

Měření rychlosti světla

Kubištová, J. – gymn. Václava Hraběte, Hořovice - jankubia@post.cz

Křižan, J. – gymn. Jiřího Wolker, Prostějov – igrman@seznam.cz

Antonín, P. – Střední odborná škola, Praha 3 – antonin87@seznam.cz

Abstrakt:

Naše práce se zabývá rychlostí světla a to zejména metodami pro její měření. Aplikovali jsme metodu Foucaultovu tj. metodu rotujícího zrcátka.

Úvod

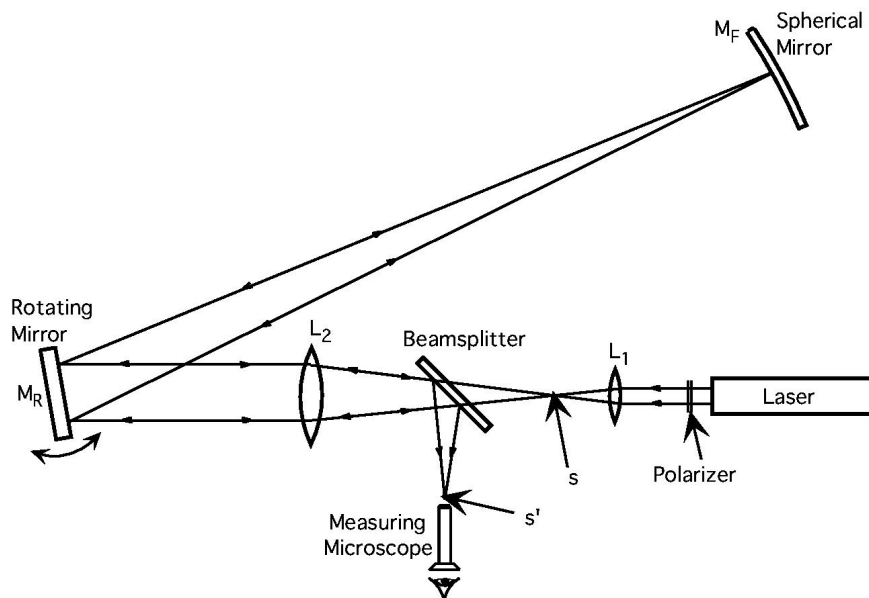
Měření rychlosti světla bylo po dlouhou dobu pro člověka nepředstavitelné, lidé ani nevěděli, jestli světlo nějakou konečnou rychlost má. První nám známý pokus o změření rychlosti světla provedl už v 17. století Galileo Galilei, který se pokusil změřit tuto rychlost pomocí doby, za kterou překoná světelný paprsek známou vzdálenost mezi 2 kopci. Vzdálenost mezi kopci byla však pro toto měření příliš krátká. Úspěšnější byla metoda Römerova z roku 1675, kdy vědec sledováním zatmění Jupiterova měsíce Io v periheliu a v afeliu zjistil sice velmi nepřesnou hodnotu rychlosti světla, zároveň však dokázal, že tato rychlost existuje a je konečná. Tuto rychlost dále na zemi zpřesnili v polovině 19. stol. vědci Fizeau, známým pokusem s rotujícím ozubeným kolem, Foucault metodou rotujícího zrcátka a Michelson metodou podobnou Foucaultově.

V laboratorních podmínkách se nejlépe uskutečňuje metoda Foucaultova, kterou jsme pro měření použili i my.

V 80. letech 20. století pak byla zjištěna konečná hodnota rychlosti světla, která je nyní považována za jednu ze základních konstant moderní fyziky.

Foucaultova metoda rotujícího zrcátka

Foucaultova metoda nese název po svém objeviteli, ale po svém realizátorovi, tuto metodu totiž již roku 1838 navrhl pro měření světla Arago, Foucaultovi se podařila uskutečnit o 12 let později.



Tato metoda využívá laserového paprsku odraženého na zrcátku rotujícím s vysokou, nám známou frekvencí, ten se potom odrazí zpět od pevného zrcadla na rotující zrcátko, které je však již pootočené, tuto odchylku jsme schopni změřit v okuláru a vypočítat tak rychlost, za jakou paprsek urazil dvojnásobek vzdálenosti mezi zrcátky.

Měření a výsledky naší práce

K výpočtu rychlosti je důležité změřit základní vzdálenosti:

D-vzdálenost zrcadel,

A-vzdálenost čoček L_1 a L_2 zmenšená o ohniskovou vzdálenost první čočky (L_1),

B-vzdálenost mezi čočkou L_2 a rotujícím zrcátkem.

a dále **f**-frekvenci rotace zrcátka a **s**-odchylku paprsku v okuláru, tyto dva údaje zjišťujeme pro oba směry rotace zrcátka.

Rychlost světla z těchto hodnot vypočítáme podle vzorce

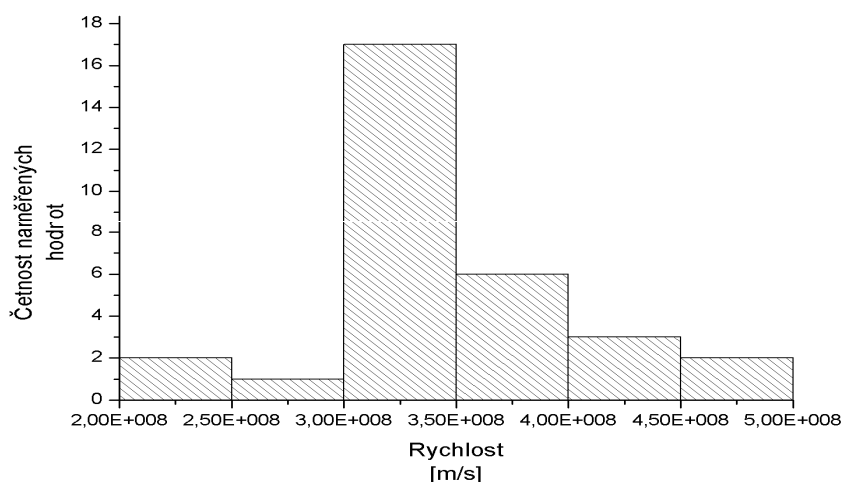
$$c = \frac{8\pi AD^2(f_1 + f_2)}{(D + B)(s_2 - s_1)}$$

1. měření

základní vzdálenosti: **A**=275 mm, **B**=520 mm, **D**=3480 mm

Hodnoty **f**,**s** jsme zjistili v 30 měřeních pro oba směry rotace.

Výsledky se pohybovaly v relativně velkém rozmezí, jak je vidět i z následujícího histogramu:



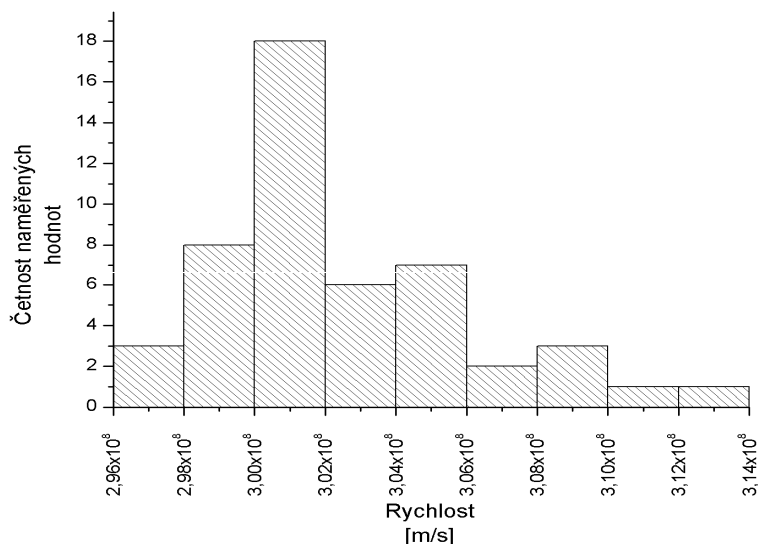
Nejčastěji se naměřená hodnota pohybovala v rozmezí $(3,00 - 3,50) \cdot 10^8$. Průměrná hodnota pak dosahovala $(3,48 \pm 1,27) \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

2. měření

základní vzdálenosti: **A**=261 mm, **B**=530 mm, **D**=11711 mm

Pro větší přesnost jsme hodnoty **f**, **s** tentokrát zjistili v 50 měřeních pro oba směry rotace.

Tentokrát se hodnoty pohybovaly v mnohem menším rozmezí o čemž svědčí následující histogram.



Nejčastěji se naměřená hodnota pohybovala v rozmezí $(3,00 - 3,02) \cdot 10^8$. Průměrná hodnota pak dosahovala $(3,02 \pm 0,084) \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Srovnání obou měření

Druhé měření je mnohem přesnější díky větší vzdálenosti zrcadel, námi naměřená hodnota se pohybuje blíže stanovené hodnotě rychlosti světla než v měření prvním a i odchylka měření je v druhém případě menší.

Shrnutí

Těmito pokusy jsme ověřili praktické využití Foucaultovy metody. Ze zkušeností lze říci, že Foucaultova metoda je na období, kdy byla vynalezena, velice vyspělá a přesná, je však dost náročná na přesné nastavení odrazu laserového paprsku v zrcadlech. Čím delší je vzdálenost mezi zrcadly, tím přesnější je naměřená velikost rychlosti paprsku.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské při ČVUT Praze, nadaci pro podporu teoretické fyziky, společnosti ČEZ, organizátorům fyzikálního týdne a našemu supervizorovi Bc. Davidu Koňářkovi za to, že nám umožnili zajímavou práci.

Reference:

Paul A. Tipler. *Physics: Volume 1*. Rochester, Michigan: Oakland University, 1982, 621str., ISBN : 0-87901-182-3

Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model OS-9263A:Speed of light aparatur (základní manuál k práci, který jsme obdrželi spolu se zadáním projektu)