

Лабораторная работа 2.2-2.3

Изучение спектров атома водорода и молекулы йода

Батарин Егор Владиславович
Студент 3 курса РТ

(Московский физико-технический институт)
(Dated: 12 сентября 2021 г.)

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

Оборудование: Спектрометр УМ-2, ртутная и неоновая лампы (для калибровки), водородная лампа, кристаллы йода.

I. Теоретическая часть.

A. Основные эффекты лабы.

В работе исследуется спектр серии Бальмера водорода и электронно-колебательный спектр йода с помощью спектрометра-монокроматора УМ-2.

На первом рисунке показаны 0 и 1 серии Деландра, их наложение, наблюдаемое через спектрометр, и положения 1, 2 и 3, соответствующие энергиям $h\nu_{1,0}$, $h\nu_{1,5}$ и $h\nu_{гр}$. В монокроматоре спектр поглощения йода наблюдается как набор темных полос, перекрывающих непрерывный спектр, начинающийся с красного цвета.

На втором рисунке изображены линии H_α , H_β , H_γ , H_δ . Все линии, кроме последней, хорошо видны в спектрометре (H_δ -линию обнаружить не удалось).

B. Введение в основные теоретические вещи лабы.

В случае водорода уравнение Шредингера может быть решено точно. Его проквантованная энергия вы-

ражается формулой:

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

Из этой формулы с помощью постоянной Ридберга R можно получить выражение для длин волн:

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

При $n = 2$ получаем серию Бальмера. При этом $m = 3, 4, 5, 6$ соответствует $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$.

Для йода картина усложняется, так как уравнение Шредингера допускает для этой молекулы более сложные состояния, включающие, помимо стандартных электронных орбиталей, колебательные движения и вращение. Можно показать, что оценка для вклада энергий имеет вид:

$$\omega_{эл} : \omega_{колеб} : \omega_{вращ} \approx 1 : 10^{-3} : 10^{-6} \quad (3)$$

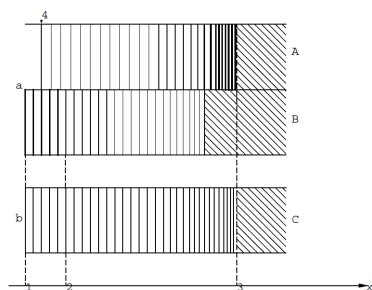
Как видно из оценки (3), вклад вращательного движения очень мал - именно поэтому он не учитывается в лабораторной работе.

II. Экспериментальная установка и методика

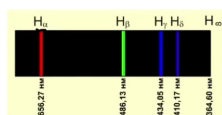
Спектральный прибор по своей сути представляет из себя призму с большой дисперсией, которая раскладывает в спектр излучение от изучаемого объекта. Поворачивая призму с помощью специального барабана, можно добиться попадания нужного участка спектра в поле зрения.

В начале работы происходит калибровка монокроматора по излучению неона и ртути. Значения длин волн каждого атома, соответствующие тем или иным положениям барабана, приведены на графике.

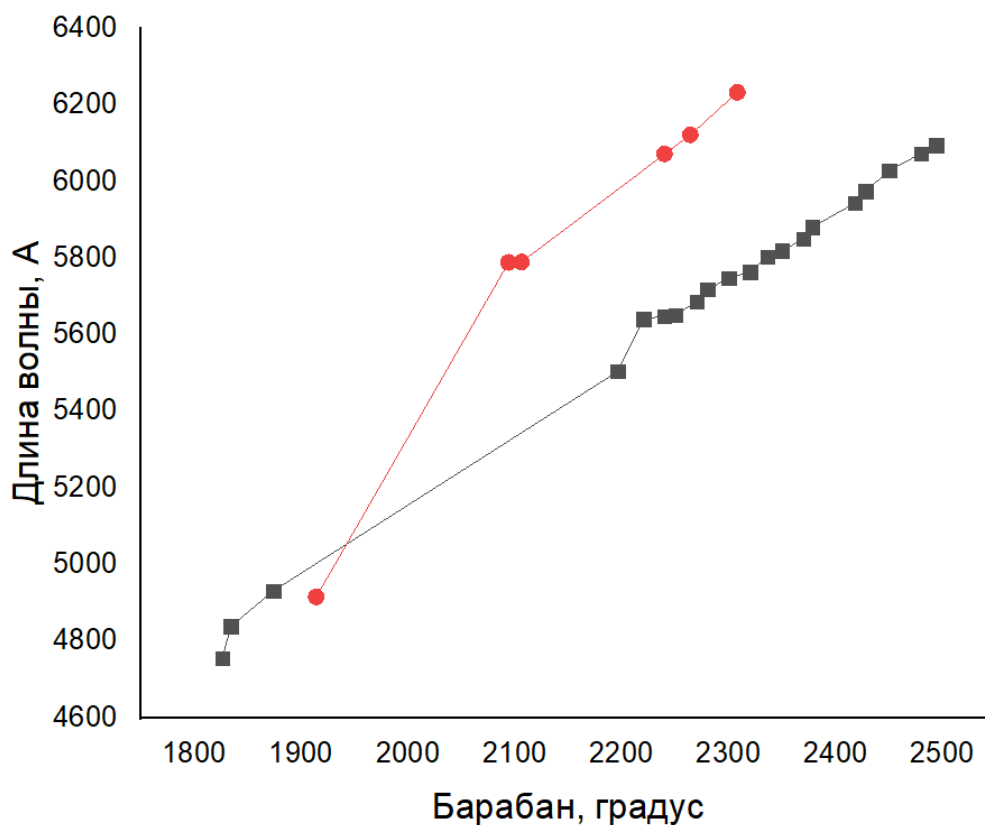
Если отбросить некоторые точки этих графиков, то они будут очень хорошо аппроксимироваться прямой линией. По полученным линейным зависимостям будут определены соответствующие длины волн, которые будут сравниваться с эталонными.



(а) Йод



(б) Водород



III. Основные результаты и их обсуждение

Все результаты измерений и вычислений сведены в таблицу.

Как уже было отмечено, экспериментально не удалось обнаружить H_δ линию в спектре водорода, потому придется ограничиться лишь первыми тремя. При вычислении длин волн первых трех серий были использованы линейные аппроксимации калибровочных графиков спектров неона и ртути. Сравнивая их с эталонными значениями, видим, во-первых, что спектр ртути лучше аппроксимирует истинную зависимость длины волны от поворота барабана, во-вторых, γ линия плохо аппроксимируется обоими спектрами. Ниже приведены погрешности аппроксимаций, полученные из погрешностей МНК.

Измерение сериального отношения и постоянной Ридберга показывают, что и в этом случае спектры

неона и ртути дают хорошее приближение, из-за чего результаты вычислений хорошо сходятся с эталоном только для α и β линий, где и проводилась калибровка ламп.

В низу таблицы приведены измерения различных энергий для молекулы йода. Результаты вычислений верно отражают порядок полученных значений (тем не менее, нельзя достоверно ручаться про мантиссы, так как экспериментально было сложно определить, где начинается $h\nu_{1,0}$ и заканчивается $h\nu_{\Gamma P}$)

IV. Заключение

В работе были выполнены соединяющие задачи:

- 1) Исследована серия Бальмера водорода, вычислены длины волн и постоянная Ридберга
- 2) Исследован электронно-колебательный спектр йода, вычислены энергии перехода и диссоциации.

Вычисление длин волн α, β, γ					
		Аппроксимации, А			
		Градус барабана	Неон	Ртуть	Длина волны(эталон), А
$\alpha\beta$	2440	6003.6	6524	6562.8	
	1438	4059.7	4419.8	4861.3	
γ	794	2810.4	3067.4	4340.3	
		Погрешности, А			
		Неон	Ртуть		
α	2440	141.2	324.8		
β	1438	111.14	254.7		
γ	794	91.82	209.6		
Сериальное отношение					
		Неон	Ртуть	Эталон	
$\frac{\alpha}{\beta}$	1.35	1.48	1.48	1.35	
$\frac{\alpha}{\gamma}$	1.51	2.14	2.13	1.51	
Измерение постоянной Ридберга					
		Расчетное значение, м ⁻¹	Неон, м ⁻¹	Ртуть, м ⁻¹	Эталон, м ⁻¹
α	10967760		11992804	11036174	10970927
β			13137195	12066911	10971002
γ			16944110	15524238	10971372
Вычисления у йода:		длины волны, А		энергии кванта, эВ	
Номер	Градус барабана	Неон	Ртуть	Неон	Ртуть
1,0	2250	5635	6125	2.18	2.01
1,5	2168	5475.9	5952.8	2.25	2.07
гр	1704	4575.8	4978.4	2.69	2.47
Номер	Вычисление энергий йода		Неон	Ртуть	$h\nu_1$, эВ
1,0	Электронный переход		2.18	2.01	0.027
1,5	Диссоциация в основном		1.75	1.53	E эВ
гр	Диссоциация в возбужденном		0.51	0.46	0.94