

University of South Bohemia

Faculty of Science



Praktika IV

Určení Rydbergovi konstanty

Datum: 11.12.2023
Jmeno: Martin Skok
Obor: Fyzika
Hodnoceni:

1 Úkoly

- Okalibrujte spektograf pomocí sodíkové lampy
- Změřte vlnové délky čar Balmerovy série vodíku/deuteria
- Vypočtete Rydbergovu konstantu a z ní vypočtete Planckovu konstantu

2 Seznam pomůcek

Spektrometr, držák s optickou mřížkou/hranolem, sodíková lampa, zdroj sodíkové lampy, vodíková spektrální trubice, lampička na přisvícení.

3 Teorie

Rydbergova konstanta je fyzikální konstanta pojmenovaná po švédském fyzikovi Johannesu Rydbergovi. Představuje nejvyšší možný vlnčet (převrácená hodnota vlnové délky) elektromagnetického záření, které může vyžárat nejjednodušší atom – atom vodíku – v limitě nekonečné hmotnosti jádra.

V tomto měření chceme najít Rydbergovu konstantu z Balmerovi série.

Balmerova série je série spektrálních čar (Balmerovy čáry) ve spektru atomů vodíku, které vznikají při přechodu elektronů mezi druhou energetickou hladinou a vyššími hladinami. Při přechodu elektronu mezi druhou a třetí energetickou hladinou se utváří při astronomických pozorování velmi důležitá červená čára H_α (s vlnovou délkou 656,3 nm), při přechodu mezi druhou a čtvrtou hladinou vzniká čára H_β atd...

$$\frac{1}{\lambda_n} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \left[\frac{1}{m} \right]; \quad (n \in \mathbb{N}) \wedge (n > 2) \quad (1)$$

λ je vlnová délka a R_H je Rydbergova konstanta pro vodík.

Klasickou korekci Rydbergovi konstanty na konečné jádro provedeme pomocí vzorce

$$R_\infty = R_H \frac{m_p + m_e}{m_p} \quad (2)$$

$m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} [kg]$ je hmotnost protonu a $m_e = 9.1093 \cdot 10^{-31} [kg]$ je hmotnost elektronu.

Polohy maxim jsou dány vzorcem

$$d \sin \theta = m \lambda \quad (3)$$

d je mřížková konstanta, m je řád difrakce, λ je vlnová délka a θ je úhel difrakce.

Úhel pro difrakci se zjistí ze vztahu

$$\theta = \frac{\theta_L - \theta_P}{2} \quad (4)$$

θ_L je úhel naměřený vlevo od nulové polohy a θ_R úhel naměřený vpravo od nulové polohy.

4 Postup měření

4.1 Kalibrace spektrometru a měření maxim u sodíku

Když jsem přišel, vše bylo zapojeno, zkontroloval jsem tedy zapojení. Zapl jsem sodíkovou lampu a přesunu tak, aby svítila na štěrbinu. Nastavil jsem spektrometr tak, aby byl v jedné přímce s trubicí. Potom jsem nastavil velikost štěrbinu a zaostřil jsem dalekohled. Nastavil jsem dalekohled, aby první čára ze spektra byla přesně na kříži. Zaznamenal jsem si tuto hodnotu. Posouval jsem dalekohled doleva, dokud jsem neobjevil další čáru a zapsal jsem si její hodnotu vycentrovanou na kříži. To jsem udělal ještě pro jednu a vrátil jsem dalekohled do nulové polohy. Opakoval jsem následující i pro pravou stranu.

4.2 Pozorování Balmerovy série

Vyměnil jsem sodíkovou lampu za vodíkovou. Nastavil jsem rameno do nulové polohy a dělal jsem přesně to samý jako u sodíkové lampy. Dokázal jsem změřit difrakci k 4. řádu.

5 Data

5.1 Sodium

Tabulka 1:

doleva[°]	doprava[°]	difrakce	difrakční uhel θ [°]	mřížková konst. d [μm]
292.417	333.716	1	20.65	1.672
292.0	333.616	1	20.808	1.66
268.166	358.7	2	45.267	1.66
268.25	358.833	2	45.292	1.659
268.55	358.833	2	45.142	1.664

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

$$\bar{d} = 1.663 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_d = 5.3342 \cdot 10^{-9}$$

5.2 Vodík

Pro určení vlnových délek a jejich přechodů jsem používal tuto tabulku:

Tabulka 2:

n_2	$\lambda[nm]$	color
3	656	red
4	486	teal
5	434	blue
6	410	indigo
7	397	violet

Tabulka 3:

doleva [°]	doprava [°]	difrakce	$\theta[^\circ]$	$\lambda[nm]$	barva	$R_H[Mm^{-1}]$
295.666	327.666	1	16.0	458.341	modrozelená	11.636
290.0	330.0	1	20.0	568.725	červená	12.66
277.166	336.0	2	29.417	408.362	indigo	11.02

$$\overline{R_H} = 11771897.758$$

$$\sigma_d = 828515.442$$

5.2.1 Korekce Rydbergovi konstanty

Korekci Rydbergovi konstanty jsem spočítal pomocí vzorce **2**:

$$R_\infty = 11778308.5497$$

$$\sigma_R = 828966.639$$

5.2.2 Planckova konstanta

R_∞ může být vypočítaná pomocí planckovy konstanty ze vztahu

$$R_\infty = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$$

Upraven vzorec a vyjádřena planckova konstanta, vypočítáno

$$h = \left(\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 R_\infty c} \right)^{1/3} = 6.471622 \cdot 10^{-34}$$

$$\sigma_h = 0.1567 \cdot 10^{-34}$$

6 Diskuse

Měření Rydbergovi konstanty bylo v celku nepřesné, jelikož čáry byly špatně vidět i při nasvícení lampičky. Z tohoto důvodu jsem pak omylem překočil jednu čáru na začátku při první difrakci. Při druhé difrakci byly čáry taky špatně vidět a tak jsem naměřil jenom jednu ze tří čar. Z důvodu málo naměřených dat jsem tedy nemohl určit výsledky tak přesně. Nicméně i tak se výsledky alepoň trochu blíží k tabulkovým hodnotám.

7 Výsledky

7.1 Mřížková konstanta

$$d = 1.663 \pm 0.005[m \cdot 10^{-6}]$$

7.2 Rydbergova konstanta

Naměřená hodnota:

$$R_\infty = 11.778 \pm 0.829[m \cdot 10^6]$$

Tabulková hodnota:

$$R_\infty = 10.973[m \cdot 10^6]$$

7.3 Planckova konstanta

Naměřená hodnota:

$$h = 6.471 \pm 0.157[J \cdot s \cdot 10^{-34}]$$

Tabulková hodnota:

$$h = 6.626[J \cdot s \cdot 10^{-34}]$$