

Lysets hastighed

Jacob Christensen

Fysiske Undervisnings-Forsøg
Roskilde Universitets Center

22. januar 2008

Lysets hastighed

Formål

Formålet med øvelsen er at måle lysets hastighed.

Apparatur

- Lyshastighedmåleapparat
- Oscilloscope



Fremgangsmåde

Målingen af lysets hastighed foretages på et lyshastighedmåleapparat. Et lyshastighedmåleapparat indeholder en frekvensgenerator, der leverer en vekselspænding¹ med en frekvens på 50kHz til en lille lysdiode i afsender siden af lyshastighedmåleapparatet. Lysdioden lyser derfor ikke med konstant lysstyrke. I stedet veksler lysstyrken med samme frekvens 50kHz. Lyset fra dioden stråler ud i alle retninger. En samlelinse fokuserer lyset til en stråle. To spejle monteret på en slæde afbøjer lysstrålen to gange 90°, så den retuneres parallelt med den

¹Der lægges desuden et jævnspænding bias til så spændingen ikke passerer nul, ellers ville lysstyrken ikke veksle som sinus.

udadgående del, men den indadgående del fokuseres af en samlelinse på en punktformig lysfølsom diode på modtager siden af lyshastighedmåleapparatet. Den mest tidskrævende del af øvelsen er at fokusere linserne og spejlene. Det gøres lettest med den øvrige belysning i lokalet dæmpet. For så er det lettere at se hvor strålen går, når man holder f.eks. et stykke papir ind for. Strålens retning justeres ved at skyde linsen fra side til side hhv. op og ned. Det har ikke meget effekt at dreje en linse! Fokus justeres ved at skyde linsen frem og tilbage. Den udadgående stråle skal ramme midt på første spejl og have samme tykkelse hele vejen. Første spejl kippes så den afbøjede stråle rammer midt på andet spejl. Det andet spejl kippes så strålen er centreret omkring modtager dioden. Den sidste linse fokuserer strålen til en prik på modtager dioden. Den sidste linse justeres lige som den første. Når strålegangen er sikret tilsluttes oscilloscopets to indgange. En indgang følger lyshastighedmåleapparatets afsender signal. Den anden følger modtager signalet. For god orden tjekkes at man har godt modtager signal² når slæden på lyshastighedmåleapparatet skydes fra kort afstand til lang afstand.

Nu kan den egentlige måling begynde. Slæden skydes (på kort afstand) frem og tilbage intil man kan se på oscilloscopet at afsender- og modtagersignalet er i fase³. På linealen, som er malet på glidebanen, aflæses startpositionen L_1 . Husk at vurdere hvor nøjagtig aflæsningen er! Derefter skydes slæden udad indtil modtager signalet er i fuldkommen modfase til afsender signalet. Slutpositionen L_2 aflæses. Det er målingen af lysets hastighed i luft!

Måleresultater

Her er måleresultaterne anført i tabel.

L_1	L_2
cm	cm
5 ± 2	142 ± 2

Jeg har angivet usikkerheden til 2cm selvom det er muligt at aflæse slædens position langt mere nøjagtigt, fordi det er svært at vurdere om signalerne virkelig er i fase.

Databehandling

Den udmålte afstand $L_2 - L_1$ er den kvarte bølgelængde for "intensitetsbølgerne". Det kommer man frem til ved at indse at intensitetsbølgerne skal udbredes sig både frem og tilbage, dvs. $2 \times (L_2 - L_1)$, for at der går en halv periode. De skal således udbrede sig dobbelt så langt $4 \times (L_2 - L_1)$ for at der går en hel periode.

²Det kan være nødvendigt at øge følsomheden på oscilloscopet undervejs. Det regner jeg ikke som dårligt signal.

³Der er indbygget en lille tidsforsinkelse på modtagersignalet i lyshastighedmåleapparatet for at gøre dette muligt!

Altså bølgelængden λ er fire gange den opmålte længde.

$$\lambda = 4(L_2 - L_1)$$

men bølgelængden kan også udtrykkes i form af lysets hastighed c og perioden τ .

$$\lambda = c\tau$$

sættes de to udtryk sammen ses

$$c\tau = 4(L_2 - L_1) \Rightarrow$$

$$c = \frac{4(L_2 - L_1)}{\tau}$$

og da perioden er en over frekvensen f .

$$c = 4(L_2 - L_1)f$$

Men målingerne er behæftet med en vis usikkerhed. Så ved max-min-metoden udregnes først c_{max} og c_{min} .

$$c_{max} = 4(L_2 + \delta L_2 - (L_1 - \delta L_1))f \Leftrightarrow$$

$$c_{max} = 4(1,42m + 0,02m - (0,05m - 0,02m)) \cdot 50 \cdot 10^6 Hz = 2,82 \cdot 10^8 m/s$$

$$c_{min} = 4(L_2 - \delta L_2 - (L_1 + \delta L_1))f \Leftrightarrow$$

$$c_{min} = 4(1,42m - 0,02m - (0,05m + 0,02m)) \cdot 50 \cdot 10^6 Hz = 2,66 \cdot 10^8 m/s$$

Hvorfra vi får resultatet

$$c = \frac{c_{max} + c_{min}}{2} = 2,74 \cdot 10^8 m/s$$

med usikkerheden

$$c = \frac{c_{max} - c_{min}}{2} = 0,08 \cdot 10^8 m/s$$

Fejlkilder

Frekvensen er faktisk ikke målt det er blot antaget at apparatet overholder producentens foreskrifter. Derfor er mållingen af lysets hastighed helt afhængig af at antagelsen holder.

Konklusion

Lysets hastighed i luft er målt til $(2,74 \pm 0,08) \cdot 10^8 m/s$.

Appendiks

Billeder

