

24. ročník, úloha II. E ... Jin a Young !!! *chybí statistiky !!!*

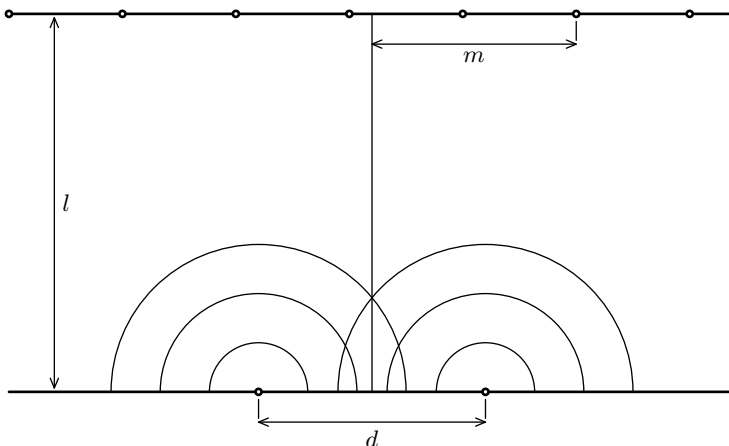
Pravděpodobně jsme již všichni slyšeli o dvouštěrbinovém Youngově experimentu. Zkoušel si ale někdo z Vás podomáčku „vyrobit“ interferenční proužky na stínítku osvětleném dvěma štěrbinami? K optickému Youngově pokusu existují i mechanická analogie, kdy sledujeme skládání dvou vlnění na vodě, nebo akustická analogie, kdy se skládají dvě zvukové vlny. Ve všech třech případech je možné zkoumat interferenční obrazec vznikající v určité rovině. Pokuste se realizovat jeden nebo i více z uvedených třech pokusů a získat tak interferenční obrazec. Poté určete vlnovou délku, případně rychlost šíření vlnění. Uvítáme fotodokumentaci.

Pozdrav ze Španěl posílá Mára.

V roce 1801 Thomas Young experimentálně ukázal, že světlo je vlna. Demonstroval, že světlo vykazuje interferenci stejně jako vodní vlny, zvukové vlny a všechny ostatní typy vln. Na obrázku je jedno z možných uspořádání Youngova experimentu.

Teorie

Monochromatický, koherentní zdroj záření jsme umístili za přepážku se dvěma štěrbinami o zanedbatelné šířce. Podle Huyghensova principu se každý bod, tedy i štěrbiny, které v důsledku zanedbatelné šířky můžeme považovat za body, stávají zdroji záření. Za přepážkou záření z dvou nově vzniklých zdrojů interferuje a na stínítku ve vzdálenosti l vzniká interferenční obraz maxim a minim.



Obr. 1. Schéma experimentu

Zaměřme se na mechanické analogie a to konkrétně na interferenci vln na vodní hladině a interferenci zvuku. V klasickém pokusu se při odvozování vzdáleností maxim, resp. minim, může v případě kdy $l \gg d$ použít pro úhel φ sevřený rovinou clony a bodem na stínítku aproximace $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \varphi$. Tento předpoklad, však v uspořádání, které je popsáno níže nelze použít a proto vyjdeme ze vztahu

$$\sqrt{l^2 + \left(m_k + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{l^2 + \left(m_k - \frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2k-1}{2}\lambda,$$

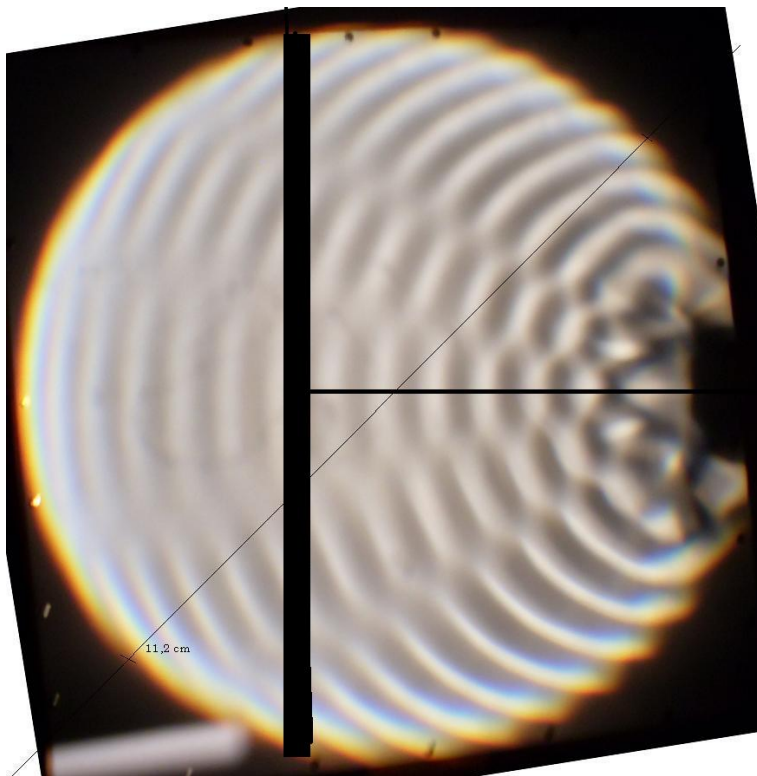
kde m je vzdálenost minima od osy aparatury a k je „pořadové číslo minima“ směrem od středu.

Pro vlnovou délku, jejíž hodnotu chceme změřit, dostáváme vztah

$$\lambda = \frac{2}{2k-1} \sqrt{l^2 + \left(m_k + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{l^2 + \left(m_k - \frac{d}{2}\right)^2}.$$

Měření

- a) Interference na vodní hladině: V Petriho misce jsme pomoci dvou oscilátorů vybudili vlnění (dvě štěrbiný na nichž difraktuje rovinná vlna můžeme nahradit dvěma zdroji kruhových vln). Dvě vzniklé vlny navzájem interferovaly. Interferenční obrazce byly zachyceny fotoaparát, viz obrázek 2. Průměr čočky, kterou meotar promítal misku na plátno, tedy průměr zobrazeného světlého kruhu je 11,2 cm, což nám posloužilo jako měřítko.



Obr. 2

Na obrázku byla vzdálenost $l = 6$ cm a $d = 1,5$ cm. Odečtené polohy minim jsou: $m_{-2} = 3,6$ cm, $m_{-1} = 1,5$ cm.

Dosazením těchto hodnot do výše uvedeného vztahu dostaneme

$$\lambda_1 = (0,75 \pm 0,03) \text{ cm}.$$

Vlnová délka odečtená z obrázku je

$$\lambda_0 = (0,75 \pm 0,05) \text{ cm},$$

což v rámci chyby odpovídá

- b) „Interference obrázků.“ Dvě průhledné fólie se soustřednými kružnicemi o poloměrech zvětšujícími se po 1 mm (označme $\lambda = 1$ mm) jsme překryli tak, že středy od sebe byly vzdálené $d = 7$ mm. Vidíme, že i toto je analogie Youngova experimentu, jen ve statickém provedení. V tomto případě, na rozdíl od analogie s vodou budeme sledovat polohy maxim. Zaměníme-li význam m v dříve uvedeném vztahu z minima na maximum, změní se vztah pro λ takto

$$\lambda = \frac{1}{k} \left(\sqrt{l^2 + \left(m_k + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{l^2 + \left(m_k - \frac{d}{2}\right)^2} \right).$$

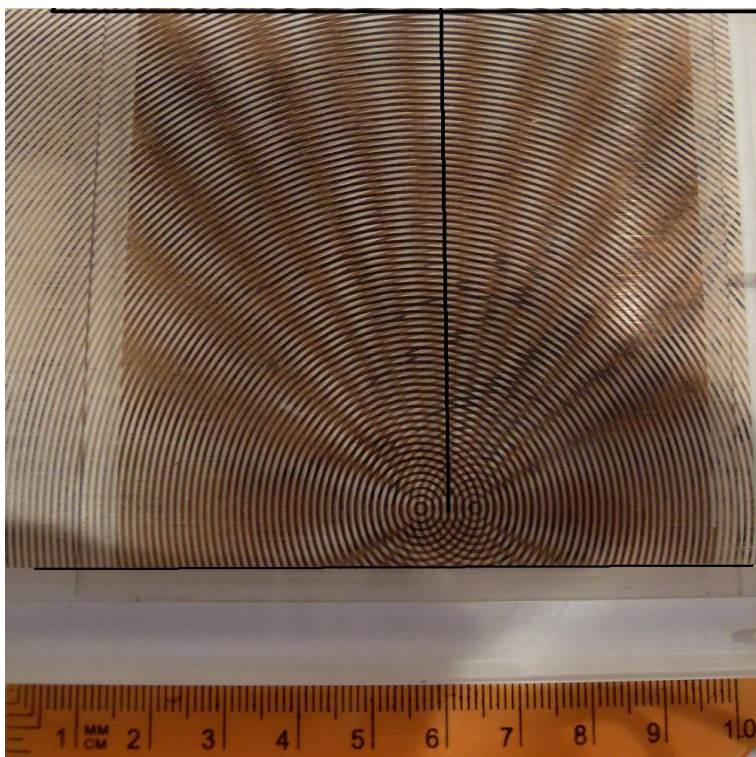
Z obrázku 3 odečteme hodnoty maxim: $m_{-2} = 3,6$ cm, $m_{-1} = 1,5$ cm.

Rovinu, kde jsme odečítali maxima, jsme umístili do vzdálenosti $l = 6,8$ cm a $d = 0,7$ cm, jak jsme již uvedli. Odečtené polohy minim jsou: $m_{-1} = 0,5$ cm, $m_{-2} = 1$ cm, $m_{-3} = 2,6$ cm, $m_{-4} = 3,7$ cm.

Hodnoty λ pro jednotlivá m jsme shrnuli do tabulky.

Dopočet výsledků experimentu

k	-1	-2	-3	-4
m_k [cm]	0,5	1,0	2,6	3,7
λ_k [cm]	0,0513	0,0753	0,0832	0,0862



Obr. 3. Interference

Diskuse výsledků

V experimentu zkoumajícím interferenci vln na vodní hladině jsme dospěli ke stejnému výsledku jak přímým měření vlnové délky, tak výpočtem na základě teoretického vztahu a naměřených parametrů. Vzniklé odchylné je jak statistická (původem zejména v měření délek), tak i systematická. Příčina systematické chyby je pravděpodobně hlavně ve zvoleném způsobu udávání měřítka.

V druhém pokusu zkoumajícím „interferenci obrázků“ můžeme vidět poměrně velkou systematickou chybu, opět způsobenou měřítkem, tedy přepočítáváním naměřených délek, čímž chyba rychle narůstá. V prvním maximu však i přesto sedí vypočtená hodnota s tou naměřenou velmi pěkně.

Tereza Steinhartová

terkas@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky

UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.