Министерство науки и
высшего образования
Российской Федерации

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

А.В. Демин, О.В. Денисова

Изучение спектра водорода и определение константы Ридберга

Электронный текстовый ресурс

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Атомная физика» для студентов всех форм обучения. Направления: 23.03.01 «Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах», 14.03.03 «Физика кинетических явлений», 14.03.05 «Ядерные и энергетические установки», 22.01.00 «Системный анализ и управление», 20.04.02 «Инженерное дело в медико-биологической практике», 14.03.07 «Радиационная безопасность человека и окружающей среды», 20.03.00 «Биомедицинская инженерия», 23.02.00 «Информационные системы», 14.03.06 «Электроника и автоматика физических установок», 01.06.00 «Прикладные математика и физика» 14.03.02 «Физика атомного ядра и частиц»

Позволяют визуально наблюдать спектр атомарного водорода на фоне его молекулярного спектра и экспериментально определить постоянную Ридберга. Содержат теоретическую, экспериментальную части и вопросы для самоконтроля.

Подготовлено кафедрой «Теоретической физики и прикладной математики»

Екатеринбург
2021

Цель работы: определение константы Ридберга по экспериментально измеренным длинам волн серии Бальмера в спектре излучения атома водорода, наблюдаемых на фоне его молекулярного спектра.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Теоретическое описание **3**

Введение 3

Закономерности в спектрах атомов 4

Виды спектров 4

Закономерности в спектре излучения атома водорода 5

Теория Бора атома водорода 6

Энергетические уровни 6

Спектральные серии 10

Применение теории Бора к другим атомным системам 11

Экспериментальная часть **12**

Экспериментальное наблюдение серии Бальмера 12

Лабораторная установка 12

Источник излучения ДВС-25 14

Порядок выполнения лабораторной работы 15

Подготовка таблицы экспериментальных данных 15

Порядок включения лабораторной установки 16

Измерение длины волны H_α и экспериментальное определение постоянной Ридберга ... 16

Экспериментальное определение длин волн линий H_β, H_γ,, H_δ 17

Выключение установки 18

Приложение. Монохроматор МУМ **18**

Контрольные вопросы **21**

Рекомендованная литература **21**

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Введение

В 1913 году в 26 –ом томе журнала “Philosophical Magazine” вышла статья Нильса Бора “О строении атомов и молекул”. Это событие стало поворотным пунктом в развитии атомной физики и квантовой теории.

К этому времени в физике сложилась ситуация, когда стало очевидно, что классическая электродинамика неспособна объяснить экспериментальные факты о закономерностях спектральных линий атомов, полученных Бальмером, Ритцем и Ридбергом. С другой стороны, Планком уже была предложена квантовая природа излучения абсолютно черного тела и были опубликованы опыты Резерфорда, указывающие на планетарную модель атома. Т.е. сложились предпосылки для возникновения теории строения атома, объединяющей классическую электродинамику и квантовую физику.

Квантовые идеи, “захватившие” Бора, позволили ему создать такую теорию, и в 1922 г. он был удостоен Нобелевской премии по физике “За заслуги в изучении строения атома”.

Теория атома водорода, предложенная Бором, с которой вы ознакомитесь в данной лабораторной работе, была лишь первым шагом в познании атомных явлений, но она имела историческое значение. Бор своей теорией открыл путь квантовой механике, которая, несмотря на сложность своего математического аппарата, способна дать точную и полную интерпретацию атомных спектров.

Хотя теория Бора водорода и имела недостатки, но она позволила объяснить многие экспериментальные факты:

- рассчитать размер атома водорода и его потенциал ионизации,
- получить связь постоянной Ридберга с другими фундаментальными константами,
- объяснить экспериментально обнаруженные закономерности спектральных линий атома водорода.

Закономерности в спектрах атомов

Виды спектров

Наблюдаемые спектры излучения бывают трех типов: сплошные, полосатые и линейчатые (Рис. 1).

В линейчатых спектрах, характерных для излучения изолированных атомов и ионов, отдельные линии совершенно разделены, и их расположение не имеет очевидной закономерности, хотя их можно связать в небольшие группы – серии.

Полосатые спектры излучаются молекулами и имеют вид полос, кажущихся непрерывными, но на самом деле, состоящих из плотно расположенных групп множества отдельных линий [1].

Сплошные спектры не имеют линейчатой структуры даже в приборах высокой разрешающей силы, примером может служить тепловое излучение.

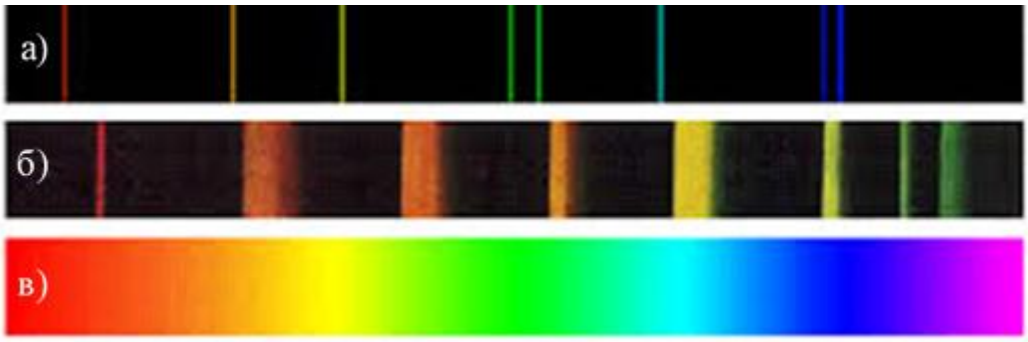

Рис. 1. Пример спектров: линейчатый (а), полосатый (б), сплошной (в).

Атом каждого химического элемента дает характерное только для него распределение интенсивности излучения по частотам - спектр, и таким образом атом можно отождествить по испускаемому им свету. Так химический элемент гелий был открыт в спектре излучения Солнца, еще до того, как его выделили химическим способом на Земле.

На практике, чтобы получить спектр атома, иона или молекулы одного и того же элемента нужно создать определенные условия. Если в парах некоторого химического элемента поддерживается дуговой или тлеющий разряд, то излучение вызывается нейтральными атомами, а в случае искрового разряда в этих же парах излучают ионизированные атомы – ионы. Важно

отметить, что спектр нейтрального атома отличается от спектра его положительного иона.

Закономерности в спектре излучения атома водорода

Как уже говорилось ранее, к моменту возникновения теории Бора был накоплен богатый экспериментальный материал спектров излучения атомов. Наиболее простые закономерности естественно наблюдались в спектре самого легкого элемента, водорода (рис.2).

Рис. 2. Спектральные серии в спектре излучения атома водорода.

Бросается в глаза регулярность в расположении линий, они легко группируются в серии, причем ближе к границе серии линии сгущаются и наблюдается уменьшение их интенсивностей.

Одной из первых была изучена серия в видимой части спектра, серия Бальмера, и с высокой точностью измерены длины волн четырех ее линий: H_α (6563 Å), H_β (4861 Å), H_γ (4340 Å), H_δ (4102 Å).

Своим названием эта серия обязана швейцарскому учителю математики Иоганну Бальмеру, убежденному последователю учений Пифагора, полагавшему, что законы природы можно свести к дискретному набору чисел. Ему удалось выявить закономерность в расположении линий этой серии и получить эмпирическую формулу, связывающую длину излучения в ангстремах с набором целых чисел *k*:

$$\lambda = 3645{,}6\frac{k^2}{k^2-4}\ \text{Å} \qquad (1)$$

Подставляя вместо k целые числа 3, 4, 5… можно с большой точностью получить длины волн последовательных линий серии Бальмера в спектре водорода, начиная с H_α.

Позднее шведский физик Ридберг заметил, что более удобным будет записать выражение не для длин волн излучения λ, а для волновых чисел $\bar{\nu}$ величин, обратных длине волны $\bar{\nu} = 1/\lambda$. Таким образом после многократных переписываний остановились на таком виде формулы, которой удовлетворяли все известные на тот момент линии водорода во всех экспериментально наблюдаемых сериях при соответствующей подстановке целых чисел k и n, (для серии Бальмера n=2):

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right) \qquad (2)$$

Константа $R = 4 / 3645{,}6 = 1{,}09753$ Å^{-1}, входящая в это выражение, естественно возникшая из формулы Бальмера (1), была названа постоянной Ридберга в честь ученого, который ее ввел.

В последствии другой ученый, физик, математик, – Ритц указал на тот факт, что каждый член, входящий в формулу (2), имеет как бы самостоятельное существование и из различных комбинаций этих членов (термов), относящихся к различным сериям, получаются частоты других линий спектра, это так называемый комбинационный принцип Ритца.

Объединяя этот принцип с идеей световых квантов Эйнштейна и моделью атома Резерфорда, Бор и пришел к идее дискретных энергетических состояний атома и предположил, что излучение является результатом скачкообразного перехода между этими состояниями.

Теория Бора атома водорода

Энергетические уровни

Прежде чем приступить к выводу формулы для спектральных линий атома водорода в теории Бора, напомним, что на тот момент Резерфордом экспериментально было доказано, что атом “состоит из центрального электрического заряда, сосредоточенного в точке и окруженного

сферическим распределением противоположного электричества равной величины” (Резерфорд, “Рассеяние α- и β-лучей и строение атома”, 1911 г.)

Из опытов Резерфорда по рассеянию α-частиц следовало, что закон Кулона применим вплоть до 10^{-12} см, в то время как размеры атома оценивались порядка одного ангстрема, (1Å=10^{-8} см). Поэтому Бор был уверен, что взаимодействие между электроном и ядром в атоме подчиняется закону Кулона и воспользовался решением задачи Кеплера о движении двух тел, т.к. потенциалы взаимодействия U, Кулоновский и гравитационный, одинаково зависят от расстояния r (U~1/r).

Однако для атомов Бор ввел ограничения на движения, выражающиеся следующими постулатами, идущими вразрез с классической электродинамикой [2]:

Постулат 1. В атоме электрон движется по некоторым стационарным круговым орбитам без излучения, причем разрешены орбиты только с таким радиусом r, на которых момент количества движения электрона, равен целому значению n величины $h/2\pi$.

$$mvr = n\frac{h}{2\pi} \tag{3}$$

где υ- скорость движения электрона, m=9,109·10^{-31} кг масса покоя электрона, h=6,647·10^{-34} Дж·с – постоянная Планка.

Постулат 2. Излучение осуществляется атомом при переходе электрона из одного из стационарного состояния с большей энергией E_k, в другое стационарное состояние с меньшей энергией E_n, причем энергия кванта излучения $h\nu$ равняется разности этих энергий:

$$E_k - E_n = h\nu \tag{4}$$

Рассматривая атом водорода как систему, состоящую из точечного ядра (массы M, заряда $+Ze$) и отрицательно заряженного электрона (массы m, заряда $-e$), взаимодействующих по закону Кулона, Бор “пришел” к классической задаче двух тел (здесь Z-атомный номер элемента, введен для общности, для водорода Z=1, e=1,6·10^{-19} Кл - элементарный заряд).

Переход в систему центра инерции позволяет свести задачу двух тел (электрон – ядро) к движению одной частицы в центрально симметричном поле. При этом частица как-бы обладает массой m', так называемой приведенной массой:

$$m' = \frac{Mm}{M+m} = \frac{m}{1+m/M} \tag{5}$$

В дальнейшем, считая массу ядра бесконечно большой по сравнению с массой электрона, что вполне оправдано, т. к. m/M≈1/1800<<1, центр инерции системы ядро-электрон можно “поместить” на ядро и в расчетах вместо приведенной массы использовать массу электрона $\lim_{M\to\infty} m' = m$.

Для нахождения возможных энергий электрона в стационарных состояниях E_n и расчета частот излучения можно записать систему уравнений, одно из которых – математическая формулировка второго закона Ньютона для электрона на круговой орбите в центрально-симметричном поле Кулоновского потенциала, а второе – условие квантования механического момента электрона, постулированное Бором (3). В системе СГС эта система уравнений выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{Ze^2}{r^2} = m \cdot \frac{\upsilon^2}{r} \\ m\upsilon r = n\frac{h}{2\pi} \end{cases} \tag{6}$$

Решив систему (6), можно получить выражения для радиуса круговых орбит r и скоростей υ в зависимости от числа n:

$$r_n = \frac{h^2}{4\pi^2 mZe^2} n^2 \tag{7}$$

$$\upsilon_n = \frac{2\pi Ze^2}{h}\frac{1}{n} \tag{8}$$

Полная энергия электрона на орбите, равная сумме кинетической и потенциальной энергий, с учетом выражений (7) и (8) запишется в виде:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 me^4}{h^2} Z^2 \frac{1}{n^2} \tag{9}$$

где n – целое число, которое может принимать любое из значений от единицы до бесконечности, называют главным квантовым числом.

Формула (9) позволяет рассчитать значения энергии E_n атома, соответствующие различным значениям главного числа n, и построить диаграмму энергетических состояний, для атома водорода она приведена на Рисунке 3.

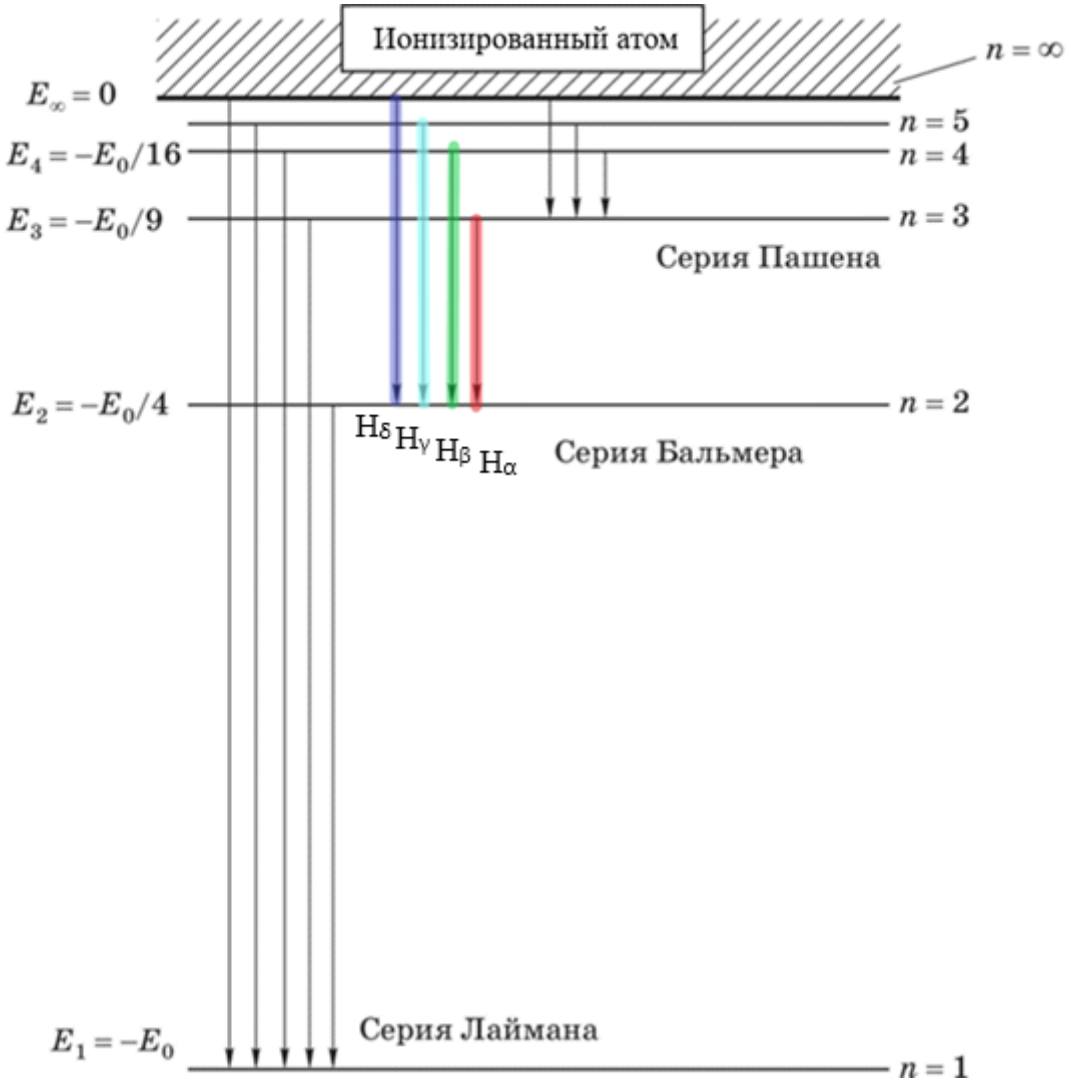

Рис. 3. Диаграмма состояний атома водорода по Бору.

На диаграмме справа приведены главные квантовые числа n, а слева – соответствующие энергии атома водорода E_n. В нормальном, невозбужденном состоянии, электрон находится на низшем энергетическом уровне (n=1 с энергией E_1). Это так называемое *основное состояние*, в котором без внешнего воздействия электрон может находиться сколь угодно долго, не испуская при этом энергии.

“Возбуждение” возникает при поглощении электроном энергии извне и переходе на вышележащий, так называемый возбужденный уровень, с n>1. Из

возбужденного состояния, время пребывания на котором ограничено, электрон “скачком” возвращается в основное состояние, излучая при этом квант энергии в соответствии с постулатом Бора (4). Причем переход в основное состояние может осуществиться как напрямую, так и через промежуточные разрешенные состояния, и при каждом из этих переходов согласно Бору (4) излучится своя энергия. На диаграмме (Рис.3) стрелками обозначены возможные переходы, подписанные в соответствии с экспериментально наблюдаемыми сериями в спектре атома водорода.

Как можно заметить, значения энергии атома водорода отрицательные, и нулевой энергии соответствует состояние с $n=\infty$, последнее из возможных, когда электрон еще связан с атомом.

Все положительные значения энергии на диаграмме соответствуют случаю, когда электрон отрывается от атома, становится свободным и может теперь иметь любые (не дискретные) значения энергий, а атом, потерявший электрон, превращается в положительно заряженный ион. Разницу энергий между состояниями с $n=1$ и $n=\infty$ можно считать энергией ионизации атома E_0, для водорода она равна 13,6 эВ.

Спектральные серии

Возвращаясь к теоретическому выводу формулы для частот, излучаемых атомом водорода, запишем постулат Бора (4), подставив значения уровней энергии n и k, причем k - начальное состояние, n –конечное ($n<k$):

$$h\nu_{k\ \to n} = E_k - E_n = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2} Z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right) \qquad (10)$$

Окончательно для волновых чисел, используя их связь с частотой, формула (10) перепишется в виде:

$$\bar{\nu}_{k\ \to n} = \frac{\nu_{k\ \to n}}{c} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} Z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right), \qquad (11)$$

где $\boldsymbol{c}$ = 2,99 10^{10} см/с – скорость света в вакууме.

Данная формула (11) по виду полностью совпадает с эмпирически полученной формулой Ритберга-Ритца (2), и более того множитель, стоящий перед скобками в (11) при подстановке всех констант (СГС) и с учетом

атомного номера водорода (Z=1), численно совпадает с уже известной постоянной Ридберга R_∞:

$$\frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} = 109737{,}303 \cdot \text{см}^{-1} = R_\infty \qquad (12)$$

Знак бесконечности у постоянной Ридберга указывает на то, что в расчете масса ядра полагалась бесконечно большой (5).

Тот факт, что удалось связать постоянную Ридберга, подобранную до этого эмпирически, с уже известными фундаментальными константами (12), убедительно указывал на справедливость теории Бора.

Кроме того, формула (11) включала в себя не только уже известные серии Бальмера (n=2) и Пашена (n=3), но и предсказывала появление новых серий – Лаймана (n=1), Бреккета (n=4) и Пфунда (n=5) (Рис. 3), обнаруженных впоследствии экспериментально.

Применение теории Бора к другим атомным системам

Бор справедливо предположил, что решение, полученное для атома водорода, можно обобщить на случай водородоподобных ионов – систем, где ядро взаимодействует всего с одним электроном. Пример таких систем – однократно ионизованный гелий He^+, двукратно ионизованный литий Li^{++}, трехкратно ионизованный бериллий Be^{+++}. Их спектры можно описать, подставив в формулу (11) соответствующий атомный номер элемента Z.

Теория Бора, применима в первом приближении также к излучению щелочных металлов, для которых можно считать, что один внешний электрон взаимодействует с ядром, экранированным электронами внутренних, ближайших к ядру оболочек. Учет экранирования приводит лишь к замене в формулах истинного заряда ядра Z на эффективный заряд Z_{eff}, меньшей величины. Так, например, для натрия Z=11, Z_{eff}=3,55.

Кроме того, характеристическое рентгеновское излучение, возникающее в многоэлектронном атоме при удалении электрона с внутренней оболочки, тоже может быть объяснено в рамках теории Бора, в частности экспериментальный закон Мозли.

Теория Бора способна объяснить и так называемый изотопический сдвиг – незначительное расхождение положений спектральных линий для разных изотопов одного и того же химического элемента, так как частоты излучения строго говоря зависят от массы ядра (5), напомним, что в конечных формулах везде вместо массы электрона m должна стоять приведенная масса m'.

Обобщив все вышесказанное, подытожим, что хотя теория Бора и основывается на “искусственных” постулатах и не пригодна для расчета любых многоэлектронных атомов и интенсивностей спектральных линий, тем не менее в силу своей простоты и наглядности она используется, позволяя в некоторых случаях, не усложняя математически задачу, получить решение согласующее с экспериментом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальное наблюдение серии Бальмера

Целью данной лабораторной работы является экспериментальное наблюдение серии Бальмера в спектре излучения атома водорода и на основе этих наблюдений определение постоянной Ридберга.

Основная особенность данной работы состоит в том, что линии излучения атома водорода наблюдаются на фоне его молекулярного спектра, что с одной стороны усложняет задачу, но с другой делает ее более интересной. Кроме того, изображение спектра на экране компьютера, полученное с помощью веб-камеры позволяет увидеть, как частота излучения связана с цветом, воспринимаемым нашим глазом, и наглядно наблюдать разные виды спектров – линейчатый и полосатый.

Лабораторная установка

На Рисунке 4 приведен общий вид лабораторной установки, где в качестве излучателя используется дуговая спектральная водородная лампа ДВС-25, в качестве спектрального прибора – монохроматор универсальный МУМ (Приложение) и в качестве устройства, служащего для наглядной

демонстрации спектра – веб-камера, транслирующая изображение на экран персонального компьютера.

Излучение от водородной лампы ДВС-25, пройдя через конденсор – систему собирающих линз, и входную щель, попадает на дифракционную решетку монохроматора. Вращение ручки на передней стенке монохроматора изменяет угол поворота дифракционной решетки, что позволяет получать на выходе монохроматора свет заданной длины волны. Этот монохроматический свет через выходную оптическую щель, попадает в объектив веб-камеры, преобразуется в электрический сигнал и с помощью программы Amcap отображается на экране компьютера. Диапазон измерения длины волны монохроматора составляет 200÷800 нм, точность ±0,2 нм.

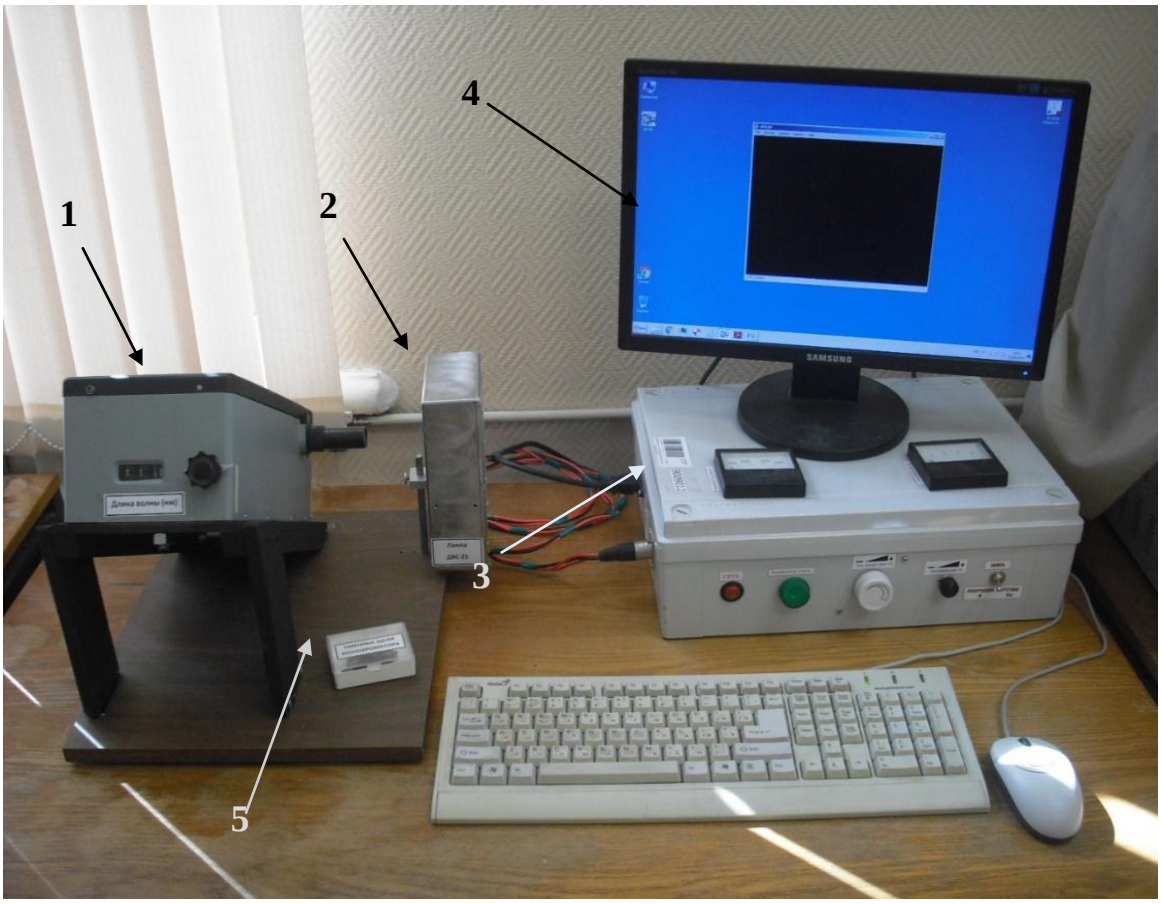

Рис. 4. Общий вид лабораторной установки: 1 – монохроматор МУМ с установленной веб-камерой; 2 – водородная лампа ДВС-25;3 – блок питания водородной лампы; 4 – персональный компьютер; 5 – набор сменных щелей для монохроматора.

Блок-схема установки, приведенная на рис. 5, наглядно иллюстрирует принцип регистрации спектра.

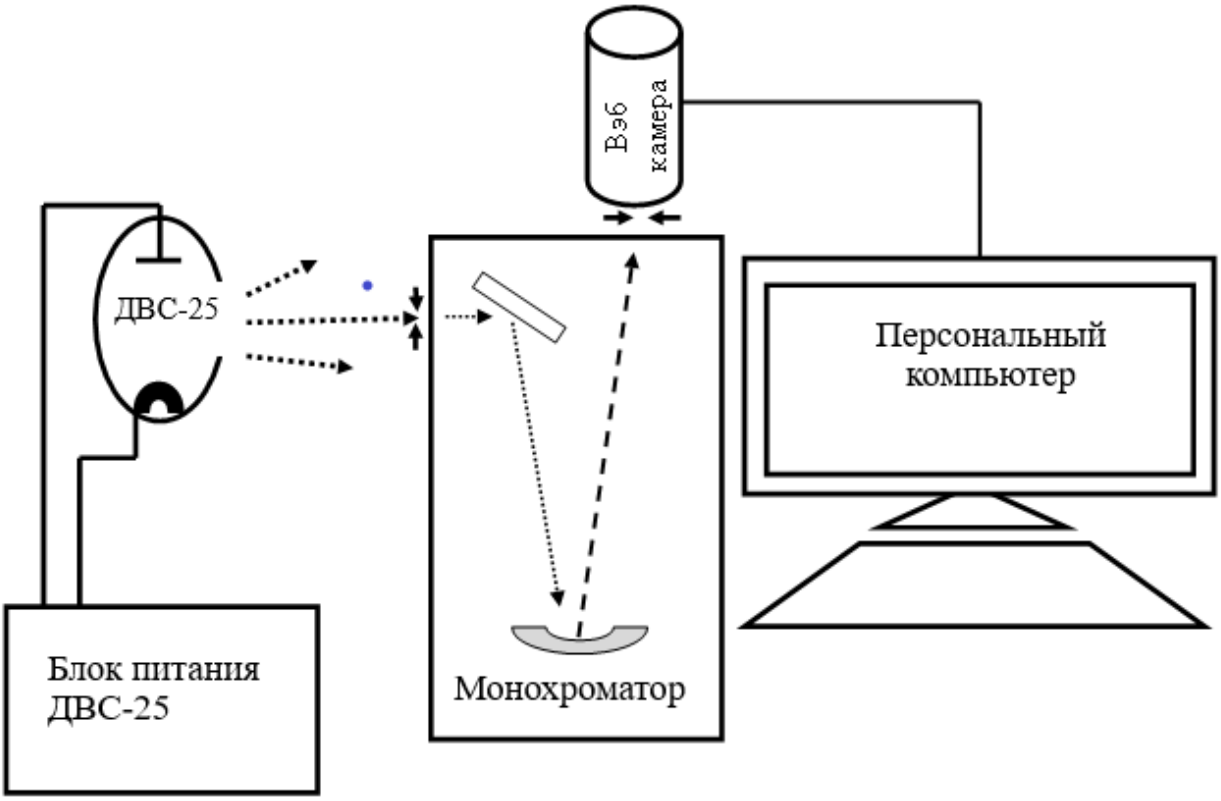

Рис. 5. Блок-схема лабораторной установки

Источник излучения ДВС-25

В качестве источника излучения, как уже указывалось ранее, в данной работе используется Дуговая Водородная Спектральная лампа (ДВС-25).

Она представляет собой стеклянный баллон, с запаянными внутрь электродами - катодом и анодом. Анод лампы имеет небольшое круглое отверстие посередине. Отверстие служит для вывода света из области разряда; в соответствующем месте стеклянного баллона лампы имеется окошко из увиолевого стекла, пропускающего ультрафиолетовое излучение.

Разряд в лампе возникает при столкновении ускоренных электронов с молекулами водорода. Образуемые при этом электроны и ионы поддерживают разряд. Эти же частицы ответственны за появление интенсивного рекомбинационного свечения разряда в ультрафиолетовой области спектра.

Кроме областей сплошного спектра, при рекомбинации наблюдаются также спектральные линии, соответствующие обычному спектру излучения

атомов и молекул водорода. Возбуждение их происходит главным образом за счет электронных ударов с молекулами газа, которые могут диссоциировать, а образовавшиеся в результате атомы в свою очередь могут испытать столкновение с электронами. Поэтому спектр излучения лампы ДВС - 25 в видимой области имеет большое число линий молекулярного водорода, среди которых можно заметить линии, обусловленные излучением атомов водорода.

Таким образом, лампа дает сплошной спектр в ультрафиолетовой области и два вида спектра в оптическом диапазоне – молекулярный и атомарный, все они отличаются по внешнему виду (Рис.1).

Порядок выполнения лабораторной работы

Подготовка таблицы экспериментальных данных

1. Используя диаграмму энергетических уровней атома водорода (Рис. 3), определить значения главного квантового числа k, уровня с которого осуществляется переход для каждой линии серии Бальмера и занести эти значение в таблицу 1.

Таблица 1.

№	Линия Бальмера	k	$\lambda_{эксп}$, нм	$\lambda_{расчет}$, нм	$\lambda_{табл}$, нм	I, %	Цвет линии
1	H_α			----		100	
2	H_β						
3	H_γ						
4	H_δ						

2. Заполнить в таблице теоретические значения для длин волн серии Бальмера $\lambda_{табл}$.
3. Основываясь на связи длины волны и волнового числа переписать формулу (11) для расчета длин волн линий серии Бальмера, считая постоянную Ридберга неизвестной и определяемой экспериментально $R_{эксп}$:

$$\frac{1}{\lambda} = R_{эксп} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right) \qquad (13)$$

где k – главное квантовое число уровня с которого наблюдается переход для линии с длиной волны λ.

4. Вывести, из формулы (13), расчетную формулу для постоянной Ридберга $R_{эксп}$, полагая, что длина волны H_α будет найдена экспериментально.

$$R_{эксп} = \qquad (14)$$

Порядок включения лабораторной установки

1. Включить персональный компьютер. После запуска операционной системы запустить программу “Amcap” (программа для получения изображения с веб-камеры).
2. Включить блок питания водородной лампы переключателем “Сеть”.
3. Вращением ручки “Ток накала ДВС-25” установить значение тока накала в диапазоне 2-2,5 А по амперметру.
4. Через 30 секунд прогрева включить анодное напряжение плавным вращением ручки “Ток анода ДВС-25” при этом должен начаться дуговой разряд в лампе. Установить анодный ток в пределах 200-300 мА по миллиамперметру.
5. Сразу после возникновения разряда снизить ток накала до 0,5-1 А вращением ручки “ТОК НАКАЛА ДВС-25”.
6. Установить на задней стенке монохроматора МУМ-2 оптическую щель 3,0 мм.
7. Вращением ручки монохроматора установить длину волны 620 нм.
8. В окне программы “Amcap” должно появиться изображение спектральных линий водорода (оранжевого цвета).
9. Через 3-5 минут после розжига снизить ток накала ДВС-25 до нуля**.** *Значение анодного тока не должно превышать 300 мА !*

Измерение длины волны H_α и экспериментальное определение постоянной Ридберга

1. Вращением ручки монохроматора просканировать спектр от 620 нм до 670 нм и найти среди всех наблюдаемых самую интенсивную линию, которая будет определена как H_α.
2. Для измерения длины волны этой линии следует произвести следующую процедуру: наблюдая эту линию на экране компьютера, сменить оптическую щель с 3,0 мм на 0,05 мм. Подкручивая ручкой монохроматора добиться самого яркого изображения линии на экране, снять показание длины волны λ_α (нм) с отсчетного устройства монохроматора и занести это значение в Таблицу 1 ($\lambda_{эксп}$).
3. Принять интенсивность этой линии за 100%, определить ее цвет и занести эти данные в Таблицу 1.
4. По измеренной λ_α, используя полученную вами формулу (14), рассчитать постоянную Ридберга $R_{эксп.}$.
5. Основываясь на экспериментально определенной постоянной Ридберга $R_{эксп}$ рассчитать предполагаемое положение остальных линий серии Бальмера H_β, H_γ, H_δ по формуле (13). Данные занести в Таблицу 1 ($\lambda_{расчет}$).

Экспериментальное определение длин волн линий H_β, H_γ, H_δ

Положение каждой линии находить в соответствии с процедурой, описанной ниже.

1. Установить выходную оптическую щель монохроматора 3,0 мм.
2. Просканировать область спектра в окрестности рассчитанной длины волны и найти сильную линию на фоне молекулярного спектра, считая, что это линия атомарного водорода.
3. Наблюдая эту линию на экране компьютера, сменить оптическую щель с 3,0 мм на 0,05 мм. Подкручивая ручкой монохроматора добиться ее самого яркого изображения на экране компьютера, снять показание длины волны с отсчетного устройства монохроматора и занести это значение в Таблицу 1 ($\lambda_{эксп}$).

4. Оценить интенсивность линии в процентах относительно H_α, определить цвет и занести результаты в Таблицу 1.

После заполнения всей Таблицы 1 по всем спектральным линиям сделать вывод о правильности проведенных расчетов и экспериментальных измерений.

Выключение установки

После окончания всех измерений выключить водородную лампу. Для этого вращением ручки “ТОК АНОДА ДВС-2” снизить ток до нуля по миллиамперметру. Выключить блок питания переключателем “СЕТЬ”.

ПРИЛОЖЕНИЕ. МОНОХРОМАТОР МУМ

Монохроматор универсальный малогабаритный (МУМ) предназначен для выделения монохроматического излучения, исследования источников света, приемников излучения решения аналитических задач в области спектра от 200 нм до 800 нм.

Основные оптические элементы монохроматора смонтированы в алюминиевом корпусе. Оптическая схема монохроматора приведена на рисунке 6.

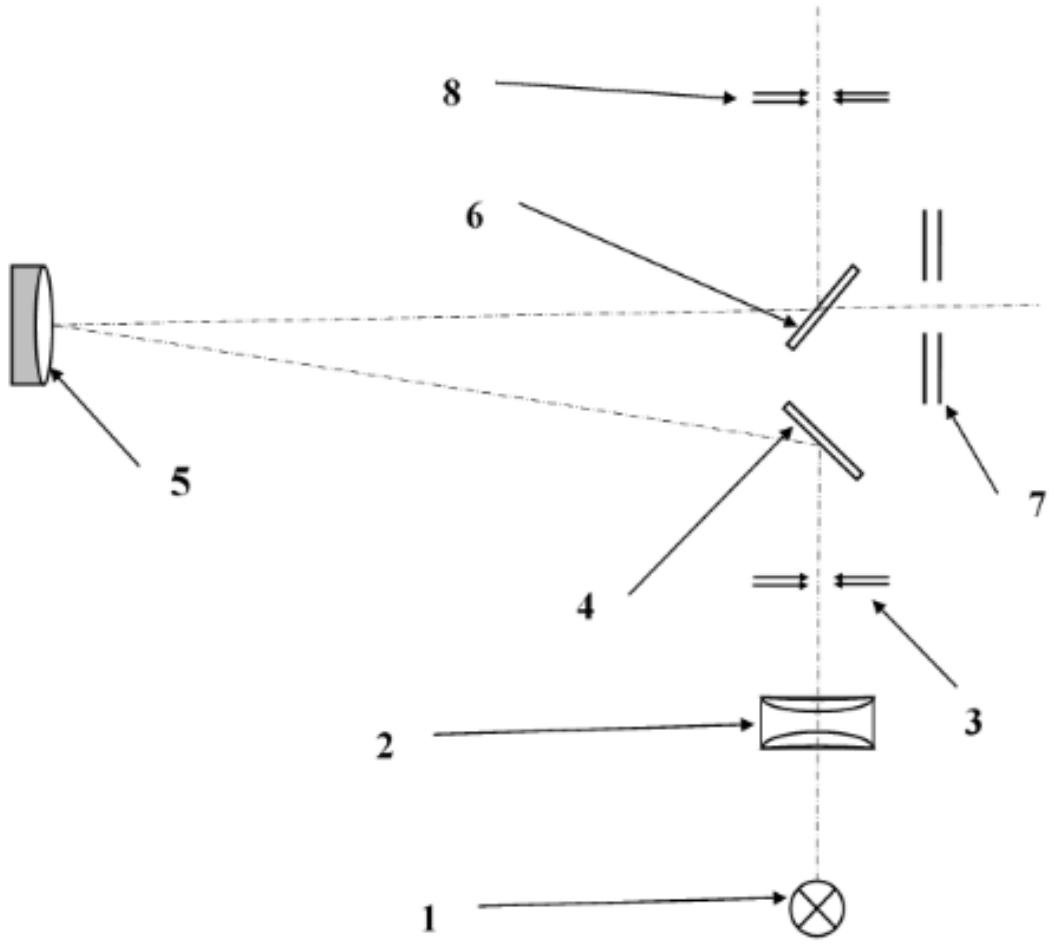

Рисунок 6. Оптическая схема монохроматора МУМ.

Излучение от лампы **1** через конденсор **2** попадает на входную щель **3** и посредством зеркала **4** заполняет дифракционную решетку **5**, которая выполняет роль фокусирующего и диспергирующего элемента. В монохроматоре МУМ применена решетка с переменным шагом нарезки и криволинейными штрихами.

Дифрагированное решеткой излучение направляется на выходную щель (окно) **7** (при выведенном плоском зеркале **6**) или на выходную щель **8** (при введенном зеркале **6**). Изменение положения зеркала **6** осуществляется с помощью рукоятки.

Сканирование спектра производится поворотом решетки **5** вокруг оси на угол α в пределах 6º54'÷28º44'. Закон движения решетки обеспечивается синусным механизмом, в котором для перемещения опорной поверхности решетки служит винт.

Система зубчатых передач связывает синусный механизм с рукояткой управления и цифровым механическим счетчиком на торцевой стенке монохроматора. Счетчик позволяет устанавливать длину волны с точностью ±0,2 нм.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды спектров вы знаете, каков их внешний вид и чем объясняется их различие?
2. Как объяснить, что спектр излучения атомов линейчатый?
3. Сформулируйте постулаты Бора?
4. Почему в данной лабораторной работе исследуется именно серия Бальмера?
5. Как изменилась бы экспериментально измеренная в ходе лабораторной работы постоянная Ридберга, если бы в лампе находился не водород, а гелий? Достаточная ли точность измерений в данной работе, чтобы “почувствовать” эту разницу?
6. Укажите основной источник погрешности определения экспериментальных длин волн?
7. Сколько линий серии Бальмера можно наблюдать с помощью данной лабораторной установки?
8. Каков физический смысл постоянной Ридберга?
9. Сколько линий спектра водорода наблюдается в видимой области спектра?

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Добрецов Л.Н. Атомная физика. /Л.Н. Добрецов.–М. .Гос. изд-во физ-мат литературы, 1960. –348 с.
2. Шпольский Э.В. Атомная физика. В 2 т. Т. 1. Введение в атомную физику: учебник для вузов / Э.В. Шпольский. – 6-е изд., стер. – М. : Наука, 1984. – 552 с
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. Т. 5 / Д. В. Сивухин. – М. .ФИЗМАТЛИД, МФТИ, 2006. – 784 с.

Электронный текстовый ресурс

Демин Андрей Вячеславович

Денисова Ольга Владимировна

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА ВОДОРОДА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ РИДБЕРГА

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Подготовка к публикации *А.В. Демин*

Компьютерный набор *О.В. Денисова*

Рекомендовано Методическим советом УрФУ

Разрешено к публикации

Электронный формат – pdf

Объем уч.-изд. 1,43 п. л.

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Информационный портал УрФУ

www.study.urfu.ru