

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ  
ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ  
«Спектры водородоподобных атомов»

Учебно-методическое пособие  
для студентов инженерных специальностей СФУ

*Электронное издание*

Дисциплина Б1.Б.8 ФИЗИКА

индекс и наименование дисциплины в соответствии с ФГОС ВПО и учебным планом

Направление подготовки/специальности  
« ИНЖЕНЕРНЫЕ »

Красноярск  
СФУ  
2016

УДК  
ББК  
О-280

Составители: Бурученко Александр Егорович  
Москалев Александр Константинович  
Серебренников Владимир Леонидович  
Харук Галина Николаевна

О-280 Методические указания к курсовой работе по общей физике «Спектры водородоподобных атомов». Учебно-методическое пособие для студентов инженерных специальностей СФУ [Электронный ресурс] / Сост.: А.Е. Бурученко, А.К. Москалев, В.Л. Серебренников, Г.Н. Харук. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – Систем. требования: РС не ниже класса PentiumI; 128 Mb RAM; Windows 98/XP/7; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.

В методическом указании определены цели и задачи, решаемые в процессе выполнения и анализа результатов курсовой работы, порядок написания, оформления и сроки выполнения курсовой работы. Представлены темы курсовых работ, указаны требования к уровню выполнения, пример выполнения курсовой работы «Исследование спектра испускания водородной лампы».

Методическое указание предназначено для студентов очной и заочной формы обучения инженерных специальностей СФУ в соответствии с унифицированной программой по физике и федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования.

Печатается в соответствии с решением кафедры «Экспериментальной физики и инновационных технологий» и методического совета института ИФирЭ.

ISBN 978-5-7638-????-? (для внешних работ – дает РИО)

УДК (повтор)

ББК (повтор)

© Сибирский федеральный университет, 2016

ISBN 978-5-7638-????-?(повт.)

Электронное учебное издание

Редактор И.О. Фамилия

Корректор И.О.Фамилия

Дизайнер: И.О.Фамилия

Подписано в свет (дата) 2016 г. Заказ ???? (Дает РИО)

Уч.-изд. л. ??, ?? Мб.

Тиражируется на машиночитаемых носителях.

Библиотечно-издательский комплекс Сибирского федерального университета  
660041, Красноярск, пр. Свободный, 82а

Тел. (391) 206-26-67; <http://bik.sfu-kras.ru>. E-mail: [publishing\\_house@sfu-kras.ru](mailto:publishing_house@sfu-kras.ru)

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

институт инженерной физики\_и радиоэлектроники

Кафедра \_Экспериментальной физики и инновационных технологий

## Курсовая работа по общей физике

Направление (специальность): Б1.Б8 «Физика»

Тема

Студент

КУРС \_2\_ СПЕЦ. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

УЧ.ШИФР \_\_\_\_\_

Преподаватель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Красноярск 20\_

Курсовая работа (КР) по общей физике, играет существенную роль в подготовке специалистов и бакалавров различных инженерных специальностей. Она способствует углублению знаний студентов и приобретению навыков самостоятельной исследовательской работы. Результаты курсовой работы являются фактически первой научной работой студентов. Тематика курсовых работ требует от студентов глубокой проработки конкретных вопросов и изучения научной литературы по предмету, что способствует формированию компетенций, предусмотренных федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования.

### **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа является важным элементом в общей системе профессиональной подготовки специалистов и бакалавров. Проводится она на втором курсе, и ее главной целью является развитие у студентов навыков самостоятельной научно-исследовательской работы, углубление знаний, полученных при изучении теоретического курса общей физики, освоение методов и методик исследования по выбранным разделам общей и экспериментальной физики.

В процессе выполнения работы решаются следующие *задачи*:

1. Формирование представлений о современной физической картине мира.
2. Приобретение студентами навыков и умений экспериментальной работы по основным разделам физики.
3. Овладение навыками планирования и проведения физических экспериментов, теоретическими и экспериментальными методами решения физических задач.
4. Развитие навыков обработки экспериментальных данных с применением компьютерных технологий и умения делать заключения.
5. Формирование умений по подготовке отчётов и другой документации.

### **ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ВЫПОЛНЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

В результате выполнения КР по общей физике студент должен: *иметь представления:*

– о фундаментальном единстве естественных наук, незавершенности естествознания и возможности его дальнейшего развития;

- о месте естествознания в системе общей культуры человечества;
- о целях и задачах естествознания;
- об основных тенденциях в развитии естествознания;
- о месте физики в системе естественных наук;

*знать:*

- основные законы и их математическую формулировку по всем разделам современной физики;
- методы теоретического и экспериментального исследования в физике;
- основные положения современной физической картины мира;

*уметь:*

- оценивать порядки величин, характерные для разных физических явлений;
- пользоваться справочными и другими информационными материалами по физике;
- проводить вычисления и расчеты при решении задач курса общей физики для направления подготовки бакалавров и специалистов;
- обладать навыками проведения экспериментальных работ.

На основании полученных знаний, умений и навыков должны быть сформированы следующие *компетенции*:

- способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческих позиций (ОК-1);
- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1, ПК -16);
- способность оперировать техническими средствами при измерении основных параметров природных процессов с учетом метрологических принципов (ПК-11).

## **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ**

### **Выбор и закрепление темы**

До начала семестра, в течение которого должна быть выполнена КР, студент обязан:

1. ознакомиться с тематикой КР и выбрать тему;
2. встретиться с преподавателем, предложившим тему, и получить разрешение на работу (разрешение оформляется в виде резолюции преподавателя на заявлении студента);

3. обсудить с преподавателем (руководителем) порядок выполнения КР (оформляется в виде *план-графика*), который включает следующие пункты с указанием сроков исполнения:

- тема работы;
- инструктаж по технике безопасности;
- составление библиографического обзора по теме исследования;
- этапы накопления экспериментального материала и его обработки;
- проведение анализа;
- составление доклада.

План-график с подписями руководителя и студента составляется, как правило, в двух экземплярах, один из которых остается у руководителя, а другой у студента.

Закрепление темы за студентом и назначение руководителя для оказания методической и научной помощи в работе производится распоряжением заведующего кафедрой физики.

### **Выполнение план-графика и текущий контроль**

Основной формой работы является самостоятельная научно-исследовательская работа.

При составлении обзора студенты используют учебники по физике, научную литературу и статьи из периодической научной печати.

Контроль план-графика работы осуществляется руководителем при обсуждениях со студентами (студентом) хода выполнения поставленных физических задач на научных семинарах. Семинары рекомендуется проводить с группой студентов, работающих над одной общей темой или над разными темами общего направления, а также приглашать специалистов из организаций, на базе которых идёт реализация работы.

*Семинар* проводится по следующей форме:

1. Доклады студентов о полученных за месяц результатах работы, включая их анализ.
2. Обсуждение докладов. Ответы на вопросы.
3. Формулировка заключения по данному этапу работы. Выдача рекомендаций студентам в форме индивидуальных заданий (корректировка хода работы).

Руководитель темы, обращаясь ко всей аудитории или к отдельным студентам с вопросами, выясняет степень понимания излагаемого материала, уровень активности и внимания студентов.

Выполнение студентом задания, знание теоретического материала, умение анализировать и решать физические задачи характеризуют уровень развития каждого студента.

Лучшими формами текущего контроля являются индивидуальные собеседования при сдаче студентами индивидуальных заданий по курсовой работе.

Если степень готовности курсовой работы существенно ниже планируемой, что может привести в дальнейшем к срыву сроков ее выполнения, то руководитель информирует об этом заведующего кафедрой или выносит вопрос на заседание кафедры.

Заведующий кафедрой контролирует ход выполнения КР студентами путём опроса руководителей или назначения контрольных проверок наработанного материала не реже одного раза в месяц. График контрольных проверок вместе с экраном выполнения КР вывешивается на доске объявлений кафедры.

### **Представление отчета и защита курсовой работы**

После выполненной работы пишется отчет в соответствии с требованиями стандартов организации (СТО) [1].

Публичная защита студентом результатов самостоятельной научно-исследовательской работы (КР) происходит в назначенные дни защит в присутствии всей студенческой группы и преподавателя или с приглашением специалистов по данным направлениям исследований.

В процессе защиты проверяется умение студента подготовить и прочитать доклад, умение грамотно отвечать на вопросы.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

### **Структура курсовой работы**

**Курсовая работа** должна содержать:

- текстовый документ (ТД);
- графический или иллюстрационный материал.

**Текстовый документ** (пояснительная записка) – документ, содержащий систематизированные данные о выполненной студентом проектной, научной или исследовательской работе с описанием процесса её выполнения и полученных результатов в виде текста и необходимых иллюстраций.

Оформление ТД должно соответствовать требованию СТО [1]. Минимальный объем – 10-15 листов (страниц) текста формата А4. ТД выполняется компьютерным набором на одной стороне листов белой нелинованной бумаги формата А4 (21см×29,7см) с использованием текстового редактора WORD и ему подобных. Используется гарнитура шрифта Times New Roman, 14 кегль, междустрочный интервал 1,5. В

таблицах допускается уменьшение шрифта до 10 кегль с междустрочным интервалом 1,0.

Формирование ТД производится в соответствии со схемой его структурных элементов (в указанной ниже последовательности):

- титульный лист;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основная часть:
  - литературный обзор,
  - методы/методики исследований,
  - результаты исследований с рисунками и схемами;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (по необходимости).

**Графическим материалом** являются чертежи и схемы, выполненные в соответствии с требованиями Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД), Единой Системы Программной документации (ЕСПД), Системы Проектной Документации для Строительства (СПДС) и Единой Системы Технологической Документации (ЕСТД). Чертежи, схемы, рисунки могут представляться как на отдельных листах, используемых при публичной защите, так и в составе ТД.

**Иллюстрационным материалом** являются плакаты, макеты, образцы, действующие модели, программы и т.д.

Необходимость применения графического и иллюстрационного материала, а также количество и формат листов определяются заданием курсовой работы и условиями защиты.

### **Требования к структурным элементам текстового документа**

**Титульный лист.** Содержание титульного листа приведено в приложении.

**Реферат** размещается на отдельном листе и по объему не превышает одну страницу.

Реферат должен содержать:

- сведения о количестве листов (страниц) ТД, количестве иллюстраций, таблиц, используемых источников, приложений, листов графического или иллюстрационного материала;

- текст реферата.

*Текст реферата* должен отражать:

- объект исследования или разработки;

- цель работы;
- полученные результаты и их новизну;
- степень внедрения результатов работы;
- область применения;
- экономическую эффективность или значимость работы;
- дополнительные сведения.

Если ТД не содержит сведений по отдельным, выше перечисленным структурным частям реферата, то в тексте они опускаются, при этом последовательность изложения имеющихся пунктов сохраняется.

**Содержание** должно отражать все материалы структуры ТД. В содержании перечисляют введение, заголовки разделов и подразделов основной части, заключение, список использованных источников, каждое приложение с указанием номеров листов (страниц), на которых они начинаются.

При наличии самостоятельных конструкторских, технологических, программных и иных документов, помещенных в ТД, их перечисляют в содержании с указанием обозначений и наименований.

**Введение** должно раскрывать основной замысел КР. Здесь дается обоснование проблемы, формулируются цель и задачи КР, а также перечисляются методы и средства решения поставленных задач.

**Основная часть** отражает процесс решения поставленных в КР задач и полученные результаты.

*Основная часть* ТД должна содержать следующие разделы:

- обоснование темы КР (литературный обзор);
- методы и методики проведения исследований;
- основное содержание и результаты выполненной работы;
- заключение и выводы по результатам проделанной работы.

*Обоснование темы* курсовой работы (литературный обзор) должно содержать:

- характеристику объекта исследования;
- анализ исследуемой проблемы, предметом которого могут быть результаты предыдущих исследований или разработок, степень решения проблемы, новые идеи и гипотезы, возможные подходы к решению проблемы;
- заключение о целесообразности разработки темы, которое может включать и экономическую оценку принятого решения.

Структура, объем, содержание и степень детализации разделов, отражающих основное содержание и результаты выполненной работы, определяются руководителем работы или заведующим кафедрой (в методических указаниях или иных документах).

В качестве дополнительных разделов могут быть рассмотрены вопросы охраны труда, охраны окружающей среды, расчет экономической эффективности принятых решений, результаты патентного поиска,

описание изобретения и др. Степень детализации этих разделов и место их расположения в ТД определяется руководителем.

**Заключение** должно содержать:

- краткие выводы по результатам КР;
- оценку полноты решения поставленных задач;
- рекомендации по конкретному использованию результатов КР;
- практическую или теоретическую значимость КР.

**Список использованных источников** должен содержать сведения об источниках, использованных при выполнении КР, которые указываются единой сквозной нумерацией.

**Приложения.** Материал, связанный с КР, который по каким-либо причинам не может быть включен в основную часть ТД, допускается помещать в приложениях.

Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, программные документы, описания алгоритмов и программ для ЭВМ и т.д.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

На КР по общей физике учебным планом предусмотрено 36 часов (1 з.е.). Из них: 9 часов (0,25 з.е.) на изучение разделов теоретического цикла и 27 часов (0,75 з.е.) на подготовку к выполнению и защите КР.

Варианты заданий к КР, а также указания к их выполнению выдаются индивидуально каждому студенту преподавателем, ведущим лекционные и практические занятия.

### Календарный график выполнения курсовой работы

№ п/п	Содержание работы	Сроки выполнения
1.	Выбор темы и выдача задания на КР	февраль 20__г
2.	Составление плана работы совместно с руководителем	
3.	Работа с научной и технической литературой, составление библиографического обзора, освоение методов проведения эксперимента.	
4.	1-й этап контроля преподавателем (готовность работы – 30 %)	март 20__г
5.	Выполнение расчётных или экспериментальных заданий по КР.	
6.	2-й этап контроля преподавателем (готовность работы – 60 %)	
7.	Проведение дополнительных опытов и расчётов.	апрель 20__г
8.	Представление собранного материала КР – 3-й этап контроля (готовность работы - 90 %)	
9.	Оформление КР в виде текстового документа, предварительная оценка руководителем (готовность работы - 100 %)	май 20__г
10.	Защита КР в форме доклада	

## Темы курсовых работ

### Физика часть II.

1. Изучение законов постоянного тока.
2. Изучение магнитного гистерезиса ферромагнетиков.
3. Исследование доменной структуры ферромагнетиков.

### Физика часть III.

1. Исследование спектров испускания водородоподобных атомов.
2. Использование законов дифракции для качественного и полуколичественного анализа минерального состава веществ рентгеноструктурным методом.

### Варианты заданий по курсовой работе

#### « Исследование спектров испускания водородоподобных атомов»

- I. Неоновая лампа. II. Водородная лампа. III. Натриевая лампа.  
IV. Гелиевая лампа.

Таблица 1

№	Вид лампы	Линии спектра		Вид лампы	Линии спектра
1	I	а	6	III	б
2	I	б	7	III	в
3	II	а	8	IV	а
4	II	б	9	IV	б
5	III	а			

#### 1. Цвета спектральных линий у неоновой лампы $Ne_{10}^{20}$

- а) красный, зеленый, фиолетовый;
- б) красный, оранжевый, желтый.

#### 2. Цвета спектральных линий у водородной лампы $H_1^1$

- а) красный яркий, зеленый, синий;
- б) красный слабый, голубой, фиолетовый.

#### 3. Цвета спектральных линий у натриевой лампы $Na_{11}^{23}$

- а) оранжевый, зеленый, синий яркий;
- б) желто-зеленый яркий, сине-зеленый яркий, фиолетовый;
- в) желто-зеленый, синий слабый, фиолетовый.

#### 4. Цвета спектральных линий у гелиевой лампы $He_4^2$

- а) красный яркий, сине-зеленый, фиолетовый;
- б) желтый, синий, фиолетовый.

### Определяемые параметры:

1. Рассчитать длины волн у трех спектральных линий;
2. Рассчитать номера орбит, с которых перешли электроны в атоме при испускании данных спектральных линий. Нарисовать схему переходов.
3. Рассчитать кинетическую, потенциальную и полную энергию атома с расположением электронов на  $n$ -м уровне (по указанию преподавателя).
4. Рассчитать скорости электронов на данных орбитах;
5. Рассчитать величину экранирования  $\sigma$ .

**Задание по курсовой работе «Использование законов дифракции для качественного и полуколичественного анализа минерального состава веществ рентгеноструктурным методом».**

*Теоретическая часть:* явление дифракции, принцип Гюйгенса-Френеля, дифракция от одной щели, от дифракционной решетки и от кристаллической решетки минералов.

*Экспериментальная часть:*

1. определение качественного состава вещества (кварцевый песок, горные породы, золы, шлаки, отходы промышленности и т.д. - по указанию преподавателя);
2. определение полуколичественного содержания минералов в веществе (по указанию преподавателя).

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий

## **Курсовая работа по общей физике**

Направление (специальность): Б1.Б8 «Физика»

Тема: Исследование спектра испускания водородной лампы

Студент

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись, дата

фамилия, инициалы

Курс 2, Уч. группа \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

Преподаватель

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись, дата

фамилия, инициалы

Красноярск 20\_\_

**Титульный лист курсовой работы**

## Образец выполнения курсовой работы

### Реферат

Курсовая работа на тему «*Исследование спектра испускания водородной лампы*» содержит \_\_\_ страниц, \_\_\_ рисунков, \_\_\_ таблиц, \_\_\_ используемых источников, \_\_\_ приложений.

Объектом исследования является спектр излучения водородной лампы в видимой области. Ставилась задача определить длины волн наблюдаемых линий спектра, рассчитать номера и радиусы орбит, с которых переходят электроны на нижестоящие уровни, скорость и энергию электронов, рассчитать полную энергию атома.

Для выполнения работы необходимо было построить градуировочный график спектрометра, с помощью которого найти длины волн испускаемых спектральных линий водородной лампы.

В результате проделанной работы рассчитаны номера орбит, с которых переходили электроны, соответствующие красной и фиолетовой линиям спектра. Определены: длины волн этих линий; радиусы орбит электронов и скорости их движения; полная энергия атома водорода.

Выполнение и анализ работы позволили получить более глубокие знания по строению атома, приобрести навыки в исследовательской работе и освоить методику спектрального анализа для изучения спектров водородоподобных и щелочных металлов.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить современное производство и науку без методов анализа, позволяющих быстро и точно установить состав и определить количественное содержание элементов в чистых и сверхчистых веществах: полупроводниках, материалах атомной и электронной промышленности и т.д. В возможности обнаружения малых количеств вещества нуждаются биофизика, космохимия, геология и многие другие отрасли науки. Без методов анализа, определяющих незначительные концентрации веществ, не могут быть решены задачи охраны природы и окружающей среды.

Высокая производительность труда на производстве требует быстрых и точных методов контроля сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Многие научные исследования, например, космические, нуждаются в автоматических методах анализа. Поэтому в последнее время все большее значение приобретают физико-химические и физические методы анализа. Среди физических методов наибольшее распространение получили спектральные методы анализа.

В спектральных методах анализа используется способность атомов и молекул поглощать и испускать электромагнитное излучение. Качественный и количественный спектральный анализ производят, изучая *спектры поглощения и испускания*.

Электромагнитное излучение одновременно проявляет свойства, характеризующие его как электромагнитную волну и как поток частиц – фотонов. Поэтому целью и задачей курсовой работы является изучение происхождения спектров поглощения и спектров испускания вещества, которые связаны с изменением *внутренней энергии атомов или молекул*.

Для объяснения данного явления необходимо знать строение атомов и молекул, которое позволило бы рассчитать энергию атома с разными квантовыми числами, скорость и частоту вращения электронов на орбитах, их потенциальную и кинетическую энергию, рассчитать энергию фотонов, испускаемых атомом и определить ряд других физических параметров.

В данной работе на основании проведенного эксперимента выполнен спектральный анализ электромагнитного излучения, испускаемого водородной лампой.

## І. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Основные характеристики электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение одновременно проявляет свойства, характеризующие его как электромагнитную волну и как поток частиц – фотонов.

*Фотон* – элементарная частица электромагнитного излучения. Каждый фотон несет порцию энергии, которую принято называть *квантом*. Энергия фотона прямо пропорциональна частоте излучения:  $E_{\text{ф}} = h\nu$ , где  $h$  - постоянная Планка, равная  $6,62 \cdot 10^{-31}$  Дж·с.

Энергию фотона часто выражают в электрон-вольтах (эВ). 1 эВ – это энергия, которую приобретает электрон, двигаясь в электрическом поле при разности потенциалов в 1 В ( $1\text{эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Дж).

*Частота* электромагнитного излучения  $\nu$  показывает, сколько полных колебаний напряженности электромагнитного поля совершается в одну секунду. Единица измерения частоты – герц (Гц).

*Длина волны*  $\lambda$  – расстояние, которое проходит волна за время одного периода. В спектральном анализе наиболее распространенные единицы измерения длины волны: нанометр ( $1\text{нм} = 10^{-9}$  м), микрометр ( $1\text{мкм} = 10^{-6}$  м), ангстрем ( $1\text{Å} = 10^{-10}$  м).

Длина волны и частота связаны соотношением:  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , ( $c$  - скорость света в вакууме, равная  $2,998 \cdot 10^8$  м/с).

Разновидности электромагнитного излучения, различающиеся длиной волны (частотой): радиоволны, инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое, рентгеновское и  $\gamma$  – излучение. Расположенные в

порядке возрастания длины волны (частоты), они составляют полный спектр электромагнитных волн, в котором длина волны меняется в очень широком интервале от долей нанометра до нескольких километров.

### Происхождение спектров поглощения и спектров испускания вещества

Возникновение спектров испускания и спектров поглощения вещества всегда связано с изменением *внутренней энергии* его атомов или молекул. Частицы (атомы или молекулы), обладающие минимальным запасом внутренней энергии, называют *невозбужденными*, а состояние, в котором они находятся, – *нормальным* или *основным*. Путем внешнего воздействия частицам вещества можно сообщить дополнительную энергию, поглотив которую, они из нормального состояния перейдут в *возбужденное*. Внутренняя энергия атомов и молекул не может изменяться непрерывно, а изменяется скачкообразно, дискретно. *Для атомов каждого элемента, молекул каждого вещества существует свой дискретный ряд возможных энергетических состояний*. Поглощая или испуская порцию энергии, частица из одного возможного энергетического состояния переходит в другое состояние.

Условно энергетические состояния атомов и молекул обозначают в виде горизонтальных прямых – *энергетических уровней* (рис. 1). Самый низкий уровень –  $E_1$  соответствует основному состоянию атома или молекулы. Над ним располагаются уровни  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$  и т.д., каждый из которых отвечает определенному возбужденному состоянию, причем более высокому энергетическому уровню соответствует и более высокий запас внутренней энергии атома или молекулы.

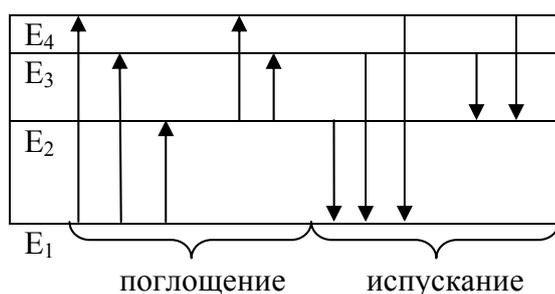


Рисунок 1- Схема энергетических уровней атома (стрелками показаны возможные переходы электронов между уровнями)

Энергия, которую нужно сообщить частице, чтобы перевести ее с основного уровня на возбужденный, называется *энергией возбуждения*. Измеряют энергию возбуждения чаще всего в электрон-вольтах. Процесс поглощения энергии частицами вещества обозначают стрелками, направленными вверх, а процесс испускания – стрелками, направленными вниз.

Поглощать и излучать энергию частицы вещества могут порциями, равными разности энергий двух уровней. Например: атом может перейти с уровня  $E_1$  на уровень  $E_2$ , поглотив квант  $h\nu_{1,2}$ , равный разности  $E_2 - E_1$ , а с уровня  $E_2$  на уровень  $E_3$ , поглотив квант  $h\nu_{2,3} = E_3 - E_2$ .

Каждый переход требует кванта определенной частоты (длины волны), которую можно подсчитать, если известна энергия уровней, между которыми совершается переход. Например:

$$\nu_{1,2} = \frac{E_2 - E_1}{h}; \quad \lambda_{1,2} = \frac{hc}{E_2 - E_1}.$$

Каждое вещество имеет свой набор энергетических уровней, отличаясь от других веществ числом уровней и разностью энергий этих уровней. Поэтому спектры разных веществ отличаются друг от друга как частотами излучаемых или поглощаемых квантов, так и их числом. Это обстоятельство позволяет, изучив спектр вещества, сделать выводы о его химическом составе.

### Атомные спектры и строение атома

При испускании и поглощении атомами электромагнитного излучения изменяется внутренняя энергия каждого поглощающего или испускающего атома.

Внутренняя энергия атома складывается из энергии его ядра и энергии электронов. Если атом не подвергается внешнему воздействию, то его ядро и электроны находятся в таких энергетических состояниях, что внутренняя энергия атома имеет минимальное значение, т.е. атом невозбужден.

Возбудить атом можно, лишь сообщив ему извне дополнительную энергию. Возбуждение ядра требует большой энергии, порядка  $10^5$  эВ, что соответствует квантам  $\gamma$ -излучения. Поэтому в условиях получения оптических и рентгеновских спектров энергия атомных ядер остается неизменной, и внутренняя энергия атомов зависит только от энергетического состояния электронов.

Электроны внешних и незавершенных внутренних оболочек значительно слабее связаны с ядром. Для их возбуждения и даже отрыва нужна энергия всего несколько электрон-вольт.

Спектры химических элементов линейчатые. Атомы разных элементов имеют разное строение, поэтому имеют свой индивидуальный спектр, отличающийся от спектров других элементов числом линий и их длинами волн. Структура спектра элемента определяется возможными значениями внутренней энергии его атомов.

Рассмотрим структуру уровней и спектр самого простого из атомов – атома водорода, имеющего всего один электрон, или водородоподобного атома, т.е. ионизированного атома, у которого остался один электрон. Например, это могут быть ион гелия  $He^+$  или ион лития  $Li^{++}$ . Исследование водородоподобных систем (с одним только электроном) представляет

интерес и для качественного анализа поведения внешнего валентного электрона щелочных металлов и свойств самых внутренних, ближайших к ядру, электронов сложных атомов.

Энергия электрона в атоме водорода зависит только от силы взаимодействия с его ядром. Благодаря очень большой по сравнению с электроном массе, ядро в первом приближении можно считать неподвижным. Его размеры ( $\sim 10^{-13}$  см) во много раз меньше размера атома ( $\sim 10^{-8}$  см), и тогда ядро можно рассматривать как точечный заряд  $(+Ze)$ , где  $Z$  – порядковый номер элемента в таблице Менделеева. Электрон с зарядом  $(-e)$  движется в электрическом поле, потенциал которого  $\phi$  на расстоянии  $r$  от ядра равен:  $\phi = Ze/4\pi\epsilon_0 r$ . Следовательно, электрон в атоме имеет потенциальную энергию

$$U(r) = -e\phi = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (1)$$

Для простоты предположим, что электрон движется вокруг ядра по круговой орбите радиуса  $r$ . При этом, согласно правилу квантования круговых орбит Бора, он должен иметь дискретные квантованные значения орбитального момента импульса

$$m_e v_n r_n = n\hbar, \quad (2)$$

где  $m_e$  – масса электрона,  $v_n$  – его скорость на  $n$ -й орбите радиуса  $r_n$ ;  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  – приведенная постоянная Планка.

Кулоновская сила взаимодействия между ядром и электроном сообщает электрону центростремительное ускорение. Второй закон Ньютона для электрона, движущегося по окружности под действием кулоновской силы, имеет вид:

$$\frac{Ze \cdot e}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} = \frac{m_e v_n^2}{r_n}, \quad (3)$$

где  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная.

Решая совместно уравнения (2) и (3) получим выражение для радиуса  $n$ -й орбиты:

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2 \cdot 4\pi\epsilon_0}{m_e Z e^2}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots). \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что радиусы орбит растут пропорционально квадратам целых чисел. Для атома водорода ( $Z = 1$ ) радиус первой ( $n = 1$ ) орбиты электрона, называемый *первым боровским радиусом*, равен

$$r_1 = \frac{\hbar^2 \cdot 4\pi\epsilon_0}{m_e e^2}, \quad (5)$$

Полная энергия электрона в водородоподобном атоме складывается из потенциальной энергии в электростатическом поле ядра  $(-\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r})$  и кинетической энергии  $(\frac{m_e v^2}{2})$ :

$$E = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}, \quad (6)$$

$$\text{где } \frac{m_e v^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{Z e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (\text{см. (3)}).$$

Учитывая квантованные значения для радиуса  $n$ -й стационарной орбиты (4), получим, что энергия электрона может принимать только следующие дозволённые дискретные значения:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{Z^2 m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots), \quad (7)$$

где знак минус означает, что электрон находится в связанном состоянии.

Таким образом, атом водорода обладает минимальной энергией  $E_1 = -13,55 \text{ эВ}$  при  $n = 1$  и максимальной  $E_\infty = 0$  при  $n \rightarrow \infty$ , т.е. при удалении электрона из атома. Следовательно, значение  $E_\infty = 0$  соответствует *ионизации атома* при отрыве от него электрона.

При переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) один фотон с энергией, равной разности энергий  $E_n$  и  $E_m$  соответствующих стационарных состояний атома до и после излучения (поглощения):

$$h\nu = E_n - E_m. \quad (8)$$

Формула (8) представляет собой второй постулат Бора.

### Линейчатый спектр атома водорода

Исследования спектров излучения разреженных газов показали, что каждому газу присущ вполне определенный линейчатый спектр, состоящий из отдельных спектральных линий или групп близко расположенных линий. Самым изученным является спектр наиболее простого атома – атома водорода. Швейцарский ученый И. Бальмер подобрал эмпирическую формулу, описывающую все известные в то время спектральные линии водорода в *видимой области спектра*:

$$\frac{1}{\lambda} = R' \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 3, 4, 5, \dots), \quad (9)$$

где  $R' = 1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$  – постоянная Ридберга. Так как частота  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , то формула (9) может быть переписана для частот:

$$\nu = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 3, 4, 5, \dots), \quad (10)$$

где  $R = R' \cdot c = 3,28985 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1}$  – также постоянная Ридберга.

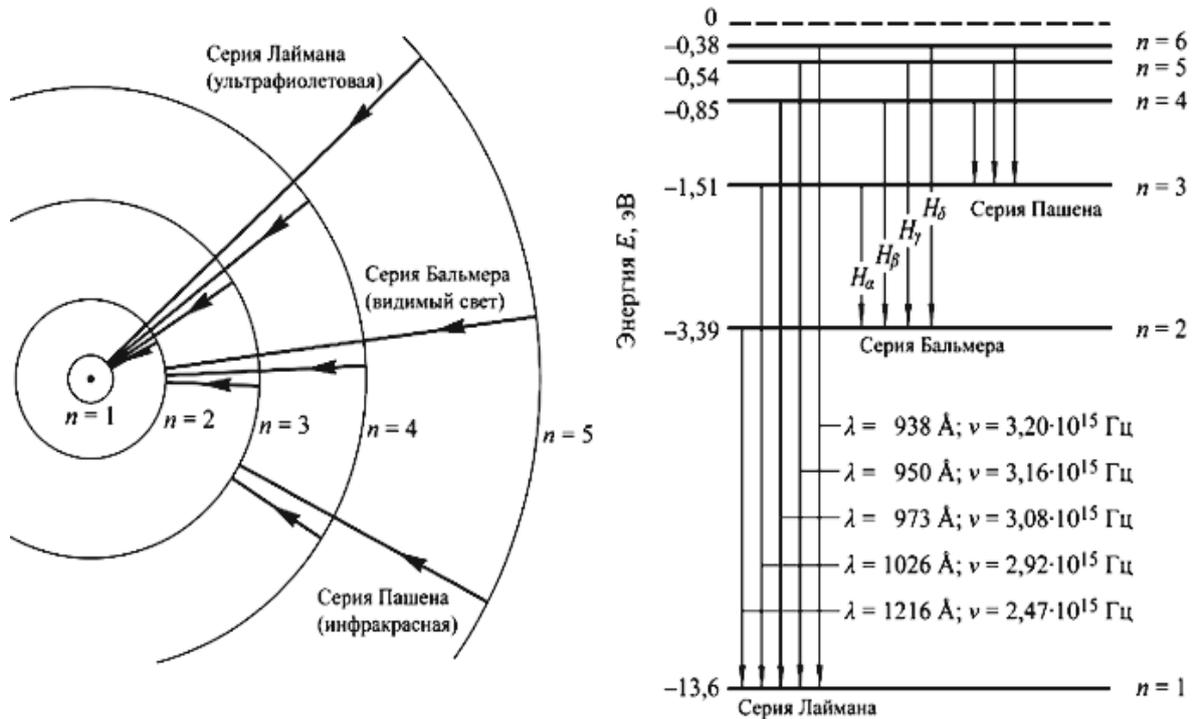
Из выражений (9) и (10) вытекает, что спектральные линии, отличающиеся различными значениями  $n$ , образуют группу или серию линий, называемую *серией Бальмера*. С увеличением  $n$  линии серии сближаются, а при  $n \rightarrow \infty$ , определяется граница серии, к которой со стороны больших частот примыкает сплошной спектр.

В дальнейшем в спектре атома водорода было обнаружено еще несколько серий. В *ультрафиолетовой области спектра* находится *серия Лаймана*:  $\nu = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right), (n = 2, 3, 4, 5, \dots)$ .

В инфракрасной области спектра были также обнаружены:

$$\text{серия Пашена: } \nu = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 4, 5, 6, 7, \dots);$$

$$\text{серия Брэкета: } \nu = R \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 5, 6, 7, 8, \dots);$$



$$\text{серия Пфунда: } \nu = R \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 6, 7, 8, 9, \dots);$$

$$\text{серия Хемфри: } \nu = R \left( \frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = 7, 8, 9, 10, \dots).$$

Все приведенные выше серии в спектре атома водорода могут быть описаны одной формулой, называемой *обобщенной формулой Бальмера*:

$$\nu_{m,n} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (n = m + 1, m + 2, \dots), \quad (11)$$

где целые числа  $m = 1, 2, 3, \dots$  определяют серии; а  $n$  определяют отдельные линии в данной серии. Таким образом, фиксируя значения  $m$  и меняя  $n$ , получаем набор частот, называемый *спектральной серией*. Возможные уровни энергии и спектральные серии атома водорода представлены на рис. 2.

Рисунок 2 – Спектральные линии атома водорода

Так при  $m = 1$  и  $n = 2, 3$  получим частоты  $\nu_{1,2}$  и  $\nu_{1,3}$ , соответствующие переходам электрона со 2-й и 3-й орбит в основное состояние. Фотоны первой серии имеют энергию от 10,15 эВ и выше – все они лежат в ультрафиолетовой области спектра. С ростом  $n$  соседние частоты все меньше и меньше отличаются друг от друга. Линии в спектре идут все гуще и гуще. Частота  $\nu_{1,\infty}$  получается в результате перехода электрона на

первую орбиту с бесконечно удаленной орбиты, на которой его кинетическая энергия равна нулю.

Аналогично, полагая  $m = 2$  и  $n = 3, 4, 5, \dots$ , получим частоты второй серии, возникшей при переходе электрона на вторую стационарную орбиту. Первые четыре линии серии Бальмера лежат в видимой области спектра:

$$\lambda_{2,3} = \frac{c}{\nu_{2,3}} = 6562,8 \text{ \AA} \quad (H_\alpha - \text{красная линия});$$

$$\lambda_{2,4} = \frac{c}{\nu_{2,4}} = 4861,3 \text{ \AA} \quad (H_\beta - \text{синяя линия});$$

$$\lambda_{2,5} = \frac{c}{\nu_{2,5}} = 4340,5 \text{ \AA} \quad (H_\gamma - \text{фиолетово-синяя линия});$$

$$\lambda_{2,6} = \frac{c}{\nu_{2,6}} = 4101,7 \text{ \AA} \quad (H_\delta - \text{фиолетовая линия}).$$

Остальные линии этой серии, начиная с  $\lambda_{2,7} = 3970,3 \text{ \AA}$  расположены уже в ультрафиолетовой области. При  $n \rightarrow \infty$  определяется граница серии  $\lambda = 3646 \text{ \AA}$ .

Из рассмотренных выше формул следует, что любую частоту в спектре одноэлектронного атома можно представить в виде

$$\nu_{m,n} = \frac{R}{m^2} - \frac{R}{n^2}. \quad (12)$$

Поэтому можно каждой орбите с номером  $n$  сопоставить величину равную

$$T_n = \frac{R}{n^2}. \quad (13)$$

Эта величина получила названия *спектрального термина*. Разность термов двух орбит с номерами  $m$  и  $n$  дает частоту спектральной линии, возникающей при переходе электрона с одной орбиты на другую (см. (12)).

### Спектры щелочных металлов

Спектры щелочных металлов в общих чертах сходны со спектром водорода. В таблице Менделеева щелочные металлы следуют за инертными газами, атомы которых обладают большой устойчивостью. Переход от атома инертного газа к атому щелочного металла обусловлен увеличением заряда ядра на  $e$  и возрастанием числа электронов атома на один электрон. В отличие от остальных электронов этот добавочный электрон слабо связан с ядром. Следовательно, можно считать, что у щелочного металла с порядковым номером  $Z$  устойчивую структуру образуют  $(Z - 1)$  электронов. Эти электроны образуют оболочку, подобную электронной оболочке предшествующего по таблице атома инертного газа. В поле этого иона движется один электрон, подобно одному электрону атома водорода.

То обстоятельство, что этот электрон движется не в поле ядра, но в сложном поле иона, приводит к некоторому отличию термов атомов щелочных металлов от выражения (13). Ридберг нашел для них следующую эмпирическую формулу:

$$T_n = \frac{R}{(n+\sigma)^2} \quad (14)$$

где  $n$  – целое число;  $\sigma$  – поправка, имеющая постоянное значение в пределах серии, но различная для разных серий.

Спектры испускания атомов щелочных металлов, подобно спектру водорода, состоят из нескольких серий. Наиболее интенсивные из них получили названия *главной, резкой, диффузной и основной*. Главная серия соответствует переходам атома в основное состояние. Резкая и диффузная серии состоят соответственно из резких и размытых (диффузных) линий.

Спектральные линии атома натрия можно представить как переходы между энергетическими уровнями, изображенными на рис. 3.

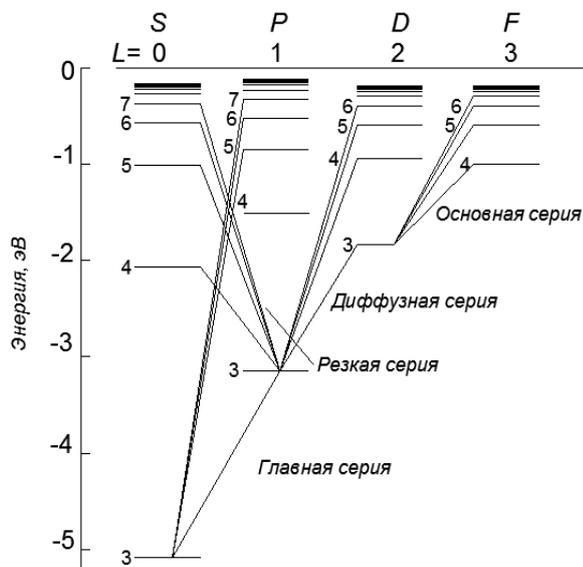


Рисунок 3 – Спектры испускания атомов щелочных металлов

Эта схема отличается от схемы уровней атома водорода тем, что уровни с одинаковым главным квантовым числом лежат на неодинаковой высоте. Несмотря на это отличие, обе схемы обнаруживают большое сходство. Это дает основание предположить, что спектры щелочных металлов соответствуют переходам самого внешнего (так называемого *валентного* или *оптического*) электрона с одного энергетического уровня на другой.

В общих чертах закономерности спектров щелочных металлов понятны, однако, некоторые особенности не могут быть объяснены в рамках представлений теории атома Бора. В частности, ряд линий спектра расщепляются и представляют собой не одиночные линии, а дублеты. Например, яркий дублет желтой линии натрия отличается на  $\Delta\lambda = 5,967\text{Å}$  ( $\lambda_1 = 5889,965\text{Å}$  и  $\lambda_2 = 5895,932\text{Å}$ ). Некоторые линии расщеплены и в спектрах остальных щелочных металлов, причем с ростом атомного номера расстояние  $\Delta\lambda$  между компонентами дублетов увеличивается. Для

объяснения этих фактов необходимо квантово-механическое рассмотрение строения атома [2-3] .

## II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

*Цель эксперимента:*

1. Рассчитать длины волн спектральных линий;
2. Рассчитать номера орбит, с которых перешли электроны в атоме при испускании данных спектральных линий. Нарисовать схему переходов.
3. Рассчитать кинетическую, потенциальную и полную энергию атома с расположением электронов на  $n$ -м уровне (по указанию преподавателя).
4. Рассчитать скорости электронов на данных орбитах;
5. Рассчитать величину экранирования  $\sigma$ .

Для выполнения работы используем приборы и принадлежности: монохроматор УМ-2, ртутная лампа, натриевая лампа, блок питания.

Работа состоит из трех разделов:

1. Градуировка монохроматора по ртутной лампе.
2. Определение длин волн в спектре излучения водорода.
3. Расчет параметров, характеризующих состояние электрона в атоме.

### *Градуировка монохроматора*

Перед щелью монохроматора (рис. 4) (описание устройства УМ-2 см. в [4, 5]) устанавливаем ртутную лампу и включаем ее (не более чем на 5-7 минут). Затем перемещаем окуляр так, чтобы добиться резкого изображения в поле зрения указателя и спектральных линий лампы. Ширину входной щели объектива делаем достаточно узкой для того, чтобы линии хорошо были разрешены.

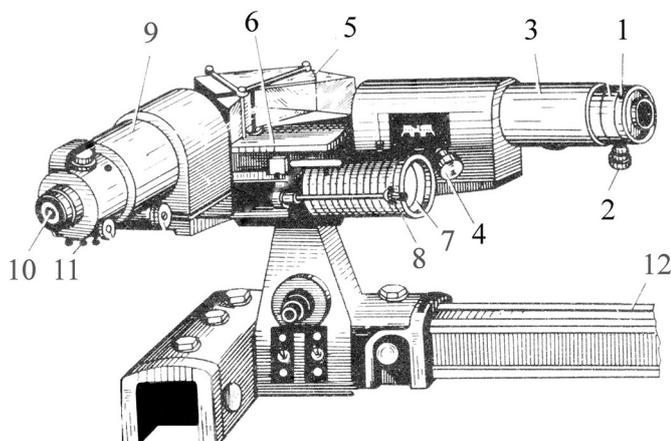


Рисунок 4 – Монохроматор для определения длин волн спектров

В зрительную трубу прибора рассматриваем спектр. Вращением барабана добиваемся совпадения стрелки указателя последовательно с известными линиями спектра атомов ртути, для которых приведены длины волн (см. рис. 5). Положение каждой линии (показания шкалы барабана) записываем в табл. 1.

Таблица 1

Источник излучения	Цвет линии	Показания барабана монохроматора	Длина волны, Å
Ртуть	Темно-красная яркая	2761	6907
	Темно-красная слабая	2724	6716
	Красная яркая	2478	6234
	Красная слабая	2456	6073
	Интенсивный жёлтый дуплет	2318	5791
	Зелёная яркая	2126	5461
	Сине-зелёная слабая	1880	5026
	Голубая яркая	1702	4916
	Темно-синяя яркая	1038	4358
	Фиолетовая яркая	554	4078
	Фиолетовая яркая	490	4046

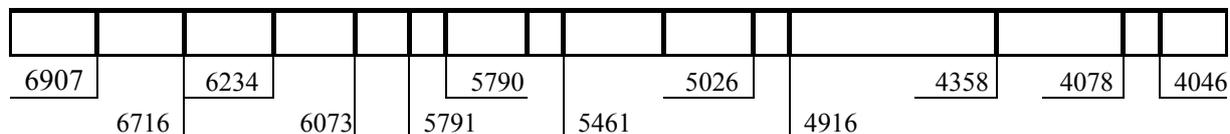


Рис 5 – Шкала линий спектра ртутной лампы

По данным, снимаемым с барабана и шкалы линий спектра ртути, строим градуировочный график (рис.6).

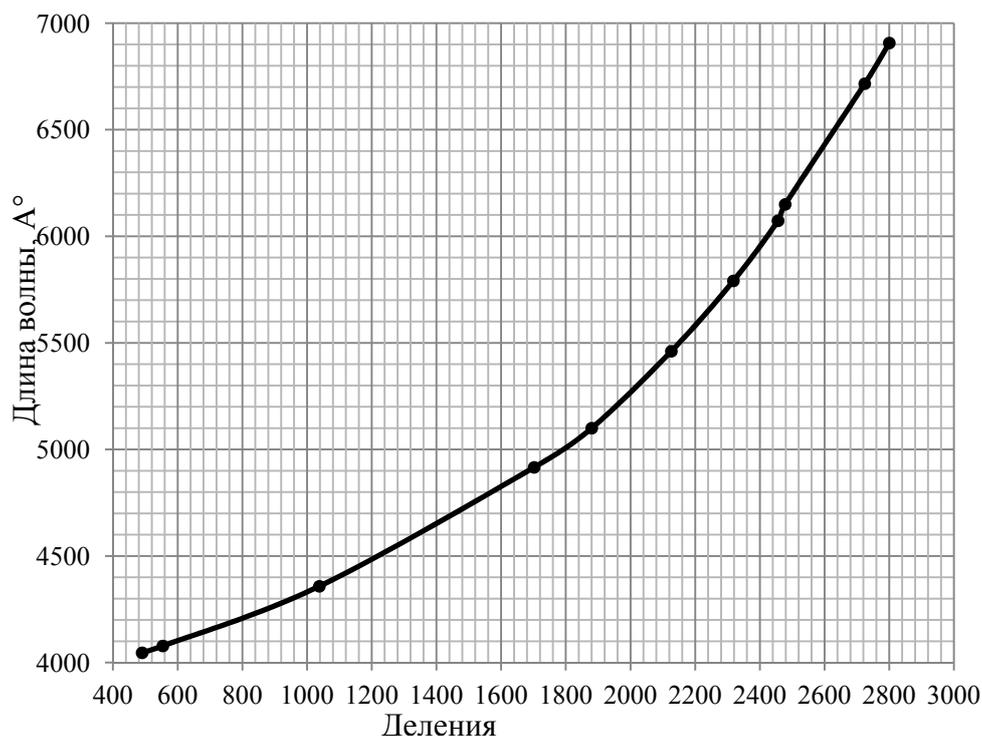


Рис. 6 – Градуировочный график монохроматора по спектру ртути  
**Определение длин волн в спектре излучения водорода**

Определяем длины волн линий в спектре излучения водорода, используя построенный по спектру ртути градуировочный график монохроматора. Данные заносим в таблицу 2.

Таблица 2

Источник излучения	Цвет линии	Показания барабана монохроматора	Длина волны, Å
	красная	2750	6820
	Фиолетовая яркая	550	4078

### **Расчет номера и радиуса орбиты электрона**

Рассчитаем номер орбиты  $n$ , с которой переходит электрон и испускается квант энергии электромагнитного излучения с длиной волны  $\lambda$  в атоме водорода. Для этого используем серию Бальмера:  $\frac{1}{\lambda} =$

$R' \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ , где  $R' = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$  – постоянная Ридберга. Находим, что:

а) для красной спектральной линии  $\lambda = 6820 \text{ Å} = 6820 \cdot 10^{-10} \text{ м}$

$$n = \sqrt{\frac{4R'\lambda}{R'\lambda - 4}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1 \cdot 10^7 \cdot 6820 \cdot 10^{-10}}{1,1 \cdot 10^7 \cdot 6820 \cdot 10^{-10} - 4}} = 2,97, \text{ т.е. 3-я орбита;}$$

б) для фиолетовой спектральной линии  $\lambda = 4078 \text{ Å} = 4078 \cdot 10^{-10} \text{ м}$

$$n = \sqrt{\frac{4R'\lambda}{R'\lambda - 4}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1 \cdot 10^7 \cdot 4078 \cdot 10^{-10}}{1,1 \cdot 10^7 \cdot 4078 \cdot 10^{-10} - 4}} = 6,05, \text{ т.е. 6-я орбита.}$$

Величины радиусов  $n$ -х орбит электронов вычисляем по формуле

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2 \cdot 4\pi\epsilon_0}{m_e e^2} = n^2 \frac{\hbar^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2},$$

где  $\hbar$  – постоянная Планка;  $m_e$  – масса электрона;  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная;  $e$  – заряд электрона:

$$\text{а) для } n = 3: r_3 = 3^2 \frac{43,8 \cdot 10^{-68} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2,56 \cdot 10^{-38}} = 0,477 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 477 \text{ нм};$$

$$\text{б) для } n = 6: r_6 = 6^2 \frac{43,8 \cdot 10^{-68} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2,56 \cdot 10^{-38}} = 0191 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 191 \text{ нм.}$$

### **Расчет скоростей движения электронов и энергий в атоме водорода**

В атоме водорода полная механическая энергия  $E$  электрона складывается из кинетической энергии движения и потенциальной энергии его взаимодействия с ядром и равна:  $E = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$ .

При движении электрона по орбите на электрон действует кулоновская сила  $F_{\text{кул}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ , под действием которой он получает центростремительное ускорение  $a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$ . Запишем уравнение движения электрона:  $\frac{m_e v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ . Сокращая на  $r$  это уравнение, получаем:

$$m_e v^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (15)$$

Используя правило квантования круговых орбит Бора:  $m_e v r_n = n\hbar$ , находим радиус  $n$ -ой орбиты  $r_n$  и, подставляя его в формулу (15), получаем:  $v_n = \frac{e^2}{2n\epsilon_0 h}$ . Подставляя номера орбит  $n = 3, 6$  и остальные параметры, находим скорости движения электрона по орбитам:

$$\text{а) для } n = 3: v_3 = \frac{2,56 \cdot 10^{-38}}{3 \cdot 2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}} = 7,27 \cdot 10^5 \text{ м/с};$$

$$\text{б) для } n = 6: v_6 = \frac{2,56 \cdot 10^{-38}}{6 \cdot 2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}} = 3,63 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

Энергию атома водорода ( $Z = 1$ ) в  $n$ -м стационарном состоянии (см. (7)) рассчитываем по формуле:  $E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m_e e^4}{8\hbar^2 \epsilon_0^2}$ , ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

Тогда для наших номеров орбит:

$$\text{а) } E_3 = -\frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^4}{9 \cdot 8 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2 \cdot (8,85 \cdot 10^{-12})^2} = -2,40 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = -1,5 \text{ эВ};$$

$$б) E_6 = - \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^4}{36 \cdot 8 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2 \cdot (8,85 \cdot 10^{-12})^2} = -0,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = -0,38 \text{ эВ.}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований и расчетов спектра водородной лампы определено:

1. Красная спектральная линия обусловлена переходом электрона с 3<sup>-го</sup> на 2<sup>-ой</sup> уровень, фиолетовая – с 6<sup>-го</sup> на 2<sup>-ой</sup> уровень.
2. Радиус орбиты на 3<sup>-м</sup> уровне  $0,477 \cdot 10^{-9}$  м, на 6<sup>-м</sup>  $-0,191 \cdot 10^{-9}$  м.
3. Скорость движения электрона на 3<sup>-ей</sup> орбите  $7,27 \cdot 10^5$  м/с, на 6<sup>-ой</sup> -  $3,63 \cdot 10^5$  м/с.
4. Энергия атома с электроном на 3<sup>-м</sup> уровне = -1,5 эВ, на 6<sup>-м</sup> = -0,37 эВ.

### Список используемых источников

1. Стандарт организации. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. СТО 4.2–07–2014. Красноярск: СФУ, 2014.
2. Савельев И.В. Курс общей физики, т.3/ И.В. Савельев.- СПб: Изд-во «Лань», 2008. 416 с.
3. Фриш, С.Э. Курс общей физики, т.3/ С.Э. Фриш, А.В.Тиморева.- СПб: Изд-во «Лань», 2008. 546 с.
4. Орешникова Е.Г. Спектральный анализ.- М.: Изд-во «Высшая школа», 1982. 372 с.
5. Оптика и атомная физика, Лабораторный практикум. Бурученко А.Е, Захарова В.А. и др. Красноярск: Изд-во СФУ, 2011. 94 с.

### Оглавление

Введение.....	4
Цели и задачи, решаемые в процессе курсовой работы.....	4
Требования к уровню выполнения и содержанию курсовой работы.....	4
Общие указания.....	5
Выбор и закрепление темы.....	5
Выполнение план-графика и текущий контроль.....	6
Представление отчета и защита курсовой работы.....	7
Требования к оформлению курсовой работы.....	7
Структура курсовой работы.....	7
Требования к структурным элементам текстового документа.....	8

Методические указания к курсовой работе.....	10
Календарный график выполнения курсовой работы.....	10
Темы курсовых работ.....	11
Варианты заданий по КР «Исследование спектров испускания водородоподобных атомов».....	11
Задание по КР «Использование законов дифракции для качественного и полуколичественного анализа минерального состава веществ».....	12
Приложение. Образец выполнения курсовой работы.....	12
Титульный лист курсовой работы.....	13
Реферат.....	14
Введение.....	14
I. Основная часть.....	15
Основные характеристики электромагнитного излучения.....	15
Происхождение спектров поглощения и спектров испускания.....	15
Атомные спектры и строение атома.....	17
Линейчатый спектр атома водорода.....	19
Спектры щелочных металлов.....	21
II. Экспериментальная часть.....	22
Градуировка монохроматора.....	23
Определение длин волн в спектре излучения водорода.....	24
Расчет номера и радиуса орбиты электрона.....	25
Расчет скоростей движения электронов и энергий в атоме водорода.....	25
III. Заключение.....	26
Список используемых источников.....	26