

Nummer 133860	Emne Lys, brydningsindeks		
Version 2015.09.11 / HS	Type Elevøvelse	Foreslås til gymAB	p. 1/4

Formål

Bestemmelse af lysets hastighed i en optisk fiber. Bestemmelse af brydningsindeks for kernen i den optiske fiber.

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

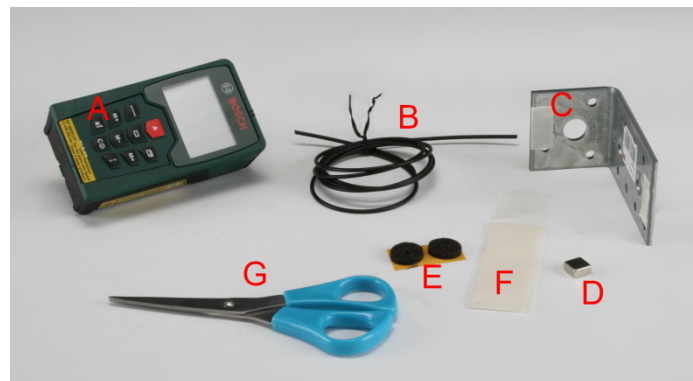
Sættet er en udvidelse af Olympiadekasse 1 og nogle af de tilhørende eksperimenter bruger dele fra denne.

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**.

Desuden anvendes:
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 målingerne
- 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 udstyret allerede har været anvendt, kan du springe dette punkt over.

Der medfølger 2 m lyslederkabel. Dette skal deles i fire stykker med følgende omtrentlige længder:

15 cm, 37 cm, 63 cm og 85 cm.

Formålet er at have en jævn fordeling af afstande. Hvis kablet er lidt længere end 2 m, kan den overskydende længde fordeles mellem de to længste stykker.

Der kan evt. medfølge nogle rester af lyslederkabel – overvej, om disse kan indgå, så der måske kan blive en femte længde ud af kablet. Mindste længde bør være ca. 15 cm og største længde skal være mindst 85 cm.

Udførelse

En filtskive med hul sættes *forsigtigt* fast foran modtagerlinsen på afstandsmåleren som vist til højre.

Indstil afstandsmåleren til kontinuerle målinger.

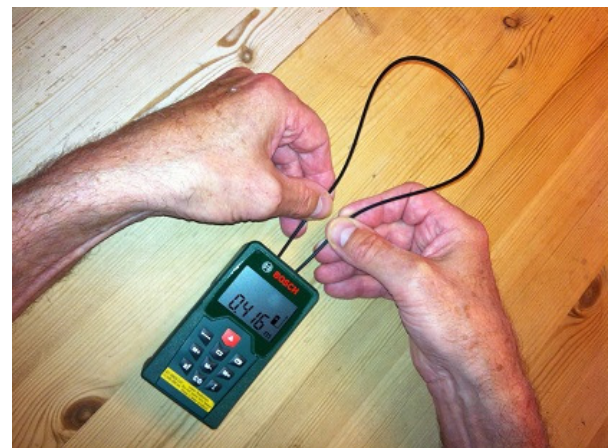
Stik den ene ende af et stykke lyslederkabel gennem hullet i filtskiven, og hold den anden ende ind i laserstrålen. (Se billedet.)

Aflæs afstandsmåleren – tag evt. et gennemsnit, hvis tallene varierer lidt.

Mål længden L af lyslederstykket så præcist som muligt.

Dette skal gentages for alle de stykker lysleder, der er til rådighed.

Alle resultater noteres omhyggeligt – det bedste og nemmeste er allerede nu at gøre det i et regneark.



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 det plastmateriale, som udgør kernen i lyslederkablet – her er hastigheden markant lavere. Sammenhængen er 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

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

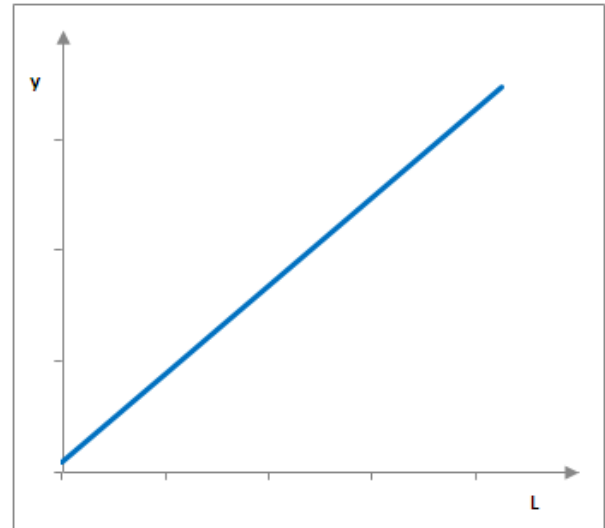
Faktoren $\frac{1}{2}$ stammer fra, at lyset skal nå både frem og tilbage, når det reflekteres – bemærk, at noget tilsvarende *ikke* er tilfælde, når lyset ledes direkte fra laseren til modtageren via et kabel!

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 .

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

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

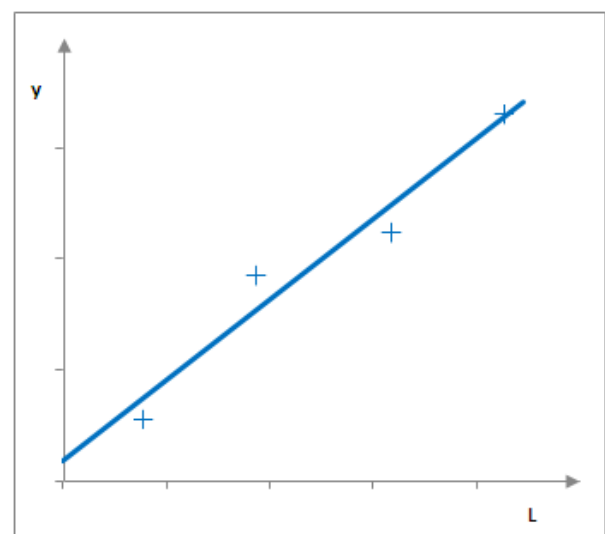


Databehandling

Afbild den viste afstand y som funktion af lyslederens målte længde L .

Indtegn en ret linje gennem målepunkterne. Bestem linjens hældningskoefficient.

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



Noter til læreren

Benyttede begreber

Hastighed
Brydningsindeks

Matematiske forudsætninger

Graftegning
Hældning af linje
Løsning af førstegradsligning

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.

Hvis der ønskes yderligere målinger med andre længder lyslederkabel, er det rimelig billigt at supplere op (se højre spalte).

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

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.

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.

Fotos s. 1 nederst og s. 2 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.

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