

## Dva drobné optické experimenty

### Laserové bludiště

K myšlence sestavit hru "laserové bludiště" mě přivedl seminář Optika krok za krokem a hlavně Janička Kyšková, která se do jeho výroby pustila rok přede mnou.

Laserové bludiště je desková hra. Jejím cílem je pomocí rozmístování zrcadel na předem zadaná místa docílit toho, aby laserový paprsek prošel bludištěm a zastavil se na cílové překážce. Jednotlivé komponenty tohoto bludiště tedy tvoří:

- figurky se zrcadly
- držák na laser
- cílová překážka
- hrací plán

Pro výrobu figurek jsem se rozhodla použít dřevěnou lištu, kterou jsem pilkou rozřezala na čtverečky 5x5 cm. Jeden čtvereček vždy tvořil podstavu figurky, na druhý jsem nalepila zrcadlovou folii a upevnila ho kolmo na podstavec ve směru úhlopříčky. Pro lepení čtverečků k sobě stačilo obyčejné lepidlo Herkules.

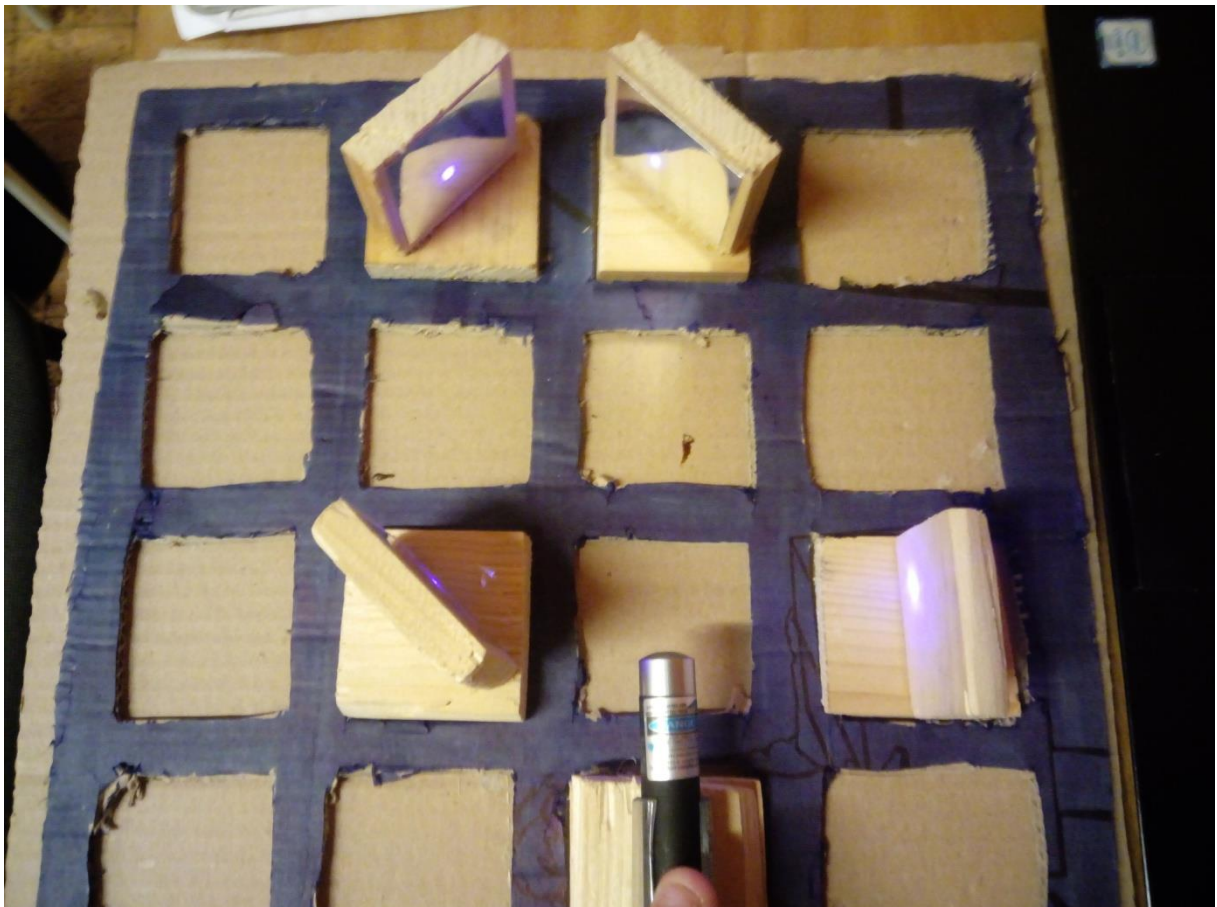
Držák na laser byl zhotoven tak, že jsem nalepila dva čtverečky na sebe a na ně potom vteřinovým lepidlem připevnila plastovou hadičku. Tuto jsem na vrchu rozřízla, aby bylo možné do ní vložit mé laserové ukazovátka a pak ho také bezpečně vyjmout a použít pro další experimenty.

Cílová překážka byla zhotovena ze dvou čtverečků, podobně jako figurky se zrcadly, ale tentokrát jsem neaplikovala zrcadlovou folii a vrchní čtvereček nalepila nikoli v úhlopříčném směru, ale kolmo.

Původně jsem zamýšlela, že bych hrací plán vyrobila z nějakého trvanlivějšího materiálu, jako například dřevo, nebo plast. Bohužel jsem takový materiál na Hrašticí neobjevila a sama jsem opomněla si ho dovézt, tak nakonec volba padla na karton. Vzhledem k počtu figurek jsem se rozhodla pro velikost plánu 4x4. Z jednoho kusu kartonu jsem tedy zhotovila příslušnou mřížku, druhý kus jsem použila jako podklad, kam jsem mřížku nalepila. Mřížku jsem pak nabarvila na modro.

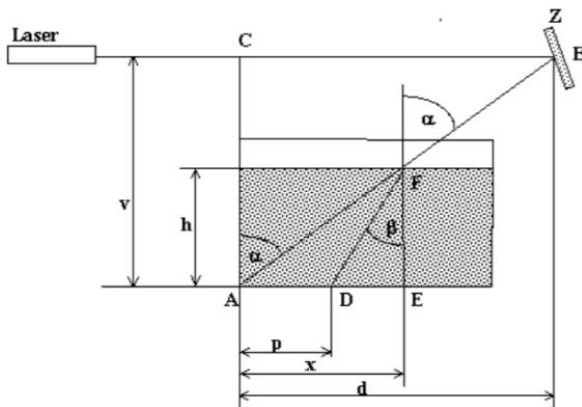
Při výrobě jsem se potýkala s několika komplikacemi. Největší z nich byla ta, že vzhledem k tomu, že zrcadla nebyla ideálně rovnoběžná, paprsek byl různě vychylován a "utíkal" z bludiště pryč. To jsem se snažila vylepšit tím, že jsem postupovala velmi pečlivě, figurek vyrobila více, a snažila se vše umístit co nejrovnoběžněji.

Hrací plán zatím považuji pouze za provizorní, v budoucnu se možná pokusím zhotovit nový z nějakého trvanlivějšího materiálu.



## Měřák indexu lomu kapalin

K zhotovení tohoto měřáku mě přiměl nekonečný zdroj inspirace - tedy fyzikální praktika. Zaujala mě jednoduchá metoda, jak lze změřit index lomu neznámé kapaliny a rozhodla jsem se si měřák pracující na tomto principu vyrobit.



Obr. 1 Uspořádání pro měření indexu lomu z posunu bodu dopadu paprsku na dně květy

Zdroj: [1]

Zařízení funguje tak, že laserem svítíme na dno nádoby a na dně vidíme stopu světelného paprsku. Po nalití proměřované kapaliny do této nádoby do výšky  $h$  dojde k posunu této stopy o vzdálenost  $p$ . Situaci zachycuje obrázek 1.

Z naměřených údajů  $p$ ,  $x$  a  $h$  pak jde vyjádřit index lomu kapaliny jako:

$$n = \frac{x\sqrt{h^2 + (x-p)^2}}{(x-p)\sqrt{h^2 + x^2}}$$

Tento vzorec není náročné odvodit, stačí použít pythagorovu větu na trojúhelníky AEF a DEF z obrázku 1, čímž dopočítáme jeho strany. Poté jsme schopni vyjádřit sinus úhlu dopadu a úhlu odrazu. Pak využijeme Snellova zákona a vyjádříme index lomu.

Výroba tohoto experimentu začala už den před odjezdem na Hraštica, kdy jsem se v pozdních večerních hodinách vydala do obchodu za účelem výběru co nejvhodnější nádoby, ve které budu měření provádět. Volba padla na plastovou vaničku, toho času obsahující 900 mililitrů čokoládové zmrzliny. Tuto krabičku bylo nutné během noci nejprve zcela vyprázdnit (s tímto náročným úkolem mi ochotně pomohl kolega Tomáš Tayari) a následně pečlivě umýt a připravit k transportu.

Výroba začala tím, že jsem na krabičku pomocí TESA pásky upevnila držák na laser a zrcátko (obojí totožné jako v laserovém bludišti) a snažila se tyto prvky co nejvíce stabilizovat, aby nedocházelo k jejich pohybu a aby laserová stopa na dně nádoby byla stále na stejném místě. Tím jsem pevně nastavila parametr  $x$  na 3,5 cm. Rozhodla jsem se, že měření budu provádět pro výšku hladiny  $h = 5$  cm, což byla celá výška nádoby.

Následně jsem se věnovala konstrukci stupnice na dno nádoby. Mým cílem bylo, aby stupnice byla rovnou v jednotkách indexu lomu. Provedla jsem tedy přepočty podle vztahu uvedeného výše a narazila jsem na problém. Index lomu 1,5 (který jsem chtěla nastavit jako maximum stupnice), odpovídal posunu pouhých 1,58 cm. Stupnice tedy byla velice malá a hodnoty šly špatně odečítat. První kapalinou, kterou jsem proměřila byla voda z hraštické studně. Index lomu vyšel 1,3, což jsem vzhledem k nepřesnosti měření považovala za ucházející výsledek. Motivována tímto dílčím úspěchem jsem se vydala hledat kapaliny, jejichž index lomu by bylo možné změřit. Nejprve jsem vyzkoušela technický líh. Tabulková hodnota indexu lomu lihu je 1,36. To se ukázalo jako problém, protože posunutí světelné stopy bylo naprosto totožné jako u vody. Tyto dvě kapaliny náš systém nebyl schopen rozlišit.

Dumajíc nad tím, jaká kapalina by mohla mít index lomu odlišný od vody, spočinul můj zrak na lahvičce tekutého mýdla. Proměřování této kapaliny se ale nakonec neukázalo jako nejlepší nápad. Po vlití mýdla do nádoby se veškeré části aparatury podpírané TESA páskou zhroutily, neboť mýdlo zbavilo pásku schopnosti lepit. Po tomto fenomenálním úspěchu bylo nutné celé zařízení rozebrat, umýt a vysušit a zkonstruovat znovu. Naštěstí se to povedlo a měřák v současné době funguje.

Přetrvávajícím problémem je ale to, že přestože jsem se snažila všechny prvky pečlivě fixovat, tak stále dochází k pohybu světelné stopy. Měření je tedy nutno provádět tak, že nejprve stopu nastavíme na začátek stupnice a pak opatrně naléváme kapalinu a snažíme se s laserem a zrcátkem nehýbat. Po nalití kapaliny do výšky 5 cm provedeme měření.

Největším úskalím je ale to, že stupnice je příliš malá a hodnoty měříme pouze s malou přesností. Veškeré hodnoty jsou tedy spíše orientační.





### Zdroje informací

[1] Studijní text k úloze Měření indexu lomu kapalin a skel *Základní fyzikální praktikum* [online].  
<http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp>, 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z:  
[http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/\\_media/zadani/texty/txt\\_324.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_324.pdf)