

2.2 и 2.3 Изучение спектров атома водорода и молекулы йода.

Калиничев И.А.
Группа Б02-928

В работе исследуются: сериальные закономерности в оптическом спектре водорода; спектр поглощения паров йода в видимой области.

Теория

Длины волн спектральных линий водородоподобного атома описываются формулой

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

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

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

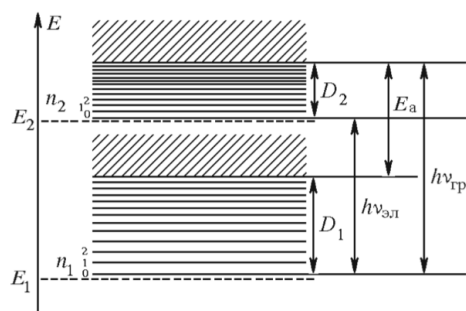


Рис. 1: Линии молекулы йода.

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.

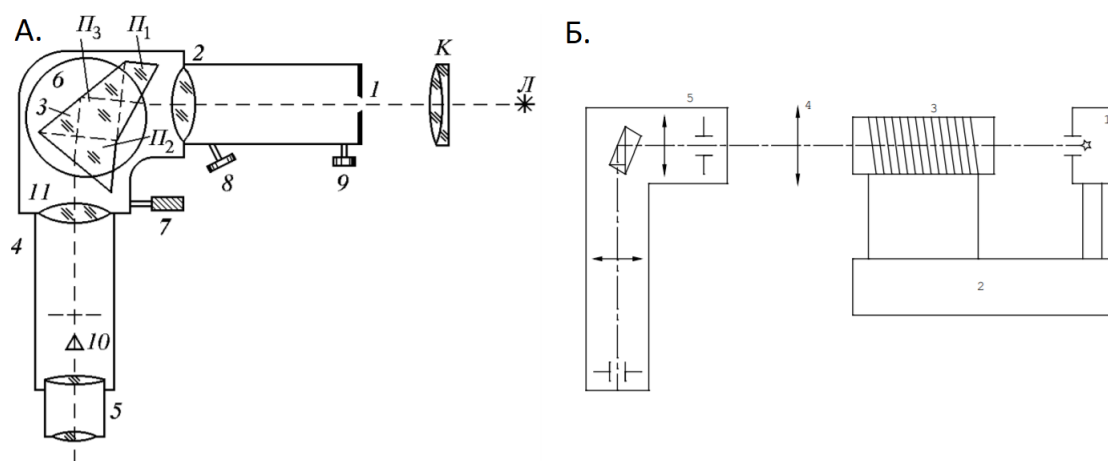


Рис. 2: Установки для наблюдения линий А. водорода; Б. йода.

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.

Ход работы

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

$\lambda, \text{\AA}$	6402	6334	5852	5945	6030	6096	6164	6217	6267
$\theta, ^\circ$	2446	2426	2208	2256	2294	2320	2352	2376	2394
$\lambda, \text{\AA}$	6507	6717	5461	5770	5791	4358	4047	4916	
$\theta, ^\circ$	2484	2560	1990	2168	2180	910	360	1568	

Таблица 1: Измерения для градуировки.

Аппроксимируем зависимость $\lambda = \lambda(\theta)$ полиномом. График аппроксимации представлен на Рис. 3

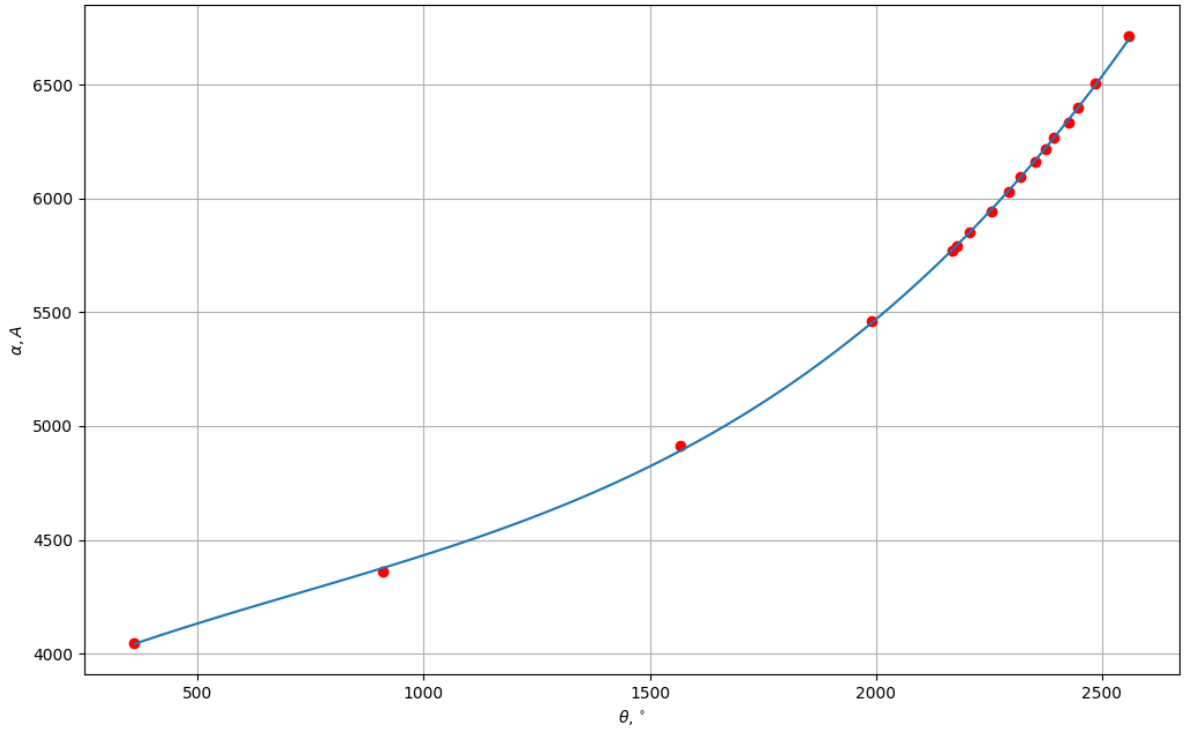


Рис. 3: Зависимость $\lambda = \lambda(\theta)$.

Произведём непосредственно измерения для серий водорода. H_δ у водорода снять не удалось. Измеренные значения параметра барабана для H_α , H_β и H_γ :

$$\theta_{32} = 2504^\circ \pm 5^\circ, \theta_{42} = 1520^\circ \pm 5^\circ, \theta_{52} = 884^\circ \pm 5^\circ.$$

Соответствующие им длины волн:

$$\lambda_{32} = 655 \pm 3 \text{ нм}, \lambda_{42} = 484 \pm 3 \text{ нм}, \lambda_{52} = 436 \pm 3 \text{ нм}.$$

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

$$R_{32} = 109.9 \pm 0.5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}, R_{42} = 110.2 \pm 0.6 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}, R_{52} = 109.2 \pm 0.5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$$

итоговое значение:

$$R = 109.7 \pm 0.4 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}.$$

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

$$\theta_{1,0} = 2366^\circ \pm 5^\circ, \theta_{1,5} = 2260^\circ \pm 5^\circ, \theta_{\text{гр}} = 1740^\circ \pm 5^\circ.$$

Тогда длины волн

$$\lambda_{1,0} = 620 \pm 3 \text{ нм}, \lambda_{1,5} = 596 \pm 3 \text{ нм}, \lambda_{\text{гр}} = 509 \pm 3 \text{ нм}.$$

Энергии колебательного кванта возбуждённого состояния молекулы йода:

$$h\nu_2 = \frac{h\nu_{1,5} - h\nu_{1,0}}{2} = 0.04 \pm 0.02 \text{ эВ.}$$

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

$$h\nu_{\text{эл}} = h\nu_{(1,0)} - \frac{1}{2}h\nu_2 + \frac{3}{2}h\nu_1 = 2.03 \pm 0.03 \text{ эВ.}$$

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

$$D_1 = h\nu_{\text{гр}} - E_A = 1.5 \pm 0.02 \text{ эВ,}$$

$$D_2 = h\nu_{\text{гр}} - h\nu_{\text{эл}} = 0.39 \pm 0.03 \text{ эВ.}$$

Вывод

Мы получили спектральные линии водорода, по которым смогли измерить постоянную Ридберга и убедились в теоретическом значении этой константы. Так же мы измерили некоторые энергии возбуждения йода.