

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 54

## ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА АТОМА ВОДОРОДА

Выполнил студент гр. \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_  
(обязательна после окончания эксперимента)

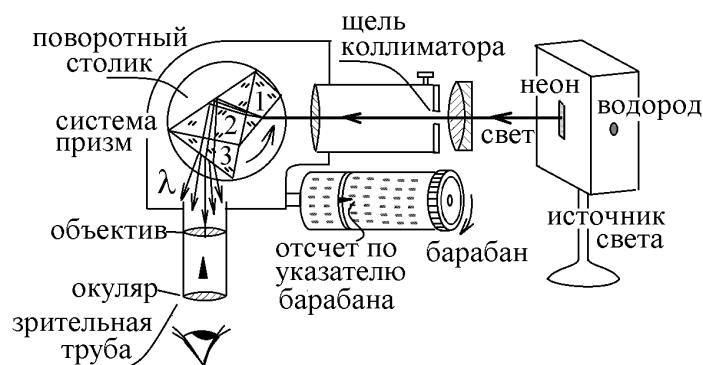
дата \_\_\_\_\_

**Цель работы:** ознакомиться с работой монохроматора, с принципами спектрометрии, измерить длины волн видимого излучения водорода и определить величину постоянной Ридберга.

### Описание установки

Схема монохроматора показана на рисунке. Источником света служат атомы возбужденного электрическим разрядом газа. Линзы коллиматора формируют узкий луч, падающий на систему из трёх призм, закреплённых на поворотном столике. За счет явления дисперсии призмы разделяют этот луч в расходящийся пучок света, повернутый практически на  $90^\circ$  и падающий в объектив зрительной трубы.

Вращение барабана с нанесенными на него цифрами угла поворота за рифленое кольцо поворачивает столик с призмами. В окуляр зрительной трубы наблюдается риска, совмещенная с той линией спектра с длиной волны  $\lambda$ , которая соответствует определённому углу поворота столика, т.е. определённой цифре-отсчету на барабане. На эту цифру будет показывать указатель на барабане, движущийся при его вращении по винтовой линии.



### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием установки и принципом работы монохроматора УМ-2. Перед включением в сеть проверить положение переключателей на блоке питания. Переключатель «СЕТЬ» должен быть в положении «ВЫКЛ».

2. Поместить перед входной щелью монохроматора лампу накаливания, повернув её так, чтобы свет попадал в окошко монохроматора. Перевести переключатель «ЛАМПЫ» в положение «ЛАМПА НАКАЛИВАНИЯ». Включить установку в сеть  $\sim 220$  В, переводя переключатель «СЕТЬ» в положение «ВКЛ». При этом должна загореться сигнальная лампы «СЕТЬ» и зажечься лампа накаливания.

3. Убедиться, что в окуляр монохроматора виден сплошной радужный спектр, создаваемый этой лампой. Найти в поле зрения окуляра риску его указателя и убедиться, что при вращении барабана эта риска смещается вдоль спектра.

4. Перевести переключатель «ЛАМПЫ» в положение «НЕОН». При этом должна зажечься лампа, заполненная неоном.

5. Направляя свет от этой лампы в окошко монохроматора и, медленно поворачивая осветитель, добиться наиболее яркого изображения многочисленных спектральных линий неона в окуляре монохроматора. Различить в спектре неона наиболее яркие линии, длины волн и яркость которых приведены в таблице 1. Величина относительной яркости поможет найти соответствие линий из таблицы 1 и линий спектра неона, видимых в окуляр.

Таблица 1. Длины волн и яркость спектральных линий неона

цвет линии	относит яркость	$\lambda$ , нм	цвет линии	относит яркость	$\lambda$ , нм	цвет линии	относит яркость	$\lambda$ , нм	цвет линии	относит яркость	$\lambda$ , нм
красная	3	668	ярко- красная	5	633	красно- оранж	4	607	зеленая	10	540
	5	660		2	603		5	534			
	5	653		2	598		3	533			
	6	651		3	594	2	514				
ярко- красная	10	640		5	616	4	588	1		508	
	10	638	красно- оранж	5	614	10	585	2	503		
				3	610	3	576	голубая	5	483	

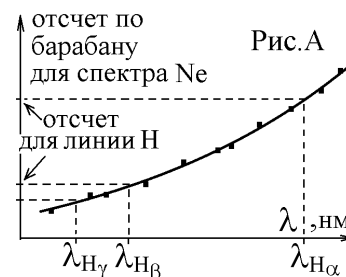
6. Произвести градуировку монохроматора. Градуировку начать с коротковолновой части спектра неона. Для этого, вращая измерительный барабан, совместить с риской, видимой в окуляре голубую линию спектра неона и записать в таблицу 2 значение угла поворота на измерительном барабане, находящееся против указателя. Данные первых трёх колонок таблицы 2 взять из таблицы 1.

7. Провести аналогичные измерения для других 10-12 хорошо видимых в окуляре монохроматора линий спектра неона, записывая измеренные значения угла поворота барабана в таблицу 2 и, в соответствии с таблицей 1, заполняя её первые три колонки.

Таблица 2 (длины волн линий в спектре неона)

Цвет линии	Относительная яркость	Длина волны, нм	Угол поворота барабана

8. Построить градуировочный график монохроматора (рис.А), т. е. зависимость отсчёта угла поворота на барабане от длины волны излучения неона.



9. Установить перед входной щелью монохроматора водородную лампу, повернув её так, чтобы свет попадал в окошко монохроматора.

10. Вращая барабан, совместить видимую в окуляре риску с наиболее интенсивной красной линией  $H_{\alpha}$  практически на самой границе красного

спектра. Измерить положение указателя на барабане в делениях и занести в таблицу 3.

11. Вторая линия  $H_{\beta}$  - зелено-голубая (в промежутке между  $H_{\alpha}$  и  $H_{\gamma}$  располагается множество красно-желтых и зеленых сравнительно слабых и размытых молекулярных полос). Совместить эту линию с риской окуляра и занести показания измерительного барабана в делениях в таблицу 3.

12. Третья линия  $H_\gamma$  - видна как тёмно-фиолетовая. Перед этой линией располагаются две слабые размытые молекулярные полосы фиолетово-синего цвета. Измерить по барабану положение этой линии и занести в таблицу 3.

Таблица 3.

Переход серии Бальмера	Обозначение линии	Угол поворота измерительного барабана	Длина волны, нм	Постоянная Ридберга $R, \text{м}^{-1}$
$n = 3 \rightarrow n' = 2$	$H_\alpha$			
$n = 4 \rightarrow n' = 2$	$H_\beta$			
$n = 5 \rightarrow n' = 2$	$H_\gamma$			
$\langle R \rangle = \quad \text{м}^{-1}; \quad \hbar = \quad \text{Дж} \cdot \text{с}$				

13. По построенному в пункте 8 градуировочному графику перевести показания измерительного барабана для каждой из трех линий серии Бальмера в длину волны  $\lambda$  в нм, как это показано на рисунке А. Записать их в таблицу 3.

14. По формуле  $R = \frac{1}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)^{-1}$ , где  $n=3,4,5$ .

вычислить для каждой линии постоянную Ридберга  $R$ . Не забудьте все вычисления производить в СИ. Вычислить и записать среднее значение  $\langle R \rangle$ .

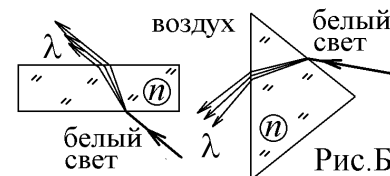
15. По формуле  $\hbar = \frac{e}{4\pi} \sqrt{\frac{m_e e}{c \epsilon_0 \langle R \rangle}}$  вычислить постоянную Планка  $\hbar$ . При вычислении принять

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.

16. Сравнить полученные значения  $\langle R \rangle$  и  $\hbar$  с табличными значениями.

#### Контрольные вопросы к лабораторной работе № 54

1. Сформулируйте квантовый постулат Бора и сделайте с его помощью вывод формулы для энергии электрона в атоме водорода.
2. Что называется основным и возбужденным состоянием электрона? Сколько возбужденных состояний может быть у электрона в атоме водорода?
3. Сделайте вывод формул для частот и длин волн излучения водорода.
4. Что называется постоянной Ридберга?
5. Что называется спектральными сериями Лаймана, Бальмера, Пашена, Брэкета? Линии каких серий видны в спектре водорода, а каких нет, и почему?
6. В чем заключается явление дисперсии света?
7. Луч белого света падает из воздуха на плоскопараллельную пластинку и на призму, изготовленные из прозрачного материала с большой дисперсией. В каком порядке следуют цвета спектра для лучей, прошедших через эти тела (см. рисунок Б)?
8. Объясните назначение элементов монохроматора, и принцип его действия.
9. Как построить градуировочный график монохроматора, и для чего он нужен в данной работе?



10. Сделайте вывод формулы  $\lambda_{n \rightarrow n'} = \frac{2\pi c}{\omega_{n \rightarrow n'}} = \frac{1}{R} \cdot \left| \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right|^{-1}$  и с её помощью вычислите теоретические значения длин волн трёх видимых линий в серии Бальмера спектра водорода и сравните их с теми, которые были получены в работе. Чем может объясняться их различие?
11. Сделайте вывод формулы, по которой в работе вычисляется постоянная Планка.

Теоретические сведения к данной работе можно найти в учебных пособиях:

1. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х тт. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2008. - : Т. 3: §§21-22, 29.
2. Колмаков Ю.Н., Пекар Ю.А., Лежнева Л.С., Семин В.А. Основы квантовой теории и атомной физики, - изд. ТулГУ. 2010, гл.3 §§2,4.