligningen. Du opnår derved en ligning for  $y$  som en lineær funktion af  $L$ .

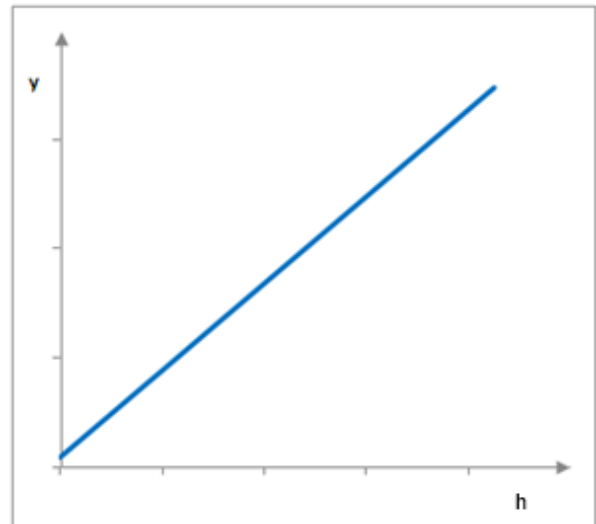
Kalder vi vandets dybde i karret for  $h$ , er

$$L = 2 \cdot h$$

Indsæt dette og reducer, så du ender med en ligning, som udtrykker  $y$  som funktion af  $h$ .

Du vil opdage, at  $c$  ikke optræder i det reducerede udtryk.

Den lineære sammenhæng mellem  $h$  og  $y$  skal du bruge under databehandlingen af dine måleresultater – specielt er vi interesserede i hældningskoefficienten.

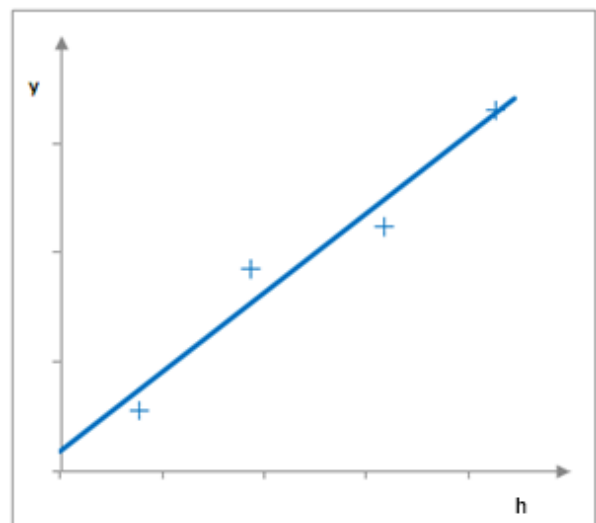


## Databehandling

Afbild den viste afstand  $y$  som funktion af vanddybden  $h$ .

Indtegn en ret linje gennem målepunkterne. Bestem linjens hældningskoefficient.

Sammenlign med udtrykket, som du udledte tidligere, og find her ud fra brydningsindekset  $n$  for vand. (Se på hældningskoefficienten – konstantleddet benyttes ikke.)



## Noter til læreren

### Benyttede begreber

Hastighed  
Brydningsindeks

### Matematiske forudsætninger

Graftegning  
Hældning af linje  
Løsning af førstegradsligning

Denne øvelse er en forenklet version af opgave 1.3 og 1.4 i det originale materiale fra Fysikolympiaden 2013.

### Om apparaturet

Fabrikanten opgiver en måleusikkerhed på 2 mm for laser-afstandsmåleren.  
Laserstrålen er lineært polariseret i et plan vinkelret på displayet – dvs. lodret, når afstandsmåleren ligger på et bord.

Delene C Vinkelbeslag, D Magnet og F Dobbeltklæbende puder anvendes sammen med plastkassen fra Olympiadekasse 1 i den originale opgave fra Fysikolympiaden 2013. De muliggør en skrå placering, så laserstrålen sendes nedad i en vinkel på 17-20° mod lodret. De heraf følgende geometriske overvejelser vil kunne udfordre de dygtigste elever.

## Olympiadekasse 1 og 2

Olympiadekasserne er udviklet af DTU til brug i den 44. Internationale Fysikolympiade.

De originale eksperimentelle opgaver kan hentes på <http://ipho2013.dk/ipho2013-problems.htm>  
Nærværende vejledning er bearbejdet og tilpasset med udgangspunkt i de originale olympiadeopgaver.

Foto s. 1 nederst: Jens Ulrik Lefmann, DTU.

Frederiksens Olympiadekasse 1 (488590) dækker opgaverne betegnet E2 i det officielle materiale.

Suppleres Olympiadekasse 1 med Olympiadekasse 2 (488595) dækkes opgaverne betegnet E1 i det officielle materiale.

Frederiksen Scientific A/S takker Ole Trinhammer og Jens Ulrik Lefmann fra DTU for samarbejdet omkring materialet.

## Detaljeret apparaturliste

488595 Olympiadekasse2, omfattende  
Laser-afstandsmåler  
Lyslederkabel (288700 - der indgår 2 m)  
Vinkelbeslag  
Magnet  
Filtskiver med hul (1-2 stk.)  
Dobbeltklæbende puder  
Saks (078610 eller tilsvarende)

140010 Målebånd 200 cm  
Stativmateriel

### Reserve dele og forbrugsstoffer

En del af udstyret er specielt for Olympiadekasse 2 og eksisterer ikke som særskilte varer i vores program.

Oftentimes er der dog tale om ting, som nemt kan skaffes fra et byggemarked eller et supermarked.

En undtagelse kan være filtskiver med hul. Disse må om nødvendigt laves med en hul-tang ud fra selvklæbende filtskiver, som findes i et byggemarked. Det er ikke en kritisk komponent, formålet er blot at forhindre modtageren i at "se" eventuelt spredt laserlys.

## Reklamationsret

*Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato.  
Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.*

*Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.*

*Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbetøbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.*

© Frederiksen Scientific A/S

*Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside*