

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Кафедра общей физики

Лабораторная работа 5.2.2/5.2.3

**Изучение спектров атомов водорода и молекулы йода**

Преподаватель: к.ф.-м.н. Юрьев Ю.В.

Обучающийся: Готов А.А

Долгопрудный  
2023

# 1 Введение

## 1.1 Аннотация

Говорят, что атом водорода находится в возбуждённом состоянии, если его электрон находится не на основной орбитали. При смене своего энергетического уровня электрон поглощает/испускает энергия в виде фотона. Уровни энергий дискретны, поэтому и длины волн имеют строго определённые значения. Молекулы являются более сложными структурами, чем атомы. Помимо переходов электронов на более высокие орбиты в них может также происходить возбуждение колебательных и вращательных степеней свободы.

**Цель:** 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.

## 1.2 Теоретические сведения

Атом водорода является простейшей атомной системой; для него уравнение Шредингера можно решить точно. Решение примет вид:

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

А из формулы (4) мы легко можем определить 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 мы изучаем серию Бальмера, линии которой лежат в видимой области.

Для серии Бальмера  $n = 2$ , а  $m = 3, 4, 5, 6$ . Эти линии обозначаются  $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ . Соответственные длины волн равны 656.3, 486.1, 434.1, 410.2 нм соответственно.

Рассмотрим структуру электронно-колебательного спектра поглощения молекулы йода. В зависимости от того, с какого колебательного уровня осуществляется переход можно выделить серии, начиная с нулевой. При этом из распределения Больцмана можно получить, что число молекул для этих серий можно соотносится как :

$$N_0 : N_1 : N_2 = 30 : 10 : 1$$

Исходя из этого соотношения будем пренебрегать всеми сериями, кроме нулевой и первой.

Обозначим энергию перехода с подуровня  $n_1$  первого состояния на подуровень  $n_2$  второго состояния как  $h\nu_{n_1, n_2}$ .

Имеем следующее соотношение:

$$h\nu_{n_1, n_2} = h\nu_{эл} + h\nu_2(n_2 + 1/2) - h\nu_1(n_1 + 1/2)$$

## 2 Результаты измерений и обработка данных

Откалибруем монохроматор по известным спектральным линиям сначала неона, а потом ртути. По полученным данным построим график:

$\phi, ^\circ$	2536	2506	2442	2430	2400	2380	2370	2332	2326	2308	2296	2280	
$\lambda, \text{нм}$	703,2	692,9	671,7	667,8	659,9	653,3	650,7	640,2	638,3	633,4	630,5	626,7	
$\phi, ^\circ$	2260	2238	2230	2208	2198	2178	2150	2138	2106	2092	1830	1792	1780
$\lambda, \text{нм}$	621,7	616,4	614,3	609,6	607,4	603,0	597,6	594,5	588,2	585,2	540,1	534,1	533,1

$\phi, ^\circ$	2550	2332	2120	2108	1930	1510	850	304
$\lambda, \text{нм}$	690,7	623,4	579,1	577,0	546,1	491,6	435,8	404,1

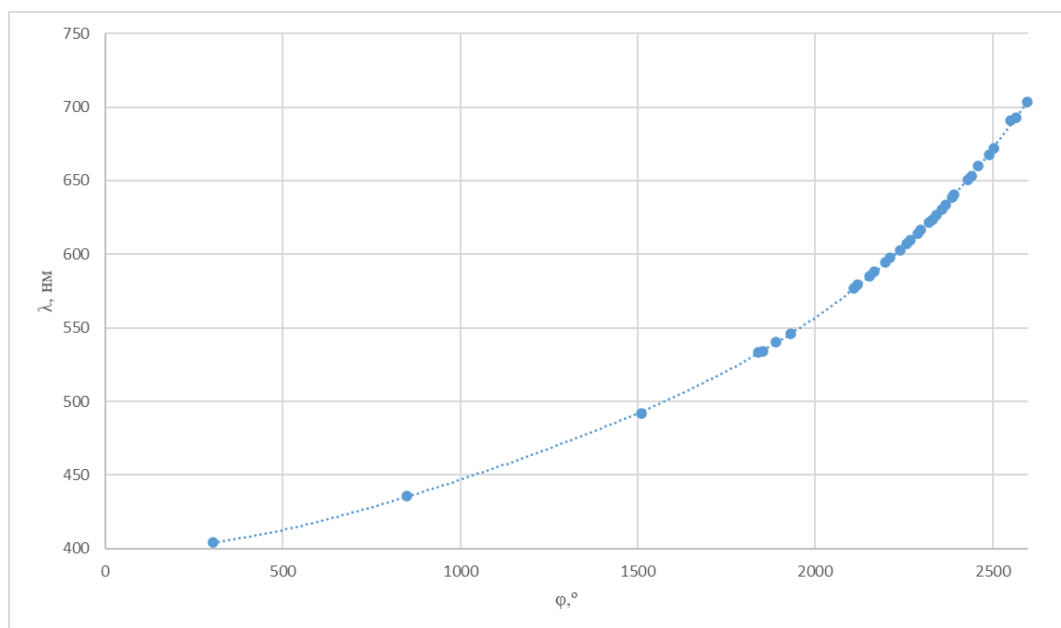


Рис. 1: Калибровочный график

По калибровочному графику (с помощью аппроксимационной кривой) определим значения длин вол серии Бальмера

	$\phi, ^\circ$	$\lambda, \text{нм}$	$\lambda_{\text{теор}}, \text{нм}$
$H_\alpha$	$2446 \pm 2$	$656 \pm 6$	656.3
$H_\beta$	$1454 \pm 2$	$485 \pm 4$	486.1
$H_\gamma$	$816 \pm 2$	$438 \pm 3$	434.1
$H_\delta$	$404 \pm 2$	$410 \pm 3$	410.2

Для определения постоянной Ридберга построим график зависимости  $\frac{1}{\lambda} = f\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$

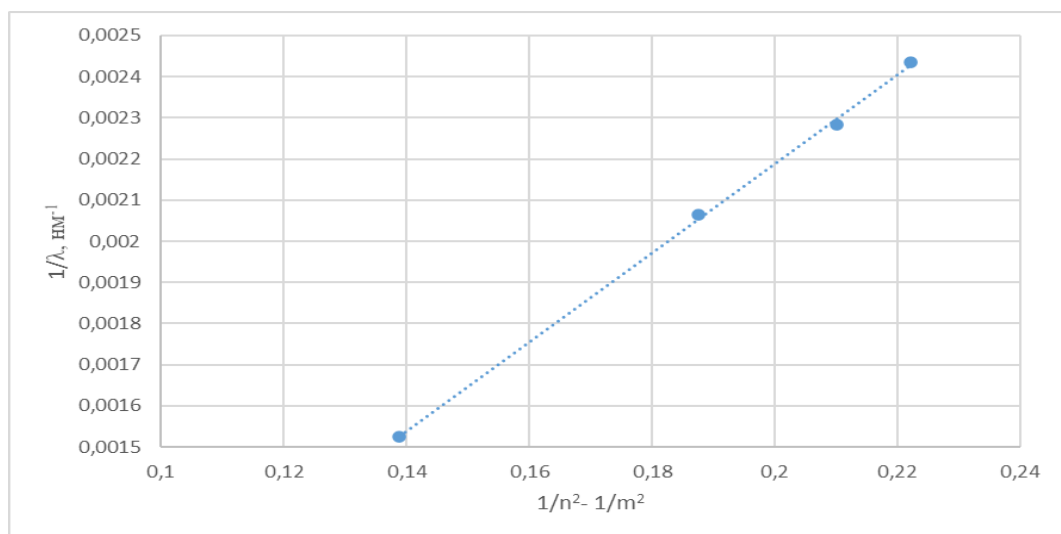


Рис. 2: Зависимость длины волны от номера перехода

По МНК определим угловой коэффициент :

$$R = (0.011 \pm 0.001) \text{ нм}^{-1}$$

Визуально определим положение первой отчетливой линии поглощения (необходимости вычислять истинную первую линию нет необходимости - достаточное число линий в начале находятся на примерно одинаковом расстоянии). Затем визуально оценим границу сплошного поглощения

	$h\nu_{1.0}$	$h\nu_{1.5}$	$h\nu_{\text{гр}}$
$\phi, ^\circ$	$2248 \pm 2$	$2148 \pm 2$	$1650 \pm 2$
$\lambda, \text{ нм}$	$606 \pm 2$	$584 \pm 2$	$505 \pm 2$

$$h\nu_{\text{гр}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{гр}}} = 2.45 \pm 0.01 \text{ эВ}$$

Энергия колебательного кванта возбуждённого состояния атома йода:

$$h\nu_2 = \frac{h\nu_{1.5} - h\nu_{1.0}}{5} = \frac{hc}{5} \cdot \left( \frac{1}{\lambda_{1.5}} - \frac{1}{\lambda_{1.0}} \right) = (0.015 \pm 0.001) \text{ эВ}$$

Энергия колебательного кванта в основном состоянии равна  $h\nu_1 = 0.027 \text{ эВ}$ , энергия возбуждения атома  $A = 0.94 \text{ эВ}$ . Определим энергия диссоциации молекулы в основном и возбуждённом состояниях, а также энергию электронного перехода:

$$D_1 = (1.51 \pm 0.02) \text{ эВ}$$

$$h\nu_{\text{эл}} = (2.08 \pm 0.04) \text{ эВ}$$

$$D_2 = (0.40 \pm 0.03) \text{ эВ}$$

### 3 Обсуждение результатов и выводы

В ходе работы мы исследовали серию Бальмера в атоме водорода, определили постоянную Ридберга. Результат близок к теоретическому:

$$R = (0.108 \pm 0.009) \cdot 10^{-1} \text{ нм}^{-1}$$

$$R_{\text{теор}} = 0.110 \cdot 10^{-1} \text{ нм}^{-1}$$

Также мы определили энергия электронного перехода между состояниями и энергия диссоциации молекулы  $D_1$  в основном уровне и  $D_2$  в возбуждённом состояниях.

$$D_1 = (1.51 \pm 0.02) \text{ эВ}$$

$$h\nu_{\text{эл}} = (2.08 \pm 0.04) \text{ эВ}$$

$$D_2 = (0.40 \pm 0.03) \text{ эВ}$$