

Měření rychlosti světla

Otte, V – gymn. Dr. Karla Polesného, Znojmo*

Pikous, J – spš stroj. a elektrotech., České Budějovice**

Raichlová A. – gymn. Nad alejí, Praha***

* vilem.otte@post.cz ** j.pikous@seznam.cz *** annaraichlova@seznam.cz

Abstrakt

Naším úkolem je seznámení se měřením s rychlostí světla. Pro určení použijeme Foucaultovu metodu pozůstávající z rotujícího zrcátka, zdroje koherentního záření, mikroskopu, čoček a rovinného zrcadla. Tato konstanta je důležitá protože je to limitní rychlost v dosud známém prostoru a také můžeme pomocí ní určit energii hmoty jako $E=mc^2$.

Úvod

Po dlouhou dobu mezi fyziky panovaly rozpory, zda je rychlost světla konečná či nikoli. Nakonec se zjistilo, že je konstantní a nezávisí na pohybu pozorovatele.

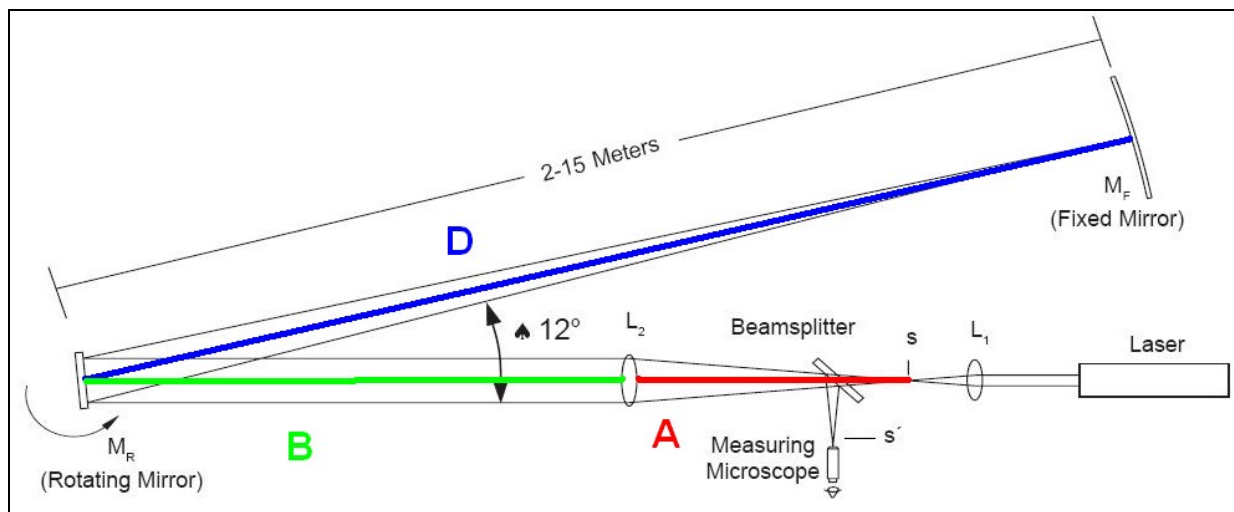
První návrh na měření rychlosti světla pochází od I. Beeckmana z roku 1629. První úspěšné měření proběhlo v roce 1676 na základě pohybu měsíce Io kolem Jupitera, který uskutečnil Ole Römer. Naměřil rychlost $2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, kterou upřesnil Huygens a na $2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. V roce 1849 H. Fizeau uskutečnil první pozemní měření rychlosti světla, pomocí rotujícího disku se zářezy. Naměřil $3,13 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. L. Foucault vylepšil tuto metodu tím, že nahradil disky rotujícím zrcadlem, jeho odhad byl $2,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Tuto metodu použil v roce 1926 Michelson k přesnějšímu výpočtu – $2,99796 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Ve 20. století dochází ke zpřesňování měření a v roce 1983 je tato hodnota definitivně stanovena jako $2,99\ 792\ 458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Foucaultova metoda - metoda rotujícího zrcátka

Tato metoda byla navržena roku 1838 J. F. D. Aragem a byla realizována 1850 J. B. Foucaultem. Později tuto metodu vylepšil A. A. Michelson.

Aparatura se sestává ze zdroje světla (laser), dvou čoček, mikroskopu s polopropustným zrcátkem a rotujícího a pevného zrcátka – viz obr.1. Světelný paprsek vyslaný laserem projde čočkami, odrazí se od rotujícího zrcátka do statického, které je odchýleno od osy asi o 12° . Vzdálenost těchto zrcadel je v rozmezí 2-15 m. Paprsek se vrací zpět do rotujícího zrcátka, které se mezitím pootočilo a odražený paprsek je tedy odchýlen od

původního směru. V mikroskopu pak tuto odchylku měříme. Dále musíme znát frekvenci otáčení rotujícího zrcátka.



Obr.1: Schéma měření rychlosti světla Foucaultovou metodou.

Rychlost světla vypočítáme ze vztahu

$$c = \frac{8\pi AD^2(f_1 + f_2)}{(D + B)(s_2 - s_1)}, \quad (1)$$

kde A je vzdálenost čoček L_1 a L_2 minus fokální vzdálenost L_1 , B je vzdálenost čočky L_2 od rotujícího zrcadla M_R , D vzdálenost zrcadel M_R a M_F a $(s_2 - s_1)$ je vychýlení paprsku zjištěné v mikroskopu, f_1 a f_2 jsou frekvence otáček.



Obr.2: Naše aparatura

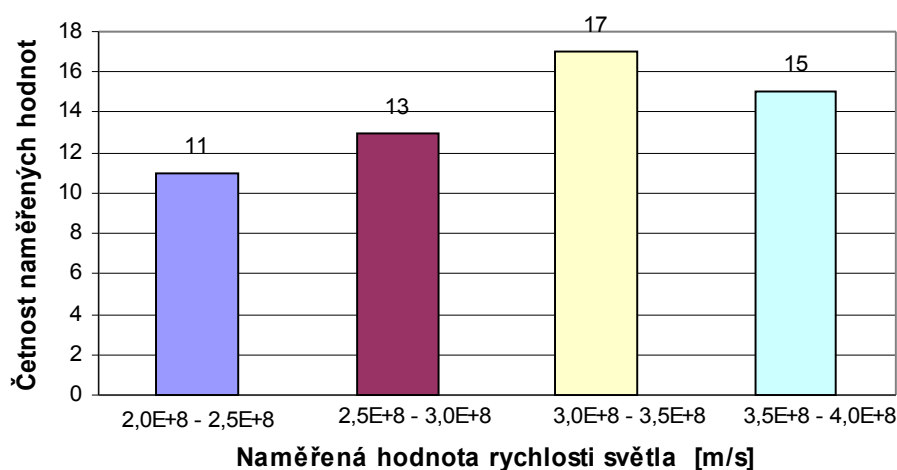
Přesnost měření závisí na vzdálenosti zrcadel, proto se je snažíme umístit co nejdál od sebe. Musíme ovšem přesně nastavit zrcadlo M_F tak, aby se odražený paprsek vracel do rotujícího zrcadla, což je velmi obtížné. Paprsek laserového světla je nutné fokusovat čočkami, aby se obraz na stínítku objevil jako bod.

Postup měření:

Sestavíme aparaturu podle návodu [4]. Po úspěšném seřízení aparatury pozorujeme v mikroskopu nejdřív veliký bod – zrcátko se netočí, po zapnutí motoru se zrcátko otáčí jedním směrem a následně opačným směrem, v mikroskopu pozorujeme posun bodu, který měříme mikrometrickým šroubem. Posun se liší podle výše otáček zrcátka. Podle vzorce (1) dopočítáme rychlost světla. Postup několikrát opakujeme pro statistické doložení výsledku.

číslo měření	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	Δs [mm]	c [m/s]
1	1235	1231	10,6	10,32	0,28	260 355
2	1246	1230	10,6	10,36	0,24	304 979
3	1254	1239	10,61	10,365	0,245	300 806
...						
55	1246	1219	10,94	10,68	0,26	280 269
56	1225	1207	10,93	10,65	0,28	256 765
Průměrná hodnota z 56 měření						284 207 973

Tab. 1: Ukázka hodnot z měření rychlosti světla pomocí PASCO aparatury.



Obr.3: Graf četností naměřených hodnot rychlostí světla

Naměřené hodnoty u aparatury viz Obr.1:

$$A = 0,267 \text{ m}$$

$$B = 0,43 \text{ m}$$

$$D = 4,8 \text{ m}$$

Shrnutí:

Nastavení aparatury je nebezpečně složité. Měření jsme prováděli až v úterý po obědě, jelikož jsme nemohli nastavit správně celou aparaturu kvůli znečištění zabudovaného zrcadla a použitých čoček. Překvapila nás přesnost této metody. Tabulková hodnota rychlosti světla je 299 792 458 m/s. My jsme naměřili 284 207 973 m/s, což se liší o 5,19 %.

Poděkování:

Chtěli bychom poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, Katedře fyziky, Ing. V. Svobodovi, organizačnímu týmu, Davidu Koňáříkovi a sami sobě za organizaci.

Reference:

- [1] Kauze, V.: ALDEBARAN Bulletin, http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_sl.html, 2.6.2008
- [2] Wikipadia: http://cs.wikipedia.org/rychlost_sv, 2.6.2008
- [3] Mikulčák, J. a kol. aut.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. Prometheus, 2005, p.s. 206.
- [4] Kol. autorů: *Speed of light apparatus*. PASCO scientific, 1989, p.s. 22.