

# Лабораторная работа 5.2.2

## Изучение спектров атома водорода и молекулы йода

Шерхалов Денис Б02-204и  
Фаттахов Марат Б02-204кт

29 ноября 2024 г.

**В работе:** исследовать спектральные закономерности в оптическом спектре водорода. По результатам измерений вычислить постоянную Ридберга. Исследовать спектр поглощения паров йода в видимой области; по результатам измерения вычислить энергию колебательного кванта молекулы йода и энергию ее диссоциации в основном и возбужденном состояниях.

### 1. Введение

Длины волн спектральных линий водородоподобного атома описываются формулой

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

где  $R = 109677.6 \text{ см}^{-1}$  – константа, называемая постоянной Ридберга, а  $m$  и  $n$  – целые числа. Мы будем изучать серию Бальмера, линии которой лежат в видимой области. Для неё  $n = 2$ , а  $m = 3, 4, 5, 6 \dots$ . Первые четыре линии обозначаются соответственно  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ,  $H_\delta$ . Для молекулы йода мы рассматриваем только нулевую серию, энергетическое положение линий поглощения определяется выражением

$$h\nu_{0,n_2} = (E_2 - E_1) + h\nu_2 \left( n_2 + \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{2}h\nu_1.$$

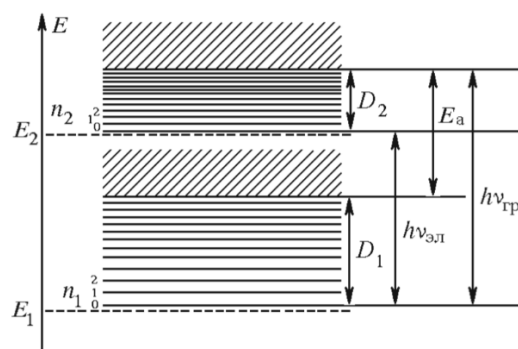


Рис. 1: Линии молекулы йода.

### Описание установки

Для наблюдения спектра водорода используется установка, изображённая на Рис. 2А. Источником света для наблюдения служит водородная трубка Н-образной формы, в состав газа которой добавлены водные пары для увеличения яркости интересующих нас линий. Источник Л помещается на оптическую скамью вместе с конденсером К, так что свет концентрируется на входной щели 1. Далее через коллиматорный объектив 2 свет попадает на сложную спектральную призму, состоящую из призм П1, П2 и П3. Первые две призмы обладают большой дисперсией, а промежуточная П3 поворачивает лучи – такое устройство позволяет складывать дисперсии П1 и П2. После прохождения призмы свет попадает в зрительную трубу 4-5, объектив которой даёт изображение входной щели различных цветов.

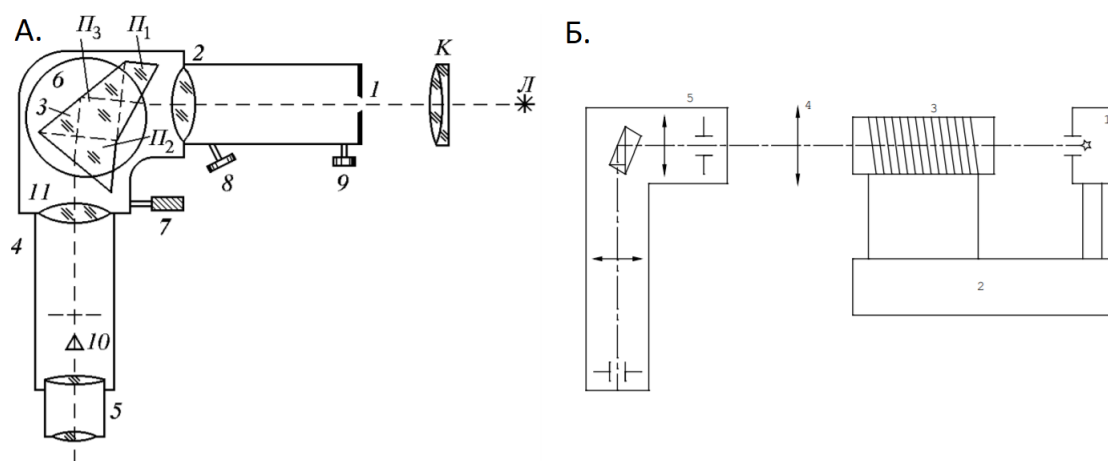


Рис. 2: Установки для наблюдения линий А. водорода; Б. йода.

На Рис. 2Б изображена схема установки, используемой для наблюдения спектра йода. Спектр поглощения паров йода наблюдается визуально на фоне сплошного спектра лампы накаливания 1, питаемой от блока питания 2. Кювета 3 с кристаллами йода подогревается нихромовой спиралью, подключённой вместе с лампой накаливания к блоку питания. Линза 4 используется как конденсор. В результате подогрева кристаллы йода частично возгоняются, образуя пары с лёгкой фиолетовой окраской. Спектрометр 5 позволяет визуально наблюдать линии поглощения молекул йода на фоне сплошного спектра излучения лампы накаливания видимой области.

## 2. Ход работы

### Калибровка

Сначала произведём градуировку монохроматора. Для этого проведём измерения линий спектра неона и ртути, сняв зависимость длины волны наблюдаемого света  $\lambda$  от параметра  $\theta$  барабана монохроматора. Погрешность измерения  $\theta$  примем половиной цены деления  $\sigma_\theta = 5^\circ$ . Измерения представлены в Таблице 1.

Таблица 1: Измерения для градуировки. Неон и ртуть.

$\lambda, \text{\AA}$	5401	5852	5945	6143	6402
$\theta, ^\circ$	1958	2216	2268	2360	2460

$\lambda, \text{\AA}$	4047	4358	4916	5461	5770	5791	6234	6907
$\theta, ^\circ$	380	922	1582	2000	2184	2196	2400	2650

Искать зависимость  $\lambda = \lambda(\theta)$  будем в виде (дисперсионная формула Гартмана):  $\lambda = \lambda_0 + \frac{C}{\theta - \theta_0}$ . График аппроксимации представлен на Рис. 3, полученные константы:

$$\lambda_0 = (2179 \pm 15) \text{\AA} \quad C = -(696 \pm 6) \cdot 10^4 \text{\AA} \quad \theta_0 = (4118 \pm 11) ^\circ$$

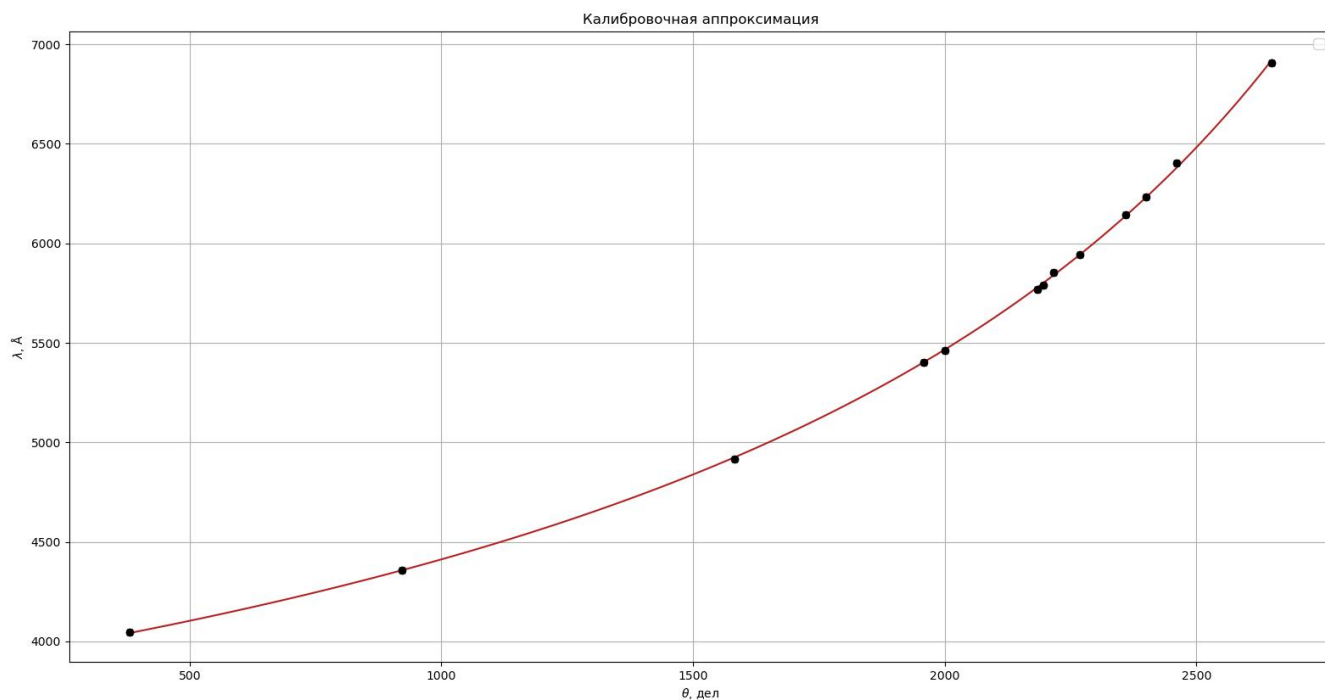


Рис. 3: Зависимость  $\lambda = \lambda(\theta)$ .

## Водород

Произведём непосредственно измерения для серий водорода. Измеренные значения параметра барабана для  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  и  $H_\delta$ :

Таблица 2: Водород

$\theta$ , °	568	898	1534	2534
$\lambda$ , Å	4140	4341	4874	6574
$\lambda_{th}$ , Å	4100	4340	4861	6563

Воспользовавшись формулой (1), рассчитаем константу Ридберга для каждой из линий, итоговое значение:

$$R = 110100 \pm 800 \text{ см}^{-1}$$

## Йод

Перейдём к измерениям для йода. Параметры, соответствующие самой длинноволновой линии, линии, отстоящей от неё на 6, и границе спектра:

Таблица 3: Йод

$\theta$ , °	2326	2250	1818
$\lambda$ , Å	6064	5906	5206

Энергии колебательного кванта возбуждённого состояния молекулы йода:

$$h\nu_2 = \frac{h\nu_{1,5} - h\nu_{1,0}}{5} = 0.012 \text{ эВ.}$$

Учитывая, что  $h\nu_1 = 0.027$  эВ, с помощью формулы (2) рассчитаем энергию перехода

$$h\nu_{эл} = h\nu_{(1,0)} - \frac{1}{2}h\nu_2 + \frac{3}{2}h\nu_1 = 2.13 \text{ эВ}.$$

Тогда энергии диссоциации частиц в основном и возбуждённом состоянии, с учётом того, что энергия возбуждения атома  $E_A = 0.94$  эВ:

$$D_1 = h\nu_{гр} - E_A = 1.47 \pm 0.02 \text{ эВ},$$

$$D_2 = h\nu_{гр} - h\nu_{эл} = 0.26 \pm 0.03 \text{ эВ}.$$