

Лабораторная работа №19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ РИДБЕРГА

Приборы и принадлежности:

Монохроматор УМ-2, ртутная и водородная трубки с источниками питания.

Введение

Вся совокупность наших сведений об оптических явлениях свидетельствует, что излучение света обусловлено процессами, в которых принимают участие электроны, входящие в состав атома. Излучение света атомом подчиняется квантовым законам, в основу которых положены два постулата Бора:

1. Атом характеризуется известными состояниями, в которых излучение не имеет места, даже если заряженные частицы атома находятся во взаимном движении. Эти состояния можно назвать стационарными, момент количества движения электронов на которых удовлетворяет условию:

$$m v r = n \hbar \quad (1)$$

где m – масса электрона, v – модуль линейной скорости электрона, r – радиус орбиты электрона, n – номер стационарной орбиты ($n = 1, 2, \dots$), \hbar – постоянная Планка.

2. Всякое излучение или поглощение энергии атомом должно соответствовать переходу из одного стационарного состояния в другое. При таких переходах испускается или поглощается монохроматическое излучение, частота которого ν определяется соотношением:

$$h\nu = E_n - E_m \quad (2)$$

$$\hbar\omega = E_n - E_m$$

где E_n и E_m – это энергии системы в первом и во втором стационарных состояниях, h – постоянная Планка, ν и ω – линейная и циклическая частота электромагнитного излучения.

Последовательно применяя постулаты Бора к излучению атома водорода, можно показать, что линии в спектре атома водорода укладываются в простое соотношение:

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad (3)$$

где $\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ – волновое число (величина, обратная длине волны λ), измеряемая в обратных сантиметрах (см^{-1}), R – постоянная Ридберга, n и m – квантовые числа, принимающие целочисленные значения, причем всегда $m > n$.

Соотношение (3) было получено опытным путем *Бальмером* при $n = 2$, а $m = 3, 4, \dots$, впервые исследовавшим видимую область спектра атома водорода. Позднее было показано, что линии водорода, лежащие в ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра, также укладываются в аналогичные формы, а именно: серия *Лаймана* (в далекой ультрафиолетовой области) в формулу:

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad \text{при } n = 1 \quad m = 2, 3, \dots,$$

серия *Пашена* (в близкой инфракрасной области) в формулу:

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad \text{при } n = 3 \quad m = 4, 5, \dots,$$

серия *Брекетта* (в более удаленной инфракрасной области)

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad \text{при } n = 4 \quad m = 5, 6, \dots,$$

серия *Пфунда* (ещё дальше в инфракрасной области)

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad \text{при } n = 5 \quad m = 6, 7, \dots$$

Формулу (3), описывающую все наблюдаемые линии в спектре атома водорода, называют обобщённой формулой Бальмера.

Целью настоящей работы является определение постоянной *Ридберга R* измерением длин волн в видимой области спектра атома водорода при использовании формулы Бальмера.

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right), \text{ при } n = 2 \quad m = 3, 4 \quad (4)$$

Видимая часть линейчатого спектра водорода (серия Бальмера) состоит из ряда линий, наиболее яркими из которых являются следующие четыре: красная H_{α} ($m=3$), голубая H_{β} ($m=4$), фиолетовые H_{γ} ($m=5$), H_{δ} ($m=6$).

Описание установки и методика измерений

Для получения линейчатого спектра атома водорода в работе используется монохроматор УМ- 2. Схема установки и ее общий вид изображены на рис.2, 3.

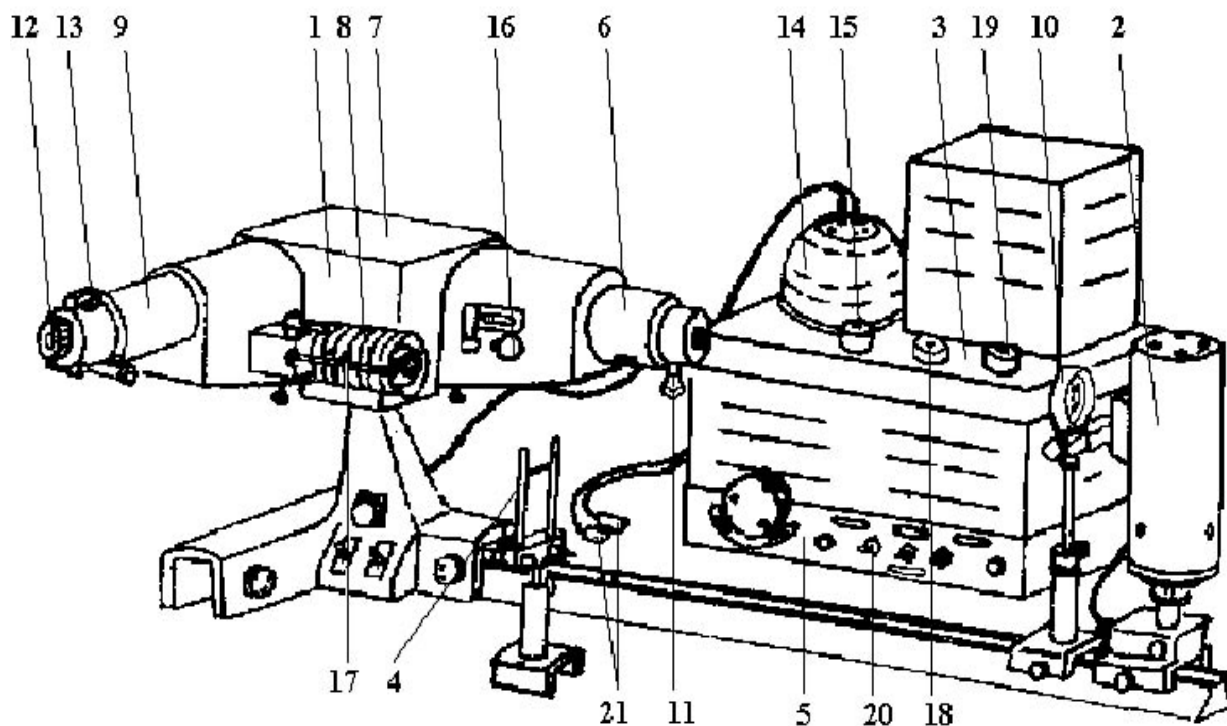


Рис. 2. Схема установки

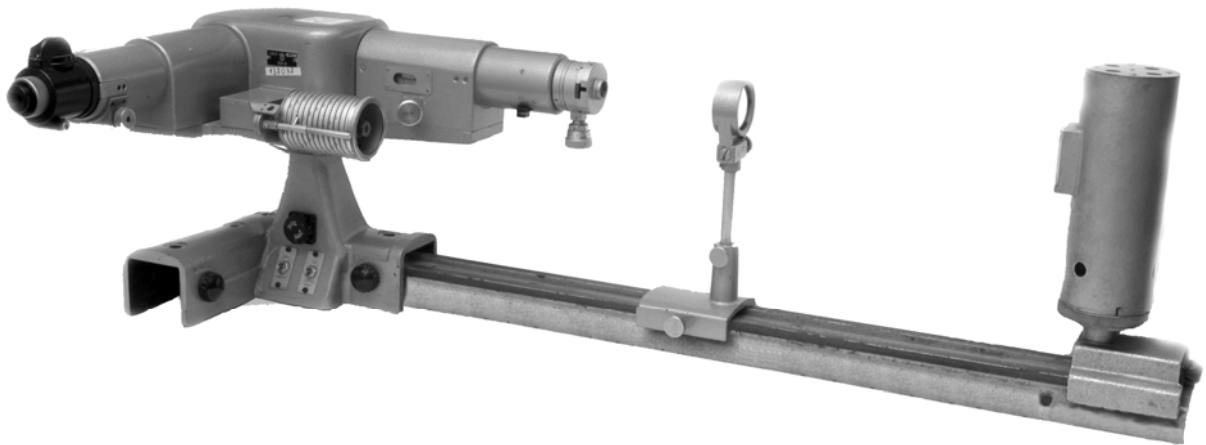


Рис. 3. Общий вид лабораторной установки

Она состоит из монохроматора 1, ртутной лампы 2 с пускателем 3 и водородной лампы 4 с блоком питания 5.

Основными частями монохроматора являются коллиматор 6, призмный столик 7 с поворотным механизмом 8 и выходная труба 9.

Свет от источника фокусируется конденсором 10 на щели коллиматора, ширина которой регулируется винтом 11.

При этом источник, конденсор и щель должны быть расположены соосно. Далее свет, проходя через диспергирующую систему призмного столика 7, разлагается в спектр, и отдельные его участки могут быть введены в поле зрения выходной трубы 9 поворотным механизмом 8. Наблюдение за спектром осуществляется через окуляр 12 выходной трубы. В фокальной плоскости выходной трубы 9 имеется указатель, резкого изображения которого на фоне спектра добиваются поворотом окулярного барабана 12. Указатель освещается лампочкой через сменные светофильтры в револьверной оправе 13, которая питается от трансформатора 14 пускового устройства 3 через выключатель 15. Для получения резкого изображения линий спектра в фокальной плоскости выходной трубы 9 в монохроматоре предусмотрено фокусирующее устройство, вращая барабан 16 которого, можно сфокусировать любую линию спектра. Таким образом, совместив указатель выходной трубы с соответствующей

линией спектра вращением поворотного механизма 8, можно зафиксировать положение линии в спектре по шкале поворотного механизма против индекса 17, скользящего по спиральной канавке. Вид шкалы поворотного механизма представлен на рис.4.

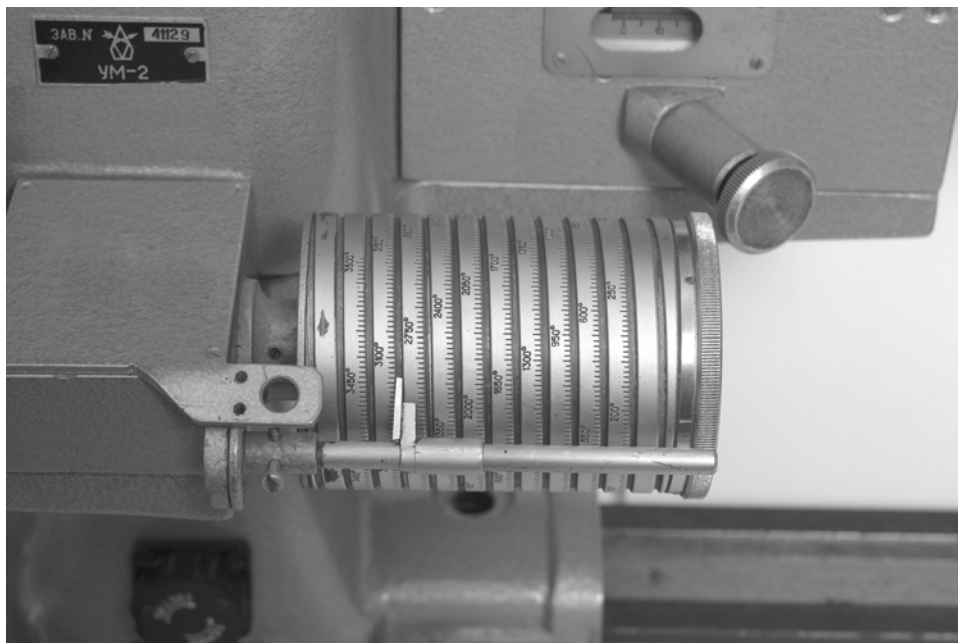


Рис. 4. Вид шкалы поворотного механизма

Прежде чем измерить длины волн нужных линий в спектре водорода, необходимо сделать градуировку монохроматора по известному спектру ртути. Для этого перед конденсором 10 (рис.2) помещают ртутную лампу 2 и подключают её к пусковому устройству 3. Подав напряжение 220 В на пусковое устройство 3, зажигают лампу нажатием кнопки 18, предварительно поставив выключатель 19 в положение "включено". Устанавливают ширину щели порядка 0,01 – 0,02 (мм) поворотом винта 11, получают резкое изображение указателя и линий ртутного спектра в фокальной плоскости выходной трубы 9 по выше описанной методике и приступают к определению положения по шкале поворотного механизма 8 против индекса 17. Для градуировки монохроматора достаточно найти положение самых ярких линий спектра ртути, значение длин волн которых даны в таблице 1. С тем, чтобы обеспечить более

точное построение градуировочного графика, линии спектра ртути необходимо подводить к указателю всегда с одной стороны, либо слева, либо справа. Полученные данные используют для построения градуировочной кривой монохроматора, откладывая по оси абсцисс показания по шкале поворотного механизма, а по оси ординат соответствующее им значения длин волн линий ртути.

Таблица 1

Спектр ртути

№ п/п	Длина волны (Å)	Цвет	Яркость
1	6907	темно-красный	Средняя
2	6716	Темно-красный	Слабая
3	6234	Красный	Средняя
4	6123	Красный	Слабая
5	6073	Красно-оранжевый	Слабая
6	5790,7	Желтый	Яркая
7	5769,6	Желтый	Яркая
8	5460,7	Зеленый	Очень яркая
9	4960	Голубо-зеленый	Средняя
10	4916,4	Голубо-зеленый	Средняя
11	4358,3	Синий	Очень яркая
12	4347,5	Синий	Средняя
13	4339	Синий	Средняя
14	4078,1	Фиолетовый	Средняя
15	4046,8	Фиолетовый	Яркая

Для измерения длин волн линий в спектре атома водорода необходимо перед щелью монохроматора поставить водородную лампу 4 (см. рис. 2), соединить её с блоком питания 5 при помощи штучеров 21 и подключить блок

питания к сети 220 В. Лампа включается выключателем 20. Внешний вид лабораторной установки для изучения спектра водорода представлен на рис. 5.

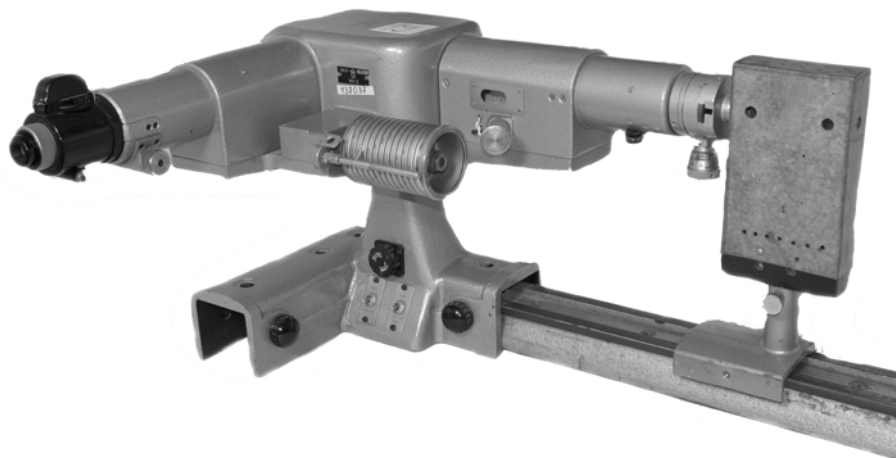


Рис. 5. Вид установки для изучения спектра водорода

Положение линий спектра водорода по шкале поворотного механизма 8 необходимо определять так, как это было сделано для линий спектра ртути. Начинать поиск нужных линий надо с красной H_α интенсивной линии водорода. Её легко найти и она не может быть спутана с молекулярными полосами в спектре. Вторая линия H_β – зелено-голубая. В промежутке между H_α и H_β лежит ряд красно-желтых молекулярных полос, слабых по сравнению с обеими нужными линиями. Перед линией H_β лежат еще слабые, размытые темно-зеленые молекулярные полосы. Третья линия H_γ – фиолетовая. Этой линии предшествуют еще слабые, размазанные фиолетовые полосы. Определив положение указанных линий водорода по шкале поворотного механизма, находят значения их длин волн по градуировочному графику. Найденные значения длин волн (λ_α , λ_β , λ_γ) линий водорода позволяют по формуле (4) найти значение постоянной Ридберга для каждой из них.

Порядок выполнения работы

Работу нужно выполнять в следующей последовательности:

1. Тщательно ознакомиться с описанием установки и методикой измерения на ней.
2. Зажечь ртутную лампу, сфокусировать её спектр излучения и указатель окуляра в фокальной плоскости выходной трубы.
3. Произвести измерения положения основных линий (указанных в таблице) спектра ртути по шкале поворотного механизма и представить их в виде таблицы.
4. Построить градуировочный график монохроматора по данным пункта 3, выбрав для этого подходящий масштаб.
5. Зажечь водородную лампу и определить положение линий (H_α , H_β , H_γ) спектра водорода по шкале поворотного механизма монохроматора.
6. Пользуясь градуировочным графиком и данными пункта 5, найти длины волн (λ_α , λ_β , λ_γ) соответствующих линий водорода, и по формуле (4) вычислить постоянную Ридберга для каждой из них.
7. Найти среднее значение постоянной Ридберга и оценить погрешность в её определении.

Литература

1. С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. Курс общей физики // СПб.: Издательство "Лань", 2006, т.3, §§ 341, 342.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики // М.: Физматлит, Издательство МФТИ, 2002, т.5, §§ 26-30, 33.