

# Barvy ukryté v bílé



*Jak se vám líbí barvy duhy, které vidíte na CD disku, když na něj dopadá sluneční světlo? Docela pěkné, nemyslíte?*

*Jistě, jsou krásné. Je za nimi ale i něco víc: fyzikální jev, na kterém jsou založeny, je také velmi užitečný. Je to vynikající způsob, jak od sebe oddělit různé vlnové délky světla. Světlo o určité vlnové délce nám pak může hodně prozradit: o svém zdroji, odkud pochází, ale i o materiálu, kterým mezitím prošlo. Když si světlo představíme jako knihu, pak pohled na jeho spektrum (souhrn různých vlnových délek) je totéž, jako čtení stránek této knihy.*

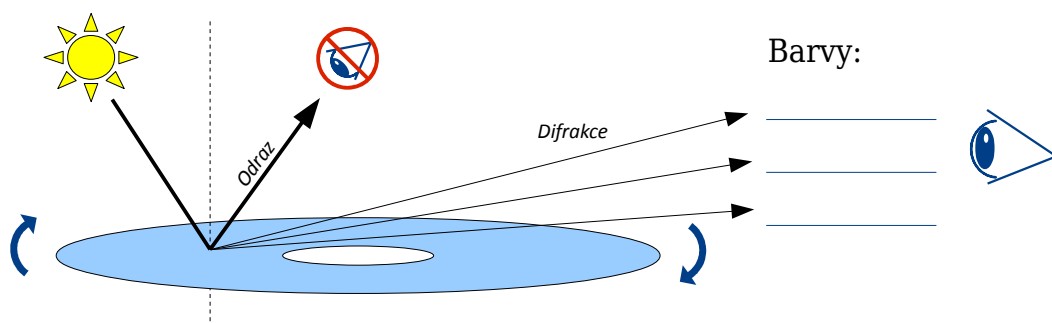
S tímto fyzikálním jevem jste se už setkali v experimentu se dvěma štěrbinami. Asi si pamatujete, že směry difrakčních maxim závisí na vlnové délce světla. U různých vlnových délek se tedy budou difrakční maxima nacházet v různých směrech. Difrakce na povrchu disku CD se však od difrakce na dvou štěrbinách

liší ve dvou důležitých drobnostech: 1) Namísto dvou štěrbin zde působí mnoho štěrbin ve stejných vzdálenostech od sebe. Díky tomu samozřejmě může mřížkou projít více světla. 2) Světlo nemusí nutně projít *skrze* mřížku. Ke stejnému jevu totiž dochází i při odrazu: namísto průhledných míst jsou zde odrazné povrchy, přičemž v ostatních místech dochází buď k pohlcení nebo k rozptylu světla.

Disk CD je v podstatě hladké zrcadlo s velmi malými prohlubněmi. Od těchto prohlubní, v nichž je zakódovaná informace, se odráží méně světla než od hladkých ploch. Prohlubně jsou seřazeny v dlouhé spirále s pravidelnou roztečí přesně 1,6  $\mu\text{m}$  mezi řadami. Jelikož jsou rozptylující linie na odrazném povrchu umístěny pravidelně, funguje disk CD jako difrakční mřížka a vytváří tak barvy, které můžete pozorovat.

- 1) Uchopte disk CD tak, abyste v odrazu viděli zdroj světla. Pak začněte **disk CD pomalu naklápět** směrem k sobě. Přibližně v okamžiku, kdy odraz lampy zmizí za horním okrajem disku, byste měli vidět první řád difrakce ve formě pruhu duhových barev. Když budete naklápět disk CD dál, která barva zmizí jako první, a která jako poslední?

- 2) Která vlnová délka se odchyluje pod větším úhlem: kratší (modrá) nebo delší (červená)?



- 3) Prosté naklápění disku CD vám teď umožňuje analyzovat spektrum různých zdrojů světla. Když se podíváte velmi pozorně, jaký rozdíl zjistíte mezi slunečním světlem a světlem neonové výbojky nebo úsporné zářivky?

- 4 Pravděpodobně jste si všimli, že spektrum neonové zářivky nebo úsporné zářivky není spojité, ale obsahuje jen několik vlnových délek. Jaké **oddělené barvy** jste viděli? Napište každou z nich na zvláštní řádku a napravo od ní ponechte volné místo.

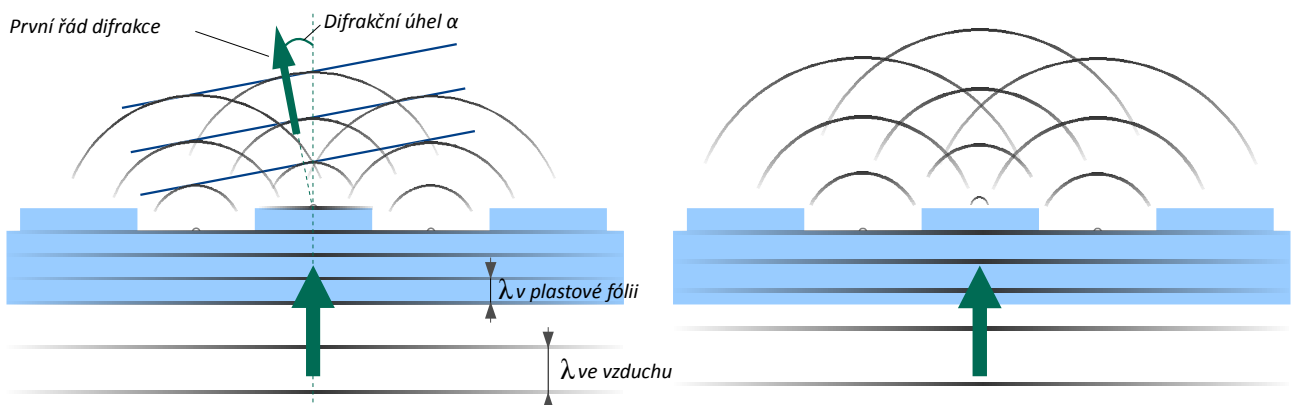
|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

V následujícím pokusu změříme vlnové délky, které odpovídají barvám, jež jste vypsali výše. Disk CD se dobře hodí k *prohlížení* spektra, ale není to nejvhodnější nástroj k jeho *měření*. Proto si nyní postavíte **vlastní spektrometr**. Namísto disku CD použijete průhlednou fólii s mnoha rovnoběžnými drážkami vzdálených od sebe vždy 1  $\mu\text{m}$ . Tuto fólii uchopíte prosím velmi opatrně a dotýkejte se pouze jejích hran. Podívejte se skrze ni kolem sebe. Vidíte barevné proužky?

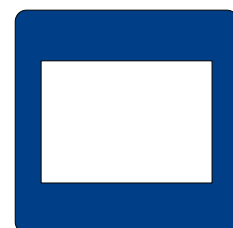
- 5 Jak funguje difrakce u této fólie? Fyzikální základ je zde vlastně stejný jako u dvouštěbinového experimentu. Nejdůležitější rozdíl je v tom, že tato fólie propouští mnohem více světla. Stopy difrakčních řádů jsou proto jasnější a lépe viditelné.

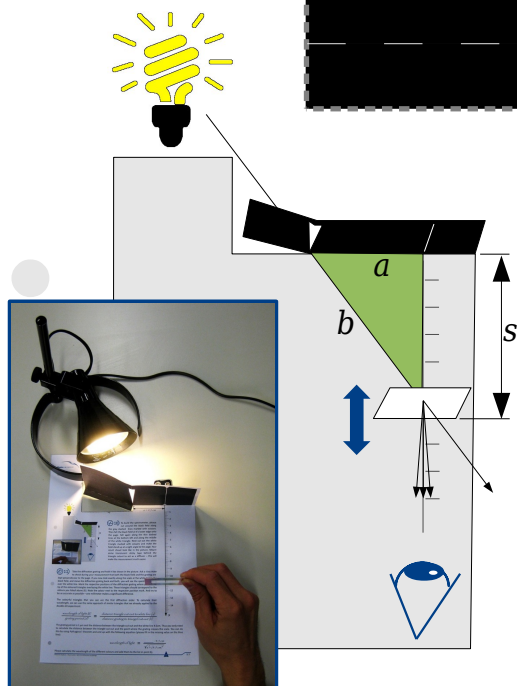
U pokusu se dvěma štěrbinami pohltila většinu světla štěrbinová maska. Prvním krokem k vylepšení pokusu tedy je použití většího počtu štěrbin. Tyto štěrbiny musejí být umístěny v přesných vzájemných vzdálenostech. I v takovém případě však bude světlo, které dopadne na černé tyčinky, pohlceno, a nebude možné je pozorovat. U difrakční fólie jsou v místech těchto černých tyčinek pouze pásy, kde má fólie poněkud větší tloušťku. Fólií prochází světlo asi o 33% pomaleji než vzduchem. Proto v okamžiku, kdy světlo procházející silnějšími místy dosáhne zadní stěny fólie, má světlo prošlé tenčími místy jistý náskok. Je-li rozdíl těchto tloušťek správně nastaven v poměru k roztečím silnějších míst, budou se vlny prošlé oběma místy vzájemně sčítat pod úhlem, který závisí na vlnové délce světla.

- 6 Následující kresba ukazuje čela vln světla procházejícího difrakční mřížkou – podobnou fólii, již držíte v ruce. Pomocí obrázku vpravo odhadněte změnu difrakčního úhlu  $\alpha$  při větší vlnové délce: Čím větší vlnová délka, tím \_\_\_\_\_ difrakční úhel.



- 7 Drážky ve fólii jsou příliš jemné na to, aby byly postřehnutelné prostým okem. I přesto máte možnost zjistit, jaká je jejich **orientace**. Stačí, když si vzpomenete na dvouštěbinový experiment: jaká byla vzájemná orientace štěrbin a difrakčního obrazce? Zakreslete do rámečku vpravo čáry ukazující orientaci drážek a směr, ve kterém dochází k difrakci spektra, označte šipkami:





8) Aby vznikl spektrometr, obstříhnete černé pole podél šedých čárkovaných čar se symbolem nůžek. Poté papír přeložte podél spodního okraje černého pole tak, aby zakrylo text. Černé pole pak přeložte znovu podél obou tenkých šedých čárkovaných čar ve spodní levé části a ve středu bílého trojúhelníku. Bílý trojúhelník vyznačený čarou se symbolem nůžek poté vystříhnete a černé pole vztyčte v pravém úhlu ke stránce. Výsledný tvar by měl odpovídat tomu na fotografii. Ze zadní strany trojúhelníkového otvoru nalepte průsvitnou pásku, která bude sloužit jako rozptylovací stínítko. Měření tak bude mnohem snazší.



9) Uchopte difrakční mřížku a podržte ji tak jako na obrázku. Požádejte spolužáka, aby zkontroloval, zda je černé pole a mřížka kolmo k listu. Vy pak provedete měření.

Když se teď podíváte ve směru stupnice měřítka na svislou bílou čáru v černém poli a budete difrakční mřížkou pohybovat tam a zpět podél stupnice, uvidíte spektrum, jež se bude přes tuto bílou čáru posouvat. Poznamenejte si polohy difrakční mřížky na stupnici, při kterých vidíte vrchol barevného trojúhelníku právě na bílé čáře. Tyto trojúhelníky by měly odpovídat barvám, které jste uvedli v předchozím úkolu 4). Ke značce polohy si запиšte i příslušnou barvu. Snažte se o co největší přesnost – jeden milimetr znamená významný rozdíl.

Barevné trojúhelníky, které pozorujete, jsou první řády difrakce. Pro výpočet jim odpovídající vlnové délky lze použít stejný postup s trojúhelníky využitý již u dvouštěrbínového experimentu:

$$\frac{\text{vlnová délka světla } (\lambda)}{\text{mřížková konstanta } (d)} = \frac{\text{vzdál. vystřiž. trojúhelníku a bílé čáry } (a)}{\text{vzdálenost mřížky a vystřiž. trojúhelníku } (b)}$$

Mřížková konstanta je  $1 \mu\text{m}$  a vzdálenost mezi vystřiženým trojúhelníkem a bílou čarou je  $4,5 \text{ cm}$ . Proto vám stačí vypočítat vzdálenost mezi vystřiženým trojúhelníkem a bodem na stupnici, v němž se mřížka nachází. K tomu vám stačí Pythagorova věta. Dostanete následující rovnici (zbývající hodnotu запиšte na modrou čáru):

$$\text{vlnová délka světla} = \frac{\cdot 4,5 \text{ cm}}{\sqrt{S^2 + (4,5 \text{ cm})^2}}$$

Vypočítejte vlnové délky barev a připište je do seznamu v bodu 6.

