

# Měření rychlosti světla

Lukáš Černý<sup>1</sup>, Ondřej Vicenec<sup>2</sup>, Tomáš Malínský<sup>3</sup>, Filip Horák<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Turnov, lukascerny00@gmail.com

<sup>2</sup>Gymnázium Šumperk, ondrasek.vic@seznam.cz

<sup>3</sup>Gymnázium E. Krásnohorské Praha, t.malinsky@mujmail.cz

<sup>4</sup>Gymnázium Opava, horaksro@seznam.cz

## Abstrakt:

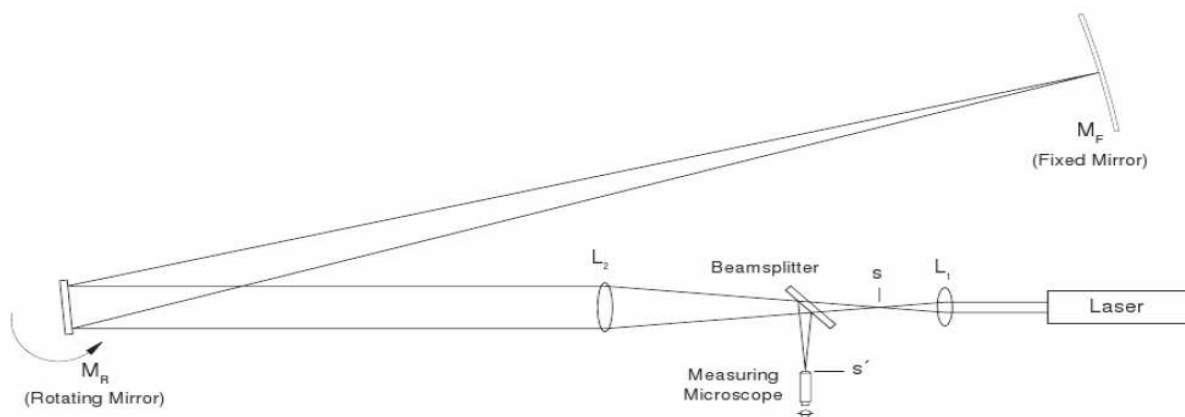
Rychlost světla je jednou ze základních fyzikálních konstant. Je o to zajímavější, že ji nedosáhne žádné hmotné těleso. Zatím tuto bariéru překonal jen foton a teoreticky i „tachyon“. Tuto hodnotu jsme se snažili změřit tzv. Foucaultovou metodou.

## 1 Úvod

Rychlost světla byla dlouho neznámou. Lidé si mysleli že je nekonečná a nezměřitelná. Poprvé se o její změření pokusil na počátku 17. stol. Galileo Galilei. Dokázal sice že rychlost světla má určitou měřitelnou hodnotu, ale nebyl schopen ji přesně změřit. Galileiova metoda byla založena na prostém změření doby za kterou světlo urazí dráhu mezi dvěma kopci. Tento pokus selhal z důvodu příliš nepřesného měření. Přesnější měření provedl roku 1849 Francouz Hippolyte Fizeau, pomocí otáčejícího se ozubeného kola. Tento způsob přinesl celkem přesný výsledek  $3,15 \cdot 10^8$ . Jeho metodu poté zdokonalil Jean Foucault.

Naše aparatura se inspirovala experimenty výše zmíněného Foucaulta. Jeho metoda (obr. 1) spočívá v tom, že paprsek vypuštěný z laseru se nevrátí po stejné dráze, kvůli pootočení zrcátka  $M_r$ . Metoda je založena na skutečnosti, že paprsek projde až k rotujícímu zrcátku, od něhož se odrazí směrem k 1pevnému zrcadlu. Než se paprsek odrazí od pevného zrcadla zpět k rotačnímu zrcátku, pootočí se rotující zrcátko o určitý úhel. V závislosti na frekvenci rotace zrcátka můžeme sledovat posun odraženého svazku světla mikroskopem. Pokud známe vzdálenosti jednotlivých částí měřící soustavy, můžeme pomocí základních geometrických vztahů určit rychlost světla.

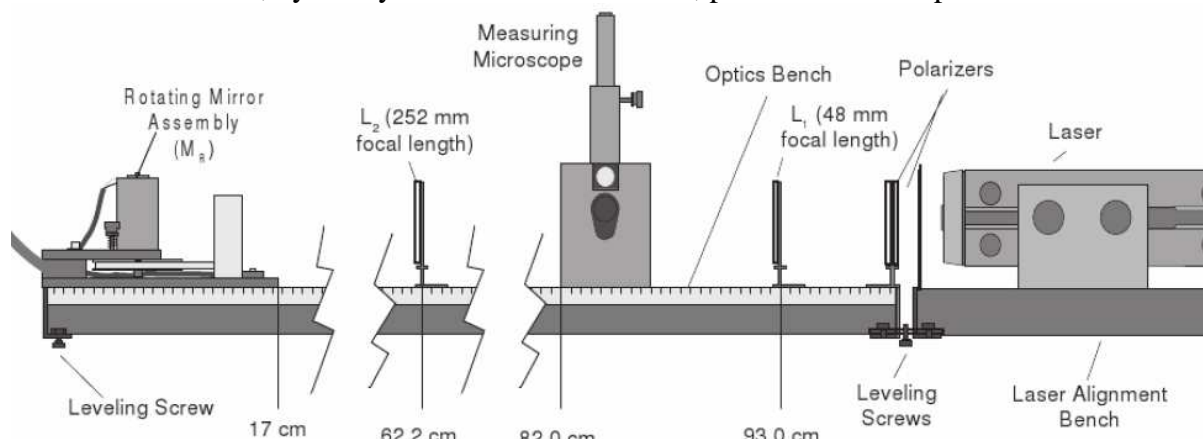
V době laserů a elektromagnetického vlnění je velikost této veličiny zásadní v mnoha oborech. Na této konstantě je postaveno mnoho dalších veličin.



Obr. 1

## 2 Pokus

K našemu měření jsme použili helium-neonový laser, čočky o ohniskových vzdálenostech 48mm a 252mm, polarizátor, mikroskop s polopropustným zrcátkem, zaměřovače svazků, vysokorychlostní rotační zrcátko, pevné zrcadlo a optickou lavici.



Obr. 2: Umístění komponentů

Po sestavení aparatury jsme nastavili laser tak, aby svazek mířil do středu rotačního zrcátka. Do vzdálenosti 5,75 m od soustavy jsme umístili pevné zrcadlo tak, aby na něj dopadal svazek a opět se od něj odrazil do rotačního zrcátka. Mikroskop byl nastaven tak, aby svazek odražený zpět k laseru bylo vidět na polopropustném zrcátku.

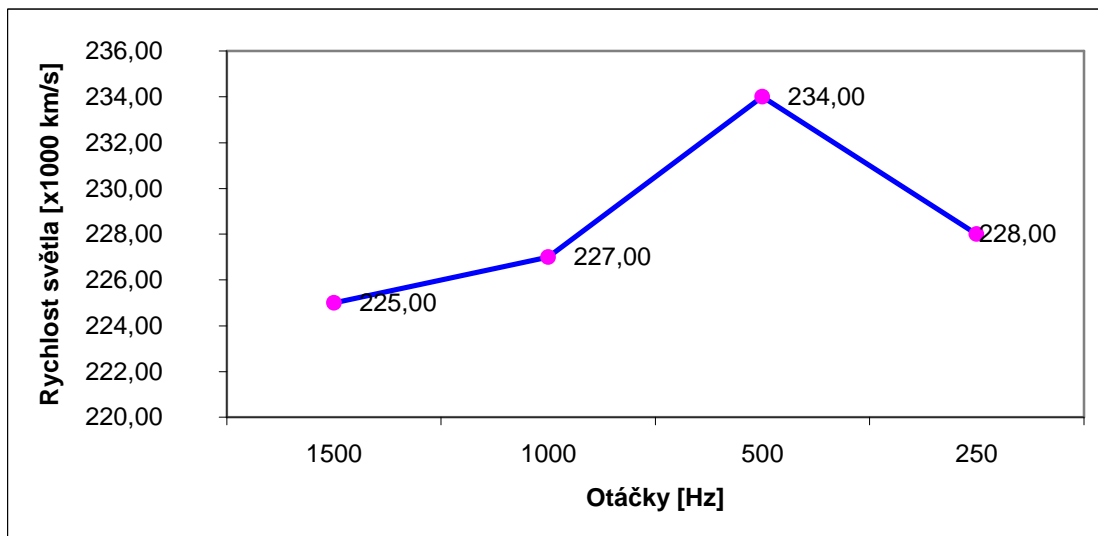
Při našem měření jsme vycházeli ze vztahů:

$$c = k \frac{f_{cw} + f_{ccw}}{s'_{cw} - s'_{ccw}}$$

$$k = \frac{8\pi AD^2}{D + B}$$

kde CW (clockwise) a CCW (counterclockwise) značí opačné směry rotace zrcátka. Změřili jsme vzdálenosti A (vzdálenost čoček L1 a L2 zmenšená o ohniskovou vzdálenost L1), B (vzdálenost čočky L2 od rotačního zrcátka) a D (vzdálenost mezi rotačním a pevným zrcátkem). Měřili jsme hodnoty f (frekvence s jakou rotovalo zrcátko) a s' (posun paprsku

pozorovaný v mikroskopu). Oba z posunů paprsků jsou vázány na klidovou vzdálenost  $s$  (vzdálenost, kterou bychom pozorovali mikroskopem při zastaveném rotačním zrcátku). Posuny  $s'_{cw}$  a  $s'_{ccw}$  jsou určeny frekvencemi  $f_{cw}$  a  $f_{ccw}$ .



Graf 1: Graf závislosti naměřených hodnot  $c$  na otáčkách

Podle výše uvedených rovnic jsme určili rychlost světla na  $228\,500\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  s chybou průměru  $3,9\cdot 10^3$ , čímž jsme se od reálné hodnoty  $299\,792\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  odchýlili o 23,78 %.

### 3 Shrnutí

Podarilo se nám i přes nepřesnost měřicí techniky dosáhnout relativně přesného výsledku (s odchylkou ~ 24%). Zásadní nevýhodou naší metody měření je složité nastavování He-Ne laseru, který je téměř nemožné zacílit přesně. Ukázalo se, že pro úspěšnou realizaci pokusu je nutné, aby pevné zrcadlo bylo od rotačního vzdáleno alespoň 5m. Dále se ukázalo, že při sledování paprsku mikroskopem je dobré paprsek odražený od pevného zrcadla střídavě zakrývat, což pomáhá při jeho identifikaci.

### Poděkování

Chtěli bychom touto cestou poděkovat FJFI ČVUT za poskytnutí zázemí a vybavení, ale především našemu supervizorovi Ing. Jaroslavu Adamovi za odborné konzultace a pomoc při měření.

### Reference:

- [1] JAKOUBEK T.: *Měření rychlosti světla*, [http://fyzport.fjfi.cvut.cz/FundKonst/RychlostSvetla/mans/TJ\\_speed\\_of\\_light.pdf](http://fyzport.fjfi.cvut.cz/FundKonst/RychlostSvetla/mans/TJ_speed_of_light.pdf) [cit.:21. 6. 2011]
- [2] KAIZR V.: *Měření rychlosti šíření světla*, Aldebaran Bulletin [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004\\_s1.html](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_s1.html) [cit.:21. 6. 2011]