

# Balmerova série vodíku

G. Bošňáková\*, K. Škorvánková\*\*

\*Wichterlovo gymnázium, Čs. exilu 669, Ostrava-Poruba  
gabrielabosnakova@gmail.com

\*\*Gymnázium a SOŠ Rokycany, Mládežníků 1115, Rokycany  
katerina.skorvankova@gmail.com

## Abstrakt:

Každý chemický prvek je charakterizován svým čárovým spektrem. Díky tomu je možné jakýkoliv prvek určit na základě jeho spektra. Spektrum plynu je možno určit pomocí spektrální analýzy světla, které vzniká v daném plynu při elektrickém výboji. Tato práce se zabývá určováním neznámých prvků na základě jejich spektra.

Nejprve jsme určili disperzní závislost optického hranolu a tu jsme pak použili pro výpočet vlnových délek čar ve spektru vodíku. Správnost našeho postupu jsme si ověřili porovnáním vypočtených hodnot vlnových délek s tabulkovými. Výsledky byly relativně přesné, protože se od tabulkových hodnot liší maximálně o 2,8 %.

Po vyzkoušení tohoto typu měření lze říci, že daným postupem je možné určit jakýkoliv neznámý prvek.

## 1 Úvod

Při výboji v plynu vzniká světelné záření. Toto záření je pro každý plyn specifické. Skládá se z několika monochromatických světelných paprsků, které dohromady tvoří barvu výboje. Toto záření je důsledkem přechodu elektronů mezi druhou energetickou hladinou a vyššími (excitovanými) hladinami. Elektrony v atomech totiž nemohou mít libovolnou energii, ale mohou se vyskytovat jen v určitých energetických hladinách. Při přechodu elektronu z vyšší hladiny do nižší dochází k uvolnění energie ve formě záření, které v určitých případech může být ve viditelném spektru (tedy vlnová délka záření je  $\lambda \in (380; 750)$  nm). Záření je možné rozložit na spektrum. K tomuto rozložení je možné využít optický hranol (nebo optickou mřížku). Index lomu hranolu je pro každou vlnovou délku světla (barvu) jiný, proto láme každý monochromatický paprsek jinak (pod jiným úhlem). Toho se využívá při měření spektrálních čar například pomocí goniometru.

Každý chemický prvek má své typické uspořádání spektrálních čar (spektrum). Jedním z nejznámějších spekter je Balmerova série vodíku. Cílem práce bylo seznámit se s postupem při určení neznámého chemického prvku (plynu) s pomocí jeho spektra, optického hranolu a goniometru. Pro kalibraci (vytvoření disperzní závislosti hranolu) byla využita rtuťová výbojka. K ověření správnosti postupu určování hodnot vlnových délek spektrálních čar bylo provedeno měření s vodíkovou výbojkou a následné porovnání naměřených vlnových délek Balmerovy série s tabulkovými hodnotami.

## Plynová výbojka

Plynová výbojka je uzavřená trubice naplněná určitým plynem. Součástí trubice je několik

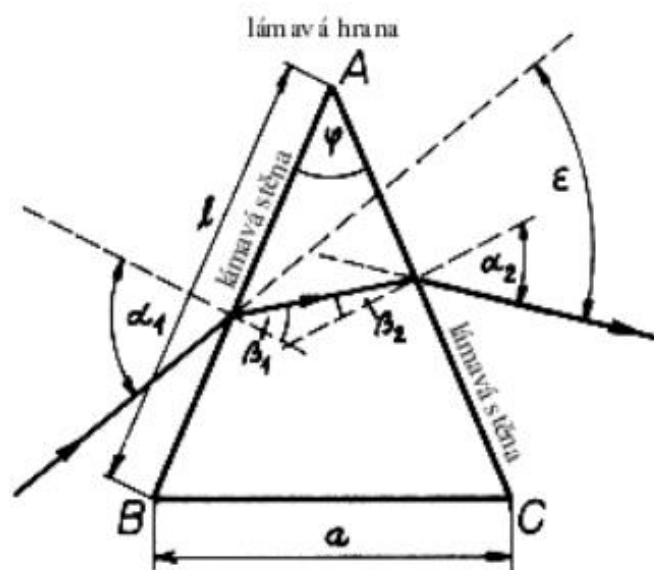
elektrod, které umožňují zavedení elektrického proudu plynové náplně. Díky elektrickému výboji vzniká záření, které je charakteristické pro daný plyn. Záření můžeme rozložit optickým hranolem (nebo mřížkou) a pozorovat ho vhodným zařízením.

## Goniometr

Goniometr je přístroj, sloužící k měření úhlů s velkou přesností. Můžeme ho použít například pro měření čárových spekter plynových výbojek.

## Hranol

Hranol je optický prvek, který můžeme využít spolu s goniometrem k určení vlnových délek spektrálních čar. Potřebujeme však znát jeho disperzní závislost – tj. závislost jeho indexu lomu na vlnové délce dopadajícího světla.



Obr. 1 – Lom světla hranolem [1].

Pro lom světla hranolem platí [1]:

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \varepsilon}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \quad (1)$$

kde  $n$  je relativní index lomu hranolu pro určitou vlnovou délku,  $\varepsilon$  je minimální deviace paprsku a  $\varphi$  je lámavý úhel hranolu ( $60^\circ$ ).

## 2 Experimentální měření

Pro určení spektrálních čar plynů ve viditelném světle jsme použili plynové výbojky, hranol a goniometr.

### Určení disperzní závislosti hranolu

Disperzní závislost hranolu jsme určili pomocí rtuťové výbojky a známých hodnot vlnové délky.

barva	$\alpha_1$ [°]	$\alpha_2$ [°]	$\mathcal{E}$ [°]	$n$	$\lambda$ [nm]
fialová 1	222,8733333	120,2011111	51,336	1,6516	404,7
fialová 2	222,7188889	120,2983333	51,210	1,6503	407,8
modrá	220,9319444	121,0552778	49,938	1,6377	435,8
azurová	220,8472222	122,1541667	49,347	1,6317	491,6
zelená	219,1455556	122,8330556	48,156	1,6196	546,1
žlutá 1	219,8461111	123,1372222	48,354	1,6217	577,0
žlutá 2	219,8291667	123,1608333	48,334	1,6215	579,1
červená	219,4755556	123,5000000	47,988	1,6179	690,7

Tab. 1 – Určení indexu lomu pro jednotlivé vlnové délky rtuťového spektra, kde  $\alpha_1$  je úhel dopadu z vnějšího prostředí,  $\alpha_2$  je úhel, pod kterým paprsek vystupuje,  $\mathcal{E}$  je úhel nejmenší deviace,  $n$  je index lomu hranolu pro danou vlnovou délku vypočtený pomocí (1) a  $\lambda$  jsou tabulkové hodnoty vlnové délky [2].

Z našich naměřených dat nám disperzní závislost hranolu vyšla:

$$n = 2,1065 \cdot \lambda^{-0,041} \quad (2)$$

kde  $n$  je index lomu hranolu pro danou vlnovou délku a  $\lambda$  je vlnová délka.

### Měření Balmerovy série vodíku

barva	$\mathcal{E}$ [rad]	$n$	$\lambda'$ [nm]
fialová	0,8810325	1,6431	428,3
azurová	0,8629708	1,6327	499,7
červená	0,8337753	1,6157	645,4

Tab. 2 – Měření Balmerovy série vodíkové výbojky, kde  $\mathcal{E}$  je úhel nejmenší deviace,  $n$  je index lomu pro danou vlnovou délku a  $\lambda'$  je vlnová délka určená pomocí disperzní závislosti (2).

## 3 Výsledky

Díky dříve určené disperzní závislosti hranolu jsme určili vlnové délky spektrálních čar v Balmerově sérii vodíku. Následující tabulka (Tab. 3) umožňuje porovnání námi určených hodnot s hodnotami tabulkovými.

barva	$\lambda'$ [nm]	$\lambda$ [nm]	$\Delta_{rel}$ [%]
fialová 1	velmi slabé	410,2	-
fialová 2	428,3	434,0	1,31
azurová	499,7	486,1	2,80
červená	645,4	656,3	1,66

Tab. 3 – Porovnání vlnových délek spektrálních čar v Balmerově sérii vodíku, kde  $\lambda'$  je námi určená hodnota,  $\lambda$  je hodnota tabulková [2] a  $\Delta_{rel}$  je relativní rozdíl obou vlnových délek.

Jak je vidět z Tab. 3, námi určené hodnoty vlnových délek spektrálních čar v Balmerově sérii vodíku se jen velmi málo liší od tabulkových hodnot [2]. Největší rozdíl můžeme pozorovat u azurové čáry, kde činí 2,8 %. Tato hodnota je velmi nízká, a proto můžeme konstatovat, že naše měření bylo relativně přesné.

Po vyzkoušení tohoto typu měření lze říci, že daným postupem je možné určit jakýkoliv neznámý prvek.

## 4 Poděkování

Děkujeme Fakultě jaderné a fyzikální inženýrské ČVUT v Praze za vstřícnost propůjčit nám laboratoř a měřicí přístroje. Také děkujeme Ing. Michalu Špačkovi a Ing. Liboru Škodovi za vysvětlení dané problematiky.

## 5 Reference

- [1] FJFI ČVUT: *Balmerova série* [online], [cit. 20. června. 2017],  
[https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/417/mod\\_resource/content/5/Balmer-2016-Feb-27.pdf](https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/417/mod_resource/content/5/Balmer-2016-Feb-27.pdf)
- [2] C. R. NAVE: *Stránky hyperphysics - atomová spektra*, [cit. 20. června. 2017],  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/spectra.html#c1>