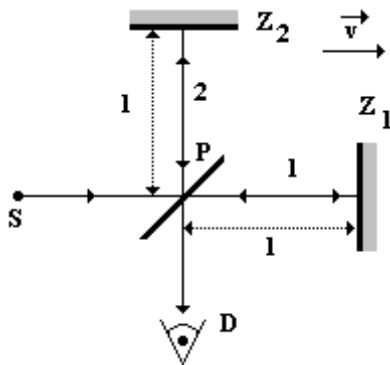


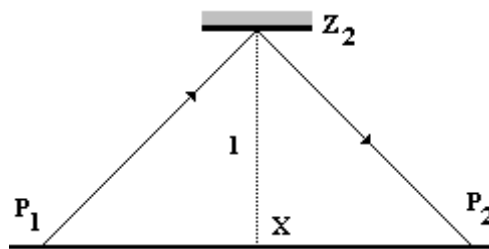
## Pokusy vedoucí ke speciální teorii relativity

Problémem určení [velikosti rychlosti absolutního pohybu Země](#) vůči soustavě [éteru](#) (který velmi úzce souvisí s [měřením velikosti rychlosti světla](#)) se zabývala v 19. století řada fyziků - např. francouzský fyzik H. Fizeau (1819 - 1896), který v roce 1851 provedl [pokus](#), pomocí něhož chtěl určit velikost rychlosti Země vůči éteru. Zásadní význam pro další rozvoj fyziky měl ale pokus, který provedl v roce 1881 americký fyzik A. A. Michelson (1852 - 1931). Michelson přímo neměřil [rychlost světla](#) v různých směrech, ale jen porovnával časové intervaly, za které v laboratoři [světlo](#) urazilo dvě stejné [dráhy](#) různě orientované vzhledem k [pohybu Země](#).

Princip přístroje (tzv. **Michelsonův interferometr**) je zobrazen na obr. 9. Monochromatické světlo vysílané zdrojem světla  $S$  dopadá na polopropustné  $P$  zrcadlo pod úhlem  $45^\circ$ . Část světla se šíří původním směrem ([paprsek 1](#)) a po odrazu od zrcadla  $Z_1$  se vrací zpět k polopropustnému zrcadlu, na němž se opět odráží a dopadá na detektor  $D$  (stínítko). Druhá část světla ([paprsek 2](#)) se na polopropustném zrcátku odráží kolmo k dopadajícímu paprsku a po odrazu od zrcadla  $Z_2$  a průchodu polopropustným zrcadlem  $P$  dopadá také na detektor  $D$ . Oba dopadající paprsky jsou koherentní a vytvářejí tedy na stínítku [interferenční obrazec](#).



Obr. 9



Obr. 10

Na obrázku jsou v rámci zjednodušení nakreslené paprsky světla, i když světlo je [elektromagnetické vlnění](#), které může interferovat!

Kdyby byl interferometr vzhledem k soustavě éteru v [klidu](#), šířilo by se světlo po stejně dlouhých drahách  $PZ_1P$  a  $PZ_2P$  stejnou [rychlostí](#) o velikosti  $c$  při libovolné orientaci ramen  $PZ_1$  a  $PZ_2$  interferometru. Oba paprsky by se tedy vrátily zpět do bodu  $P$  za stejné časové intervaly. Otáčení interferometru kolem osy procházející bodem  $P$  kolmo na nákresnu by nemohlo způsobit žádné zpoždění jednoho paprsku vůči druhému. Interferenční obrazec na stínítku  $P$  by se tedy neměnil.

Michelsonův interferometr byl umístěn ale na Zemi, která se (podle předpokladů fyziků z konce 19. století) vůči soustavě éteru pohybuje rychlostí  $\vec{v}$  ve směru jednoho z ramen interferometru (viz obr. 9). Pro čas, který potřebuje paprsek 1 na uražení dráhy  $PZ_1P$ , platí:

$$t_1 = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2lc}{c^2 - v^2} = \frac{2l}{c \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Čas, který potřebuje paprsek 2 k uražení dráhy  $PZ_2P$  lze určit

podle obrázku obr. 10.

Podle něj platí:  $|P_1P_2| = vt_2$  (než se vrátí odražený paprsek od zrcadla  $Z_2$  posune se

polopropustné zrcadlo  $P$  z bodu  $F_1$  do bodu  $F_2$ ) a  $|F_1Z_2| = |F_2Z_2| = c \frac{t_2}{2}$ . Z pravoúhlého trojúhelníka

$$F_1ZZ_2 \text{ dostáváme: } \left(c \frac{t_2}{2}\right)^2 = l^2 + \left(v \frac{t_2}{2}\right)^2. \text{ Odtud pro čas } t_2 \text{ dostáváme: } t_2 = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2l}{c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Vidíme tedy, že  $t_1 > t_2$  čili paprsek 1 dorazí zpět k polopropustnému zrcadlu  $P$  později než paprsek 2.

Vzhledem k tomu, že  $v < c$  je  $\frac{v}{c} < 1$ . Proto i  $\left(\frac{v}{c}\right)^2 < 1$ , ale  $\left(\frac{v}{c}\right)^2 < \frac{v}{c}$ . Z toho vyplývá, že  $1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 > 1 - \frac{v}{c}$ , ale také  $\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} > 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2$ . Proto platí:  $t_1 > t_2$ .

Pokud nyní otočíme celý interferometr o  $90^\circ$ , dorazí později paprsek 2. Z [vlnové optiky](#) je známo, že i nepatrné zpoždění jednoho koherentního paprsku vůči druhému může způsobit značnou změnu interferenčního obrazce. Zde konkrétně by celkové zpoždění paprsků v prvním a druhém případě činilo  $\Delta t_{\text{celk}} = 2 \cdot \Delta t = 2 \cdot |t_1 - t_2|$ . Výsledek Michelsonova [experimentu](#) byl pro fyziky překvapující: otočením interferometru nedošlo ke změně interferenčního obrazce. Pokus byl mnohokrát opakován s citlivějšími přístroji, ale vždy s tímto výsledkem.

Při dalším opakování pokusu v roce 1887 Michelsonovi pomáhal krajan E. W. Morley (1838 - 1923). Pomocí odrazu světelného paprsku prodloužili jeho dráhu na 11 m. Aby co možná nejvíce eliminovali vnější vlivy (otřesy, ...), umístili celou aparaturu na kamennou čtvercovou desku o délce strany 1,5 m a tloušťce 0,25 m, která plavala v nádobě se rtutí. Ale ani tato vylepšení nepřinesla jiný výsledek: interferenční obrazec se při otočení ramen nezměnil!

---

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všetička**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.