

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

---

# Изучение спектров атома $H$ и молекулы $I_2$

---

Хомутов Андрей, Б06-903  
Рыбкина Елизавета, Б06-903  
ФБМФ, 2021

# 1 Теоретическая часть

Атом водорода является простейшей атомной системой; для него уравнение Шредингера можно решить точно.

Длины волн спектральных линий описываются формулой

$$\frac{1}{\lambda_{mn}} = RZ^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad (1)$$

где  $R$  — постоянная Ридберга, а  $m$  и  $n$  — целые числа.

Для объяснения спектра атома водорода Нильс Бор в 1913 г. предложил теория атома, основанную на трех постулатах:

1. Из всех возможных с точки зрения классической физики орбит в атоме осуществляются только некоторые стационарные орбиты, при движении по которым, вопреки представлениям классической электродинамики, электрон не излучает энергии;
2. Из всех возможных орбит в атоме осуществляются только те, для которых момент количества движения равен целому кратному величины постоянной Планка  $\hbar = h/(2\pi)$  т.е.

$$L = n\hbar \quad (2)$$

3. Излучение или поглощение энергии происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое, а частота излучаемого света связана с разностью энергий атома в стационарных состояниях соотношением

$$h\nu = E_2 - E_1, \quad (3)$$

где  $\nu$  — частота излучаемой линии.

Использование этих постулатов с учетом кулоновского взаимодействия между ядром и электроном позволяет определить энергетические уровни:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m_e e^4 Z^2}{h^2} \frac{1}{n^2} \quad (4)$$

А из формулы (4) можно определить возможные частоты излучения.

Из рис. 1 видно, что линии в спектре водорода можно расположить по сериям; для всех линий  $n$  постоянно, а  $m$  меняется от  $n + 1$  до  $\infty$ .

В данной работе изучается серия Бальмера, линии которой лежат в видимой области.

Для серии Бальмера  $n = 2$ , а  $m = 3, 4, 5, 6$ . Эти линии обозначаются  $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ .

Энергия основного состояния выражается как:

$$E = -RZ^2 \quad (5)$$



Рис. 1: Уровни энергии атома водорода и образование спектральных серий

Аналогично энергия возбужденных состояний:

$$E_n = -R \frac{Z^2}{n^2} \quad (6)$$

## 2 Практическая часть

### 2.1 Калибровка и снятие спектров водорода и йода

По спектрам неона и ртути была построена калибровочная кривая (синяя линия на рис.2). Аппроксимация проводилась полиномом 3й степени  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ , где  $a_0 = 3780 \pm 30$ ,  $a_1 = 0,93 \pm 0,09$ ,  $a_2 = (-4,7 \pm 0,6) \cdot 10^{-4}$ ,  $a_3 = (2,2 \pm 0,14) \cdot 10^{-7}$ .

Длины волн линий равны соответственно  $H_\alpha = 6548$ ,  $H_\beta = 4846$ ,  $H_\gamma = 4362$ ,  $H_\delta = 4110$  ангстрем, что достаточно близко к справочным значениям с учетом значительной погрешности, превышающей как минимум 30 Å для данной аппроксимации. Отношение длин волн практически соответствует ожидаемому из формулы (1) -  $1 : 1,351 : 1,501 : 1,593 \simeq 1 : 1,35 : 1,512 : 1,6$ .

Также по формуле (1) можно посчитать постоянную Ридберга для каждой линии, а затем усреднив  $R \simeq 109665 \pm 340$  обратных сантиметров, что крайне близко к справочному  $R_0 = 109677,6$ .

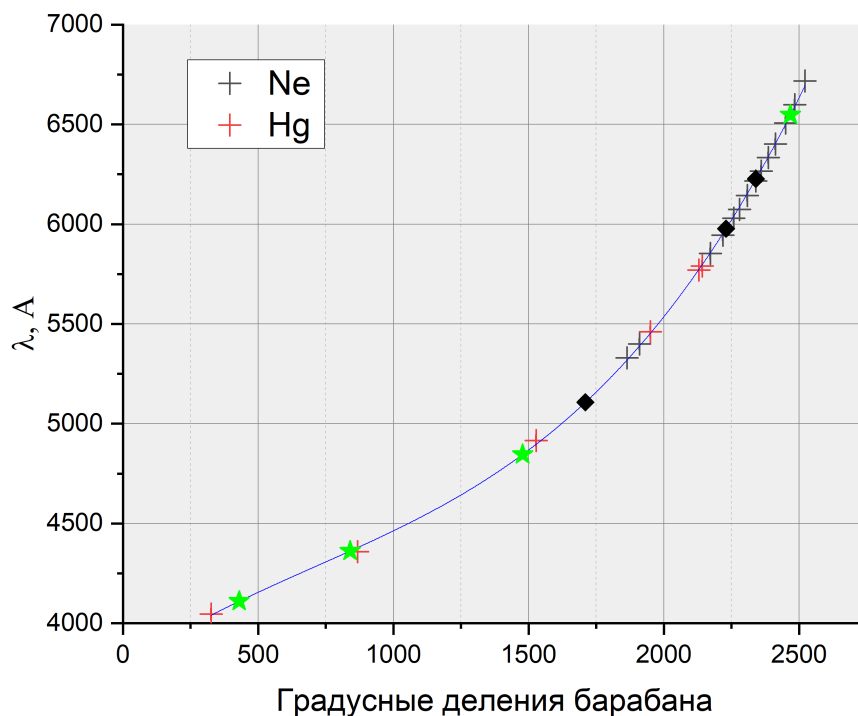


Рис. 2: График калибровки и линий водорода и йода

Для йода также можно определить  $h\nu_{1,0} = 1,99 \pm 0,13$ ,  $h\nu_{1,5} = 2,07 \pm 0,27$ ,  $h\nu_{\text{гр}} = 2,4 \pm 0,3$  эВ.

Вычислим также энергию колебательного кванта возбужденного состояния молекулы йода:

$$h\nu_2 = (h\nu_{1,5} - h\nu_{1,0})/5 \simeq 0,0165$$

Также известно что для основного состояния  $h\nu_1 = 0,027$  эВ, а энергия возбуждения атома

равна  $E_A = 0,94$  эВ. Учитывая что  $h\nu_{\text{гп}} = h\nu_e + D_2 = D_1 + E_a$  и  $h\nu_{0,n_2} = h\nu_e + h\nu_2 \left(n_2 + \frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}h\nu_1$ ,  
 $h\nu_e = 1,96 \pm 0,14$ ,  $D_1 = 1,49 \pm 0,3$ ,  $D_2 \simeq 0,47$  эВ.