

Forsøg 01 - Lysets hastighed

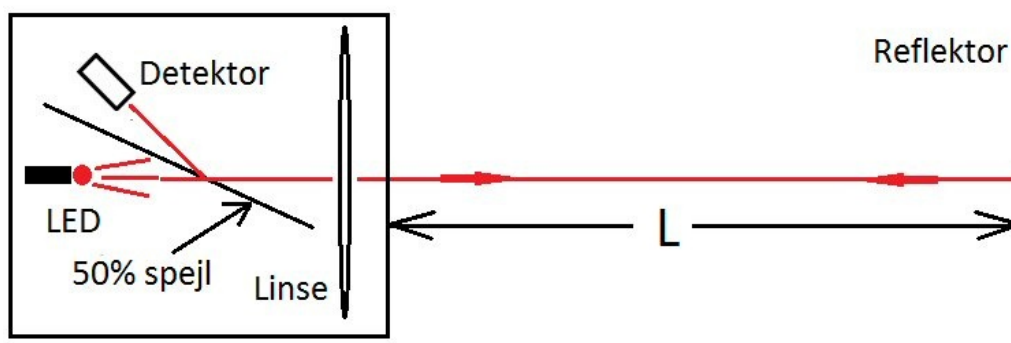
Øvelsesvejledning

01-Lyshastighed.wpd

FORMÅL

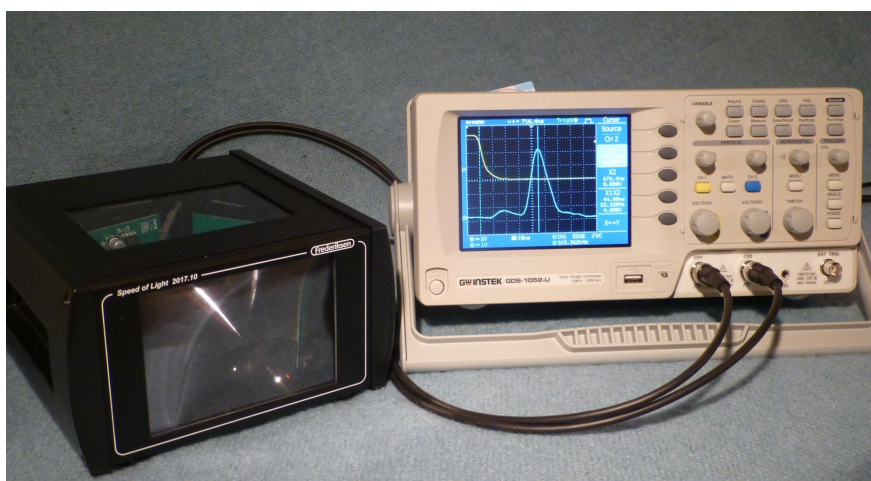
I forsøget måles lysets hastighed i luft. Til formålet anvendes apparatur fra firmaet Frederiksen A/S. Apparatet frembringer korte lyspulser fra en rød LED. Collimerede lyspulser sendes til en reflektor, og de reflekterede pulser detekteres. Desuden benyttes et digitaloscilloskop, således at pulsernes flyvetid kan måles med nanosekunds nøjagtighed. Kendskab til afstanden og flyvetiden muliggør, at man kan finde lysets hastighed.

OPSTILLING



Figur 1: Lysets hastighedsudstyr 2017.10 indeholder lyskilde og detektor.

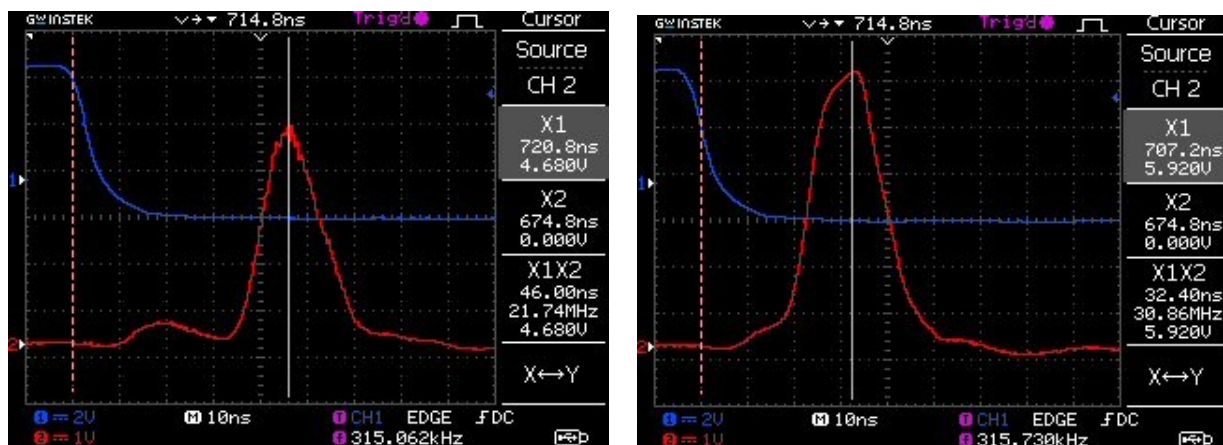
Dette udstyr frembringer meget korte pulser (10-15 ns) med en gentagelsesfrekvens på ca. 300 kHz. Fresnellinsen samler strålen til et nogenlunde parallelt strålebunt. Strålen tilbagelægger afstanden $2L$ frem og tilbage. En del af den tilbagevendte stråle reflekteres af 50% spejlet og registreres af en lysdetektor.



Figur 2: Lyshastighedsudstyret sluttet til et digitaloscilloskop.

HURTIGT DEMOFORSØG

Lysets hastighed kan bestemmes for afstande L på nogle få meter, så forsøget kan sagtens laves i et klasselokale. Her er et eksempel på målinger lavet med reflektoren i to stillinger: $L_1 = 3,86$ m og $L_2 = 1,86$ m



Figur 3: Oscilloskopbilleder (røde grafer) viser de tilbagevendte lyspulser for $L_1 = 3,86$ m (tv.) og $L_2 = 1,86$ m (th.). Forskellen i lysets vejstrækning i de to forsøg er således 4,00 meter.

Tidsakseværdien for $L_1 = 3,86$ m er markeret med en cursor og aflæses til $720,8 \pm 0,4$ ns. Værdien for tilfældet $L_2 = 1,86$ m var $707,2 \pm 0,4$ ns. Forskellen i lysets vejbane i de to dele af forsøget var 4,00 meter, og tidsforskellen er målt til 13,6 ns. Lysets hastighed i luft bestemmes således her til:

$$c = \frac{(L_1 - L_2)}{(T_1 - T_2)} = 2,941 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

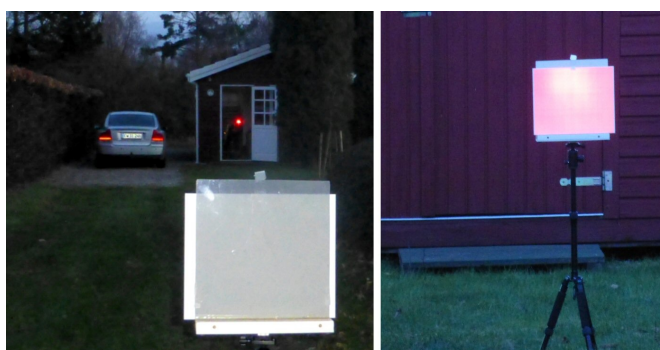
Tager man hensyn til måleusikkerheden på $\pm 0,4$ ns ligger tidsmålingen i intervallet fra 12,0 til 13,6 ns. Usikkerheden taget i betragtning, ligger resultatet i intervallet:

$$2,86 \cdot 10^8 \text{ m/s} \leq c \leq 3,03 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Der er således tale om et resultat, der inden for usikkerheden ligger tæt på tabelværdien for lysets hastighed i luft: $c = 2,997 \cdot 10^8$ m/s.

PROJEKTOPGAVE

For at opnå bedre overensstemmelse med tabelværdien, skal man øge lysets flyvevej og lave flere målinger. Udstyret kan med fordel benyttes inden døre i en hal eller i et gangareal, men udendørs målinger er også mulige. Målinger med reflektoren op til 30 meter fra lyskilden er gennemført her.

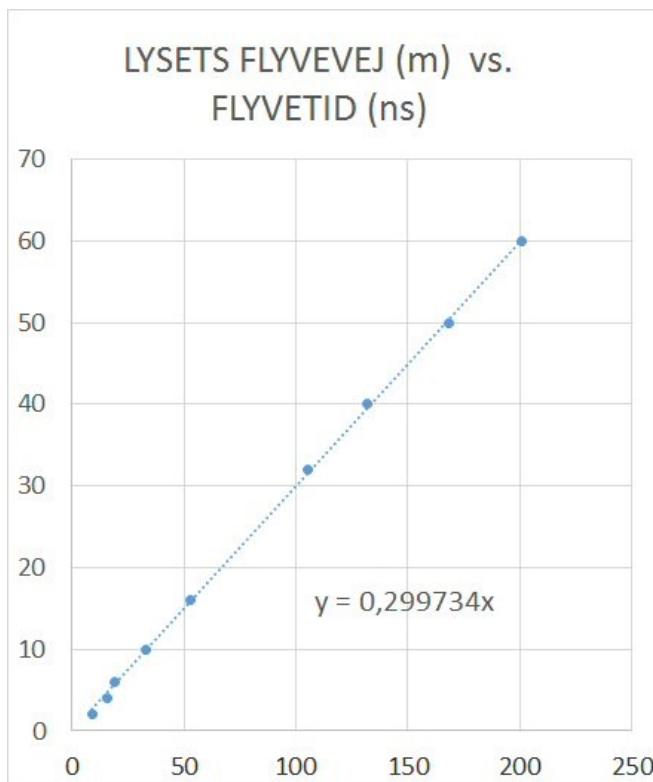


Figur 4: Reflektoren er her placeret $L = 30$ meter fra apparatet med lyskilde og detektor.

Hosstående data er optaget uden dørs i aftenskumringstiden. Digital-oscilloskopets stor følsomhed muliggør gode målinger. Flyvevejen i forsøget kom helt oppe på 60 meter. Da lyset bevæger sig ca. 30 centimeter på ét nanosekund, er lyset hele 2000 nanosekunder om turen frem og tilbage. Oscilloskopets 25 ns/cm skala benyttes til de største afstande, og her er tidsmåleusikkerheden ± 1 ns.

Ved at anvende den bedste rette linie på målepunkter i området fra 0 til 60 meter finder vi værdien for lysets hastighed:

$$c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



Figur 5: Lysets flyvevej versus flyvetid målt for reflektorafstande op til $L = 30$ meter.

som er meget tæt på tabelværdien for lysets hastighed i luft.

KONKLUSION

Ved hjælp af Frederiksens apparatur til måling af lysets hastighed kan man i et demoforsøg i et klasselokale hurtigt måle lysets hastighed til inden for $\pm 2\%$. Ved at lave et mere krævende forsøg med afstande op til 30 meter mellem lyskilde og reflektor, kan man bestemme lysets hastighed med afvigelser på under $\pm 1\%$.