

Группа М32021 К работе допущен _____
Студент Жуйков / Лопатенко Работа выполнена 20.02.2023
Преподаватель Тимофеева Э.О. Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №5.04

Определение постоянной Ридберга по спектру излучения атомарного водорода

1. Цель работы:

Исследовать серию Бальмера для атома водорода и вычислить постоянную Ридберга.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы:

1. Получить численное значение постоянной Ридберга для атомного водорода из экспериментальных данных и сравнить с теоретическим;
2. Наблюдать спектральные линии при высвечивании водорода и ртути, изучить спектры;
3. Построить градуировочную кривую и изучить принцип работы монохроматора.

3. Объект исследования:

Ртутная и водородная лампы, монохроматор УМ-2, источник питания РНУВЕ.

4. Метод экспериментального исследования:

Прямые измерения делений корректирующего барабана по видимым линиям спектра.

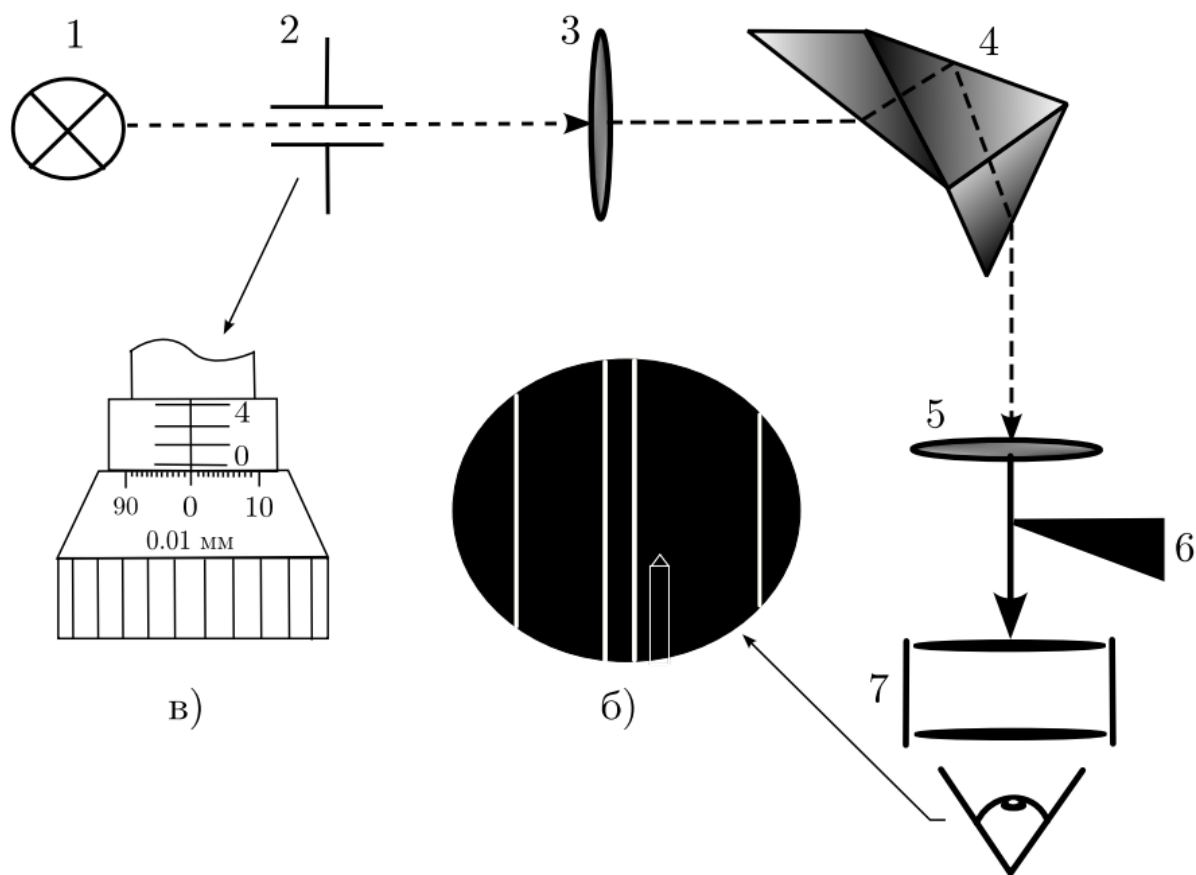
5. Рабочие формулы и исходные данные:

- 1) Формула Бальмера: $\bar{\nu}_0\left(\frac{1}{n^2}\right) = R \cdot \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, где $m = 2$, $n \in [3, 4, 5 \dots]$
- 2) Постоянная Ридберга в СИ: $R = \frac{me^4}{8ch^3\epsilon_0^2}$
- 3) Энергия ионизации атома водорода: $E_n = \frac{hcR}{n^2}$

6. Измерительные приборы:

| № | Наименование | Измерение | Используемый диапазон | $\Delta_{\text{и}}$ |
|---|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| 1 | Шкала барабана УМ-2 | относительные единицы | $[0, 3500] \text{ deg}$ | 1 deg |

7. Схема установки:



Свет от источника 1 проходит через входную щель 2, установленную в фокусе ахроматического объектива коллиматора 3, и далее параллельным пучком падает на диспергирующую призму Аббе 4

8. Результаты прямых измерений и их обработки:

Таблица 1. Градуировка монохроматора УМ-2 по спектру ртути

| Цвет линии в спектре Hg | λ , нм | α , делений |
|-------------------------|----------------|--------------------|
| красный | 690,7 | 2606 |
| красный | 671,1 | 2578 |
| оранжевый | 623,4 | 2250 |
| желтый | 579,0 | 2134 |
| желтый | 576,9 | 2116 |
| зеленый | 546,0 | 1938 |
| голубой | 491,6 | 1518 |
| сине-фиолетовый | 435,8 | 856 |
| фиолетовый | 407,8 | 592 |
| фиолетовый | 404,7 | 332 |

Таблица 2. Расчеты для спектра H по градуировочной кривой Hg

| Цвет линии в спектре Н | λ , нм (по графику 1) | α' , делений | $\bar{\nu}_0$, нм ⁻¹ |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| λ_1 (Красная) | 643,6 | 2462 | 0,00155 |
| λ_2 (Голубая) | 494,4 | 1480 | 0,00202 |
| λ_3 (Фиолетовая) | 469,7 | 1232 | 0,00213 |

Расчет 1. МНК значение коэффициента R из зависимости $\bar{\nu}_0(\frac{1}{n^2})$ к графику 2

| |
|--|
| $R = - \frac{\sum_{i=1}^N (\frac{1}{n_i^2} - \langle \frac{1}{n^2} \rangle) (y_i - \langle y \rangle)}{\sum_{i=1}^N (\frac{1}{n_i^2} - \langle \frac{1}{n^2} \rangle)^2} = 0,008398435 \text{ нм}$ <p>Значение найдено из предположения, что зависимость $\bar{\nu}_0(\frac{1}{n^2})$ выражается в виде: $\bar{\nu}_0(\frac{1}{n^2}) = R \cdot (\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$, где $m = 2$, $n \in [3, 4, 5 \dots]$</p> |
|--|

Таблица 3. Расчет значения постоянной Ридберга из экспериментальных данных

| Метод поиска постоянной Ридберга | $R_{\text{эксп}}$, м |
|--|-----------------------|
| по угловому коэффициенту кривой $\bar{\nu}_0(\frac{1}{n^2})$ | 8398434,61 |
| из значения $\bar{\nu}_0(0) \equiv \frac{R}{4}$ | 9991998,59 |
| по формуле $R = \frac{me^4}{8ch^3 \epsilon_0^2}$ | 11165497,68 |

Таблица 4. Сравнение длин волн спектра Н экспериментальных и теоретических значений

| Цвет линии спектра | λ , нм (по графику 1) | λ , нм (по формуле Бальмера) | $\Delta\lambda$, нм |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| λ_1 (Красная) | 643,6 | 654,6 | 11,0 |
| λ_2 (Голубая) | 494,4 | 484,8 | 9,6 |
| λ_3 (Фиолетовая) | 469,7 | 432,9 | 36,8 |

Расчет 2. Энергия ионизации атома Н по обобщенной формуле Бальмера

| |
|--|
| $E_n = \frac{Rch}{n^2} = \frac{11165497,67 \cdot 299792458 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 13,86 \text{ эВ}$ |
|--|

10. Расчет погрешностей измерений:

$$\Delta R = 2 \sqrt{\frac{1}{(N-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - (R \cdot \frac{1}{n_i^2} + R/4))^2}{\sum_{i=1}^N (\frac{1}{n_i^2} - \langle \frac{1}{n^2} \rangle)^2}} = 2351157 \text{ м (для значения } R = 8398434,61 \text{ м)}$$

$$\Delta R = 2 \sqrt{(\frac{1}{N} + \frac{\langle \frac{1}{n^2} \rangle^2}{\sum_{i=1}^N (\frac{1}{n_i^2} - \langle \frac{1}{n^2} \rangle)^2}) \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - (R \cdot \frac{1}{n_i^2} + R/4))^2}{N-2}} = 181369 \text{ м (} R = 9991998,59 \text{ м)}$$

11. Графики:

График 1. Градуировочная кривая для ртути. Полиномиальная аппроксимация.

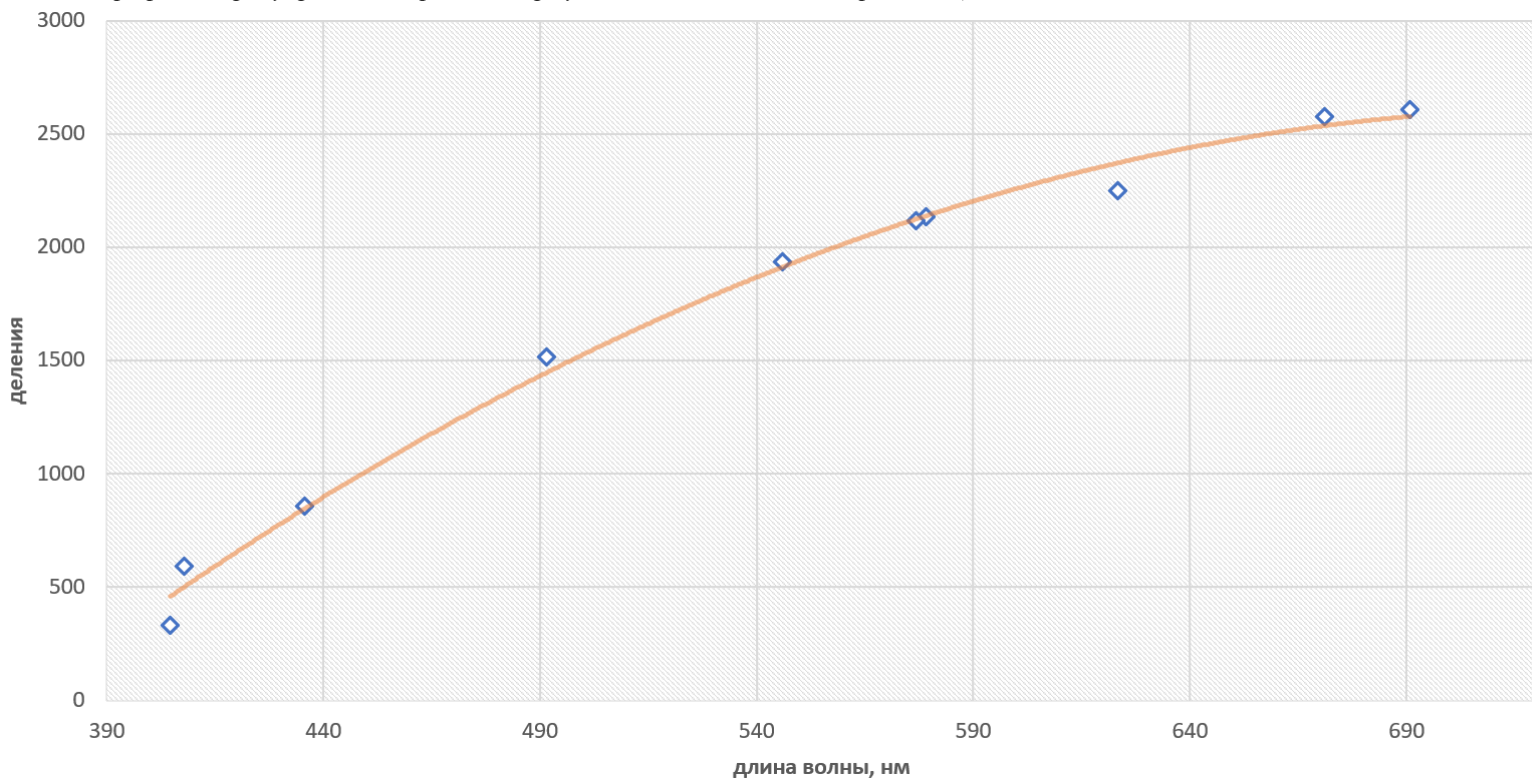
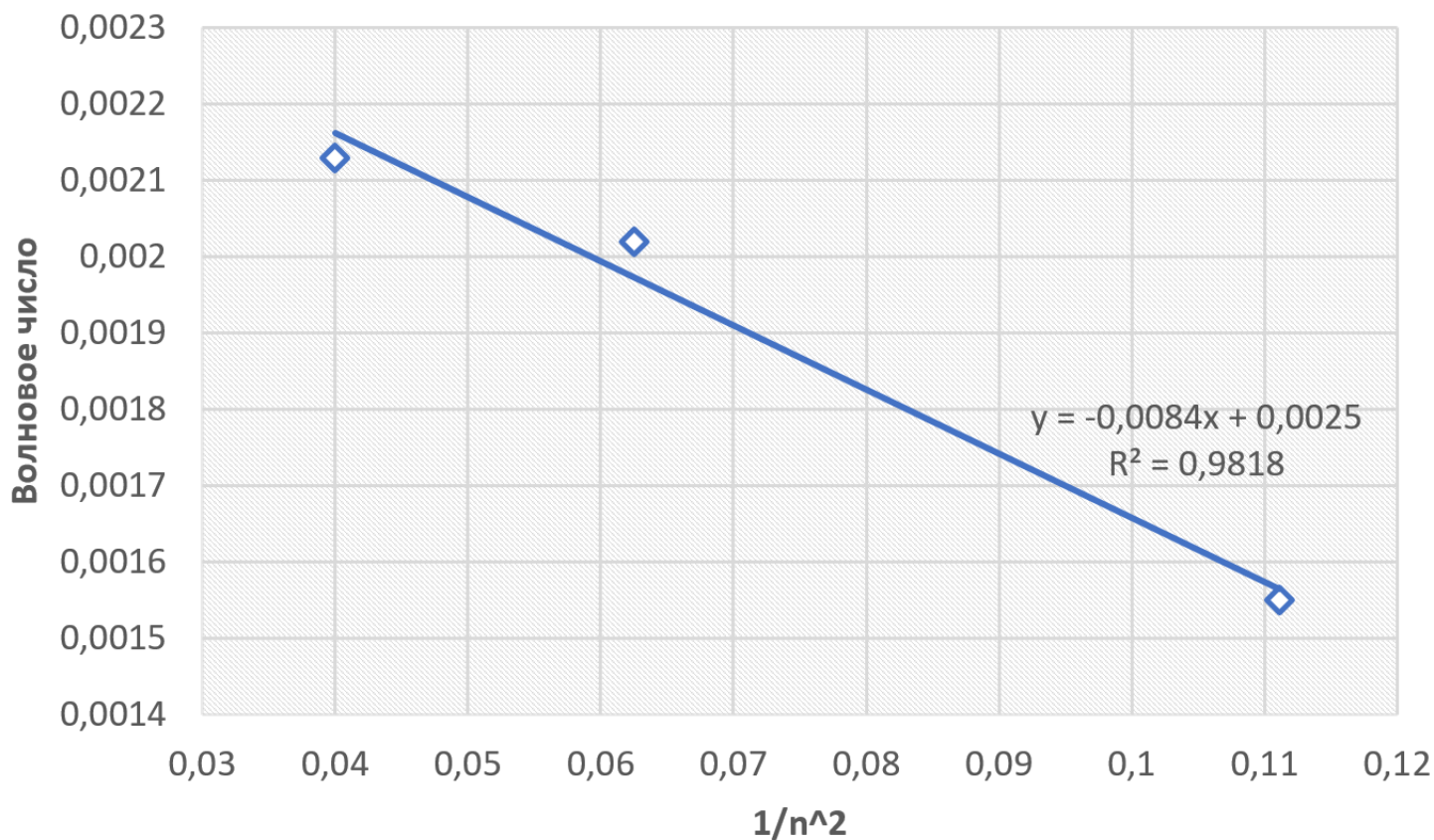


График 2. Зависимость волнового числа от обратного квадрата уровня с аппроксимирующей прямой.



13. Выводы и анализ результатов работы:

В ходе лабораторной работы было получено значение константы Ридберга. При этом точную оценку значения получить не удалось ввиду слабой математической модели лабораторной работы: по тройке длин волн, соответствующим видимым спектральным линиям атома водорода, построение линейной регрессии приводит к большим ошибкам. Поэтому для ридберговских значений, полученных из экспериментальных данных характерны непривычно большие значения дисперсии (а следовательно и высокого показателя среднеквадратического отклонения).

Принято решение за максимально правдоподобное значение взять:

$$R = 9991998,59 \pm 181369 \text{ м} \quad \delta_R = 10,51\%$$

Построена градуировочная кривая для ртути, получена энергия ионизации атома водорода в основном состоянии: $E_n = 13,86 \text{ эВ}$

Проанализированы особенности работы с монохроматором и теория водородных серий