

# Balmerova série vodíku

A. Mrkvička – Gymnázium Děčín, Komenského nám. 4

Z. Venerová – Gymnázium Křenová 36, Brno

J. Slížek – Gymnázium Děčín

## Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo seznámení se základy kvantové mechaniky, především spektra vodíku. Dále jsme spočítali vlnové délky spektrálních čar vodíku, díky nimž jsme mohli vypočítat hodnotu Rydbergovy konstanty a ověřit, jestli se shoduje s tabulkovými hodnotami.

## 1 Úvod

Atom vodíku se skládá z jednoho protonu a jednoho elektronu, který má před spojením s protonem nulovou potenciální energii. Po spojení získává zápornou potenciální energii  $E_m$

$$E_m = -\frac{Rhc}{m^2} \quad (1)$$

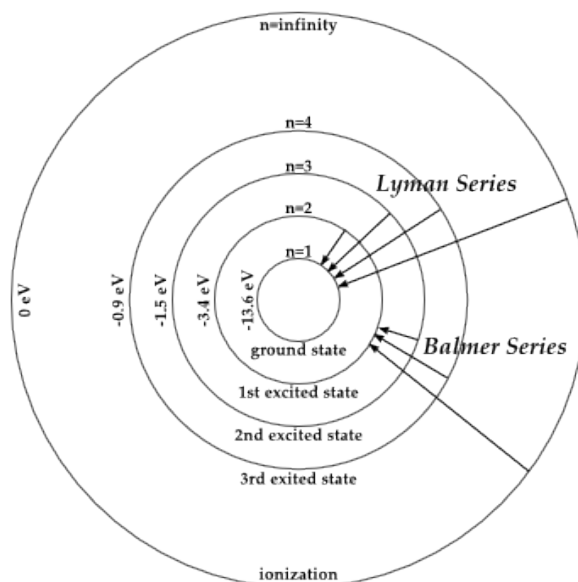
kde  $R$  je Rydbergova konstanta a  $h$  je Planckova konstanta. Řešením Schrödingerovy rovnice dostaneme pro základní stav  $E_1$  hodnotu  $-13.6 \text{ eV}$ , pro  $R$  hodnotu  $10973731.8 \text{ m}^{-1}$ . Pokud dodáme elektronu energii, excituje (přechází na vyšší hladinu  $E_n$ ), ale má tendenci deexcitovat (přecházet na nižší hladinu), přičemž uvolňuje energii

Obr. 1

$$hf = E_n - E_m \quad (2)$$

ve formě fotonu.

Podle toho, na jakou hladinu excitovaný elektron přechází, rozlišujeme spektrální čáry (vzniklé právě deexcitací) na série. Sérii s  $m=2$  nazýváme Balmerovou sérií (byla objevena jako první díky tomu, že obsahuje 4 spektrální čáry nazvané  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  a  $H_\delta$  ve viditelném spektru).

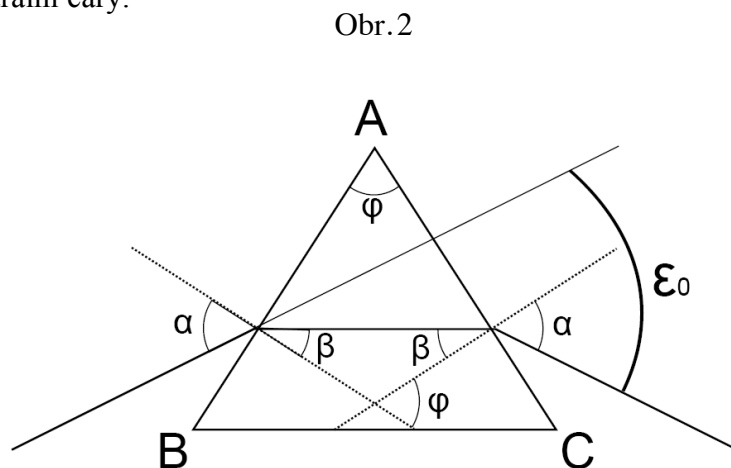


## 2 Měření

Pro úkol byl potřeba přesný goniometr-spektrometr, který jsme pečlivě najustovali, poté jsme nastavili skleněný hranol na jeho stolek. Nejprve jsme museli změřit disperzní úhel hranolu za pomoci úhlů  $d_1$  a  $d_2$ . To jsme udělali tak, že jsme si na stolek (mezi dalekohled a kolimátor) dali hranol, lámavou stěnou vůči kolimátoru. Poté jsme hledali nitkový kříž, kterým jsme překryli kříž v dalekohledu. To jsme opakovali čtyřikrát na každé straně. Z něj jsme vzorcem (3) určili úhel lomu hranolu –  $\varphi$ , s jehož pomocí jsme podle vzorce odvozeném z goniometrických vztahů v trojúhelníku (Obr. 2) počítali relativní index lomu hranolu –  $n$  (4), v závislosti na úhlu disperze spektrální čáry.

$$\varphi = \frac{|d_1 - d_2|}{2} \quad (3)$$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_0 + \varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \quad (4)$$

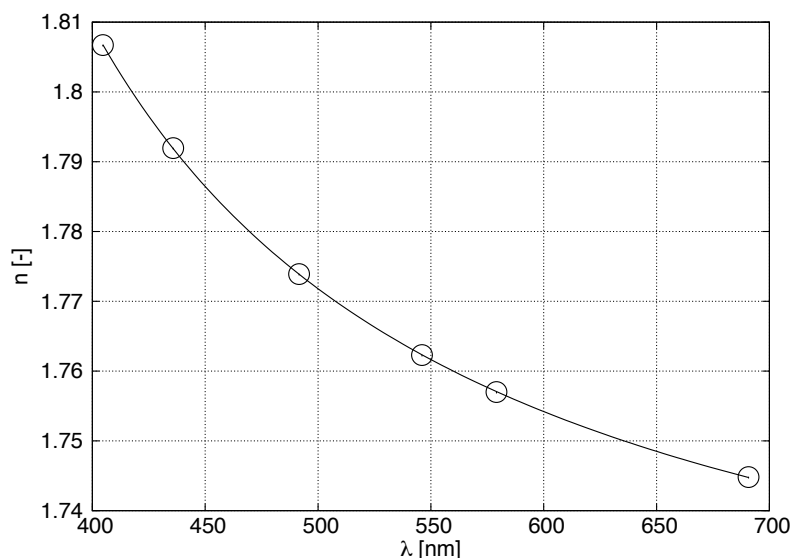


Pro disperzní závislost hranolu se používají různé empirické vzorce. My jsme použili vztah označený jako Hartmann I. :

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda - c} \quad (5)$$

kterým jsme metodou nejmenších čtverců nafitovali v programu gnuplot výsledky měření indexu lomu spektrálních čar rtuti.

Obr. 3



Na obr. 3 můžete vidět graf závislosti indexu lomu na vlnové délce spektrálních čar.

Stejným způsobem jsme postupovali i v případě vodíku (s tím rozdílem, že jsme ze znalostí disperzního vztahu počítali vlnové délky čar  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  a  $H_\delta$ ). Záření dodávala výbojka (navenek svítící růžovou barvou). Mohli jsme pozorovat pouze 3 spektrální čáry, protože čtvrtá leží na hranici viditelnosti. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1

Spektrální čára vodíku	Získané hodnoty	Tabulkové hodnoty
Červená	656,4697	656,2785
Azurová	485,5089	486,1327
Fialová	433,8638	434,0466

**Vlnová délka spektrálních čar [nm]**

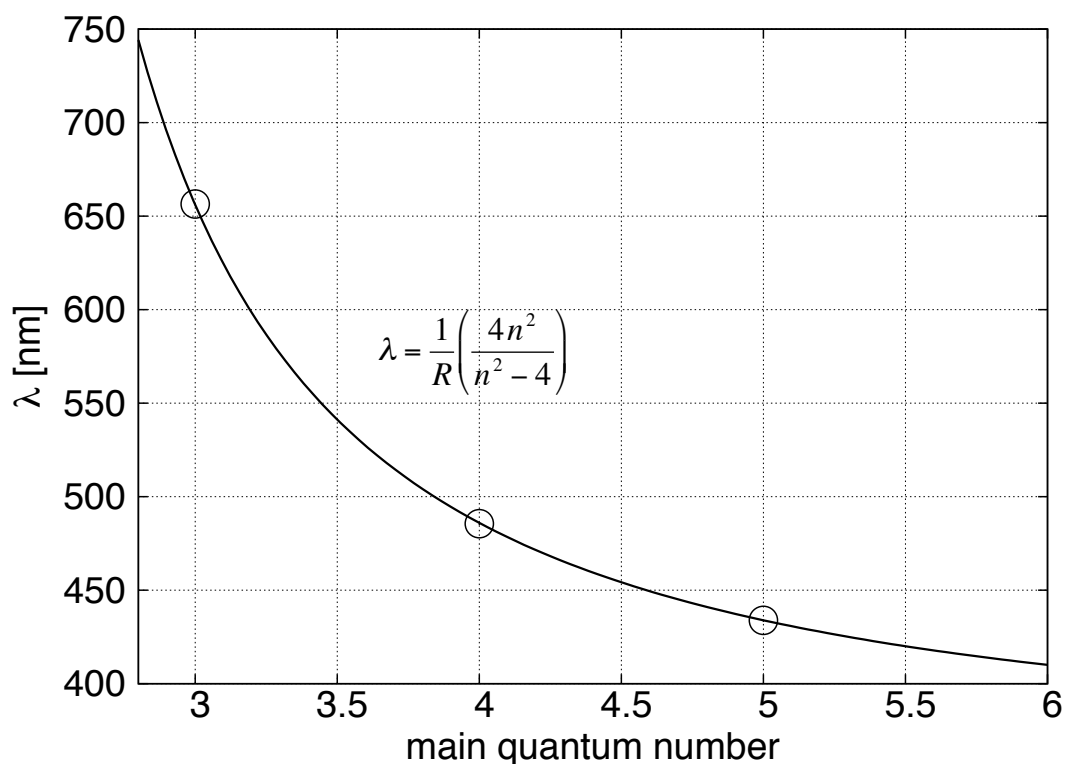
Po spočtení vlnových délek (viz. tabulka) jsme pokračovali ve fitování funkcí

$$\lambda = \frac{1}{R} \left( \frac{4n^2}{n^2 - 4} \right) \quad (6)$$

čímž jsme vypočítali hodnotu Rydbergovy konstanty  $10\,974\,200 \pm 5188 \text{ m}^{-1}$ .

V grafu (Obr. 4) jsme znázornili závislost vlnové délky na hlavním kvantovém čísle hladiny, ze které elektron přechází na druhou hladinu:

Obr. 4



### 3 Shrnutí

Naučili jsme se pracovat se spektrometrem-goniometrem. Nami vypočítaná hodnota Rydbergovy konstanty je konzistentní s tabulkovou hodnotou (odchyluje se od ní o  $469 \text{ m}^{-1}$ ).

### Poděkování

Děkujeme především našemu supervizorovi Davidu Tlustému za časté konzultace a FJFI za pořádání Fyzikálního týdne a poskytnutí materiálu.

### Reference:

- [1] KF: Návod ke goniometru: Přesný goniometr-spektrometr S Go 1.1  
URL: <http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Hardware/Goniometr/goniometr.pdf> - verze z 14.2.2011
- [2] Internetový portál Hyperphysics  
URL: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- [3] KF: Zadání pro Fyzikální praktikum II - Balmerova série;  
URL: <http://praktika.fjfi.cvut.cz/Balmer/Balmer.pdf> - verze z 14.2. 2011
- [4] URL: <http://optics.arizona.edu/palmer/cgi-bin/index/dispeqns.pdf>