

Zvukové vlny se ohýbají na rohu domu

Světlo – král nanosvětla

Přemýšleli jste někdy nad tím, jak je možné, že slyšíte mluvit někoho, kdo stojí za rohem budovy? Je to proto, že když zvukové vlnění dosáhne rohu budovy, šíří se od něho ve všech směrech, a tedy i za roh. Tento úkaz se nazývá difrakce. Už jste určitě slyšeli, že světlo je vlastně také vlnění. Když tedy můžete někoho za rohem slyšet, proč ho nemůžete i vidět?

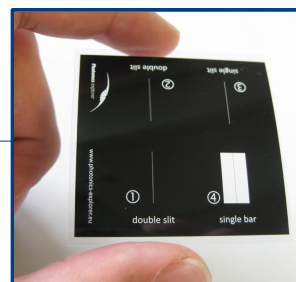
Ve skutečnosti se světelné vlny na rohu budovy také ohýbají. Děje se tak ale ve velmi odlišném měřítku: světelné vlny jsou milionkrát kratší než vlny zvukové. Proto je tento úkaz tak nepatrný, že ohyb světla na rohu domu nemůžete postřehnout (dům je totiž mnohem větší než vlny). Můžete však tento úkaz pozorovat, když vložíte drobný předmět do laserového paprsku. Za předmětem vznikne zajímavý světelný obrazec. Světelný obrazec je výsledkem ohybu světla na tomto předmětu – a stejným způsobem se ohýbají zvukové vlny na rohu budovy.

Když pochopíme, jak to funguje, budeme moci zjistit velikost i nepatrných věcí. Světlo nám pak bude sloužit jako pravítko k měření předmětů v řádu mikrometrů a nanometrů. V následujících pokusech budete moci například změřit tloušťku svého vlasu pomocí difrakce.



Při těchto pokusech musíte bezpodmínečně dodržovat pravidla bezpečné manipulace s laserem!

Příprava: Připravte si alespoň 8 cm široké stínítko, např. kus papíru upevněný na krabici. Laser postavte do vzdálenosti o málo větší než jeden metr od stínítka. Po zapnutí laseru byste měli vidět uprostřed stínítka drobnou světelnou stopu. Laser vypněte a opatrně, pouze za hrany, uchopte černou destičku. Dbejte na to, aby na ní nezůstaly žádné otisky prstů, ani škrábance. V políčku označeném ③ vidíte průhlednou čáru (šterbinu) a v políčku ④ čáru tmavou. Obě jsou asi stejně široké.



S destičkou manipuluje opatrně



1 Destičku postavte do cesty laserovému paprsku tak, aby dopadal na střed průhledné čáry v políčku ③. Vzdálenost destičky od stínítka by měla být jeden metr.

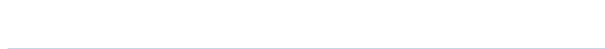
Světelný obrazec, který se vytvořil na stínítku, zakreslete do obdélníku se stupnicí ③. Poté do paprsku vložte místo průhledné šterbiny tmavou čáru v políčku ④. Její světelný obrazec zakreslete rovněž do obdélníku (označeného ④) na této stránce. Pomocí měřítka v obdélníku proveďte kresbu se správnými poměry vzdáleností.

③ šterbina



2 Čeho jste si všimli při porovnání těchto obrazců?

④ tyčinka (vlákno)



3 **Vzorec** pro výpočet poloh světlych stop, takzvaných difrakčních řádů, je možné odvodit podobným způsobem, jako vzorec pro dvě šterbiny. U pokusů s jedinou šterbinou nebo tyčinkou je však jednodušší vypočítat **polohy difrakčních minim**, tedy tmavých míst difrakčního obrazce:

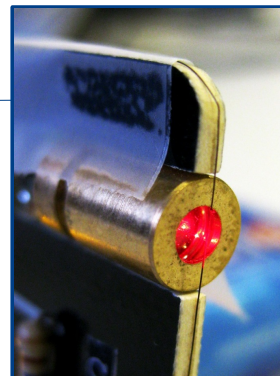
$$\frac{\text{šířka šterbiny či tyčinky-vlákna (d)}}{\text{vlnová délka laserového světla (\lambda)}} = \frac{\text{vzdálenost destičky a stínítka (b)}}{\text{vzdálenost prvního minima a středové stopy (a)}}$$

Na stínítku není vždy snadné minimum prvního řádu rozeznat. Pro zlepšení přesnosti měření by bylo vhodné změřit spíše vzdálenost mezi oběma druhými minimy, která leží nalevo a napravo od středu, a tento výsledek vydělit 4.



4

S tímto experimentálním uspořádáním a znalostí vzorce můžete nyní měřit rozměry drobných předmětů, např. tenkých drátů nebo **vlasu**. Vyzkoušejte to! Laser vypněte, umístěte do středu jeho otvoru vlas a upevněte jej páskou jako na obrázku. Zjistěte od učitele vlnovou délku světla laseru, změřte všechny ostatní veličiny, které k výpočtu potřebujete, a pak zjistěte tloušťku svého vlasu. Jakým způsobem byste mohli co nejvíce zlepšit přesnost měření?



Vlas vložený do laserového paprsku



vlnová délka světla laseru: _____

vzdálenost mezi vlasem a stínítkem: _____

předmět	vzdálenost 1. minima a středu	šířka
můj vlas		



5

Pomocí difrakčních obrazců lze také určovat strukturu drobných předmětů. Dobrý příkladem může být objev **struktury kyseliny kyseliny DNA** ve tvaru dvojité šroubovice. DNA je zkratkou pro název molekuly v buněčném jádru, která nese genetickou informaci o stavbě živých organismů. V roce 1952 zaznamenala Rosalind Franklinová difrakční obrazec kyseliny DNA (ve formě sodné soli) vyobrazený vlevo. Tento snímek proslul díky tomu, že jej James Watson a Francis Crick použili jako důkaz toho, že struktura molekuly, jež tvoří naše geny, je šroubovicová.

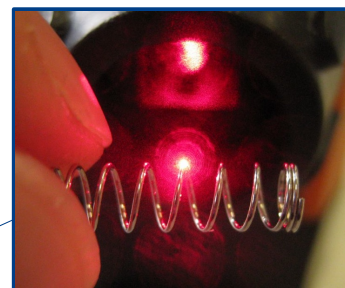


Difrakční obrazec soli DNA



6

O principu tohoto pokusu můžete získat představu, když do laserového paprsku vložíte **pružinu** z propisovací tužky. Nezapomeňte ještě předtím sejmut z laseru nalepený vlas. Dávejte si pozor na odlesky laseru od kovové pružiny. Vidíte obrazec podobný snímku Rosalind Franklinové?



Šroubová pružina z propisovací tužky v laserovém paprsku



7

Šroubovice molekuly DNA má šířku asi 2,5 nm. To je o mnoho **méně** než rozměr vaší pružiny, a ještě méně než vlnová délka světla použitého laseru. Co podle vás musela Rosalind Franklinová udělat, aby se jí podařilo zachytit difrakční obrazec tak drobné struktury?