

Белорусский государственный университет  
Факультет радиофизики и компьютерных технологий

Лабораторная работа №3  
Спектр атома водорода

Подготовила студентка  
3 курса 2+8 АРИСТ  
Ляховская Елизавета Игоревна

Преподаватель:  
Зезюля Павел Александрович

Минск, 2020

**Цель работы:** для атома водорода определить экспериментально длины волн первых трех спектральных линий ( $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ) в серии Бальмера; вычислить значение постоянной Ридберга

**Краткая теория:**

Изучение атомных спектров послужило ключом к познанию строения атома. Прежде всего было замечено, что линии в спектрах атомов располагаются не беспорядочно, а группируются в так называемые серии. Отчетливее всего это обнаруживается в спектре атома водорода, изображенном на рис. 3.1.



Очевидно, что линии располагаются в определенном порядке в виде серий, а расстояние между линиями в каждой серии закономерно убывает по мере перехода от более длинных волн к более коротким. Швейцарский физик И. Бальмер обнаружил (1885 г.), что длины волн линий водорода могут быть точно представлены формулой

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \quad (3.1)$$

или при переходе от длины волны к частоте

$$\nu = Rc \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right), \quad (3.2)$$

где  $R = 109737 \text{ см}^{-1}$  эмпирическая постоянная, называемая постоянной Ридберга;  $c$  — скорость света в вакууме.

С помощью формул (3.1) и (3.2) можно получить  $\lambda$  или  $\nu$  любой линии в любой серии. Так, если положить  $n_2 = 1$ , а величине  $n_1$  придавать значения 2, 3, 4,... то получим длины волн (частоты) линий в серии Лаймана.

Аналогично, линии остальных серий получаются при следующих значениях  $n_2$  и  $n_1$ :

серия Лаймана:  $n_2 = 1, n_1 = 2, 3, 4 \dots$  (ультрафиолетовая область).

серия Бальмера:  $n_2 = 2, n_1 = 3, 4, 5 \dots$  (видимая область)

серия Пашена:  $n_2 = 3, n_1 = 4, 5, 6 \dots$  (инфракрасная область)

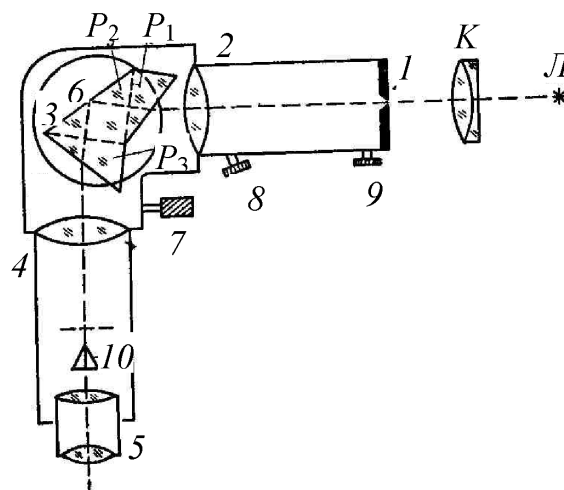
серия Брэкета:  $n_2 = 4, n_1 = 5, 6, 7 \dots$  (инфракрасная область)

серия Пфунда:  $n_2 = 5, n_1 = 6, 7, 8 \dots$  (инфракрасная область)

### Установка:

Схема установки представлена на рис. 1.

Свет от источника  $L$  конденсором  $K$  собирается на входной щели  $1$  монохроматора УМ-2. Входная щель снабжена микрометрическим винтом  $9$ , который позволяет открывать щель на нужную ширину. Обычная рабочая ширина щели равна 0,02 – 0,03 мм. Коллиматорный объектив  $2$  снабжен микрометрическим винтом  $8$ . С помощью винта можно смещать объектив относительно щели при фокусировке спектральных линий различных цветов. Объективом  $2$  излучение источника направляется на сложную призму  $3$ , установленную на поворотном столике  $6$ . Первые две призмы  $P_1$  и  $P_2$  с преломляющими углами  $30^\circ$  изготовлены из тяжелого флинта, обладающего большой дисперсией. Промежуточная призма  $P_3$  сделана из крона. Лучи отражаются от ее гипотенузной грани и поворачиваются на  $90^\circ$ . Благодаря такому устройству дисперсии призм  $P_1$  и  $P_2$  складываются. При помощи микрометрического винта с отсчетным барабаном  $7$  поворотный столик  $6$  вращается вокруг вертикальной оси. На барабан нанесена винтовая дорожка с градусными делениями. Вдоль дорожки скользит указатель поворота барабана. При вращении барабана призма поворачивается, и в центре поля зрения появляются различные участки спектра.



**Практическая часть:**

1. Первые три спектральные линии серии Бальмера ( $n_2 = 2$ ), при  $R = 1,09737 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$

• При  $n_1 = 3$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{36}{5R} = 656 \text{ нм}$$

• При  $n_1 = 4$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{16}{3R} = 486 \text{ нм}$$

• При  $n_1 = 5$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{100}{9R} = 433 \text{ нм}$$

2. Экспериментальное определение длины волны водородных линий  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  в видимой области спектра

волна	цвет	угол поворота барабана, °	$\lambda$ , Å	$\lambda$ , $10^7 \text{ м}$ (практ)	$\lambda$ , $10^7 \text{ м}$ (теор)
$H_\alpha$	красный	2732	6480	6,48	6,56
$H_\beta$	сине-зеленый	1732	4810	4,81	4,86
$H_\gamma$	фиолетовый	1598	4670	4,67	4,33

Таблица 1

3. Вычисления среднего значения Ридберга по значениям, полученным в ходе работы:

$$\frac{1}{R} = \lambda \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

$$R_1 = 1,111 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

$$R_2 = 1,109 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

$$R_3 = 1,019 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

$$\langle R \rangle = 1.0799 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

**Вывод:**

В проведенной лабораторной работе мы экспериментально определили длины волн для атома водорода для первых трех спектральных линий Бальмера. Результаты получились следующие: для красного спектра  $6,48 \cdot 10^7$  м, для сине-зеленого  $4,81 \cdot 10^7$  м, для фиолетового  $4,67 \cdot 10^7$  м. В связи с особенностями установки фиолетовая линия просматривалась плохо, отсюда сильное различие с теоретическими значениями, которые приведены в таблице 1 в 6 столбце. На основании полученных длин волн мы рассчитали постоянную Ридберга  $R_{\text{пр}} = 1,0799 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ . Табличное значение постоянной Ридберга  $R_{\text{т}} = 1,09737 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ . Порядки величин совпадают, следовательно можем сделать вывод, что в работе существенных ошибок допущено не было.