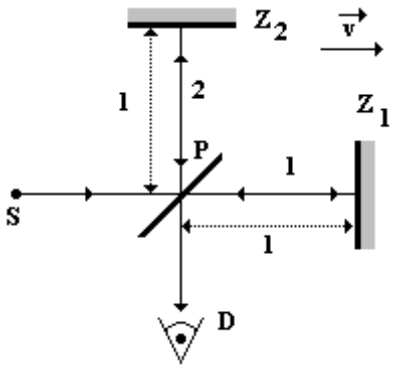
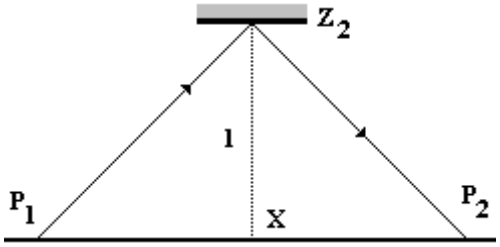
Pokusy vedoucí ke speciální teorii relativity

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 $45°$. 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 P_1 do bodu P_2) a $|P_1Z_2| = |P_2Z_2| = c\frac{t_2}{2}$. Z pravoúhlého trojúhelníka P_1XZ_2 dostáváme: $\left(c\frac{t_2}{2}\right)^2 = l^2 + \left(v\frac{t_2}{2}\right)^2$. Odtud pro čas t_2 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 $90°$, 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 $\Delta t_{celk} = 2.\Delta t = 2.|t_1 - t_2|$. Výsledek Michelsonova experimentu byl pro fyziky překvapující: otočením interferometru nedošlo ke změně interferenčního obrazce. Pokus byl mnohokrát opakován s citlivějšími přístroji, ale vždy s tímtéž 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.