

**Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования**

**ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ГОУ ВПО ИГУ)**

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА ВОДОРОДА

Методические рекомендации

Иркутск 2002

Печатается по решению научно- методического совета
Иркутского государственного университета

Кратко рассматриваются теория теплоемкостей газов и один из методов определения показателя адиабаты. Студентам предлагается экспериментально определить показатель адиабаты воздуха.

Предназначены для студентов 1 и 2 курсов естественных факультетов.
Библиогр.4 назв. Ил.2. Табл. 2.

Составитель: к.ф.-м.н. Глазунов О.О.,
(кафедра общей и космической физики),
Царегородцев Ю.П.

Рецензент к.ф.-м.н., доц. Дорохова В.В.

Лабораторная работа

ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРА ВОДОРОДА

Цель работы:

Исследование серии Бальмера в видимой области спектра водорода, определение постоянной Ритберга и массы электрона.

Основные приборы и принадлежности:

Универсальный монохроматор УМ-2, водородная газоразрядная трубка, катушка Румкорфа, неоновая лампа.

Краткая теория

Опытами Резерфорда по рассеянию α – частиц было установлено, что атом любого химического элемента представляет собой систему зарядов, в центре которой расположено тяжелое положительное ядро с зарядом Ze (Z – атомный номер элемента), имеющее размеры 10^{-12} см, а вокруг ядра расположены Z электронов, расположенных по всему объему, занимаемому атомом.

Ядерная модель атома в сочетании с классической механикой и электродинамикой не в состоянии объяснить ни устойчивость атома, ни характер атомного спектра. Выход был предложен Нильсом Бором, который сформулировал законы движения электрона в атоме в виде постулатов.

1. Электрон в атоме может вращаться только по строго определенным (стационарным) орбитам, радиус которого определяется из условия

$$mVr = n \frac{h}{2\pi} \quad (1) \quad \text{где } mVr -$$

момент импульса электрона, h – постоянная Планка, m и V – соответственно масса и скорость электрона, $n = 1, 2, 3, \dots$ – квантовые числа, определяющие принадлежности электрона к той или иной орбите радиуса r .

2. Вращаясь по стационарным орбитам, электрон не излучает энергии.
3. Излучение происходит лишь при переходе электрона из стационарного состояния с большим значением энергии E_2 в другое стационарное состояние с меньшим значением энергии E_1 . При этом излучается квант света, частота (ν) которого определяется из условия $h\nu = E_2 - E_1$, (2)

где $h\nu$ – энергия излучения кванта.

Излучение происходит при переходе электрона с внешних орбит на внутренние. Если возбужденный электрон переходит с внутренних орбит на внешние, то происходит поглощение энергии.

Вычислим радиус стационарных орбит и полную энергию электрона в водородоподобном атоме (атом с порядковым номером Z , из которого удалены все электроны, кроме одного). Уравнение движение электрона имеет вид

$$m \frac{V^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^2}{r^2} \quad (3)$$

Исключив V из уравнений (1) и (3), получим выражение для радиусов допустимых (разрешенных) орбит:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m Z^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

Внутренняя энергия атома складывается из кинетической энергии электрона (ядро неподвижно) и энергии взаимодействия электрона с ядром:

$$E = \frac{mV^2}{2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^2}{r}$$

Из выражения (3) следует, что

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^2}{2r}$$

Следовательно,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^2}{2r} - \frac{Z^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^2}{2r}$$

подставив сюда выражение (4) для r , найдем дозволённые значения внутренней энергии атома:

$$E_n = -\frac{me^4 \cdot Z^2}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Из формулы (5) следует, что квантовое число n определяет энергию электрона в атоме, так как остальные величины остаются постоянными.

Состояния с различными значениями энергии называются уравнениями. При переходе электронов с одного уровня на другой (более низкий) возникают спектральные линии с частотой

$$\nu = \frac{T_{n_2} - T_{n_1}}{h} = \frac{me^4 Z^2 C}{8\epsilon_0^2 h^3 C} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Величина

$$R = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^3 C} \quad (6)$$

называется постоянной Ридберга, тогда

$$\nu = RZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad \text{или}$$

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (7)$$

На рис.1 изображены уравнения энергии атома водорода ($Z=1$), а стрелками обозначены переходы между уровнями, соответствующие спектральным линиям.

Из рисунка видно, что линии в спектре водорода можно расположить по сериям. Для всех линий серии h_1 остается постоянным, а h_2 может принимать любые значения от $h_2 = h_1 + 1$ до ∞ .

В настоящей работе изучается серия Бальмера, линии которой лежат в видимой области. Для серии Бальмера $n_1=2$. Величина n_2 для первых четырех линий этой серии принимает значения 3,4,5,6. эти линии обозначаются символами H_α , H_β , H_γ , H_δ . Для измерения длин волн спектральных линий в работе используется универсальный монохроматор УМ-2.

Методика эксперимента

Для наблюдения спектральных линий серии Бальмера в видимой области в качестве источника излучения используется водородная газоразрядная трубка, подключаемая к катушке Румкорфа. Наблюдение спектральных линий водорода (красной, зелено-голубой, фиолетово-синий и фиолетовой) производится визуально, через окуляр 6. Положение этих линий определяется по барабану 4 в градусах. Для перехода от градусов к длинам волн в нанометрах (нм) прибор проградуирован по линиям известных длин волн спектров рту и неона. Кривая градуировки монохроматора прилагается к установке. Проверка сохранности градуировки производится по спектральной линии неона 585,25 нм желтого цвета.

После определения по градуировочному графику длин волн характерных линий водорода производится расчет постоянной Ридберга согласно формуле Бальмера (7).

Принципиальная схема УМ-2

Оптическая схема монохроматора показана на рис.2.

Свет через входную щель 1 попадает на объектив 2 коллиматора и параллельным пучком проходит диспергирующую призму 3. Под углом 90° к падающему пучку света помещается выходная труба монохроматора.

Поворачивая призмный столик на различные углы относительно падающего пучка света отсчетным барабаном 4 получают в выходной щели свет различной длины волны.

Зрительная труба состоит из объектива 5, окуляра 6 и указателя 7.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомившись с установкой, необходимо проверить сохранность градуировки прибора. Целесообразно проверку производить по спектральной линии неона 585,25 нм. Для этого устанавливают на рельс неоновую лампу МН-5, подключая ее в гнездо “ЛАМПА МН-5”. Источник света проектируется на щель монохроматора ахроматическим конденсором, установленном на расстоянии 130 мм от источника, а источник – на расстоянии 453 мм от плоскости щели.
2. Устанавливают ширину входной щели 0,1- 0,2 мм.
3. Высоту входной щели устанавливают примерно 2мм.
4. Барабан установлен на делении близком к 2476^0 .
5. Включив пульт питания “СЕТЬ”, наблюдают в окуляр с увеличением “5^x” или “10^x” желтую линию неона.
6. Вращая барабан длин волн и наблюдая в окуляр спектроскопа, совмещают желтую линию Ne с указателем в окуляре. Расхождения в 1^0 не принимаются во внимание. По градуировочной кривой проверяют совпадение найденной длины волны со значением 585,25 нм.
7. Неоновую лампу отключают и снимают с рельса и укрепляют на него держатель с газоразрядной трубкой “ВОДОРОДА”, выводы которой подключают к катушке Румкорфа.
8. Катушка Румкорфа питается от источника постоянного тока напряжения 10-12 В (от выпрямителя).
9. Включив выпрямитель в сеть 220 В, переключателем и вращающимся контактом зажигают водородную трубу.
10. Перемещением конденсора: источника, добиваются на крышке входной щели центрирования изображения источника света.
11. Вращая барабан, определяют положение трех линий водорода (в градусах): красной, соответствующей переходу электрона с энергетического уровня $n_2=3$ на $n_1=2$; зелено-голубой, соответствующей переходу с $n_2=4$ на $n_1=2$ и фиолетово-синий ($n_2=5, n_1=2$).
12. По градуировочному графику определяют длины волн этих линий в нм ($1\text{нм}=10^{-9}\text{м}$).

Результаты измерений занести в таблицу:

Таблица

Линия спектра водорода	α^0	λ , нм	R, 1/м
H $_{\alpha}$ ($n_2=3$)			
H $_{\beta}$ ($n_2=4$)			

$H_{\gamma}(n_2=5)$			
---------------------	--	--	--

13. По формуле Бальмера (7) определить значение постоянной Ридберга. Расчет производится для каждой из найденных длин волн серии Бальмера.
14. Определить среднее значение R и пользуясь коэффициентами Стьюдента, оценить доверительный интервал для надежности 0,95.
15. Сопоставить полученное значение R с табличным.
16. Вычислить из формулы (6) массу электрона. Значения заряда электрона e , электрической постоянной ϵ_0 , постоянной Планка h и скорости света c взять из таблицы основных физических постоянных.
17. Вычислить радиус первой орбиты электрона в атоме водорода ($n=1$) по формуле (4).

Контрольные вопросы

1. Почему непрерывно излучающий атом согласно электродинамике должен упасть на ядро? Как обходит эту трудность теории Бора?
2. Какими опытами подтверждается существование атомов?
3. как формируются постулаты Бора?
4. Как объяснить смысл отрицательного значения энергии электрона в атоме (формула $E = -\frac{Z^2 e^4 m}{8n^2 n^2 \epsilon_0^2}$)?
5. Как выводится выражение для частоты вращения электрона по круговой орбите?
6. Как определить по рис.1 потенциал ионизации и энергию возбуждения атома водорода?

*Глазунов Олег Олегович,
Царегородцев Юрий Павлович*

Определение показателя адиабаты воздуха

Подписано в печать 26.04.02 . Формат 60X90 1/16.

Бумага писчая. Печать офсетная. Гарнитура Times.

Усл.печ.л. 0,8.Уч.-изд. л. 0,7. Тираж 150 экз. План г. Поз.

Редакционно - издательский отдел
Иркутского государственного университета