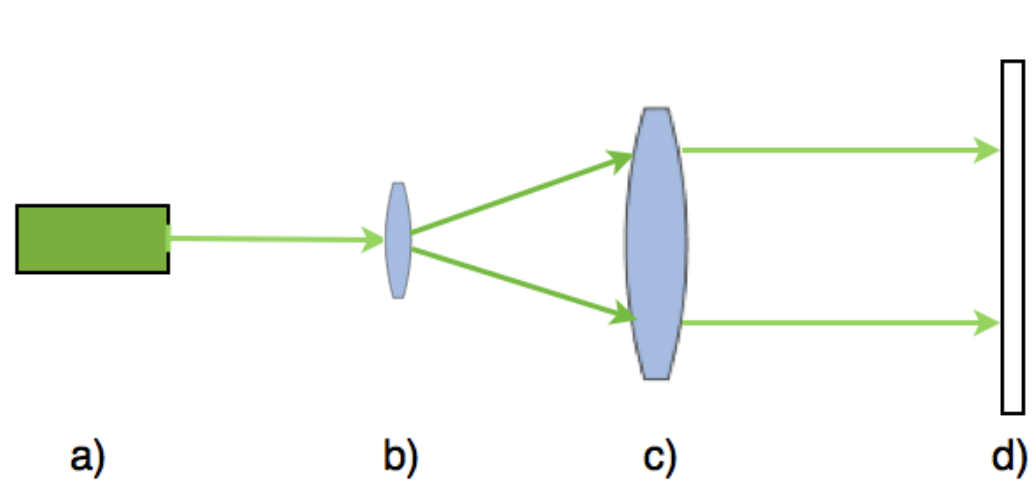


Lasery a demonstrace interferenčních a difrakčních obrazců koherentního světla

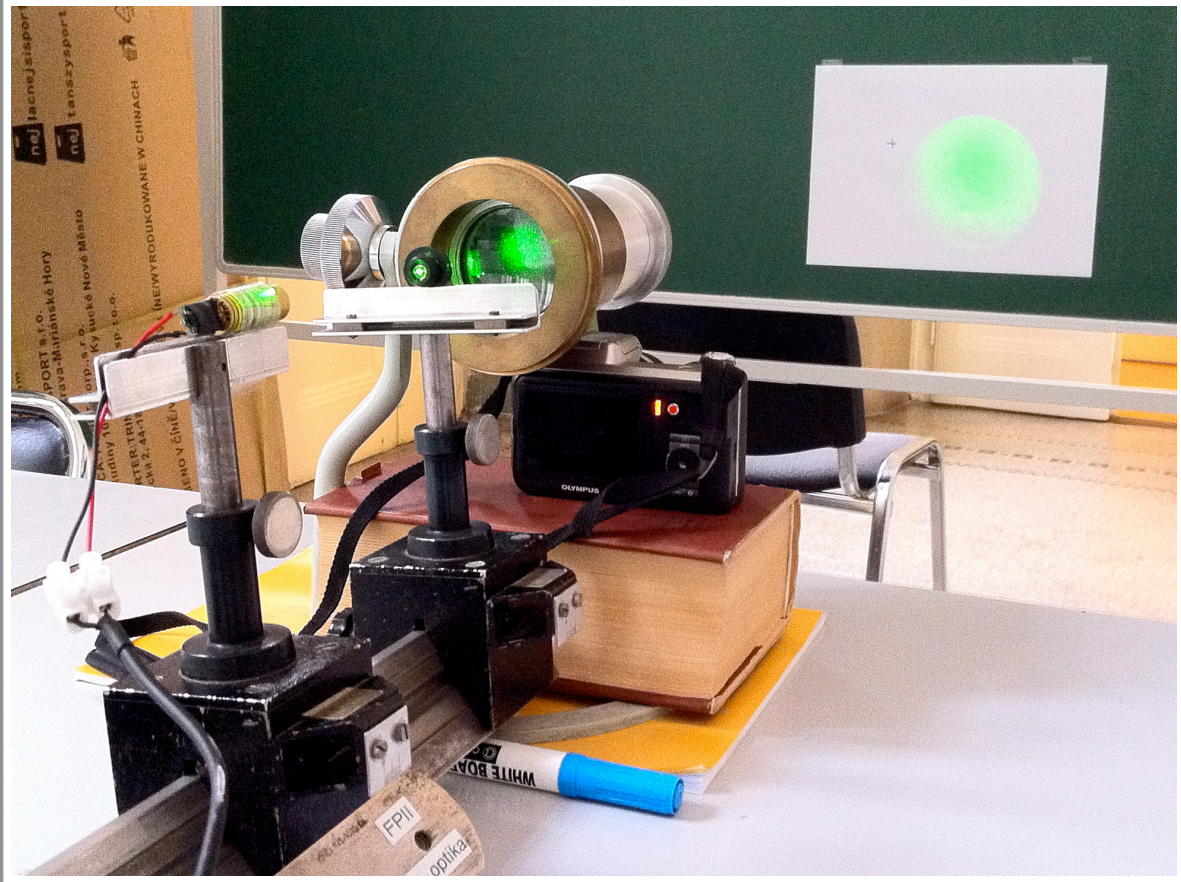
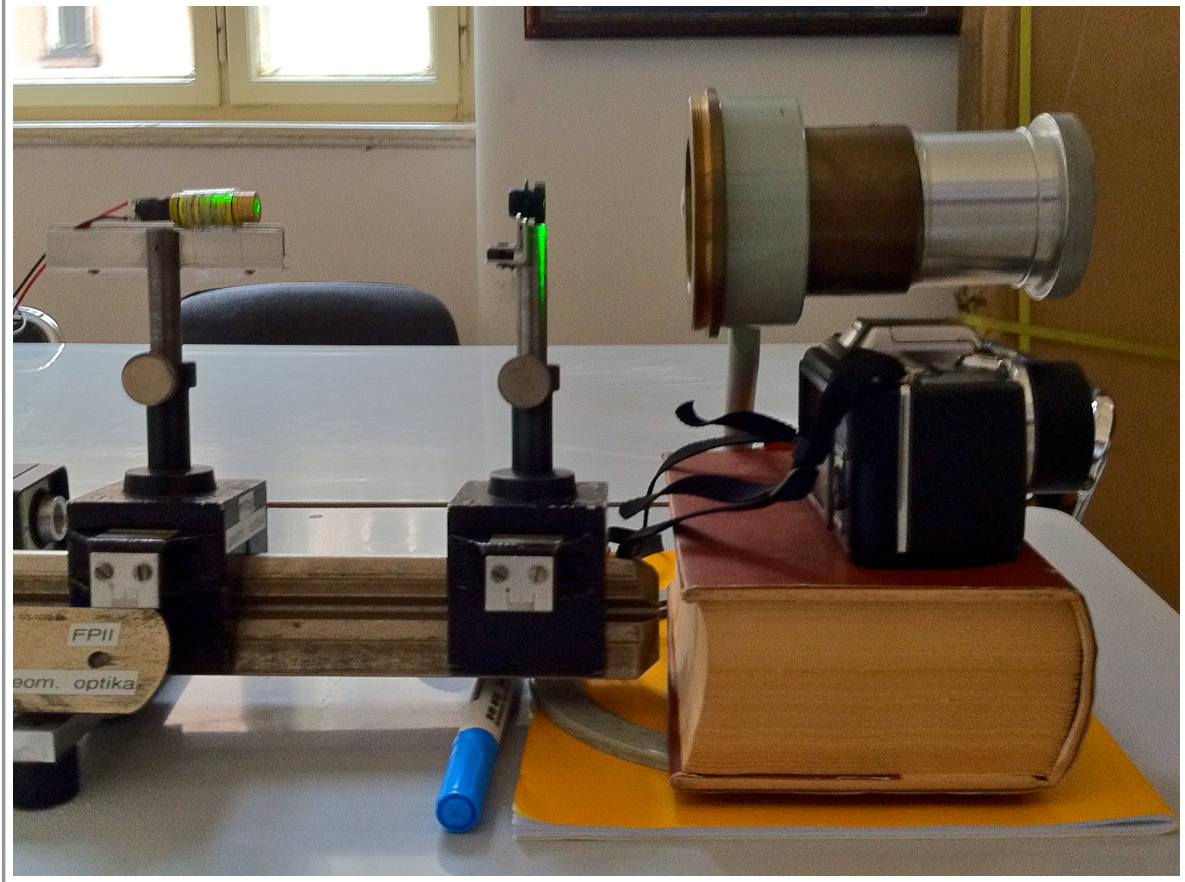
Prezentace různých typů interferenčních a difrakčních obrazců vytvořených za pomoci laseru, základní optické výbavy a různých druhů optických médií.

Matěj Petráček, 1. ročník BS, FJFI, ČVUT - Fyzikální seminář 24.11.2011

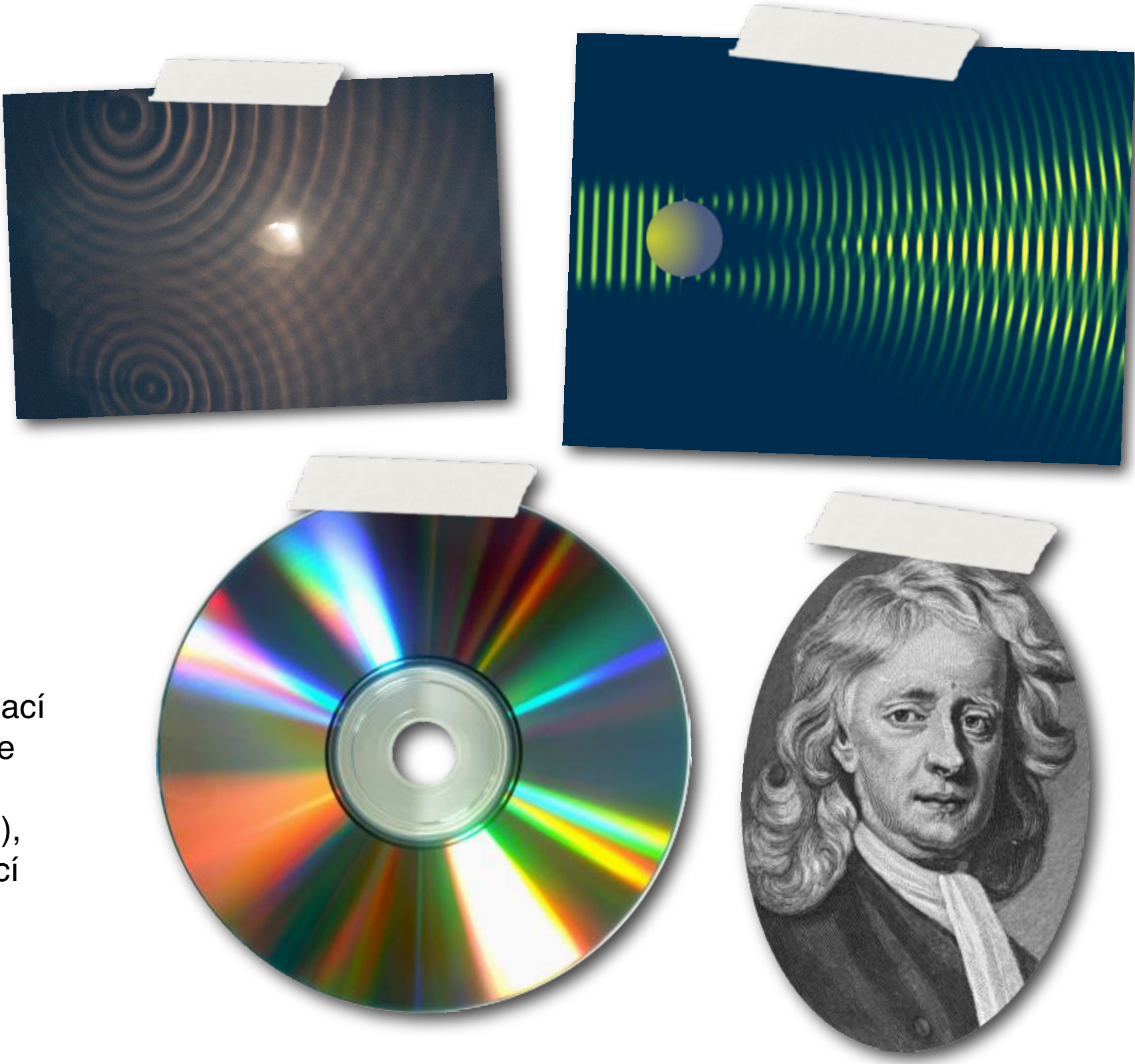
Uspořádání experimentu



Obr. 1: Schéma promítací aparatury
a) laser (zelené světlo, 535 nm)
b) malý objektiv se spojkou (rozbihavý paprsek)
c) velký objektiv (paralelní paprsek)
d) promítací plocha



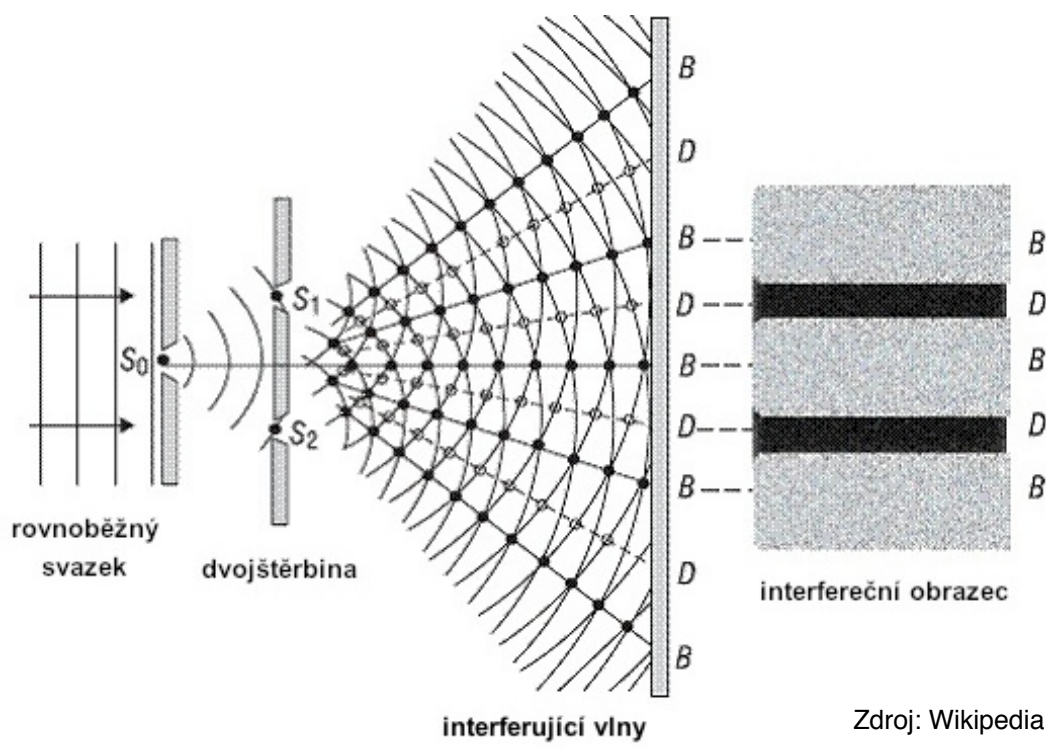
Obr. 2 a 3: Fotodokumentace promítací aparatury, skládající se ze zdroje světla - laseru se zeleným světlem (535nm), dvou objektivů a promítací plochy.



Youngův (dvojštěrbinový) experiment

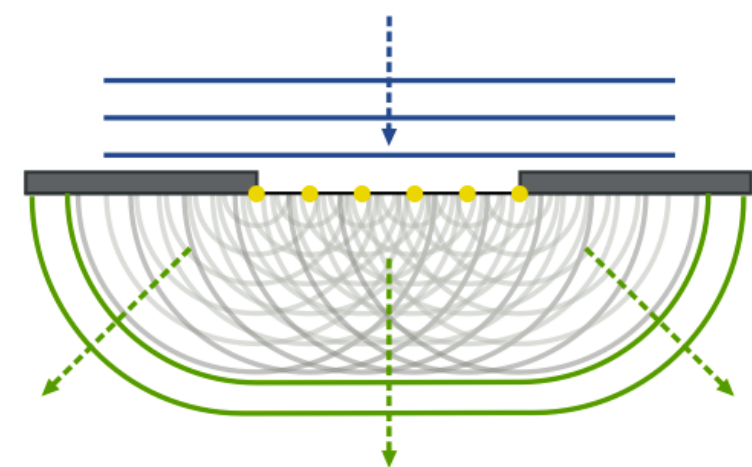
Tímto pokusem v roce 1807 anglický fyzik Thomas Young experimentálně dokázal, že světlo je vlnění.

- Popis pokusu:**
- Svazek koherentního a monochromatického světla [v našem případě svazek světla z laseru] dopadá na "dvojštěrbinu", kterou tvoří dvojice paralelních, úzkých a blízko sebe položených štěrbin. (Viz obr. 4 a 5)
 - Vlna, která dopadne na štěrbinu se po průchodu štěrbinami S1 a S2 rozdělí na dvě vlny kmitající ve fázi (tzn. že jejich dráhový rozdíl je násobkem jejich vlnových délek). Štěrbiny S1 a S2 lze tedy podle Huygensova principu (viz níže a obr. 10) považovat za dva středy nových vlnových rozruchů. (Šířka štěrbin nesmí být větší než vlnová délka světla.)
 - Obě vlny spolu vzájemně interferují a na promítací ploše umístěné za štěrbinami vytvářejí interferenční obrazec (proužky) (Obr. 7, 8, 9) následujícím způsobem:
 - vlny se vzájemně zesílí a promítnou jako světlo ve všech bodech, kdy jsou stejně vzdálené od bodů S1 a S2 nebo se liší o celý násobek vlnové délky (B na obr. 4)
 - vlny se vyruší v bodech, pro které rozdíl mezi oběma vzdálenostmi je lichý počet půlvln (D na obr. 4)

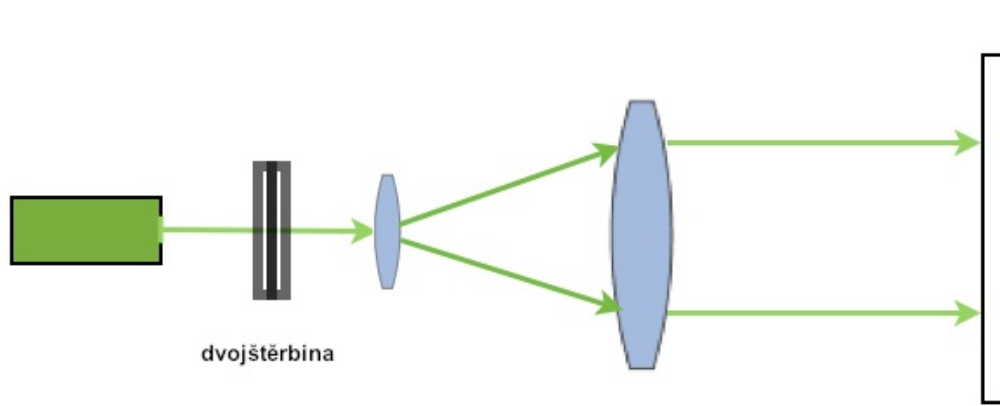


Obr. 4: Schéma Youngova experimentu

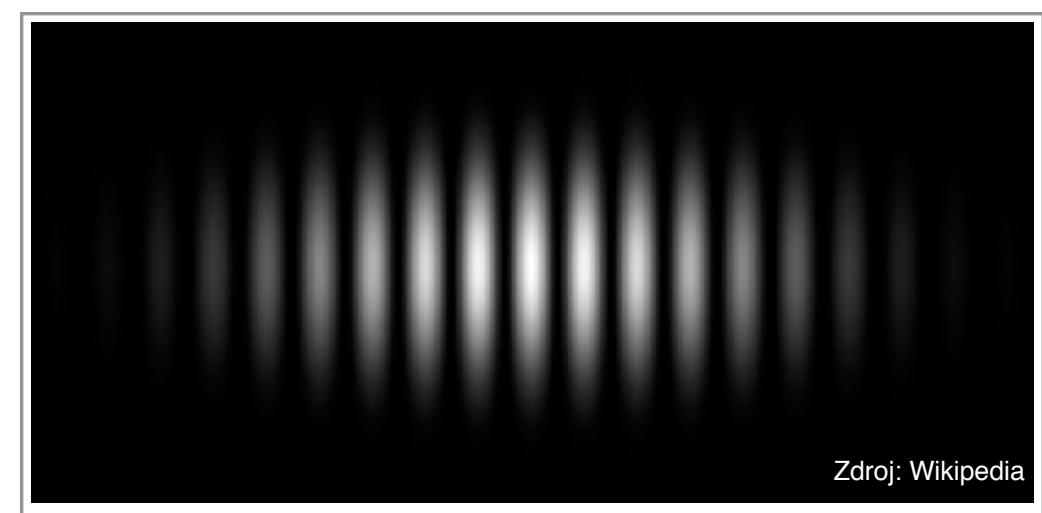
Huygensův princip předpokládá, že v každém okamžiku lze každý bod na čele šířící se vlny chápat jako nový zdroj vlnění (sekundárních vln).



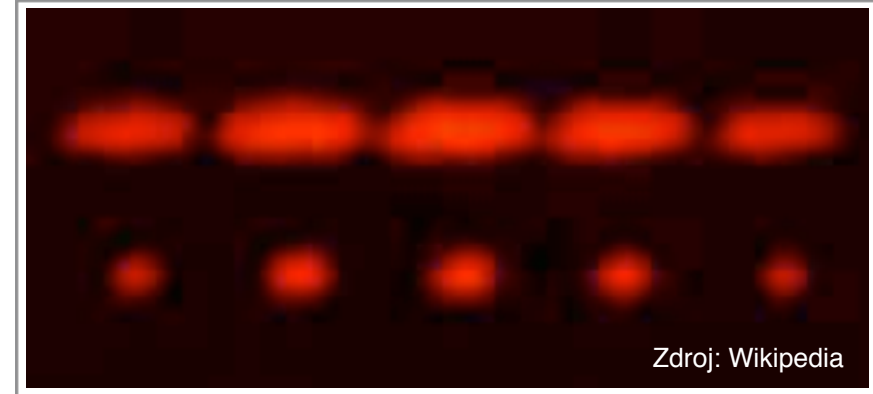
Obr. 10: Huygensův princip; tímto jevem lze vysvětlit chování vln procházejících štěrbinami



Obr. 5: Konkrétní instalace Youngova experimentu na promítacím zařízení

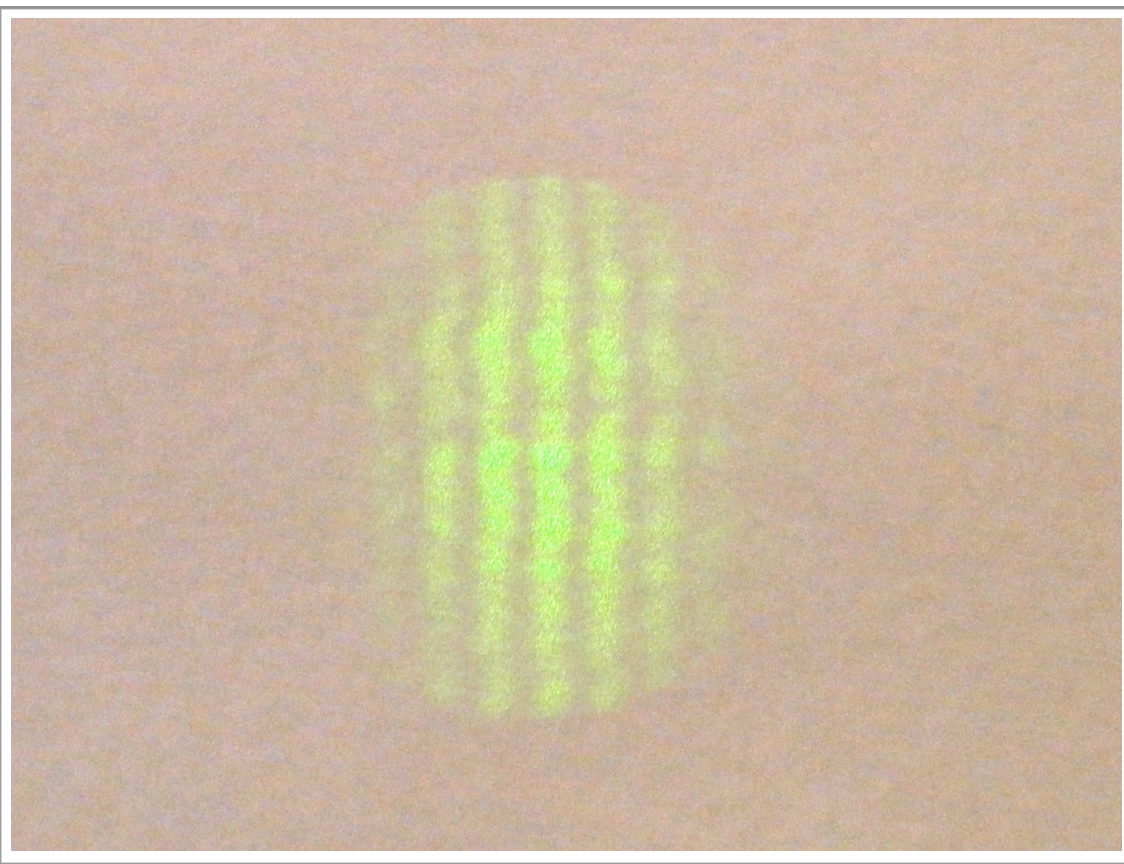
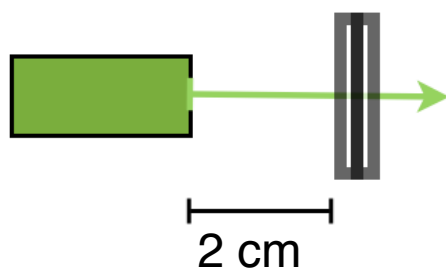


Obr. 7: Simulace interferenčních proužků

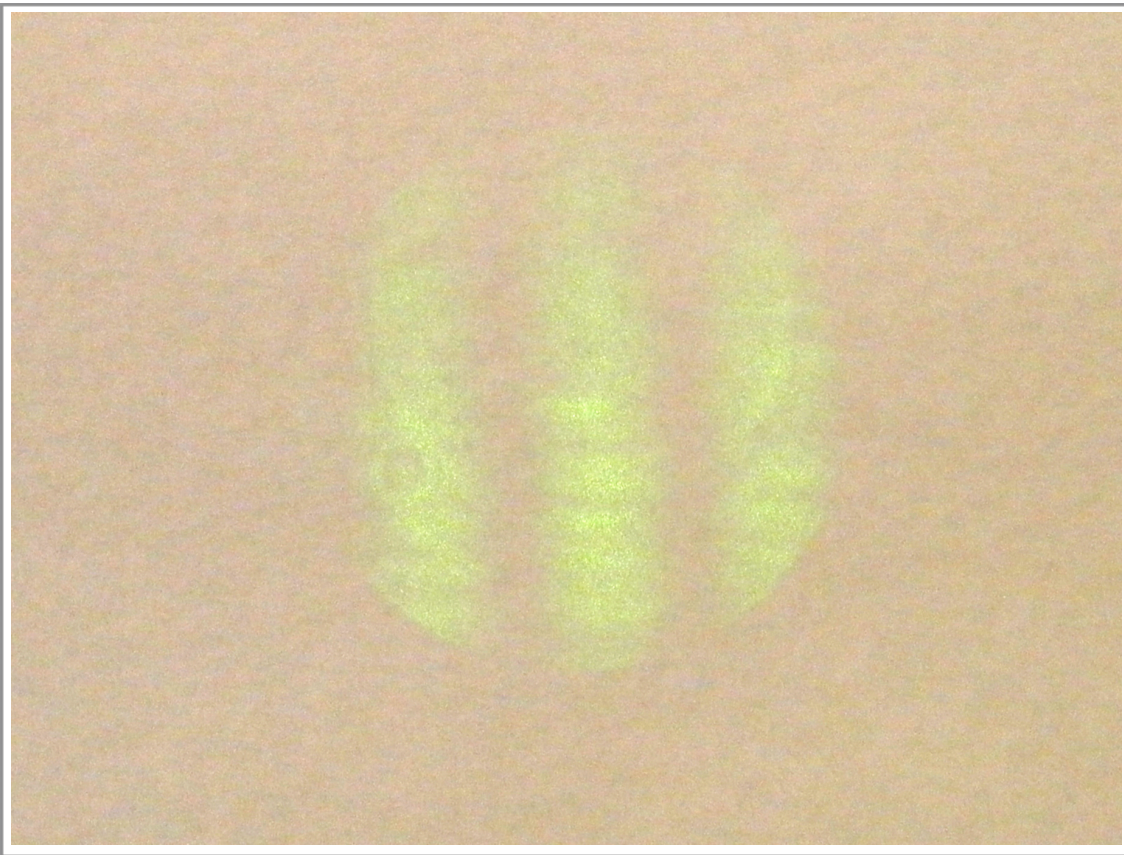


Vlastní snímky interferenčních obrazců z experimentu

Obr. 8: Interferenční proužky promítané skrz štěrbinu umístěné ve vzdálenosti 2 cm od zdroje světla.



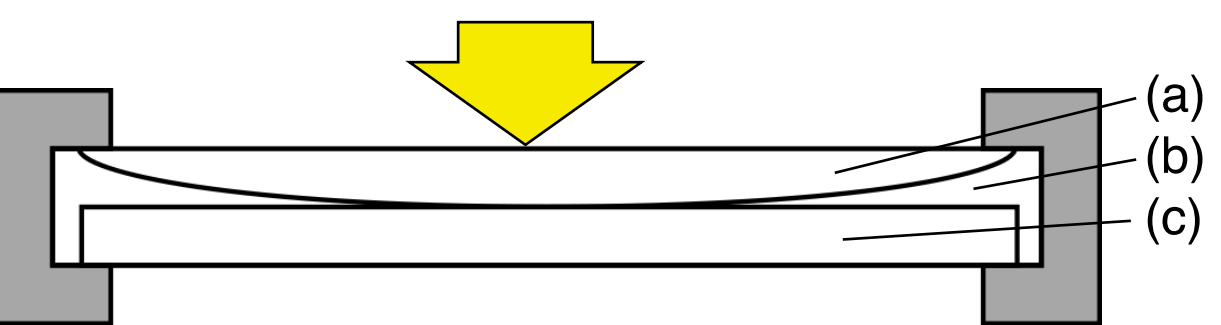
Obr. 9: Přiblížení interferenčních proužků



Obr. 11: Porovnání interferenčních proužků z experimentů s (a) 2 a (b) 5 štěrbinami

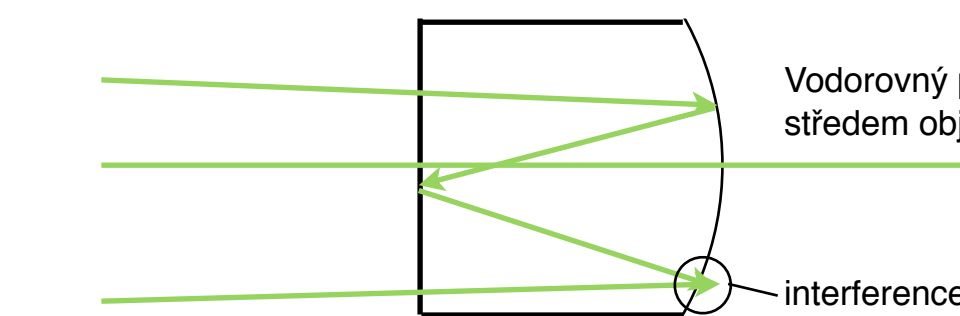
Newtonovy kroužky - interference na vrstvě

Newtonovy kroužky jsou soustředné, střídavě světlé a tmavé kroužky, vznikající interferencí na vzduchové vrstvě mezi rovinou skleněnou plochou a plankonvexní čočkou o dostatečně velkém poloměru při dopadu monochromatického světla.

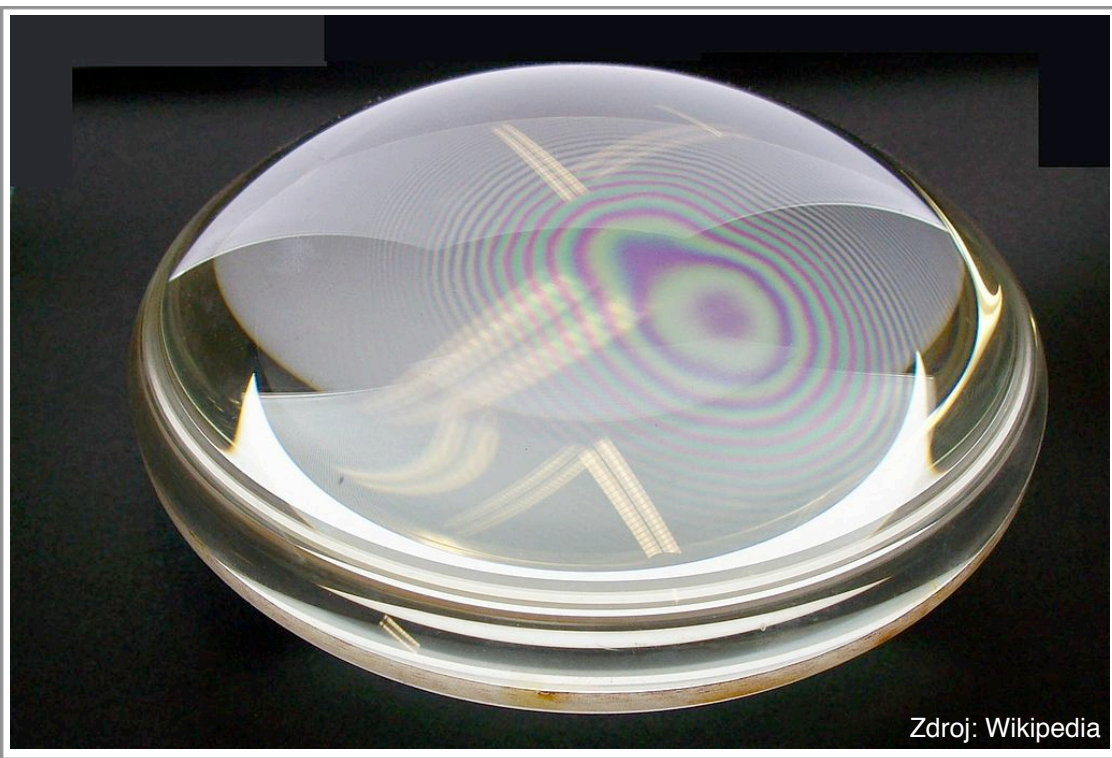


Obr. 11: Schéma Newtonových skel, na kterých vznikají kroužky; (a) plankonvexní čočka, (b) vzduchová vrstva, (c) roviná skleněná plocha

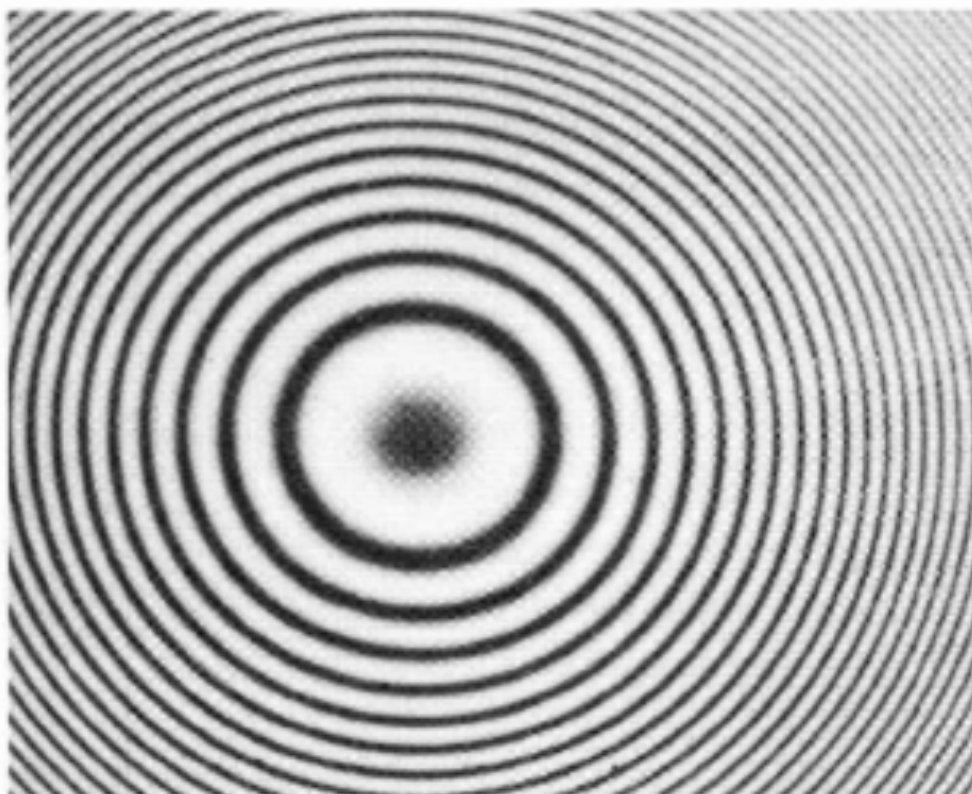
Při promítání laserem skrz objektiv se mi podařilo zachytit Newtonovy kroužky vznikající netradičním způsobem, a sice jako interference uvnitř objektivu, skrz který procházelo světlo (objektiv (b) na schématu zapojení obr. 1, viz obr. 15). Část procházejícího světla se odrazí zpět a interferuje s dalšími paprsky na povrchu objektivu.



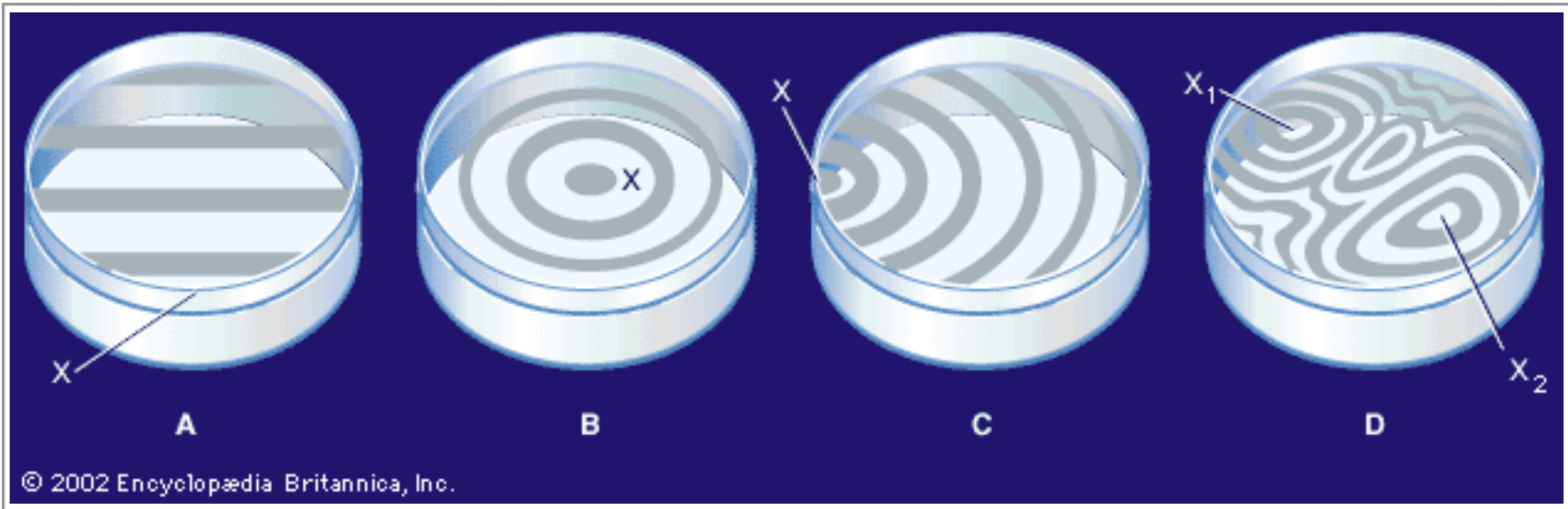
Obr. 15: Interference uvnitř objektivu



Obr. 12: Demonstrace Newtonových kroužků



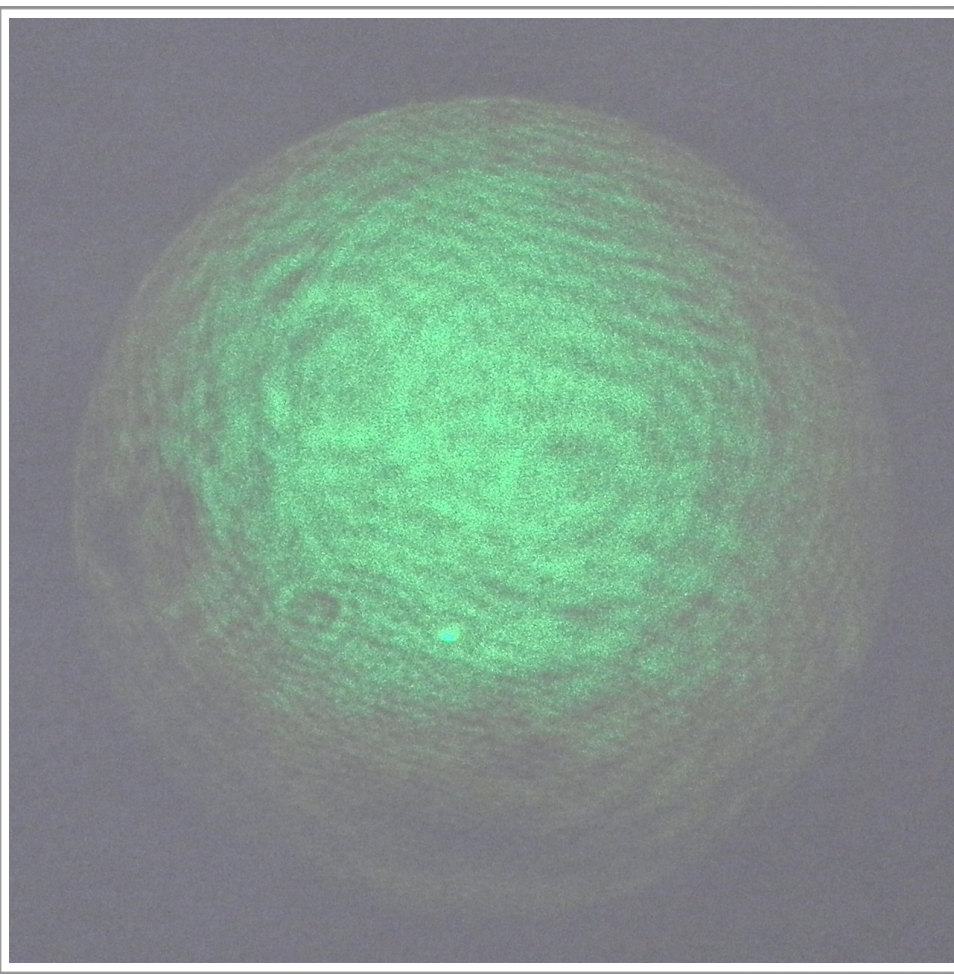
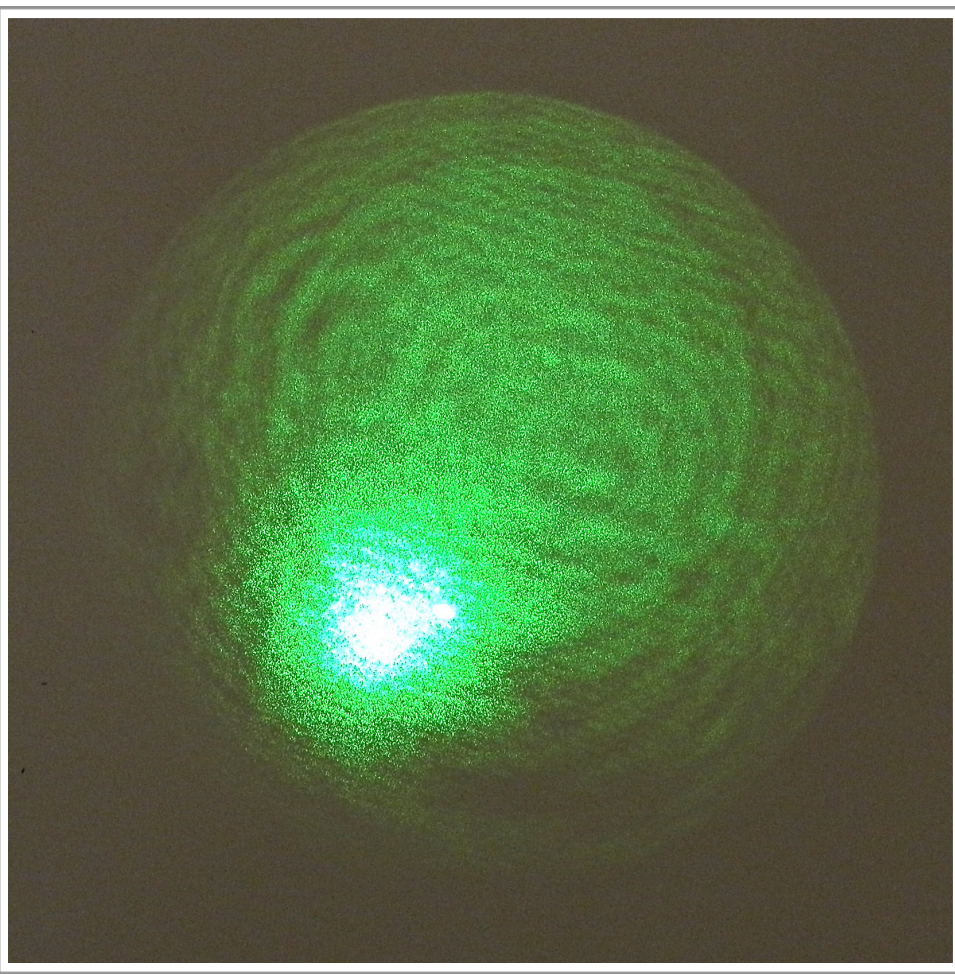
Obr. 13: Newtonovy kroužky



Obr. 14: Ukázka různých druhů interferenčních obrazců tvořených stejným principem na odlišném povrchu..
A: interference vznikající mezi dvěma rovinnými plochami dotýkajícími se v bodě X.
B a C: dva mírně konvexní povrchy s dotykem vždy v bodě X.

- Interferenční kroužky v tomto případě vznikají odrazem na výstupním skle objektivu.
- V ose objektivu světlo prochází.
- Paprsek dopadající na objektiv mimo osu se odráží dvakrát, než se objektiv vrátí.
- Pokud přitom získá fázový rozdíl $\Delta\varphi = \pi$ dojde k destruktivní interferenci (v daném místě je minimální amplituda)

Obr. 16 a 17
Snímky promítnutých interferenčních kroužků vznikajících uvnitř objektivu



Světelná difrakce na mřížce

Světelná difrakce na CD
Difrakci světla můžeme asi nejčastěji pozorovat na kompaktním disku. CD nebo DVD zde působí jako ohybová mřížka, ve které dochází k difrakci.

Za pomoci laseru jsem ověřoval, jaký vliv má hustota bitové struktury na jednotlivých médiích vliv na úhel odrazeného světelného paprsku. (viz obr. 21-24). Stejný postup jsem opakovat na CD, DVD a Blu-Ray.

Vysvětlení rozdílnosti difrakčních obrazců na různých typech optických médií

- Při dopadu světla na optické médium jako třeba CD dochází k difrakci světla na bitové struktuře záznamu - tedy dofrakci na mřížce.
- Při difrakci na mřížce je fázový rozdíl paprsků procházejících sousední štěrbinou určen vzorcem

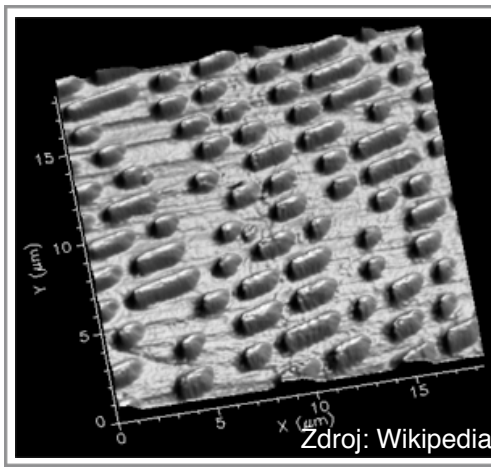
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin\alpha$$

a: rozstup odražejících plošek mřížky
 α : je úhel odklonu vny od mřížky

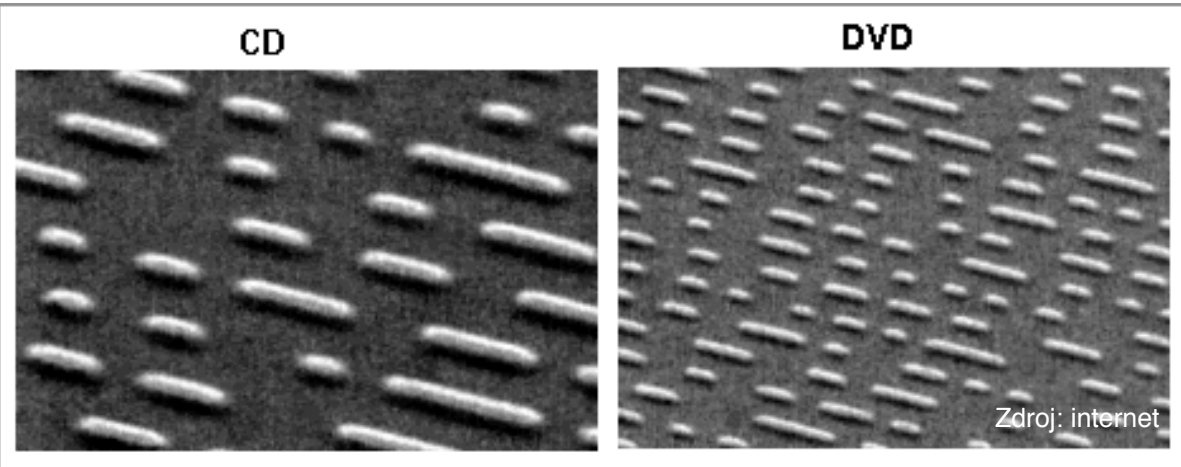
- Aby byla výsledná interference konstruktivní (tzn. aby se amplitudy vln sečetly a vytvořily obrazec) musí $\Delta\varphi = k \cdot 2\pi$
- Složením obou vzorců získáme vztah

$$\sin\alpha = \frac{k\lambda}{a}$$

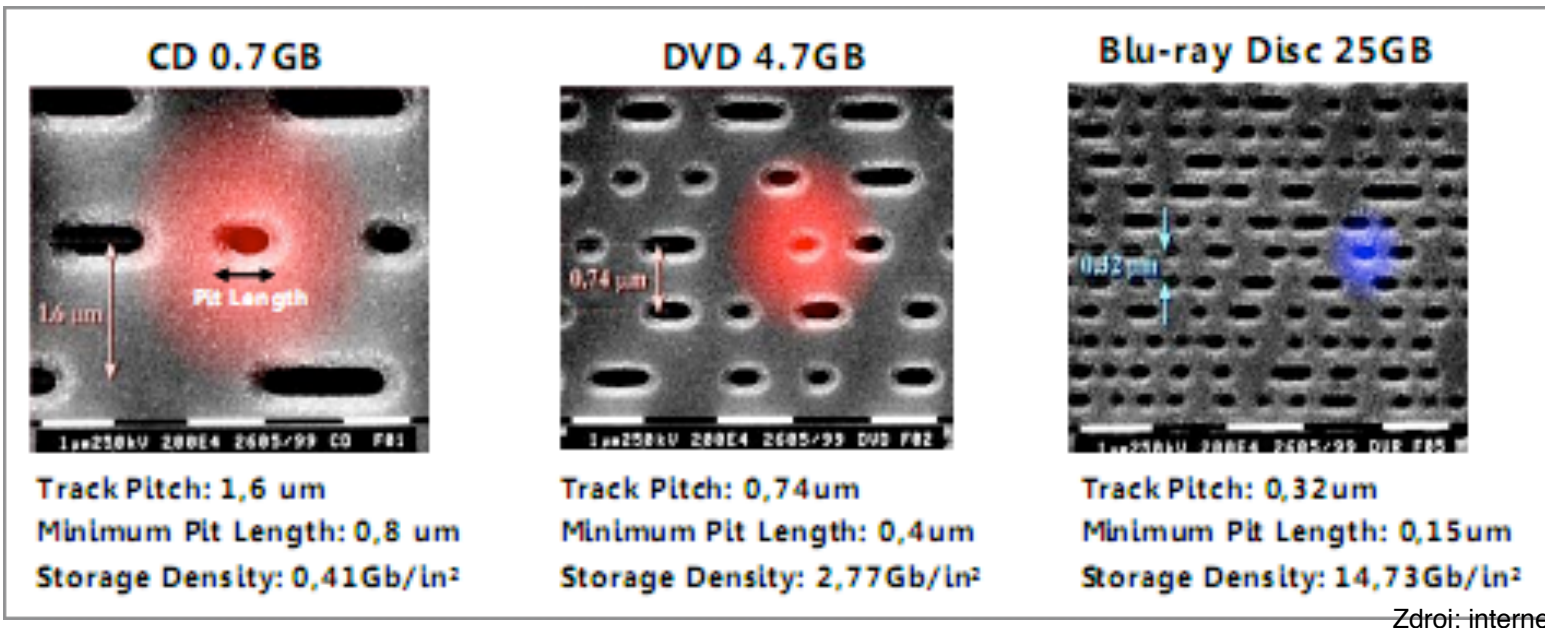
ze kterého plyne, že čím menší a (rozstup mřížky), tím je větší α (úhel odrazeného paprsku)!



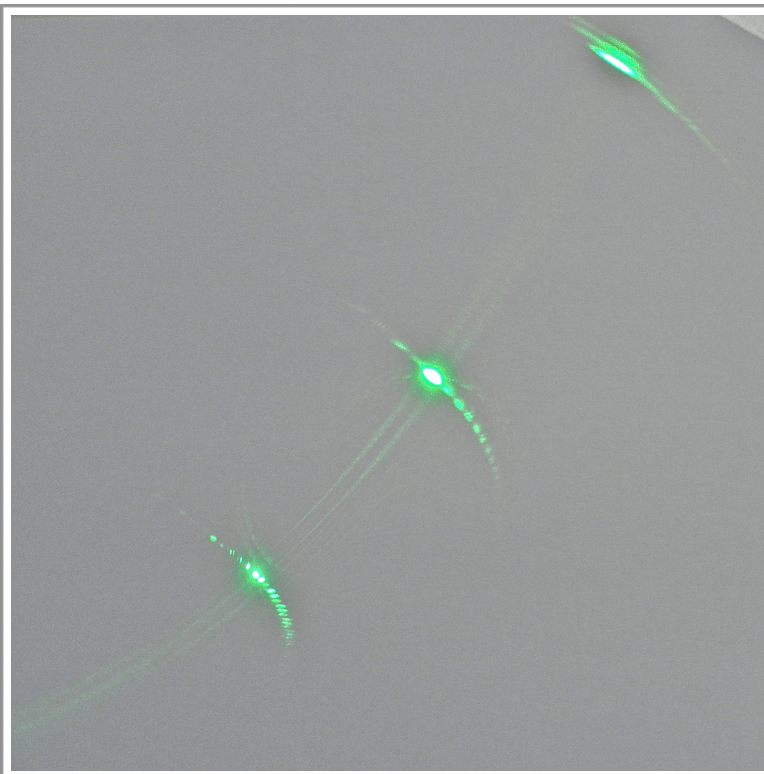
Obr. 18: Bitová struktura na (lisovaném) CD



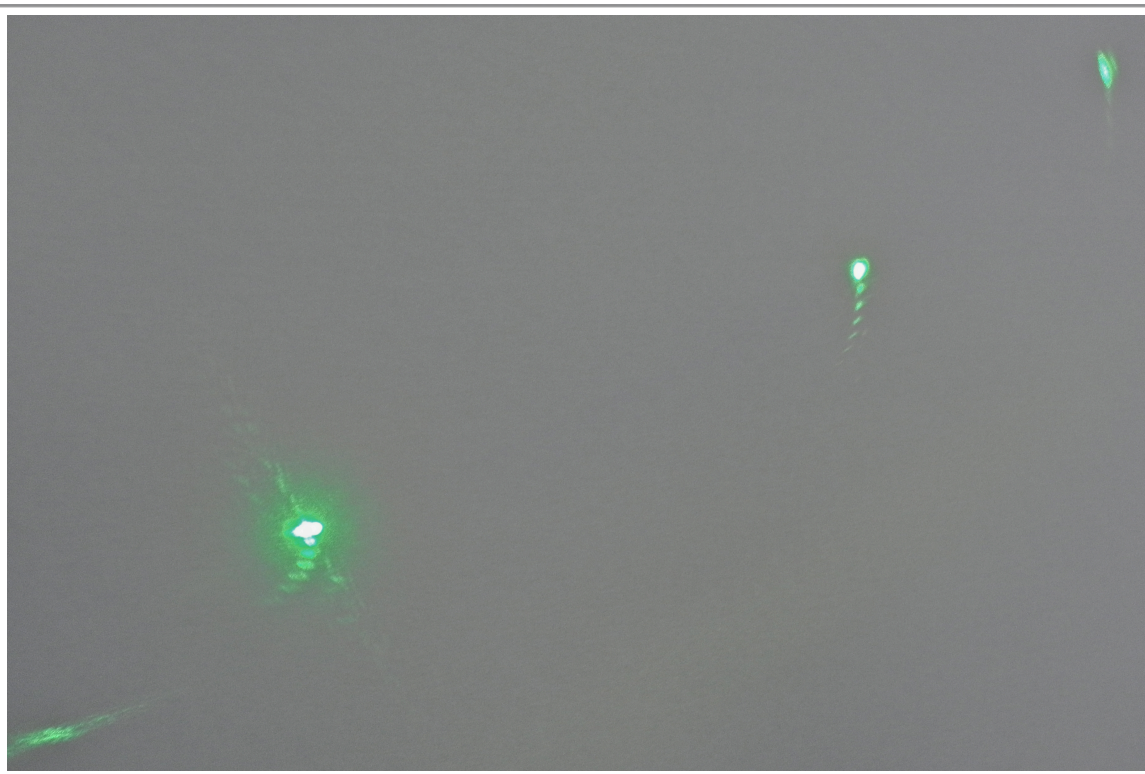
Obr. 19: Porovnání hustoty bitové struktury na (lisovaných) CD a DVD



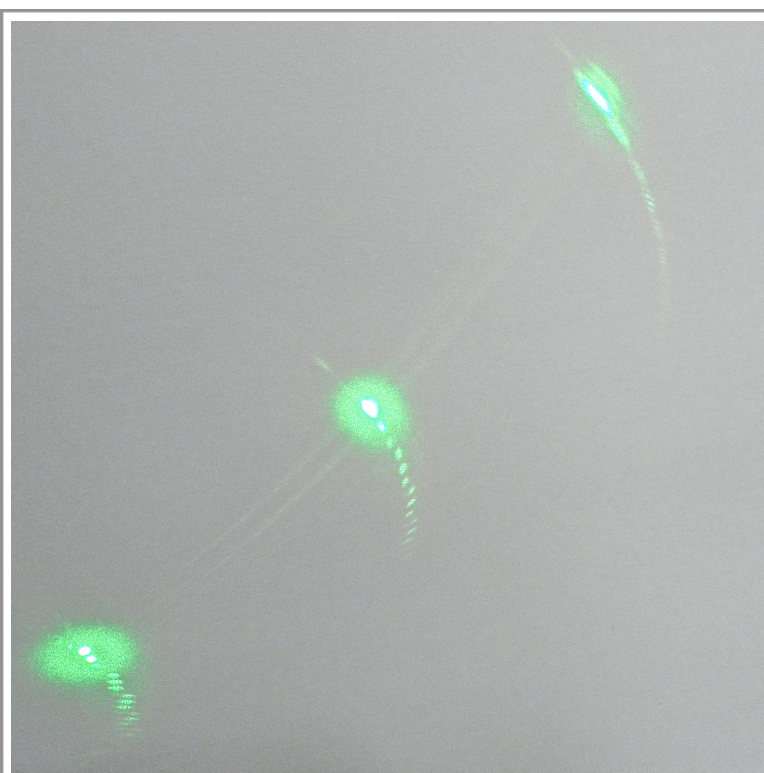
Obr. 20: Porovnání hustoty bitové struktury na CD, DVD a BD



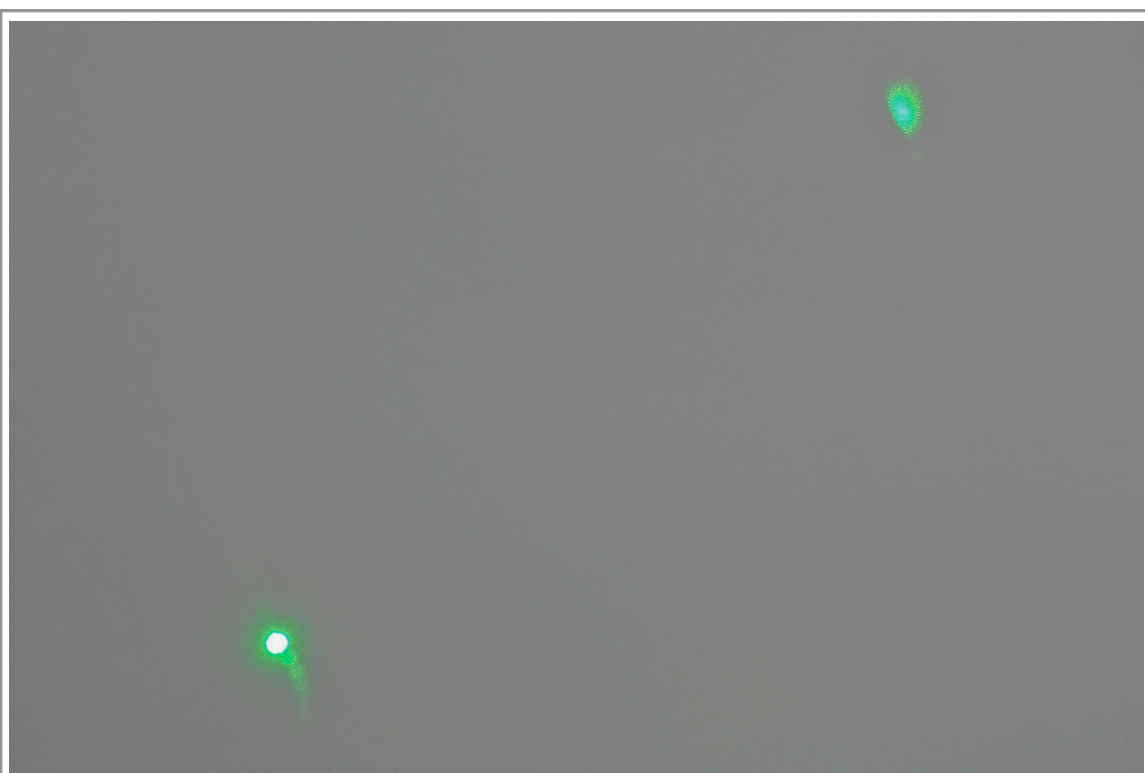
Obr. 21: Odras světla od prázdného CD-R. "Trojitý odraz" (3 řády maxim) má malé rozestupy.



Obr. 23: Odras světla od DVD. "Trojitý odraz" (3 řády maxim) má daleko větší rozestupy než u CD.



Obr. 22: Odras světla od vypáleného CD-R. Můžeme si všimnout nepravdivelnosti v odrazu, za které mohou zaznamenaná data.



Obr. 24: Odras světla od BD. Rozestupy jednotlivých maxim byly ještě o mnoho větší než u DVD a třetí už se nepodařilo na promítací plochu zachytit.