

Balmerova série

F. Grepl¹, M. Benc², J. Stuchlý³
Gymnázium Havlíčkův Brod¹, Gymnázium Mnichovo Hradiště²,
Gymnázium Šumperk³
Grepl.F@seznam.cz

Abstrakt:

Metodou dělených svazků jsme určili lámavý úhel hranolu. Na základě znalosti vlnových délek rtuti jsme určili závislost indexu lomu na vlnové délce. Parametry získané fitem jsme použili pro určení vlnových délek Balmerovy série vodíku a sodíkového dubletu. Tyto vlnové délky jsme použili k určení Rydbergovy konstanty a rozlišovací schopnosti lámavého hranolu.

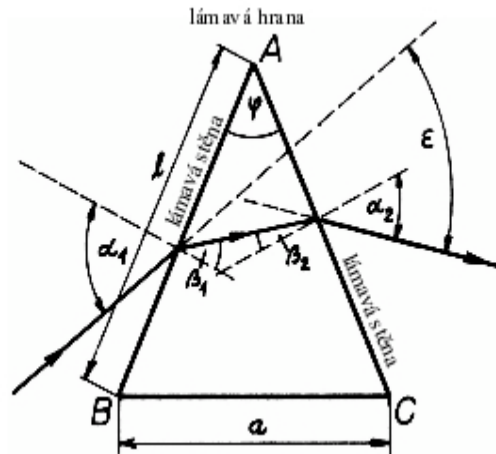
Co jsme vlastně měřili?

Emisní spektrum vzniká vyzařováním fotonů při přechodech elektronu mezi jednotlivými energetickými hladinami. Při sestupech excitovaných elektronů je emitováno záření energeticky odpovídající rozdílu hladin mezi kterými se elektron přesouvá. Můžeme hovořit nejen o emisním, ale i o absorpčním spektru, které je k emisnímu přesně opačné. Vzniká tak, že atom pohlcuje záření o určité frekvenci a jeho energii využívá k excitaci elektronu do vyšších energetických hladin. Každý prvek je svým emisním (popř. absorpčním) spektrem přesně charakterizován. Pokud tedy určíme vlnové délky spektrálních čar, které lze dobře pozorovat při disperzi emitovaného záření na skleněném hranolu, můžeme jednoznačně určit, kterýže prvek toto záření vysílá. V praxi se tímto způsobem provádí chemická analýza nejrůznějších materiálů nebo se zkoumá chemické složení hvězd. Již Johann Balmer roku 1885 objevil, že spektrum vodíku je diskrétní. Ve viditelné oblasti spektra se nacházejí čtyři čáry (viz obrázek 2). A právě při měření „Balmerovy série“ určujeme vlnové délky jednotlivých spektrálních čar H_α , H_β , H_γ , H_δ ve spektru vodíku. Výsledky slouží k výpočtu Rydbergovy konstanty. Náročnost experimentu spočívá v přesnosti měření a v přesném ovládnutí goniometru.

1. Goniometr, měření úhlů, disperze

Měření se provádí pomocí goniometru, tedy přístroje k přesnému měření úhlů. Spektrum emitovaného záření bude rozkládáno na skleněném hranolu. Úhel mezi vstupujícím vystupujícím paprskem se nazývá deviační, označuje se ε (viz obrázek 1). Úhly budeme měřit v při nejmenší deviaci, tedy když $\alpha_1 = \alpha_2$. Mezi minimální deviací ε_0 a indexem lomu hranolu n platí po aplikaci Snellova zákona vztah:

$$(1) \quad n = \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_0 + \varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)} \quad (1)$$



Obr. 1 Schéma lámavého hranolu

kde φ je lámavý úhel hranolu. Index lomu n je závislý na vlnové délce dopadajícího světla a tuto závislost aproximujeme vztahem:

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda - c} \quad (2)$$

kde a, b, c jsou parametry získané z proměřeného spektra rtuti metodou nejmenších čtverců.

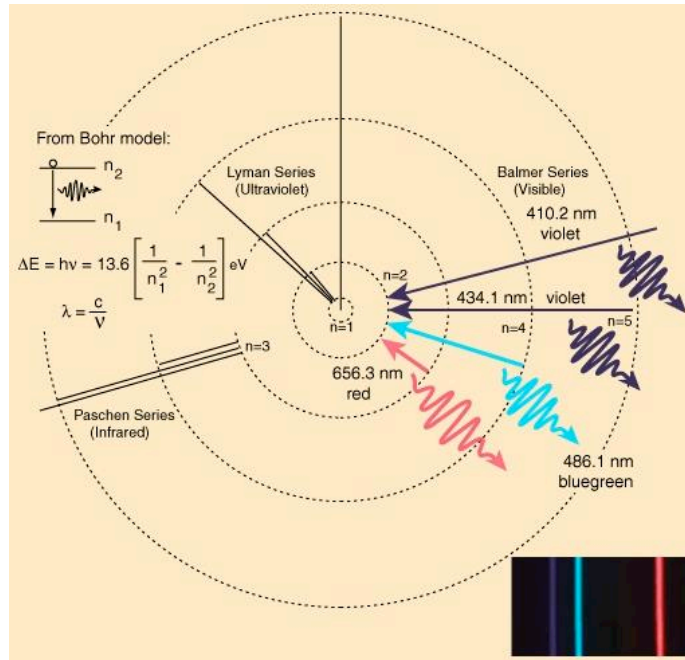
2. Rydbergova konstanta, spektrum vodíku

Z disperzní závislosti pak můžeme určit vlnové délky neznámé spektrální čáry vodíkového spektra. Lámavý úhel hranolu určíme metodou dělení svazků. Ze známých hodnot vlnových délek spektrálních čar vodíku můžeme určit Rydbergovu konstantu fitováním za pomoci vztahu:

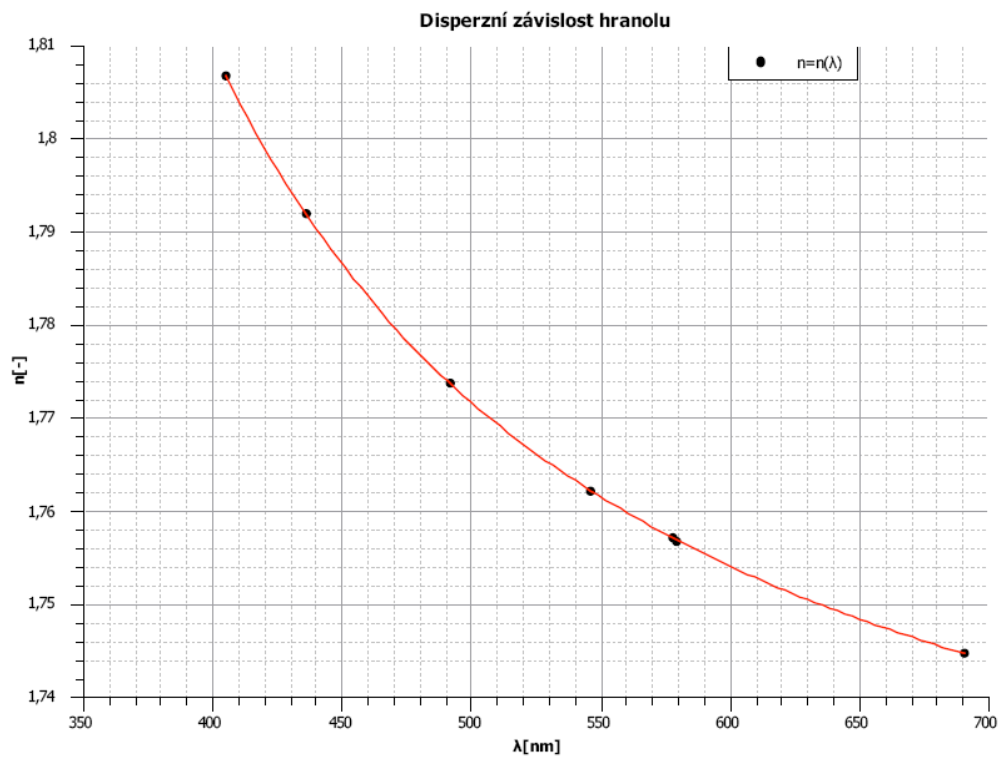
$$\nu = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{N^2} \right) \quad (3)$$

kde R je Rydbergova konstanta, N číslo odpovídající energetické hladiny, λ vlnová délka a ν vlnocet.

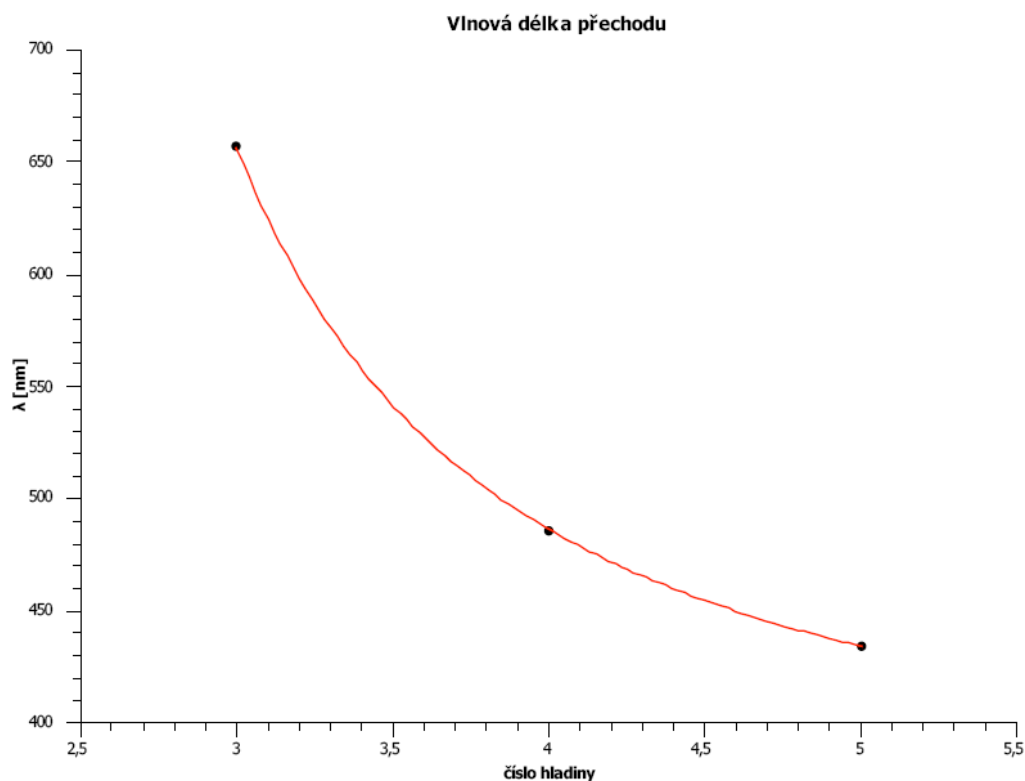
Posledním úkolem bylo určit rozlišovací schopnost hranolu na základě proměření sodíkového dubletu. Podařilo se nám určit charakteristickou disperzi, díky níž jsme byli schopni spočítat minimální délku hrany hranolu, který by byl ještě schopen rozlišit sodíkový dublet.



Obr. 2: Energetické hladiny a Balmerova série



Obr. 3: Disperzní závislost hranolu určená na základě proměření spektra Hg



Obr. 4: Graf pro určení Rydbergovy konstanty, ze vzorce (3)

3. Výsledky a shrnutí

Lámavý úhel hranolu jsme určili jako $59^{\circ}51'58''$. Závislost indexu lomu na vlnové délce vystihuje graf na Obr.2. Parametry byly fitováním určeny následovně:

a	$1,705760 \pm 0,000438$
b	$18,151880 \pm 0,242113$
c	$224,972451 \pm 1,678713$

Tab. 1: Parametry získané ze spektra Hg metodou nejmenších čtverců

Po proměření spektra rtuti jsme obdrželi velice přesné parametry, díky kterým jsme určili vlnové délky čar Balmerovy série velice přesně. Nicméně spektrální čáru odpovídající vlnové délce 410,174 nm se nám přes veškeré úsilí nepodařilo nalézt. Nami vypočtené hodnoty vlnových délek čar vodíku byly přesné:

	λ[nm]	λ _{tab} [nm]
Balmerova série	657,162	656,27
	486,129	486,13
	433,859	434,05

Tab. 2: Vlnové délky prvních tří čar Balmerovy série

Na základě těchto hodnot se nám podařilo určit hodnotu Rydbergovy konstanty jako

$$R = (1096,36957 \pm 0,61134) \cdot 10^4 \text{ m}^{-1}$$

Tato hodnota se blíží hodnotě tabelované ($1096,77582 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1}$). Díky čemuž můžeme označit naše měření za poměrně přesné. Přesnost zkontrolujeme teoretickým výpočtem Rydbergovy konstanty ze známých fyzikálních konstant dle vztahu:

$$R = \frac{e^4 m_e}{8h^3 \varepsilon_0^2 c} \quad (4)$$

kde e je elementární náboj elektronu, m_e hmotnost elektronu, h Planckova konstanta, ε_0 relativní permitivita vakua a c rychlost světla ve vakuu.

Minimální délku hrany hranolu, který je schopen rozlišit sodíkový dublet jsme určili jako

$$a = 4,296732 \text{ mm}$$

Poděkování

Bez obětavých lidí, kteří pořádají Týden vědy bychom vůbec nemohli toto prosté měření zrealizovat. Náš dík patří jim a především garantovi našeho projektu Ing. Davidovi Tlustému.

Reference:

- [1] ŠTOLL I., *Fyzika mikrosvěta*, Prometheus 2002, 65-79
- [2] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY, *Úlohy fyzikálních praktik: BALMEROVA SÉRIE* [2010-06-15] URL: <http://praktika.fjfi.cvut.cz/Balmer/Balmer.pdf>
- [3] KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY, *Úlohy fyzikálních praktik: Návod ke goniometru S Go 1.1* [2010-06-15]
URL: <http://fyzport.fjfi.cvut.cz/Hardware/Goniometr/goniometr.pdf>
- [4] GREPLOVÁ E. – SLABÝ J. *Fyzikální praktikum 4. Úloha: Balmerova série*, 2010