

Myonens Levetid

6. december 2017

Lysets hastighed med pulseret laser En af de ting Apollo-astronauterne bragte med til Månen var et specielt konstrueret spejl, en såkaldt Lunar Retroreflector. Denne type spejl kaster lys tilbage i den retning det kom fra. Ved at sende en kort laser-puls fra Jorden mod Månen, kan man ved at måle tidsforsinkelsen mellem afsendelse af pulsen og modtagelse af reflektionen, afgøre hvad afstanden til Månen er ved at bruge lysets hastighed. Heraf har man udledt, at afstanden til Månen tiltager med ca. 4 cm om året (ud af 385.000 km), bla. som følge af tidevand på Jorden. En anden konklusion er at Månen sandsynligvis har en flydende kerne. Og så er der Einsteins generelle relativitetsteori. Ifølge det såkaldte ækvivalensprincip falder alle objekter – uafhængigt af deres masse og sammensætning – på samme måde, dvs. med samme acceleration, i et tyngdefelt. En af de bedste afprøvninger af dette princip stammer fra en sammenligning af hvordan hhv. Jorden og Månen falder i Solens tyngdefelt. Laserpuls der rettes mod Månen er ca. 3 meter i diameter når den forlader laseren, men den udbredes bl.a. gennem vekselvirkning med Jordens atmosfære.

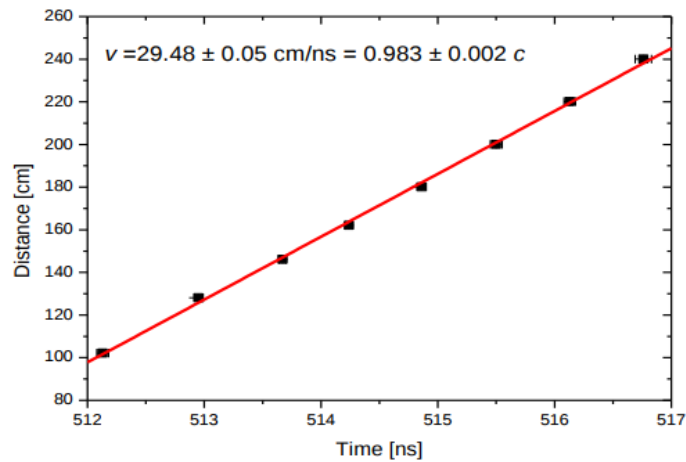


Figur 1: Spejl placeret på månen.



Figur 2: Laser stråle på vej mod månen.

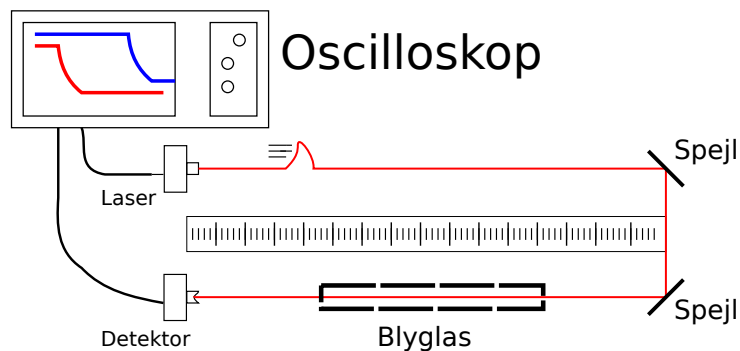
Desuden har strålen en vinkelfordeling ('divergens') der gør at pletten på Månen er omkring 3 kilometer i diameter. Den returnerende 'plet' bliver ligeledes større, så den i gennemsnit er 20 km på Jorden. Og sandsynligheden for at få en foton tilbage er så lille, at selvom der sendes 300,000,000,000,000,000 fotoner af sted pr. puls, er det ikke hver gang man kan måle en returneret foton. I denne øvelse skal en lignende måling udføres, men på en måde 'omvendt': Vi benytter en måling af tiden mellem afsendelse og modtagelse, samt en præcis måling af afstanden fra laser til detektor, til at finde lysets hastighed. Stil



Figur 3: En typisk måling af lysets hastighed med pulseret laser.

laseren, fotodioden og det dobbelte spejl op så de danner en firkant. Udlæs udgangspulsen på laseren i oscilloskopets kanal 1, og udgangspulsen fra fotodioden i oscilloskopets kanal 2. Indstil tids-inddelingen til få nanosekunder, og regulér spændingsinddelingen indtil udgangspulsen tydeligt kan ses. Finindstil opstillingen, især spejlene, indtil et signal kan ses på kanal 2 (evt. justeres spændingsinddelingen). Dette signal kan benyttes til yderligere at optimere. Når opstillingen 'kører' laves en måleserie hvor spejlet flyttes bestemte afstande (som måles præcist). Er det nødvendigt at kende afstanden til laseren, eller er det nok at kende flytningen for at finde lysets hastighed? Hvad med kabellængder og forsinkelser i elektronikken? Benyt evt. et matematik-program på PC'en eller oscilloskopets matematik-funktioner der kan integrere eller differentiere, således at et bestemt punkt på retur-pulsen kan identificeres præcist. Eventuelt kan man indsætte et stykke plastik eller glas, hvorved hastigheden af lyset ændres til c/n hvor n er brydningsindekset således at n kan måles.

Figur 4 viser en illustration af forsøgsopstillingen



Figur 4: Forsøgsopstilling