

# Měření rychlosti světla

M. Matas, D. Srbljanović, F. Šáfr\*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

\*safik01@gmail.com

## Abstrakt

Předmětem našeho snažení bylo přiblížit posluchačům historii měření rychlosti světla, jednotlivé metody měření a především náš vlastní pokus o změření této rychlosti Foucaultovou metodou.

## 1 Úvod

Velikost rychlosti šíření světla je pro člověka, který se běžně nepohybuje rychlostmi přesahujícími  $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (rychlost dopravního letadla), naprosto nepředstavitelná. Proto nás velmi lákalo změřit tuto rychlost vlastní aparaturou a vidět důsledek konečné rychlosti šíření světla „na vlastní oči“.

## 2 Historické pozadí

Již v antice se otázku podstaty světla snažil vysvětlit Empedokles, který učil, že světlo má místní pohyb a šíří se mezi zemí a oblohou, aniž to můžeme pozorovat. Jeho hypotézu ovšem rázně odmítl Aristoteles, jehož přesvědčení, že „světlo je bezbarvá, statická matérie, jež je opakem tmy“, přijala středověká věda nekompromisně.

Spor o povaze světla se obnovil až v druhé polovině 17. století. Soupeřily spolu dvě teorie. První, kterou začal razit francouzský fyzik Pierre Gassendi (1592-1655), vysvětlovala světlo jako proud drobných částic šířících se nepředstavitelně velkou rychlostí. Druhou předložil francouzský filozof René Descartes (1596-1650). Domníval se, že vesmír vyplňuje určitá látka, která vyvíjí tlak na oči.

Brzy se objevil ještě jeden výklad světla. Přišel s ním holandský vědec Christiaan Huygens (1629-1695), který vypracoval vlnovou teorii světla. Huygens byl první, kdo v některých optických jevech našel rázné argumenty proti Gassendiho korpuskulární koncepci světla.

Isaac Newton (1642-1727) předložil svoji vlastní teorii světla v knize Optika, kde tvrdil, že podstatou světla je proud částic. Newtonův věhlas byl již v té době tak ohromný, že většina vědců považovala jeho korpuskulární teorii světla za správnou.

Na začátku 19. století už korpuskulární teorie světla nemohla obstát. To, že byla její autorita poprvé v očích vědců nalomena, způsobily pokusy britského lékaře Thomase Younga (1773-1827), především jeho slavný „*dvouštěrbinový experiment*“.

Aby teorie světelného vlnění byla vědecky hodnověrná, vznikl později koncept světelného éteru. Éter byl definován jako nekonečně jemné médium, kterým všechny látky pronikají a které současně vyplňuje veškerý prostor kolem nás.

Problém podstaty světla ale zdaleka neskončil. Základ k teorii světla coby elektromagnetického vlnění později položil James C. Maxwell (1831-1879). Že je všechno jinak, než jak si představovala přírodověda 19. století, ukázal nakonec Albert Einstein svým vysvětlením fotoelektrického jevu: světlo je elektromagnetické záření, ale jeho povaha je jak vlnová, tak i korpuskulární.

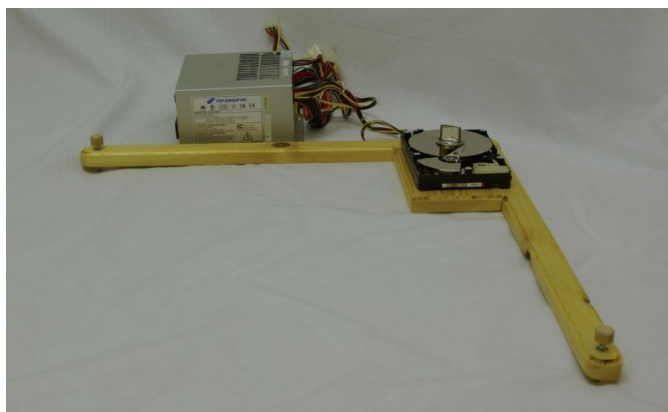
### 3 Metoda měření

Za metodu měření jsme zvolili Foucaltovu metodu s rotujícím zrcadlem pro její zdánlivou jednoduchost. Foucaltova metoda spočívá v měření odklonu paprsku světla od směru, ze kterého byl vyslán. Princip experimentu je následující. Paprsek je vyslán ze zdroje a putuje k rychle rotujícímu zrcadlu. Od něj se odrazí a šíří se dále ke statickému zrcadlu. Od tohoto zrcadla se odrazí zpět na rotující zrcadlo, které se však za dobu putování světla ke statickému zrcadlu a zpět stačilo o kousek pootočit. Tím pádem neodráží světlo zpět do zdroje, nýbrž s malou úhlovou odchylkou (čím rychleji zrcadlo rotuje, tím je odchylka větší). Měřením této odchylky dospěl Foucalt v té době k neuvěřitelně přesnému výsledku  $298\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 4 Měřicí aparatura

Naše měřicí aparatura byla složena ze tří hlavních komponent. První byl zdroj světelného paprsku – laser.

Druhou částí bylo rychle rotující zrcátko. Zrcátko mělo rozměry  $2\times 1,5\text{ cm}$  a bylo pevně umístěno na rotor synchronního střídavého elektromotoru  $3,5''$  pevného disku z PC. Tento motor by měl být elektronicky řízen tak, aby se otáčel s frekvencí  $120\text{ Hz}$ .



Obr. 1 Rotující zrcátko na podstavci



Obr. 2 Detail rotujícího zrcátka

Třetí komponentou bylo stacionární zrcadlo. Všechny tři části byly umístěny na podstavcích se šroubovými mechanismy, které umožnily jemné seřízení běhu paprsku vždy ve dvou osách.

V průběhu experimentu byly vzdálenosti mezi zdrojem a rotujícím zrcátkem a mezi rotujícím a stacionárním zrcátkem  $30\text{ m}$ .

### 5 Průběh měření

Předpokládaná odchylka vracejícího se paprsku byla pro naši sestavu zhruba  $1$  úhlová minuta. V místě zdroje to znamená vzdálenost mezi původním a vracejícím se paprskem asi  $9\text{ mm}$ .

Komponenty jsme rozestavěli v požadovaných vzdálenostech v zatemněné chodbě. Ukázalo se, že seřídít chod paprsku pomocí vyrobených podstavců neznamenal žádný problém. Problém spočíval v rozbíhavosti laserového paprsku (v místě rotujícího zrcátka měl paprsek vycházející ze zdroje průměr asi  $10\text{ cm}$ ). Z tohoto rozptýleného paprsku se od

rotujícího zrcátka odrážela jen malá část. Tento fakt spolu s rotací zrcátka způsobil kritické snížení intenzity paprsku. Pruh světla vzniklý po prvním odrazu od rotujícího zrcátka byl v místě stacionárního zrcátka zachytitelný již jen pomocí digitálního fotoaparátu s dlouhou expozicí, lidským okem nikoliv.

Takto rozptýlený paprsek měl urazit stejnou cestu ještě jednou zpět směrem ke zdroji. Je zřejmé, že vracející se paprsek by byl jen těžko zachytitelný a jeho předpokládaná odchylka neměřitelná.

## **6 Závěr**

Vzhledem k výše uvedeným problémům měření skončilo nezdarem. Rozbíhavost paprsku by bylo třeba ze všeho nejdříve vhodným způsobem eliminovat například spojnou soustavou čoček a pak čelit dalším problémům, které by se pravděpodobně ukázaly. Současně v nás vzrostl obdiv k experimentátorům, jako byl například právě Foucault. Tito lidé dokázali s daleko horší technologií a často i s nepochopením ze strany jejich okolí dosáhnout obdivuhodně přesných výsledků.

## **7 Poděkování**

Poděkování patří panu ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za zapůjčení laseru a ochranných brýlí. Dále paní prodavačce ze sklenářství, která nám věnovala zrcátka potřebných velikostí. Poděkování patří také Honzovi Petru za zapůjčení digitálního fotoaparátu pro pořízení fotodokumentace.

## **Reference**

- [1] Speed of Light, [http://en.wikipedia.org/wiki/Speed\\_of\\_light](http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_light)
- [2] Rychlost světla, [http://cs.wikipedia.org/wiki/Rychlost\\_světla](http://cs.wikipedia.org/wiki/Rychlost_světla)
- [3] Václav Kaizr, Měření rychlosti světla, [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004\\_s1.html](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_s1.html)