



## **Středoškolská technika 2013**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **STAVBA OPTICKÉHO SPEKTROSKOPU**

**Lucie Valentová**

Gymnázium Boskovice  
Palackého náměstí 1, Boskovice

# STAVBA OPTICKÉHO SPEKTROSKOPU

## SPEKTROSKOPIE

Světlo, podle některých elektromagnetické záření o vlnové délce v rozmezí 385 – 790 nm, podle jiných záře za koly ohnivého vozu boha Apollona, pro někoho symbol naděje a radosti, díky spektroskopii také indicie pro jednoznačnou identifikaci svého původce.

Optická spektroskopie se zabývá vznikem a vlastnostmi spekter, umožňuje nám bezkontaktně a nedestruktivně získávat informace o dané látce (složení, teplota). Posvítíme-li totiž světlem známé intenzity na vzorek látky, která alespoň částečně propouští světlo, a následně změříme intenzitu světla skrz vzorek prošlého, zjistíme, že intenzita světla za vzorkem je jiná než intenzita světla na vzorek dopadajícího. Tato změna je způsobena interakcí světla s látkou. Za změnu intenzity obecně odpovídají: absorpce (energie záření je předávána látce), emise (energie látky je vyzařována ve formě elektromagnetického vlnění), rozptyl (změna směru šíření záření v látce), odraz na rozhraních látka-okolní prostředí. Díky spektroskopii jsme schopni přesně identifikovat a určit zastoupení neznámé látky, protože spektrum každé látky je složeno ze souboru charakteristických spektrálních čar a intenzita spektrálních čar je úměrná množství sledovaného prvku ve sloučenině.

Přístroj, který dokáže rozkládat viditelné světlo na jednotlivé složky a umožňuje jejich pozorování, se nazývá spektroskop, zaznamenání zkoumaného spektra umožňuje spektrograf jeho proměření pak spektrometr.

Obvykle se spektroskop skládá ze štěrbinu, mřížky nebo hranolu a detektoru. Úkolem systému je vést paprsek záření od zdroje, přes štěrbinu k disperznímu prvku, a poté zaměřit záření na detektor.

Cílem mé práce bylo vytvořit spektroskop z běžně dostupných materiálů a prostředků, který by se svou účinností alespoň přiblížil drahým laboratorním přístrojům.

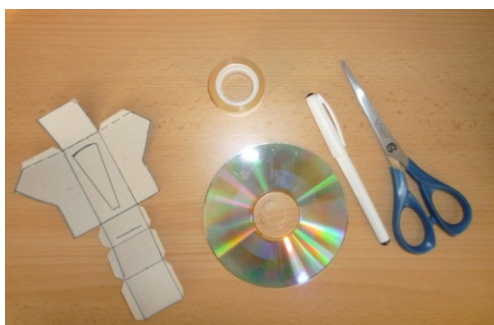
## SPEKTROSKOP

Duha. A zatímco déšť smáčí červené střechy domů, po chodníku se proměňují dešťovky a záhony s trávíčky lačně pijí dopadající kapky vody, slunce vylézající zpoza oblak vykouzlí na nebi divokou parabolou čarovných barev.

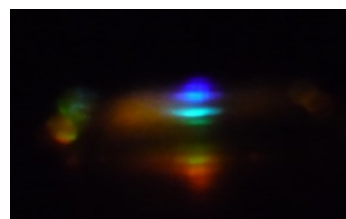
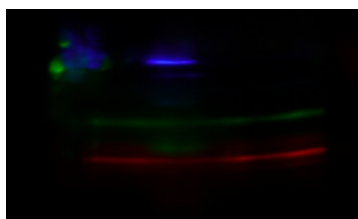
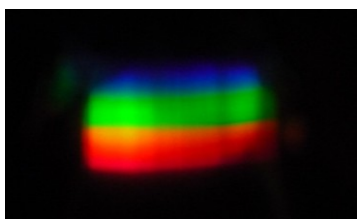
Řečeno fyzikálně, paprsky světla dopadající na rozhraní vzduch – kapka vody se lámou ke kolmici a po výstupu z tohoto optického prostředí s indexem lomu  $n=1,3$  do vzduchu se lámou od kolmice, přičemž dochází k disperzi světla a to tak, že se vlnění různé frekvence láme pod různými úhly, původně bílé světlo se nám tedy rozkládá na barevné složky a zároveň platí, že s vyšší frekvencí vln klesá velikost úhlu lomu  $\beta$ .

Kapka vody v tomto případě plní úkol disperzního prvku a naše oko je detektorem spektra.

Máte-li 15 minut, odvahu, trochu šikovnosti a po ruce izolepu tvrdý papír disk CD, nůžky a obyčejnou tužku nebo jinou psací potřebu, můžete si vyrobit jednoduchý spektroskop (podrobněji návod na stránkách Hvězdárny a planetária města Brna)



Na snímcích jsou zachycena spektra pořízená tímto jednoduchým papírovým spektroskopem: spektrum halogenové žárovky (vlevo), úsporné zářivky (uprostřed) a pouliční lampy (vpravo).



## STAVBA SPEKTROSKOPU

Nejdůležitější části spektroskopu už známe. Stačí je tedy sehnat, sestavit dohromady a je to. Nebo ne? Ono to asi bude trochu složitější...

### 1. štěrbina

Štěrbina musí splňovat několik vlastností. Musí být dostatečně úzká, aby jí procházel co nejtenčí světelný svazek, a samozřejmě dokonale rovná, aby se omezil vliv difrakce. Já jsem se spokojila se dvěma břity žiletky obrácenými hroty proti sobě. Šířku takto vyrobené štěrby jsem poté experimentálně stanovila na 0,62 mm.

### 2. disperzní prvek

Zde dochází k samotnému rozkladu záření na spektrum.

Isaac Newton nechal v roce 1666 procházet světlo hranolem a zjistil, že se bílé světlo hranolem rozloží na barevné spektrum.

Klasická spektroskopie využívala ve svých počátcích k rozkladu světla jako disperzní prvek především hranoly. Po objevu rozkladu světla mřížkou a zvládnutí technologie rytí mřížek, se začaly užívat spektrometry mřížkové, jejichž hlavní předností je rovnoměrná disperze.

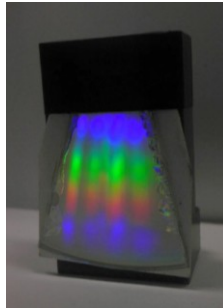
Jako disperzní prvek jsem zvolila disk CD, neboť je běžně dostupný a má dobře definovanou mřížkovou konstantu (= velikost rozteče mezi rýhami),  $m = (1,60 \pm 0,04) \text{ mm}$ .

### 3. detektor

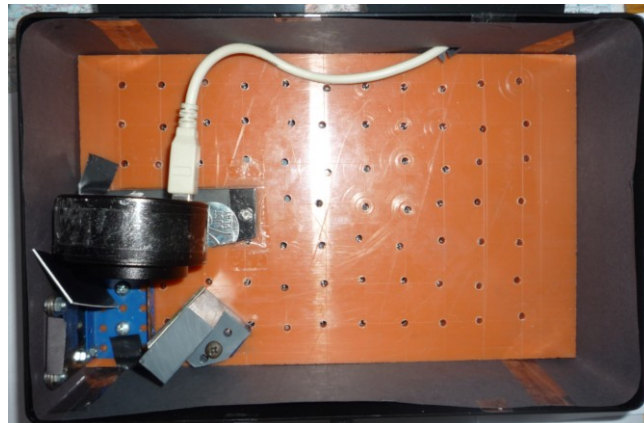
Pokud chceme, aby náš spektroskop fungoval i jako spektrometr, a chceme s naměřenými spektry dále pracovat v digitální podobě, je nutné do přístroje přidat prvek, který převede světlo na elektrický signál. K tomu se skvěle hodí například CMOS a CCD detektory fungující na principu zachycení elektronů a převodu informace o jejich množství do dvojkové soustavy.

CCD a CMOS čipy jsou součástí astronomických dalekohledů, fotoaparátů, webkamer a astrokamer. Pokud si vybíráme detektor do spektroskopu, k nalezení vhodného dospějeme sledováním těchto parametrů: rozlišení a velikost čipu, čím větší je plocha čipu, na kterou spektrum promítáme, tím je práce se spektroskopem jednodušší. Na rozlišení zase závisí kvalita naměřených spekter. V mém spektrometru najdete kameru QHY5V-M s CMOS čipem.

Fotografie jednotlivých částí spektroskopu: štěrbinu (vlevo), mřížka (střed), kamera CMOS jako detektor (vpravo).



Tělem spektroskopu je černá plastová úložná krabička EVRA. Světlo vstupuje do krabičky přes štěrbinu, dopadá na disk CD, rozkládá se a světelný svazek nakonec dopadá na čip kamery. Signál z čipu je kabelem přenášen k dalšímu digitálnímu zpracování.



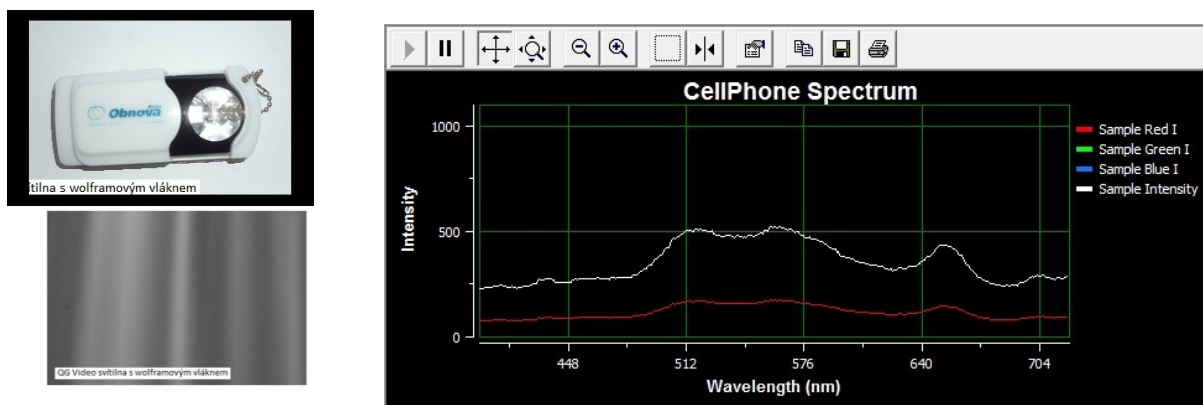
Hotový spektroskop (pohled dovnitř)

## VLASTNÍ MĚŘENÍ A VYUŽITÍ SPEKTROSKOPU

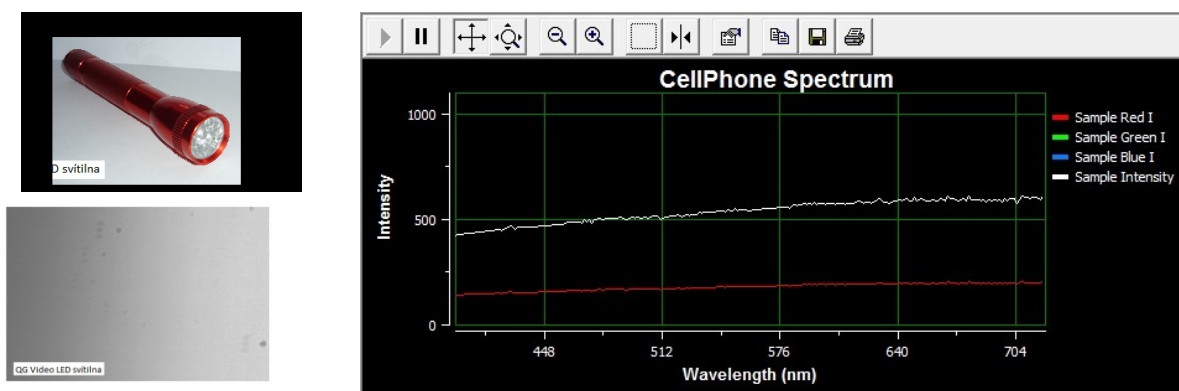
Spektroskop jsme sestavili, řádně otestovali a konečně můžeme začít měřit a analyzovat získaná data. Existuje velké množství programů vhodných k jejich zpracování. Naše kamera QHY5 má už od výrobce nainstalovaný program QG Video umožňující pořizování a ukládání záznamů spekter v obrazové formě (BMP, AVI, FIT). Tyto pak můžeme dále zkoumat a porovnávat v programech jako je Spectrum analyser, Cell Phone, Visual Spec,... Velké množství těchto programů a aplikací je dostupné ve formě volně stažitelných programů.

V rámci měření se spektroskopem jsem zaznamenala spektra kapesní svítilny s wolframovým vláknem a svítilny s LED diodou.

Kapesní svítilna s wolframovým vláknem (vlevo nahoře), její spektrum zaznamenané programem QG Video (vlevo dole) a převedení spektra do programu Cell Phone Spectrometer a jeho zpracování (vpravo). Z grafu svítilny s wolframovým vláknem je například také pěkně vidět, že spektrum svítilny s wolframovým vláknem je díky tepelnému záření, které vlákno vydává, spojitě.



Svítilna s LED diodou (vlevo nahoře), její spektrum zaznamenané programem QG Video (vlevo dole) a spektrum v programu Cell Phone Spectrometer (vpravo).



Spektroskop tedy funguje, můžeme měřit, analyzovat, srovnávat spektra od neznámých zdrojů světla se vzory a na základě podobností se pokusit identifikovat jejich složení. Pro zajímavost byly díky spektroskopii v minulosti objeveny například prvky Rb, Cs a He. Spektroskopie je také skvělá metoda pro zkoumání složení velmi vzdálených objektů, jako jsou hvězdy a planety.