Měření indexu lomu kapaliny pomocí CD disku

Online: <http://www.sclpx.eu/lab4R.php?exp=1>

Tento experiment vychází svým principem z klasického experimentu měření vlnové délky světla pomocí CD disku, který je uveden v [46]. Naším cílem nebylo tento experiment zopakovat ani použít k měření indexu lomu běžnou metodu měření úhlů.

Navrhli jsme proto zcela nový experiment, který využívá zaprvé ohybu laserového světla na optické mřížce, kterou je v tomto případě CD disk, a za druhé je zde aplikován princip změny vlnové délky světla v látkovém prostředí za předpokladu konstantní frekvence.

Změříme-li tedy nejprve vzdálenost nultého a prvního maxima na vzduchu a poté stejným způsobem provedeme totéž, akorát s tím rozdílem, že CD disk je ponořen v kapalině, získáme jiný ohybový obrazec a tedy i jinou vzdálenost nultého a prvního maxima. Jelikož z těchto naměřených délek určujeme vlnovou délku světla, můžeme z poměru vlnových délek vypočítat index lomu kapaliny. Podrobněji je tento jev vysvětlen v úvodu tohoto experimentu.

K realizaci postačuje jedno laserové ukazovátko, např. obvyklý červený laser.   
My jsme však z důvodu objektivity experimentu použili červený laser o vlnové délce nm, zelený laser o vlnové délce nm a modrý laser o vlnové délce nm.

Experiment je svým provedením velice jednoduchý a přitom dává poměrně dobré experimentální výsledky.

**Úvod**

Jak plyne z teorie [46], mezi vlnovou délkou světla , které prochází optickou mřížkou, a vzdáleností nultého a prvního maxima *y*, platí následující vztah (4.2.1):

kde *b* je tzv. *perioda mřížky* (mřížková konstanta) udávající vzdálenost dvou sousedních štěrbin mřížky, *l* je vzdálenost mřížky od stínítka, na kterém pozorujeme ohybový obrazec, a *y* je vzdálenost nultého a prvního maxima.

Převrácená hodnota periody mřížky, tj. , udává počet štěrbin (vrypů) na 1 mm délky optické mřížky. CD disk je pak optickou mřížkou, jejíž hustota je 625 vrypů na mm. Mřížková konstanta CD disku je tedy m, [46].

Prochází-li světlo o určité vlnové délce z prostředí, ve kterém se šíří rychlostí , do prostředí, ve kterém se šíří rychlostí , změní se jeho vlnová délka na hodnotu , protože při průchodu elektromagnetického vlnění různými prostředími se nemění jeho frekvence, tudíž platí , viz [20].

Platí-li současně, že index lomu je dán poměrem rychlosti světla ve vakuu *c* a rychlosti světla v daném látkovém prostředí *v*, tedy , a vlnová délka světla je dána vztahem , pak pro index lomu můžeme zformulovat jednoduchý vztah (4.2.2):

kde je vlnová délka světla ve vakuu (a přibližně i ve vzduchu) a je vlnová délka světla v daném optickém prostředí (např. ve vodě).

Určíme-li tedy z ohybových obrazců vzdálenost nultého a prvního maxima, nejprve ve vzduchu a potom v kapalině, můžeme ze vztahu (4.2.1) vypočítat odpovídající vlnové délky světla v obou prostředích a následně ze vztahu (4.2.2) určit index lomu kapaliny.

Nejistotu v měření indexu lomu vypočítáme z následujícího vztahu (4.2.3):

Nejistotu v určení vlnové délky podle vztahu (4.2.1) určíme ze vztahu (4.2.4):

**Pomůcky:** červený laser, zelený laser, modrý laser, CD disk, skleněná kádinka, plastové měřítko, kancelářská sponka, stativový materiál

**Postup práce**

Uspořádání experimentu z horního pohledu je na obrázku 4.2.1 s detailním pohledem v pravé části obrázku na plastové měřítko (zde z grafických důvodu otočené o 90°). Pomocí stativového materiálu upevníme CD disk tak, aby byl z větší části uvnitř kádinky. Na zadní stěnu kádinky připevníme pomocí kancelářské sponky plastové měřítko. Laser upevníme v horizontální poloze tak, aby jeho paprsek procházel CD diskem a současně aby se ohybový obrazec objevil na plastovém měřítku.



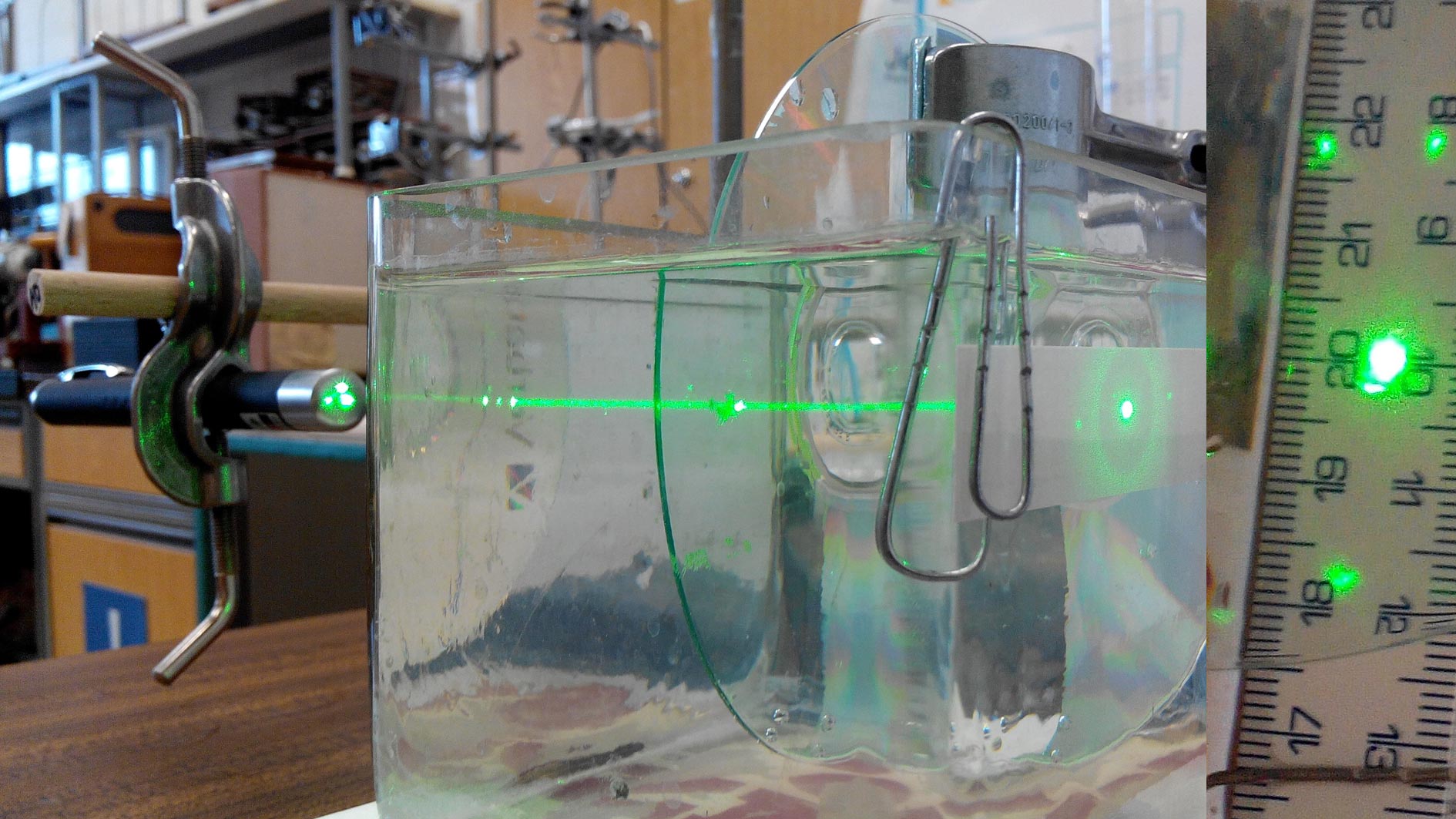
Obrázek 4.2.1 Uspořádání experimentu – Měření indexu lomu kapaliny pomocí CD disku – boční pohled

Na plastovém měřítku zjistíme hodnotu vzdálenosti *y* nultého (nejvýraznější světelný bod ve směru původního laserového paprsku) a prvního maxima (méně výrazný světelný bod nalevo i napravo od nultého maxima).

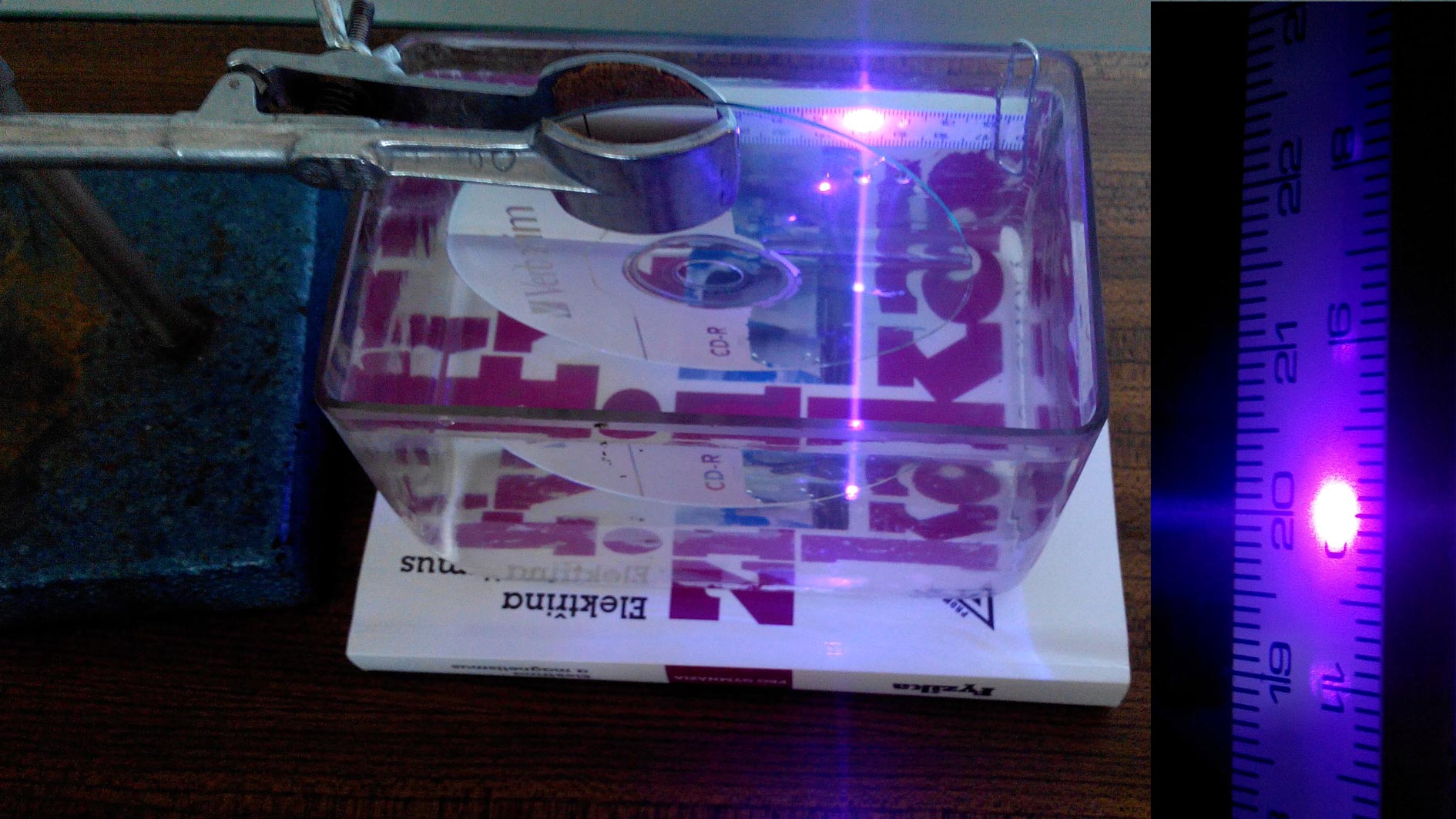
Dále změříme vzdálenost *l* CD disku od stínítka (plastového měřítka) a společně s naměřenou hodnotou *y* dosadíme do vztahu (4.2.1), ze kterého vypočítáme vlnovou délku světla.

Experiment opakujeme stejným způsobem s tím rozdílem, že do kádinky nalijeme tolik vody (případně jiné kapaliny), aby byl laserový paprsek zcela pod hladinou.

Na obrázku 4.2.2 vidíme stejnou situaci ze zadního pohledu a na obrázku 4.2.3 je použit modrý laser.



Obrázek 4.2.2 Uspořádání experimentu – Měření indexu lomu kapaliny pomocí CD disku – zadní pohled



Obrázek 4.2.3 Uspořádání experimentu – Měření indexu lomu kapaliny pomocí CD disku – modrý laser

Námi naměřené hodnoty pro vodu jsou uvedeny v tabulce 4.2 a graf hodnot indexů lomu vody *n* je na obrázku 4.2.4.

**Tabulka 4.2** Měření indexu lomu vody pomocí CD disku

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Laser | () | () | () | () |  |
| Red | 2,3 | 728 | 1,6 | 536 | 1,36 |
| Red | 2,2 | 703 | 1,7 | 565 | 1,24 |
| Red | 2,3 | 728 | 1,6 | 536 | 1,36 |
| Red | 2,2 | 703 | 1,6 | 536 | 1,31 |
| Red | 2,3 | 728 | 1,7 | 565 | 1,29 |
| Green | 1,7 | 565 | 1,3 | 444 | 1,27 |
| Green | 1,7 | 565 | 1,3 | 444 | 1,27 |
| Green | 1,8 | 594 | 1,3 | 444 | 1,34 |
| Green | 1,7 | 565 | 1,3 | 444 | 1,27 |
| Green | 1,8 | 594 | 1,3 | 444 | 1,34 |
| Blue | 1,3 | 444 | 1,0 | 347 | 1,28 |
| Blue | 1,4 | 475 | 1,0 | 347 | 1,37 |
| Blue | 1,3 | 444 | 1,0 | 347 | 1,28 |
| Blue | 1,4 | 475 | 1,0 | 347 | 1,37 |
| Blue | 1,3 | 444 | 1,0 | 347 | 1,28 |

Obrázek 4.2.4 Graf hodnot indexu lomu vody – Měření indexu lomu kapaliny pomocí CD disku

**Závěr**

Průměrná hodnota indexu lomu vody vypočítaná na základě údajů uvedených v tabulce 4.2 má velikost a je ve velmi dobré shodě s tabulkovou hodnotou *n* = 1,33. Relativní nejistota měření je . Odchylka od tabulkové hodnoty je cca 2 %.

**Otázky na závěr**

1. Jaká je hodnota indexu lomu vody, kterou můžeme určit z grafu na obrázku 4.2.4?

2. Jak se liší průměrné hodnoty vlnových délek laserů od hodnot uvedených na obalu laserů?