

Государственное высшее учебное заведение  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ  
по лабораторной работе № 109

ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ УНИВЕРСАЛЬНОГО МОНОХРОМАТОРА –  
СПЕКТРОМЕТРА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ РИДБЕРГА

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Преподаватель кафедры физики

\_\_\_\_\_  
Отметка о защите \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 109

## ЗНАКОМСТВО С РАБОТОЙ УНИВЕРСАЛЬНОГО МОНОХРОМАТОРА – СПЕКТРОМЕТРА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ РИДБЕРГА

Цель работы – проградуировать монохроматор. Определить длины волн спектральных линий видимой части спектра атома водорода, рассчитать постоянную Ридберга.

Приборы и принадлежности: универсальный монохроматор УМ-2, пульт питания, высоковольтный генератор «Спектр-1», высоковольтная ртутная лампа, неоновая и водородная разрядные трубки.

## Общие положения

Простейшими атомными системами являются атом водорода и водородоподобные ионы, у которых в поле ядра находится один электрон. Единственный электрон атома водорода движется в кулоновском поле ядра. Из решения уравнения Шрёдингера, которое позволяет рассчитать вероятность нахождения электрона в состоянии с энергией  $E$ , следует, что эта энергия может принимать только дискретные отрицательные значения.

$$E = E_n = -\frac{Rch}{n^2} \quad (2)$$

где  $n = 1, 2, 3, 4 \dots$  – целые числа;  $R$  – постоянная Ридберга;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света в вакууме;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка. Число  $n$  называется главным квантовым числом, оно соответствует номеру энергетического уровня, на котором находится электрон.

Набор дискретных значений энергии  $E_n$  образует энергетический спектр атома водорода. Так как любая спектральная линия возникает при переходе электрона с одного энергетического уровня на другой, то оптический спектр атома водорода является линейчатым. Длины волн спектральных линий описываются обобщенной формулой Бальмера:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_k^2} \right), \quad (3)$$

где  $n_i$  – номер энергетического уровня, на который переходит электрон;  
 $n_k$  – номер энергетического уровня, с которого переходит электрон.

Спектральные линии принято группировать в спектральные серии. В каждую серию входят все линии с фиксированным  $n_i$ , т.е. относящиеся к переходу атома (при излучении) на один и тот же нижний уровень с различных верхних.

Серию с  $n_i = 1$  ( $n_k = 2, 3, 4, \dots$ ) называют серией Лаймана. Линии находятся в области ультрафиолетового излучения.

Серия с  $n_i = 2$  ( $n_k = 3, 4, 5, \dots$ ) носит название серии Бальмера. Четыре первые линии этой серии лежат в видимой части спектра и обозначаются

$H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\delta}$ . Остальные линии серии Бальмера находятся в области ультрафиолетового излучения.

Серии с  $n_i = 3$  ( $n_k = 4, 5, 6, \dots$ ) – серия Пашена,

$n_i = 4$  ( $n_k = 5, 6, 7, \dots$ ) – серия Бреккета,

$n_i = 5$  ( $n_k = 6, 7, 8, \dots$ ) – серия Пфунда.

Эти серии находятся в инфракрасной части спектра.

В спектроскопии уровни энергии принято изображать горизонтальными линиями, а переходы между ними – стрелками (рис. 1). Стрелкам, направленным от высших уровней энергии к низшим соответствуют линии излучения; стрелкам, проведенным в обратном направлении – линии поглощения.

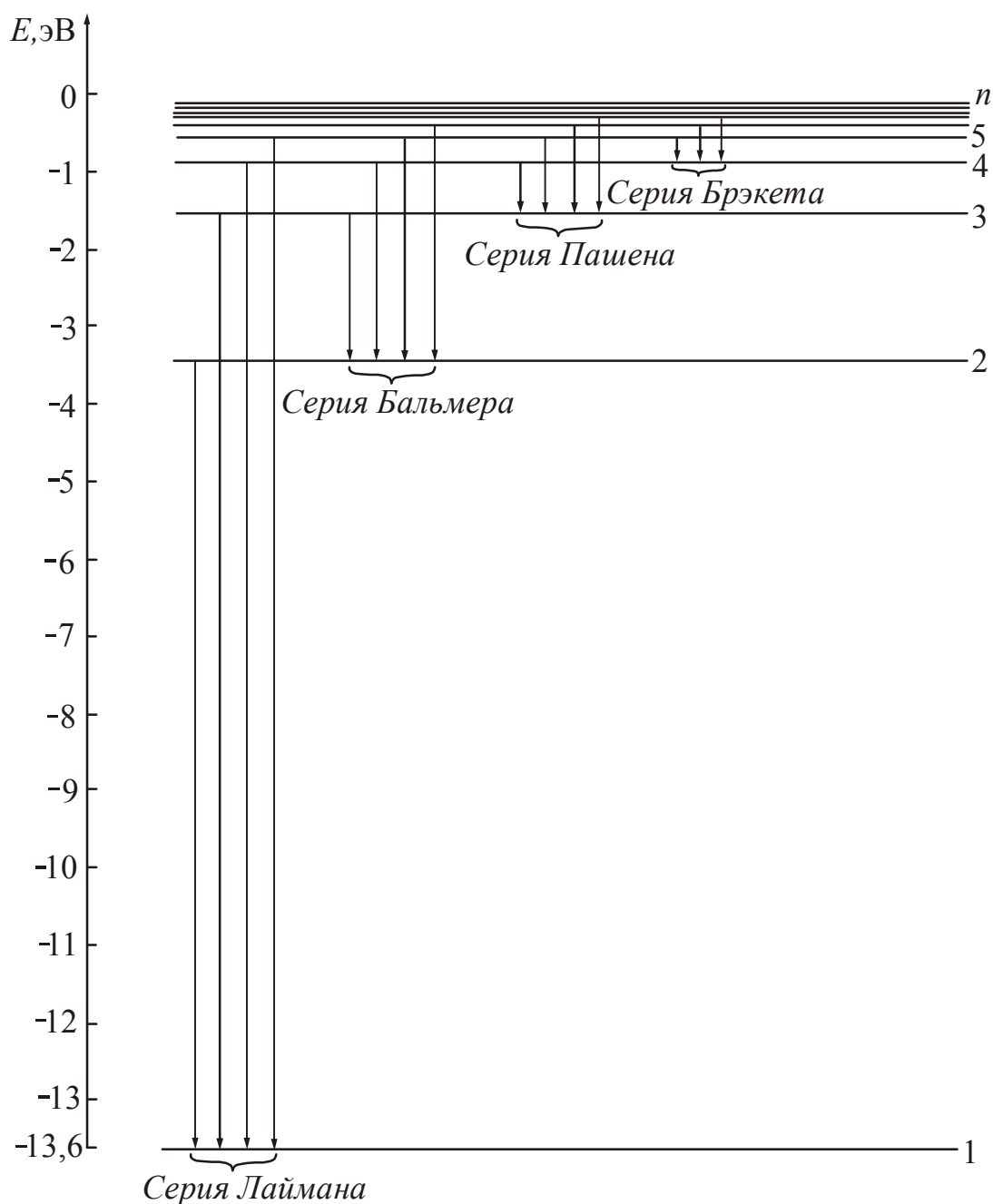


Рисунок 1

## Описание экспериментальной установки

Для изучения оптических спектров используется стеклянно-призменный монохроматор-спектрометр УМ-2, предназначенный для спектральных исследований в диапазоне длин волн от 380 нм до 1000 нм. Оптическая схема спектрометра показана на рисунке 2.

Свет через входную щель 1 попадает на объектив коллиматора и параллельным пучком попадает на диспергирующую призму 3. Входная щель снабжена микрометрическим винтом 2, который позволяет открывать щель на нужную величину для получения достаточной интенсивности линий. Под прямым углом к подающему пучку света помещается входная труба спектрометра, состоящая из объектива 4 и окуляра 5, в фокальной плоскости объектива расположен указатель 8. Поворачивая призменный столик 6 на разные углы относительно падающего пучка при помощи микрометрического винта 7, наблюдают через входную щель различные участки спектра. Микрометрический винт снабжен отсчётным барабаном. Для проведения наблюдений источник света необходимо установить на оптической скамье так, чтобы объектив коллиматора был равномерно освещён.

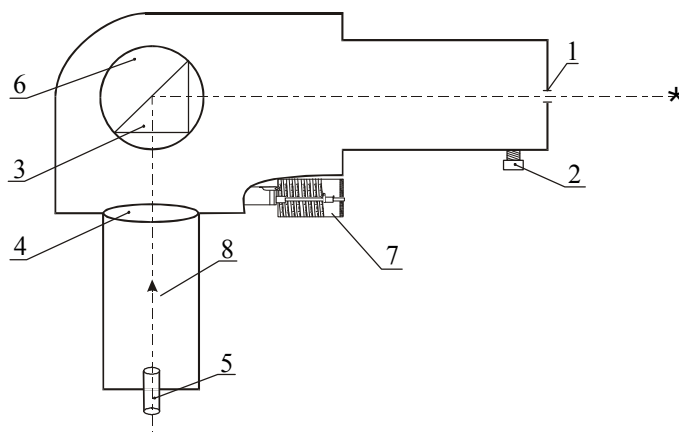


Рисунок 2.

### Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Как произвести градуировку спектрометра? Спектры каких элементов целесообразно для этого использовать?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать постоянную Ридберга. Поясните смысл обозначений. Какие значения примут  $n_i$  и  $n_k$  для каждой наблюдаемой линии?

### Выполнение работы

#### Задание 1. Градуировка спектрометра

Проградуировать спектрометр – значит установить связь между длиной волны наблюдаемой спектральной линии и углом поворота призменного столика.

Градуировка производится по спектрам ртути и неона. Таблица спектральных линий этих элементов приведена на рабочем месте.

Начинать градуировку целесообразно с крайней фиолетовой линии ртути. Для градуировки прибора в красной части спектра следует пользоваться неоновой лампой, спектр которой богат красными линиями.

1. Включить пульт питания в сеть.
2. Включить тумблер сеть. Включить ртутную лампу тумблером «лампа ДРШ» и нажатием кнопки на панели пульта питания.
3. Найти спектральные линии ртути и получить их резкое тонкое изображение.
4. Вращая барабан, последовательно совмещать остриё указателя с каждой линией спектра и производить отсчёт по делениям барабана. Произведя измерения для жёлтых линий ртути, лампу ДРШ выключить.
5. Установить на оптической скамье неоновую лампу и проградировать прибор в красной области спектра.

## Задание 2. Определение постоянной Ридберга

В опытах по измерению длин волн серии Бальмера источником света служит водородная трубка. Следует отметить, что в спектре водородной трубки наряду с линиями атомного спектра наблюдается спектр молекулярного водорода, поэтому поиск нужных линий целесообразно начинать с наиболее интенсивной красной линии  $H_{\alpha}$ , вторая линия  $H_{\beta}$  – зелёно-голубая. В промежутке между ними располагаются несколько красно-жёлтых и зелёных молекулярных полос. Третья линия  $H_{\gamma}$  – синефиолетовая. Перед этой линией расположены две слабые молекулярные полосы синего цвета. Четвёртая линия  $H_{\delta}$  – фиолетовая. Её удаётся найти лишь в некоторых экземплярах водородных трубок.

1. Получить резкое изображение спектра водорода. Произвести отсчёт по барабану для наблюдаемых спектральных линий атомарного водорода.

## Оформление отчёта

### 1. Расчёты

1. Построить градуировочную кривую, откладывая по оси абсцисс показания барабана, а по оси ординат – длину волны спектральных линий.
2. По градуировочной кривой определить длины волн линий водорода.
3. Для каждой из наблюдаемых линий водорода вычислить значение постоянной Ридберга, используя формулу (3).
4. Рассчитать погрешность как для прямых измерений.
5. Найти относительную погрешность измерений. Результат записать в виде:

$$R = \left( R_{\text{ср}} \pm \Delta R \right).$$

### 2. Защита работы

*(ответы представить в письменном виде)*

1. Каково назначение спектрометра?
2. Нарисуйте схему энергетических уровней атома водорода.
3. На схеме энергетических уровней изобразите переходы, соответствующие различным спектральным сериям.
4. Укажите, какие переходы соответствуют минимальной и максимальной длинам волн видимой части спектра атомарного водорода.
5. Сравните полученное значение постоянной Ридберга с табличным. Сделайте вывод.

**ПРОТОКОЛ**  
измерений к лабораторной работе №109

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

| № п/п | Источник света    | Цвет линии     | $\lambda$ , нм | Отсчёт по барабану, $\alpha^\circ$ |
|-------|-------------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| 1     | Ртутная лампа     | фиолетовая     | 404,7          |                                    |
| 2     |                   | фиолетовая     | 407,8          |                                    |
| 3     |                   | синяя          | 433,9          |                                    |
| 4     |                   | синяя          | 434,8          |                                    |
| 5     |                   | синяя          | 435,8          |                                    |
| 6     |                   | голубая        | 491,6          |                                    |
| 7     |                   | голубая        | 496,0          |                                    |
| 8     |                   | зелёная        | 546,0          |                                    |
| 9     | Неоновая лампа    | жёлтая         | 577,0          |                                    |
| 10    |                   | жёлтая         | 579,0          |                                    |
| 11    |                   | жёлтая         | 585,3          |                                    |
| 12    |                   | жёлтая         | 588,2          |                                    |
| 13    |                   | оранжевая      | 594,4          |                                    |
| 14    |                   | оранжевая      | 597,6          |                                    |
| 15    |                   | красно-оранж   | 603,0          |                                    |
| 16    |                   | красно-оранж   | 607,4          |                                    |
| 17    |                   | красно-оранж   | 609,6          |                                    |
| 18    |                   | красно-оранж   | 614,3          |                                    |
| 19    |                   | ярко-красная   | 616,4          |                                    |
| 20    |                   | ярко-красная   | 621,7          |                                    |
| 21    |                   | ярко-красная   | 626,7          |                                    |
| 22    |                   | ярко-красная   | 630,5          |                                    |
| 23    |                   | ярко-красная   | 633,4          |                                    |
| 24    |                   | ярко-красная   | 638,3          |                                    |
| 25    |                   | ярко-красная   | 640,2          |                                    |
| 26    |                   | красная        | 650,5          |                                    |
| 27    |                   | красная        | 653,3          |                                    |
| 28    |                   | красная        | 659,9          |                                    |
| 29    |                   | красная        | 667,8          |                                    |
| 30    |                   | красная        | 671,7          |                                    |
| 1     | Водородная трубка | красная        |                |                                    |
| 2     |                   | зелёно-голубая |                |                                    |
| 3     |                   | сине-фиолет    |                |                                    |
| 4     |                   | фиолетовая     |                |                                    |

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_