

# Balmerova série vodíku

Jan Divila; Gymnázium Zlín – Lesní čtvrť; mastermigg@seznam.cz

Dominik Duchek; SPŠ Stavební Plzeň; duchek.dominik@post.cz

Václav Špička; Gymnázium Varnsdorf; abcvasa007@gmail.com

Filip Vrto; Gymnázium Jakuba Škody Přerov; vrtof@seznam.cz

## Abstrakt

Vodík je nesmírně důležitým a nejčastěji se vyskytujícím prvkem ve vesmíru (např. ve hvězdách či mlhovinách). Jedná se o prvek s nejjednodušší atomární stavbou obsahující pouze jeden proton s jedním elektronem. Díky tomu se vodík stal častým předmětem pozorování. Naše skupina používala vodík jako medium ve výbojce pro účely spektrometrie.

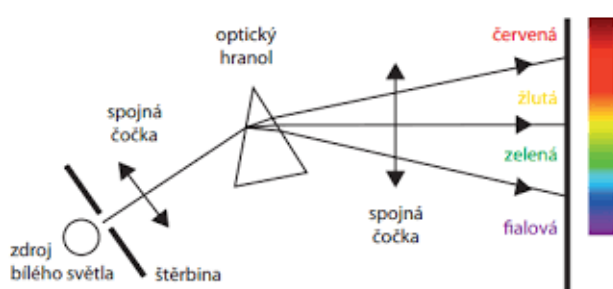
## Úvod

Tělesa mohou zářit buď díky nárůstu teploty, nebo díky emisi fotonů. Elektrony se mohou nalézat pouze v určitých, diskretních energetických hladinách a obvykle se nacházejí v základním stavu. Pokud atom přijme určité kvantum energie, dojde k excitaci elektronu na vyšší energetickou hladinu. Při změně této hladiny zpět do základního stavu se uvolňuje určité kvantum energie v podobě emisního záření, které je pomocí hranolu nebo optické mřížky rozložitelné na spektrální čáry. Pro každý prvek je typické určité uspořádání čar emisního spektra, jehož analýza se využívá ve spektrometrii. Pro lidské oko je viditelné elektromagnetické záření o vlnové délce 380-750 nm. U vodíku se jedná o čtveřici emisních spektrálních čar (červená, azurová, modro-fialová, fialová), jimž říkáme Balmerova série.

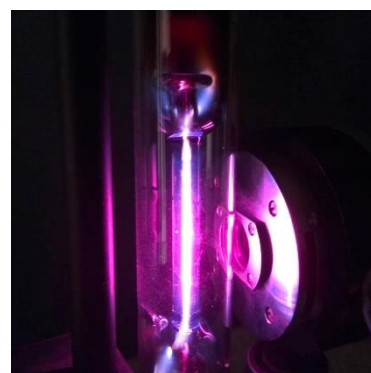
Během tohoto miniprojektu bylo našim cílem teoreticky se seznámit se světlem a jeho částicovou/vlnovou podstavou, problematikou spektrometrie a jednoduchým kvantovým modelem (např. princip stojaté a de Broglieovy vlny či princip diskretních energetických hladin). Také jsme se chtěli zabývat experimentálním měřením vlnových délek spektrálních čar vodíku a následným porovnáním naměřených výsledků s vypočtenými a tabulkovými hodnotami.

## Metodika

K měření jsme využívali goniometr, plynové výbojky, optický hranol a difrakční mřížku.



[1] Goniometr – spektroskop, schéma



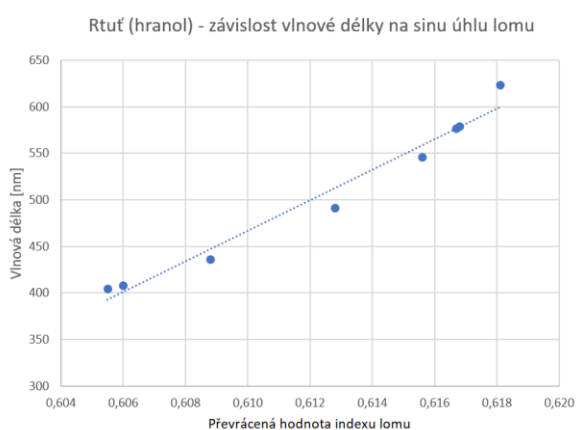
[2] Vodíková výbojka

Spektroskop je optické zařízení sloužící k rozkladu záření na jednotlivé složky spektra a umožňuje jejich pozorování. Skládá se z kolimátoru, který usměrňuje rozbíhavé paprsky, aby dopadly na optický hranol nebo na difrakční mřížku. Tyto optické prvky rozloží světlo, které dále putuje dalekohledem až k oku pozorovatele.

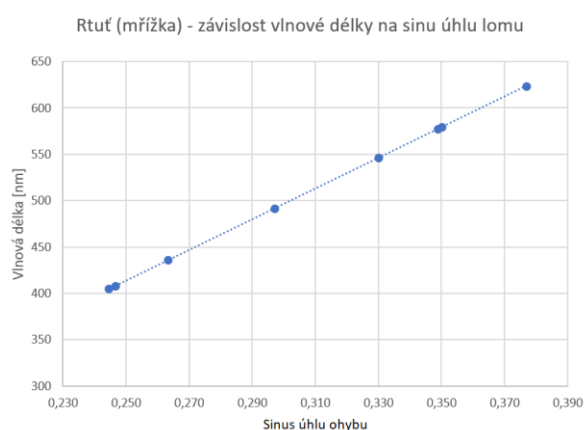
Výbojka je uzavřená trubice naplněná plynem obsahující sadu elektrod, díky jejímž výbojům dochází k excitaci atomů plynu. Ty následně uvolňují energii ve formě záření, které je charakteristické pro daný plyn.

### Experimentální měření

Při experimentech jsme využívali optický hranol, ale také difrakční mřížku a porovnávali výsledky jimi získané. Před spektrální analýzou vodíku bylo nejdříve nutné zjistit úhly lomu ve spektru rtuti, abychom kalibrací získali lineární závislost vlnové délky a úhlu lomu. Závislost pevně určených vlnových délek spektrálních čar u rtuti a sinu úhlu lomu jsme pomocí metody nejmenších čtverců proložili přímkou. Z toho následně bylo možno pozorováním spektrálních čar vodíku určit sinus úhlu lomu, který posloužil ke konečnému určení vlnových délek čar v Balmerově sérii.



Graf 1 – rtuť (hranol)



Graf 2 – rtuť (mřížka)

### Výsledky a závěr

Barva	Vlnová délka (tabulková) [nm]	Vlnová délka (vypočítaná) [nm]	Měření na hranolu			Měření na mřížce		
			Výsledek [nm]	Rozdíl proti tabulkám		Výsledek [nm]	Rozdíl proti tabulkám	
				Absolutní [nm]	Relativní		Absolutní [nm]	Relativní
červená	656,3	656	615	41,4	0,060	656,1562	0,1438	0,0002
azurová	486,1	486	508	22,1	0,045	485,9469	0,1531	0,0003
modrofialová	434,0	434	444	10,1	0,020	434,6801	0,6801	0,0016
fialová	410,2	410	-	-	-	412,2630	2,0630	0,0050

Změřené úhly vodíkových spektrálních čar jsme využili pomocí empirických vzorců pro rozklad světla mřížkou a hranolem. Tyto hodnoty jsme dosazovali do zkalibrovaných závislostí. Algebraickými úpravami vzorců pro odstředivou sílu, Coulombovu sílu, de Broglieho vlnovou délku, podmínky stojaté vlny na kruhu a celkové energie elektronu v elektrostatickém poli jsme dokázali odvodit

$$\text{Bohrův vzorec } E = -\frac{m e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2}.$$

Porovnáním s tabulkovými hodnotami jsme zjistili, že náš výpočet vlnových délek byl poměrně přesný. Při praktickém provedení experimentu bylo měření s optickým hranolem méně přesné než měření s difrakční mřížkou, u hranolu jsme nezaznamenali fialovou spektrální čáru.

### **Poděkování**

Především bychom chtěli poděkovat Ing. Michalu Špačkovi za úžasné vedení našeho miniprojektu a pomoc s experimenty, v neposlední řadě také celé FJFI ČVUT za pravidelné konání Týdne vědy.

### **Zdroje**

[1]

[http://www.trebesin.cz/projekty/OPPA/dokumenty/4\\_PRA\\_Emisn%C3%AD\\_spektra\\_r%C5%AFzn%C3%BDch\\_zdroj%C5%AF..pdf](http://www.trebesin.cz/projekty/OPPA/dokumenty/4_PRA_Emisn%C3%AD_spektra_r%C5%AFzn%C3%BDch_zdroj%C5%AF..pdf)

[2] vlastní fotoarchiv