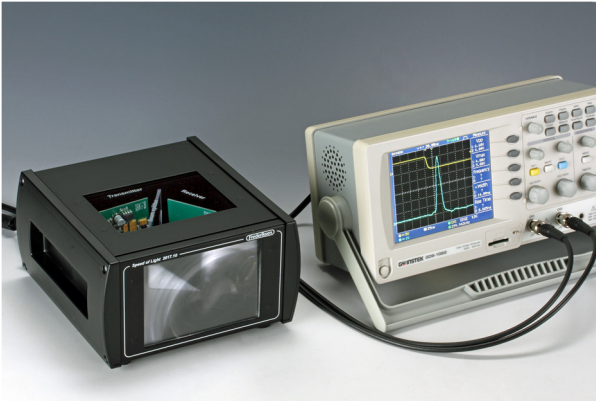


Lysets hastighed 201710

2015.12.09 / HS

AA 201710



Lysets hastighed i vakuum c er en fundamental konstant i fysikken. Faktisk så fundamental, at den i SI-systemet optræder som en defineret størrelse. Længden 1 meter er derfor i princippet reduceret til en afledt, målbar størrelse. Alligevel giver det god pædagogisk mening at bestemme lysets hastighed ud fra en måling af vejlængde med et målebånd og det tilhørende tidsforbrug.

Dette apparat muliggør i forbindelse med et oscilloskop en måling af den tid, som et kort lysglimt bruger til at tilbagelægge en afstand på nogle få meter. Eksperimentet egner sig derfor til udførelse i et normalt klasselokale.

Nødvendigt udstyr

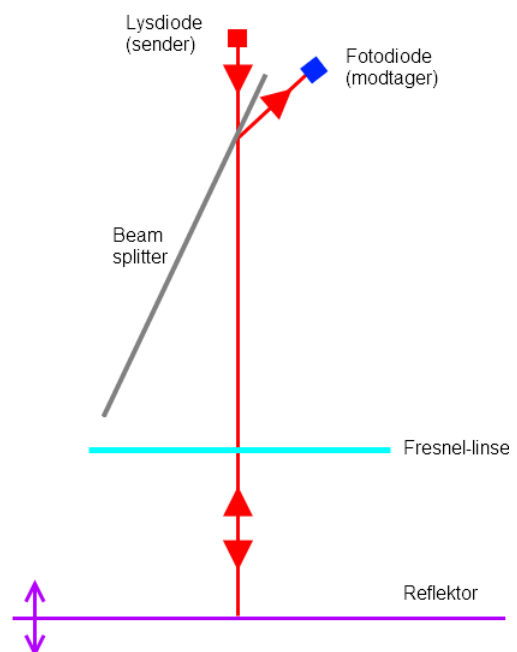
Udstyret skal bruges sammen med et oscilloskop. Et **digitaloscilloskop** anbefales – f.eks. vores 400120.

Et langsommere, analogt oscilloskop (som vores 400040) kan til nød bruges. Der ligger en separat vejledning om brugen af 400040 med dette apparat på vores hjemmeside (under 201710).

Princip

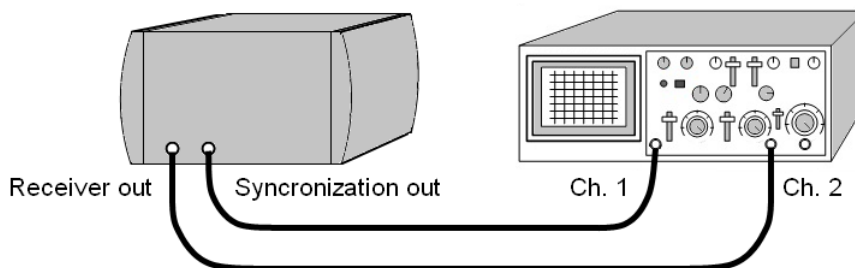
En lysdiode udsender ganske korte (10-15 ns) lysglimt med en repetitionsfrekvens omkring 300 kHz. En fresnel-linse samler lyset til en rimeligt velfokuseret stråle. Lysglimtet rammer en reflektor, som sender glimtet direkte tilbage. Fresnel-linsen fokuserer nu lyset på en fotodiode,

som omdanner lysglimt til et elektrisk signal. Da både lysdioden og fotodioden skal placeres i linsens brændpunkt, er der indsat en beam splitter, så fotodioden kan flyttes til brændpunktets spejlbillede (se figur).



Det elektroniske kredsløb, som danner lysglimtene, afgiver også et elektrisk synkroniseringssignal i form af en skarp, nedadgående flanke, som er velegnet til at trigge et oscilloskop. (På langsomme oscilloskoper benyttes i stedet en opadgående flanke, som udsendes ca. 0,75 μ s før den nedadgående.)

Det modtagne signal fra fotodioden vil være udsat for en vis forsinkelse på grund af de forstærkerkredsløb, signalet skal passere. Denne forsinkelse er af **konstant** størrelse, så ved at sammenligne ankomsttiderne for to lysglimt, som er reflekteret henholdsvis lige udenfor linsen og nogle meter borte, kan man bestemme den tid, lysglimtet har brugt på turen frem og tilbage.



Udførelse af målingerne

Apparatet forsynes fra den medfølgende 12 V adapter. Selvom de enkelte lysglimt er temmelig kraftige, er middeleffekten af det udsendte lys er så lav, at det ikke på nogen måde er farligt for øjnene.

Tilslut oscilloskopet som vist ved hjælp af de medfølgende 50 Ω coaxialkabler. Placér reflektoren umiddelbart foran linsen, mens oscilloskopet indstilles.

Til en hurtig demonstration af virkemåden kan det rå indgangssignal anvendes. Til mere præcise målinger anbefales det at lade digitaloscilloskopet danne en middelværdi over flere impulser. Til billederne i denne vejledning har oscilloskopet midlet over 32 målinger.

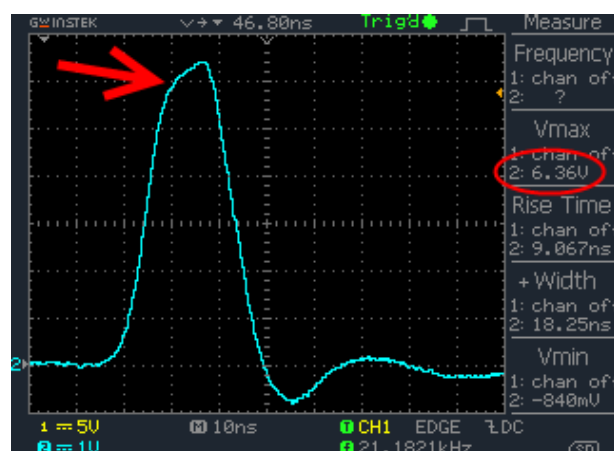
Følgende parametre er et fornuftigt udgangspunkt for eksperimenterne:

Tidsaksen: 10 til 25 ns/enhed
 Kanal 1 (Sync.): 5 V/enhed
 Kanal 2 (Rec.): 0,5 til 1 V/enhed
 Trigger Kilde: Kanal 1
 Trigger Type: Edge, nedadgående

Justering af triggerniveauet kan måske lettest ske ved at prøve at frembringe et stillestående billede af synkroniseringssignalet med tidsaksen indstillet på 0,5 μ s / enhed. Herefter skiftes til den ønskede tidsopløsning.

Det er muligt at reflektere så meget lys ind i modtageren, at kredsløbet går i mætning, dvs. skærer toppen af signalet. Apparatet tager ikke skade af dette, men nøjagtige målinger forudsætter, at modtageren arbejder med uforvrængede impulser.

Dette sikres, når **spidsspænding maksimalt er 5 V** (4,5 V for et 20 MHz oscilloskop) – enten fundet på y-aksen eller direkte aflæst vha. oscilloskopets indbyggede målefunktioner.



Billedet herover viser en impuls, som er forvrænget pga. et for kraftigt signal.

Signalets styrke reguleres nemmest ved at tildække en del af reflektoren med f.eks. et stykke sort karton.

Impulsens position på tidsaksen defineres som dér, hvor den opadgående flanke passerer **halvdelen af spidsspændingen**.

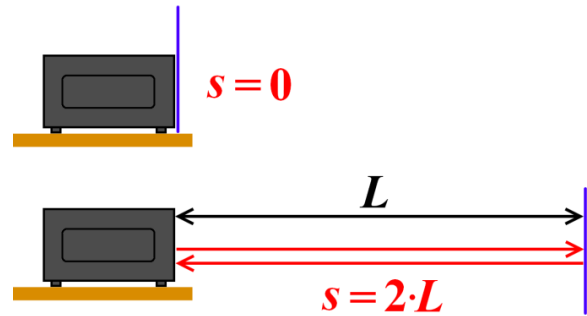
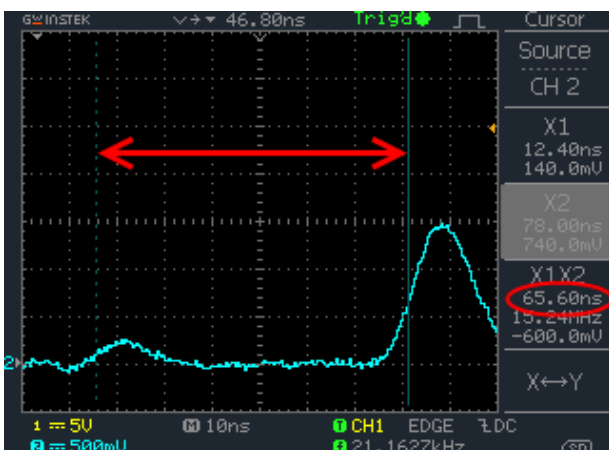
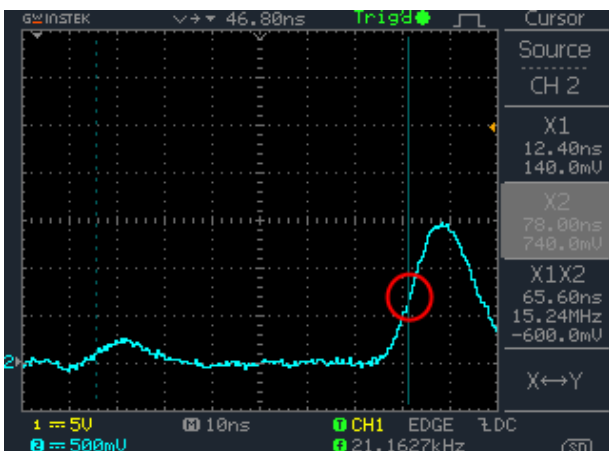
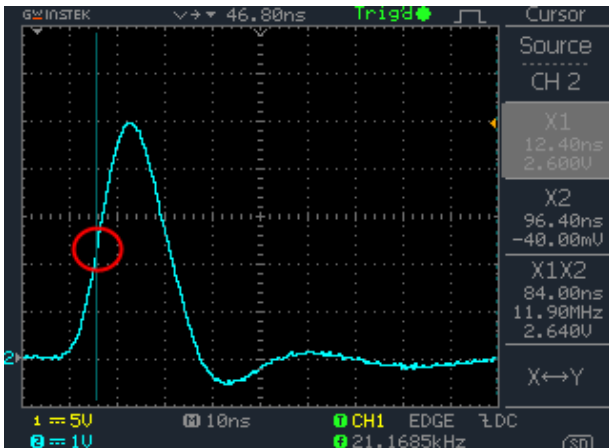
På et analogt oscilloskop må dette tidspunkt aflæses på tidsaksen. På et digitalt oscilloskop har man normalt en cursor-funktion, som kan lette denne aflæsning.

Først bestemmes tiden t_0 for distancen $s = 0$ m: Med reflektoren umiddelbart op ad linsen og med intensiteten reguleret ned som omtalt, bestemmes positionen for den reflekterede impuls.

Herefter må der ikke ændres på tidsaksen.

Foretag nu én eller flere målinger med reflektoren længere væk fra apparatet (op til 10 m). Man kan bedst se, om man rammer reflektoren, med øjet få centimeter over toppen af apparatet.

Mål afstanden L mellem apparatets forkant og reflektoren så præcist som muligt.



For hver position bestemmes ankomsttiden for de reflekterede lysimpulser.

Alle tidsmålinger omregnes til lysglintenes **flyvetid** ved at fratrække t_0 – herved kommer tiden 0 til at svare til afstanden 0. Igen kan digitaloscilloskopets cursorfunktion gøre livet let, som det kan ses af billederne til venstre.

Databehandling

Alle afstandsmålinger omregnes til **tilbagelagte strækninger** ved at gange dem med 2.

Den tilbagelagt strækning afbildes som funktion af flyvetiden. Ud fra grafen bestemmes lysets hastighed i atmosfærisk luft.

Luftens brydningsindeks ved stuetemperatur er ca. 1,00028. Hermed kan c (lysets hastighed i vakuum) bestemmes og sammenlignes med tabelværdien.

Overvej størrelsen af målesikkerheden på den målte værdi af lyshastigheden og om det er relevant i denne sammenhæng at skelne mellem hastighederne i luft og vakuum.

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 fragtbeløbet 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