

# Balmerova série vodíku

Miloš Necid, Střední škola stavební Jihlava, MilosNecid@seznam.cz

Martina Žaludová, Gymnázium Václava Hraběte Hořovice,

Rachel.MZ@centrum.cz

Dominik Šafránek, Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha,

d.safranek@seznam.cz

## Abstrakt:

Po funkčních nezdarech předchozích modelů atomů spatřil světlo světa Bohrův model atomu,

Podle kterého už elektrony v atomu mohou nacházet v různých energetických hladinách. Kde elektron může přecházet na nižší hladiny, přičemž se uvolní určitá energie ve formě fotonů, ale i naopak. Tato energie je rovna rozdílu energií hladin. A právě Balmerova série vodíku pozoruje vyzářená spektra.

## 1 Úvod

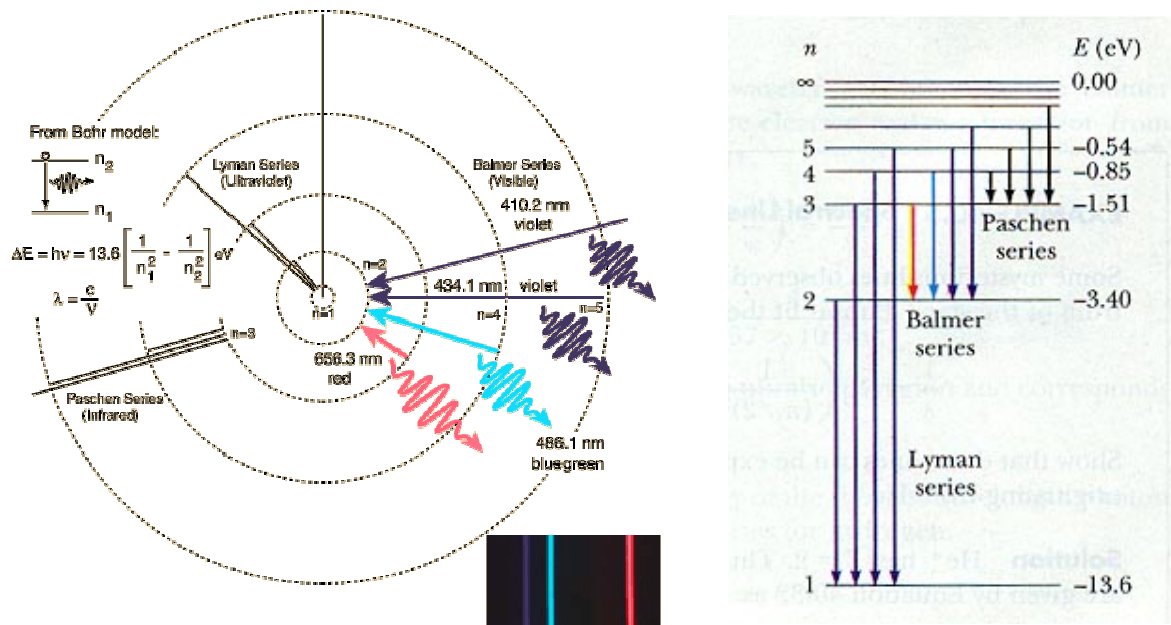
První model byl tzv. pudinkový model, dle kterého si atom můžeme představit jako určitý kladně nabitý prostor ve kterém jsou volně rozmístěny elektrony. Dalším historicky významným modelem byl planetární model, ve kterém elektrony obíhaly kolem jádra jako planety. Ovšem podle klasické elektrodynamiky by se elektron zhroutil do jádra za  $10^{-15}$  s, takže tento model není také správný. Takže pokud atom má být stabilní, tak v něm musí existovat místa, kde elektrony nevyzařují ani nepohlcují energii tj. zůstávají v určitých energetických hladinách. Při přechodu elektronu z energeticky vyšší hladiny do nižší dojde vyzáření fotonu, jehož energie se rovná rozdílu těchto hladin, a při dodání energie taktéž ve formě fotonu dojde k přeskoku elektronu do vyšších hladin. Přičemž energie fotonu musí být stejná nebo vyšší než rozdíl daných hladin. Jedním z důkazů, který potvrzuje existenci energetických hladin jsou výsledky měření spektrálních čar atomu vodíku. Tyto spektrální čáry se dají rozdělit do sérií podle toho, na jakou hladinu jsou realizovány přechody z vyšších hladin. Vlnočty spektrálních čar pro různé série lze vyjádřit empirickým vztahem

$$\nu = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

kde je  $\nu$  vlnočty, což je převrácená hodnota vlnové délky,  $R$  je Rydbergova konstanta, dále je  $m$  hladina na kterou elektron a  $n$  je hladina z které elektron padá. Balmerova série atomu vodíku je série pro  $n=2$ .

Na obrázku můžeme vidět 4 přechody pro Balmerovu sérii, které můžeme vidět okem a měřili jsme je v pokusu a dále tam je Paschenova série kde jsou energie nižší a proto leží

v infračervené oblasti a naopak v Lymanově sérii jsou energie vyšší a proto leží v oblasti ultrafialového záření.



obr 1.1 Bohrov model atomu

## 2 Vlastní experiment

K experimentu jsme použili goniometr, rtuťovou výbojku, optický hranol a vodíkovou výbojku.

Vyjádřili jsme si  $\varphi$  a  $\varepsilon_0$  viz. obrázek (2.1). Poté jsme tyto úhly nepřímou změřili a vypočítali.

Použili jsme Snellův zákon,

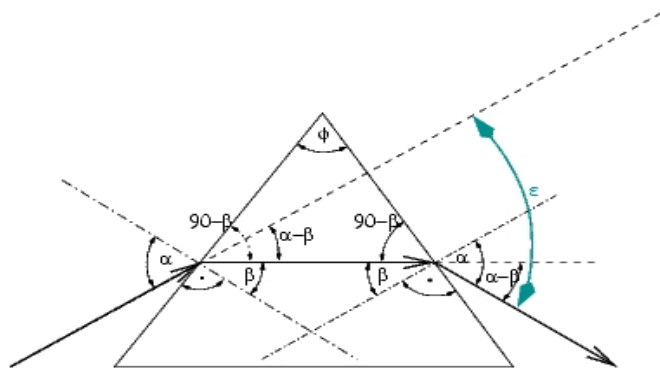
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

kde  $n_1=1$ . Z geometrie, která je vidět na obrázku (2.1) lze určit vztahy mezi úhly  $(\alpha, \beta)$ , které vystupují ve Snellově zákonu lomu a úhly  $(\varepsilon_0, \varphi)$ , které jsme schopni goniometrem změřit. Platí

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= 2(\alpha + \beta) \\ \beta &= \varphi / 2 \end{aligned}$$

z toho plyne

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



obr 2.1 hranol

Ke zjištění indexu lomu jsme použili rtuťovou výbojku. Index lomu závisí na vlnové délce. Ovšem toto je velice těžké exaktně spočítat, přibližné vzorce jsou uvedené v [1]. Ke stanovení konstant ( $n_n$ ,  $\lambda_n$ ,  $C$ ) jsme použili měření spektrálních čar rtuti (výsledky viz tabulka 1), u které známe vlnové délky jednotlivých spektrálních čar a pro interpolaci jsme použili tento vzorec HARTMAN I

$$n(\lambda) = n_n + \frac{C}{\lambda - \lambda_0} \quad (**)$$

Metodou nejmenších čtverců jsme v programu Gnuplot určili konstanty

$$n_n = 1.70335 \pm 0.00085$$

$$C = 19.0767 \pm 0.4603$$

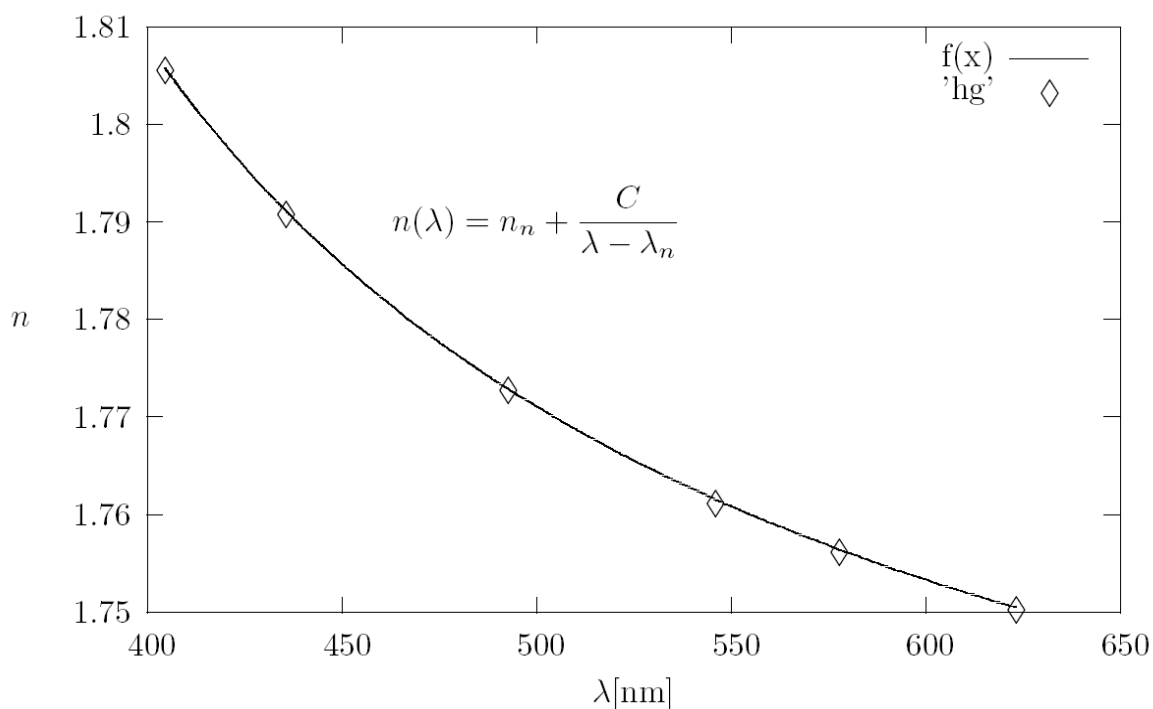
$$\lambda_n = 218.42 \pm 3.062$$

Graf funkce (\*\*) je uveden na obrázku 2.1.

$\lambda$ (nm)	úhel 1	úhel 2	$\varepsilon_0$ (°)	N	barvy
404,656	165:25:50	303:7:38	68,8483	68,8483	fialová
435,833	167:20:52	301:12:38	66,9314	66,9314	modrofialová
492,607	169:36:30	2981:57:5	64,6715	64,6715	Modrá
546,074	171:1:8	297:32:15	63,2597	63,2597	zelená
577,960	171:36:52	296:56:40	62,6650	62,6650	oranžová
623,440	172:19:26	296:14:6	61,9556	61,9556	červená

Tabulka 1: Výsledky měření spektrálních čar rtuťové výbojky

Pozn:  $\varepsilon_0 = (\text{úhel 2} - \text{úhel 1}) / 2$



obr 2.1

## 2.1 Měření prvních tří čar Balmerovy série atomu vodíku

Po změření úhlů spektrálních čar jsme si vypočítali index lomu podle (\*) a dále vlnovou délku pomocí (\*\*), který jsme upravili na tvar

$$\lambda = \frac{c}{n - n_n} + \lambda_n$$

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

barva spektrálních čar	index lomu	vlnová délka
fialová	$n=1,79178953$	$\lambda =434,1233$ nm
modrá	$n=1,77450567$	$\lambda =486,5180$ nm
červená	$n=1,74705355$	$\lambda =654,9223$ nm

Tabulka 2: Hodnoty vlnových délek spektrálních čar vodíkové výbojky

Hodnoty počítané empirickým vzorcem

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

jsou uvedeny v tabulce 3

barva spektrálních čar	vlnová délka
fialová	$\lambda = 434nm$
modrá	$\lambda = 486nm$
červená	$\lambda = 656nm$

Tabulka 3

Porovnání naměřených hodnot vlnové délky s vypočtenými hodnotami vlnové délky

Naměřené hodnoty	Vypočtené hodnoty
$\lambda = 434,1233 \text{ nm}$	$\lambda = 434nm$
$\lambda = 486,5180 \text{ nm}$	$\lambda = 486nm$
$\lambda = 654,9223 \text{ nm}$	$\lambda = 656nm$

Tabulka 4

### 3 Závěr

Výsledky ukazují, že spektroskopická měření jsou velmi přesná. Dále potvrzují existenci energetických hladin v atomech. Tento pokus dále potvrzuje správnost teorie Bohrova modelu atomu pro atom vodíku z počátku 20. stol.

### Poděkování

Především bychom chtěli poděkovat Davidu Tlustému za velkou podporu a trpělivost. Dále děkujeme fakultě jaderně a fyzikálně inženýrské v Praze za umožnění akce, ale také i energetické skupině ČEZ za finanční podporu.

### Reference:

[1] URL: <<http://www.optics.arizona.edu/Palmer/cgi-bin/index/dispeqns.pdf>>

[cit. 2007-06-19]

[2] URL: <<http://fyzika.fjfi.cvut.cz/index.php?said=19&sbid0=96&sbid1=99&task=001>>

[cit. 2007-06-19]