



Semestrální projekt do předmětu FYO
Newtonovy kroužky

March 11, 2019

Autor: Patrik Chukir <xchuki00@stud.fit.vutbr.cz>

Contents

1	Abstrakt	3
2	Úvod	4
3	Newtonovy kroužky	4
4	Původ pojmenování	5
5	Aplikace	5
6	Zdroje	9

1 Abstrakt

Tato práce se bude zabývat jeve známým jako Newtonovy kroužky, jde o zvláštní případ interference na tenké vrstvě, v přírodě může být pozorován například na bublinách. V rámci textu budou popsány podmínky vzniku a chování jevu, dále jeho možná užití a nakonec popis připojené aplikace pro jednoduchou vizualizaci jevu.

Klíčová slova: Newtonovy kroužky, interference dvou vln, odraz světla

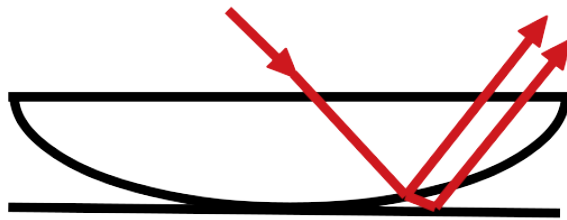


Figure 1: Paprsek odrážející se od čočky a podkladu

2 Úvod

Při průchodu světla objektem tvořeným třemi vrstvami s tím že prostřední má různou tloušťku v různých místech vznikají obrazce odpovídající poměru tloušťky střední vrstvy a vlnové délky světla. Pokud horní materiál je tvaru kulové úseče, tedy čočky jsou tyto obrazce pravidelně kruhové a známe jako Newtonovy kroužky.

3 Newtonovy kroužky

Tento jev je možno primárně pozorovat na kombinaci čočky a opticky plochého předmětu s vzduchovou mezerou krom místa dotyku, jak je možno vidět na obrázku č.1.

Jev vzniká interferencí mezi paprsky odraženými od čočky a paprsky odraženými až od podkladu. Kdy rozdíl uražených vzdáleností způsobuje fázový posun. V důsledku toho dochází v některých místech k konstruktivní/destruktivní interferenci. Pokud čočka je pravidelně kulatá výsledný obrazec je tvořen soustřednými kruhy s postupnými přechody mezi plným světlem a tmou.

To zda dojde ke konstruktivní či destruktivní interferenci je dáno rozdílem drah. Je-li tento rozdíl právě o $n\lambda$, kdy n vyjadřuje libovolné celé číslo tak potom fázový posun roven π a dochází k destruktivní interferenci. A opačně $n\lambda + \frac{1}{2}$ dochází ke konstruktivní interferenci. Na základě tohoto jevu je možno například odvodit tloušťku vzduchové mezery. Toho se využívá u některých interferometrů.

Kroužky mohou být popsány vzorcem odvozeným právě z rozdílu drah pomocí svých poloměrů.

$$r_n = \sqrt{\left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \cdot R} \quad (1)$$

$$r_n = \sqrt{n \cdot \lambda \cdot R} \quad (2)$$

Vzorec č. 1 díky $\left(n + \frac{1}{2}\right)$ vrací poloměr n -tého světlého kroužku zatímco druhý n -tého tmavého. V obou případech počítáno od $n = 0$.

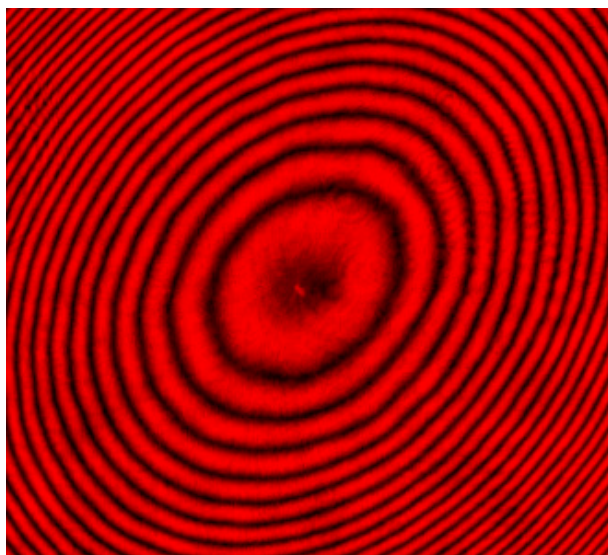


Figure 2: Newtonovy kroužky vzniklé 650nm laserem[?]

4 Původ pojmenování

Pojmenování jevu je odvoze samozřejmě od Isaac Newton, který ten jev v 17. století využíval k porovnání kvality čoček, jejichž pomocí sestavoval teleskop. Následně tento jev popsal v publikaci kterou vydal roku 1717.

Ovšem nebyl první, kdo se tímto jeve zabýval, první jej popsal Robert Hook v roce 1664 v knize *Micrographia*. Ale až Isaac tento jev podrobněji zpracoval.

5 Aplikace

V rámci semestrální práce byla i naprogramována aplikace pro vizualizaci tohoto jevu, opravdu se jedná o pouhou vizualizaci nikoliv simulaci. Pro simulaci by musel být využit algoritmus *Raycasting* nebo jemu podobný.

Aplikace je naprogramována v C++ za pomoci NanoGui[3], což jest nástavbová knihovna nad OpenGL pro grafické rozhraní. Dále v jako výchozí kostra GitHub repositáře byl použit projet NanoGui-test[4]. Aplikace umožňuje pracovat až se třemi zdroji záření a nastavit rozměry čočky (poloměr čočky a poloměr zakřivení). Nastavitelné aspekty čočky byly zvoleny dle zadání v řešených příkladech v přednáškách. Výpočet probíhá per pixel. Pro každý pixel se spočítá vzdálenost od středu čočky(3), následně úhel od osy čočky(4).

$$s = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{s \cdot d}{r - h}\right) \quad (4)$$

$$g = r * (1 - \cos(\alpha)) \quad (5)$$

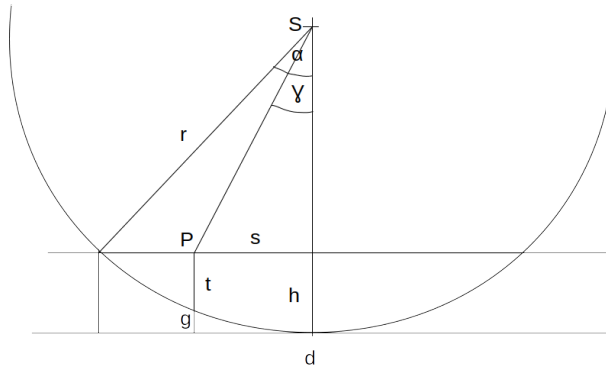


Figure 3: Náčrtek čočky

Dále by se měla získat tloušťka na základě vzorce 5, ale tento vzorec z nějakého důvodu rozkmitával (rozostřoval) výsledek. Pravděpodobně zvětšoval zaokrouhlovací chybu "*floatů*", tzn přidával náhodný šum. Proto byl místo něj využit vzorec 6, který dává vizuálně mnohem kvalitnější výsledky, ale není matematicky odvozen. Nakonec je výsledná barva pixelu spočítaná dle vzorce č. 7 a 8

$$g = h \cdot (1 - \cos(\gamma \cdot \frac{\pi}{\alpha})) \quad (6)$$

$$intesity = \frac{2 \cdot g}{\lambda \cdot 0.5} \quad (7)$$

$$color = LightColor \cdot intesity \quad (8)$$

Jak je vidět na obrázcích 4 až 6 v Aplikaci je možno vizualizovat jev vzniklý pomocí až třech koherentních monochromatických zdrojů na čočce s definovaným poloměrem zakřivením. Přesnost výpočtu je přímo ovlivněna velikostí okna, neboť samotný výpočet probíhá ve *fragment shaderu*, tedy per pixel.

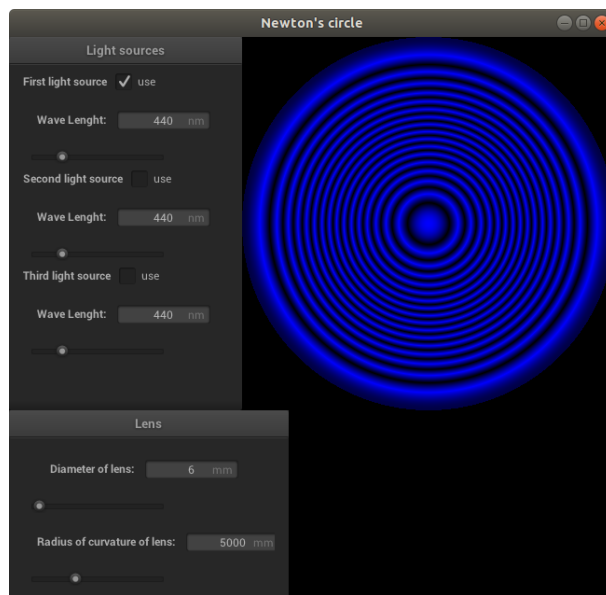


Figure 4: Screenshot vizualizace aplikace při vlnové délce 440 nm

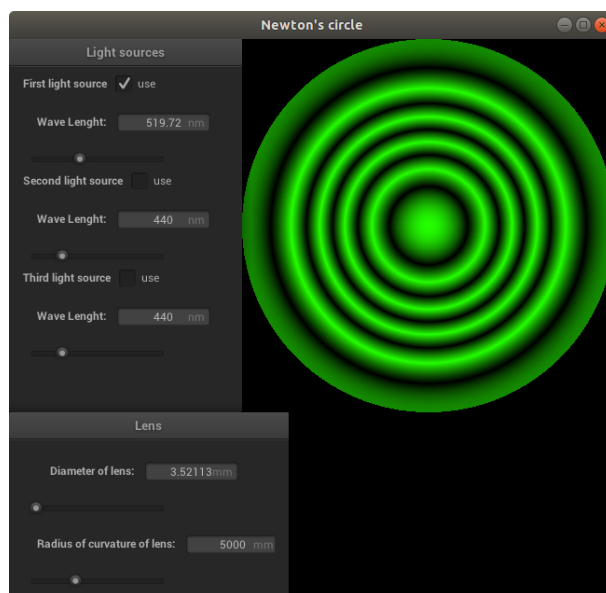


Figure 5: Screenshot vizualizace aplikace při vlnové délce 519.72 nm

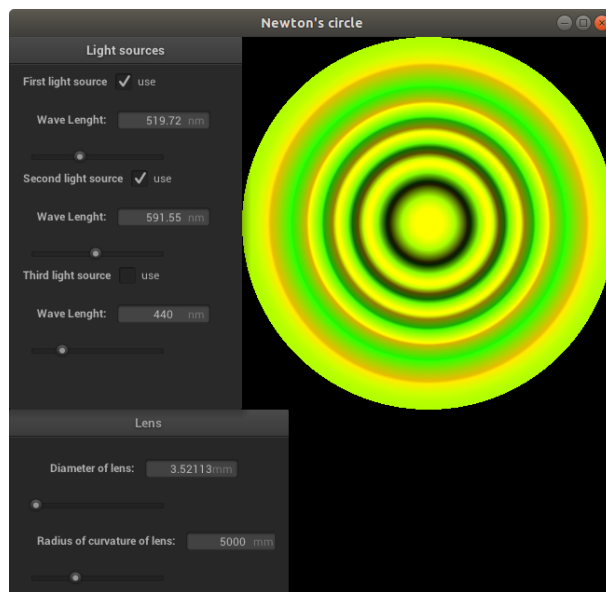


Figure 6: Screenshot vizualizace aplikace při vlnové délce 519.72 nm a 591.55nm

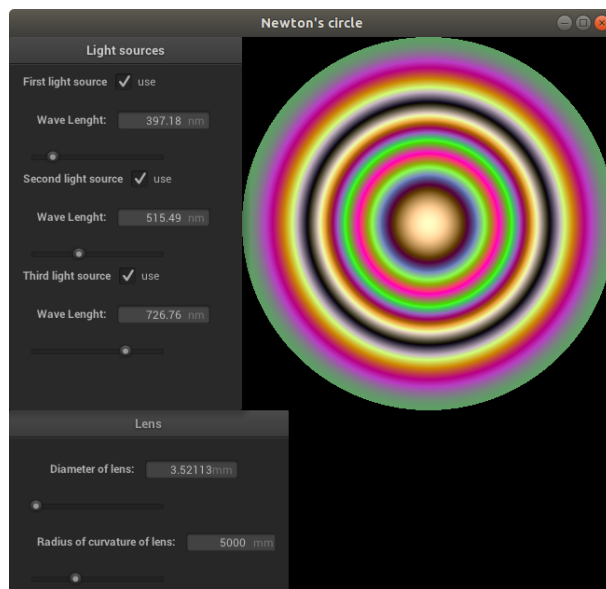


Figure 7: Screenshot vizualizace aplikace při vlnové délce 397.18 nm, 515.49 nm a 726.76nm

6 Zdroje

References

- [1] Wikipedie: *Newton's Rings*. (leden 2018).
https://en.wikipedia.org/wiki/Newton's_rings
- [2] Wali Khan: *Newton's Rings*. (červen 2011).
<http://physical-optics.blogspot.cz/2011/06/newtons-rings.html>
- [3] Wenzel Jakob: *NanoGui*. (6.3 2019).
<https://github.com/wjakob/nanogui>
- [4] Wali Khan: *Newton's Rings*. (červen 2011).
<http://physical-optics.blogspot.cz/2011/06/newtons-rings.html>