




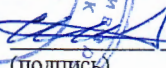
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
Короченцев В.В.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
«29» августа 2016 г.



«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
теоретической и ядерной физики  
(название кафедры)  
  
Пирмосвкий С.Э.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
«29» августа 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Атомная физика

Направление – 03.03.02 «Физика»

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5  
лекции 36 час.  
практические занятия 36 час.  
лабораторные работы 54 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 2 /пр. 18 /лаб. 18 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 126 час.  
в том числе с использованием МАО 38 час.  
самостоятельная работа 90 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы 1  
зачёт 5 семестр  
экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры общей физики, протокол № 1 от «29» августа 2016 г.

Заведующий кафедрой доцент, к.х.н. В.В. Короченцев  
Составитель (ли): доцент, к.ф.-м.н. Куартон Л.А.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Specialist's/Master's degree in 14.03.02 Nuclear physics and technologies.**

**Course title: Atomic physics.**

**Variable part of block, 6 credits.**

**Instructor: Ph.D. Quarton L.A.**

**At the beginning of the course a student should be able to:**

For successful study of the discipline "Atomic Physics" the following preliminary competences should be formed for students:

- possession of a culture of thinking, capable of generalization, analysis, perception of information, setting goals and choosing ways to achieve it (GC-1);

**Learning outcomes:**

OPK-1

the ability to use the basic laws of the natural sciences in professional activities, apply the methods of mathematical analysis and modeling, theoretical and experimental research

PC-3

willingness to conduct physical experiments according to a given method, compiling descriptions of the research and analysis of the results

PC-4

the ability to understand and present the information received and the results of physical research.

**Course description:**

The course "Atomic Physics" is based on the content of the following disciplines: "Philosophy", "Molecular Physics", "Theoretical Mechanics", "Physical Practicum", "Equations of Mathematical Physics", "Quantum Mechanics", "Fundamentals of Mathematical Analysis", "Mathematical Analysis" undergraduate .

Discipline is the foundation for such disciplines as "Physics of the Atomic Nucleus and Particles", "Physics of the Condensed State", "Quantum Theory" and most of the special training courses.

At present, the entry into the era of nano-technology, the emergence in the life around us of an increasing number of devices and devices operating at the atomic level, knowledge of the foundations of the structure of the atom becomes a sign of any educated person. For students of physics, this course is the first and fundamental in the study of the laws and features of a micro-object in general and the electron shell of an atom in particular. As a section of the general physics course, atomic physics includes the consideration of phenomena, in which fundamental quantum-mechanical regularities manifest themselves in an obvious way, which make it possible to formulate the basic concepts and model of this field of phenomena. For a theoretical description of the structure of the electron shell of an atom and atomic phenomena in the course, a number of basic concepts and methods of quantum theory are used.

The objectives of the development of the discipline "Atomic Physics" - consists in the formation of ideas about the nanoworld, its spatial and temporal scales and basic laws based on quantum ideas.

#### Tasks:

- formation of students' understanding of the quantum laws of the structure of the atom, the "scale" of the manifestation of quantum atomic effects and phenomena,
- students learning theoretical material;
- development of skills for analyzing atomic phenomena and solving problems;
- formation of the ability to set and solve experimental problems at the level of atomic phenomena;
- understanding of the main problems of atomic physics as a science;
- competent use of acquired knowledge and skills in special disciplines.

#### **Main course literature:**

##### Main literature

(print and electronic publications)

1. Sivukhin, D.V. A general physics course: a manual for physical specialties of universities [Text]: [in 5 tons.] V. 5. Atomic and nuclear physics / D.V. Sivukhin. - M.: Fizmatlit, 2008. - 782 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:675292>

2. Shpolsky, E. V. Atomic Physics [Text]: textbook [in 2 vol.]: Vol. 1. Introduction to Atomic Physics / E. V. Shpolsky. - SPb. : Lan, 2010. 557 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307400>

3. Shpolsky, E. V. Atomic Physics [Text]: textbook [in 2 tons]: v. 2. Fundamentals of quantum mechanics and the structure of the electron shell of an atom / B.. V. Shpolsky. - SPb. : Lan, 2010. - 441 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307393>

4. Irodov, I.Ye. Quantum Physics. Basic laws [Text]: [textbook for universities] / I.E. Irodov. - M.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2007. - 256 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277584>

5. Barsukov, O. A. Fundamentals of atomic physics [Text] / O. A. Barsukov, M. A. Elyashevich. - M.: Scientific World, 2006. - 648 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:253326>

6. Irodov I.Ye. Problems in Quantum Physics [Text]: textbook for universities / I.E.Irodov. - M.: Laboratory of Basic Knowledge, 2006. - 215 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:276074>

7. Elyashevich, M.A. Atomic Spectroscopy [Text] / M.A. Elyashevich, preface. L.A. Gribova. - M.: LIBROKOM, 2009. - 415 p.

EC NB FEFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo326343>

**Form of final knowledge control:** exam

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Атомная физика» разработана для студентов 3 курса направления 03.03.02 «Физика», в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Атомная физика» относится к разделу Б1.Б.31 обязательных дисциплин базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и лабораторные работы (54 час.), практические занятия (36 час.), самостоятельная работа (90 час., в том числе на подготовку к экзамену 54 час.). Дисциплина реализуется в 5 семестре 3 курса.

Курс «Атомная физика» опирается на содержание дисциплин «Философия», «Молекулярная физика», «Теоретическая механика», «Физический практикум», «Методы математической физики», «Математической анализ».

Дисциплина является фундаментом для таких дисциплин, как «Физика атомного ядра и частиц», «Физика конденсированного состояния», «Квантовая механика» и большинства курсов специальной подготовки.

В настоящее время вступления в эпоху нано-технологий, появления в окружающей нас жизни все большего числа приборов и устройств, работающих на атомном уровне, знание основ строения атома становится признаком любого образованного человека. Для студентов-физиков данный курс является первым и основополагающим в изучении закономерностей и особенностей микрообъекта вообще и электронной оболочки атома в частности. Как раздел курса общей физики, атомная физика включает в себя рассмотрение явлений, в которых очевидным образом проявляются фундаментальные квантово-механические закономерности, позволяющие сформулировать основные понятия и модель этой области явлений. Для теоретического описания строения электронной оболочки атома и атомных явлений в курсе используется ряд основных понятий и методов квантовой теории.

**Цели** освоения дисциплины «Атомная физика» – состоит в формировании представлений о наномире, его пространственно-временных масштабах и основных законах на основе квантовых идей.

### **Задачи:**

- формирование у студентов понимания квантовых закономерностей строения атома, «масштабов» проявления квантовых атомных эффектов и явлений,

- усвоение студентами теоретического материала;
- формирование навыков анализа атомных явлений и решения задач;
- формирование умения поставить и решить экспериментальных задач на уровне атомных явлений;
- понимание главных проблем атомной физики как науки;
- грамотное использование полученных знаний и умений в специальных дисциплинах.

Для успешного изучения дисциплины «Атомная физика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- владением культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач		простейшие уравнения, описывающие особенности поведения атомных систем,
		составить уравнения для простейших случаев поведения наночастиц, получить и проанализировать их решения, оценить численные значения характерных величин для конкретного состояния частицы, проводить вычисления с требуемой степенью точности; формировать документы с результатами своей работы, используя средства Word и Excel
		методиками математической обработки данных. оценить численные значения характерных величин для конкретного состояния частицы, проводить вычисления с требуемой степенью точности; методиками обработки данных с помощью современных компьютерных технологий
ПК-3 готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	основные эксперименты, иллюстрирующие природу объектов и явлений наномира, порядки величин в атомном мире.
	Умеет	обращаться с оборудованием физической лаборатории; применять теоретические знания к решению практических и научных задач; понимать, излагать и критически анализировать общефизическую информацию.

	Владеет	методиками математической обработки данных, оценки численных значений характерных величин для конкретного состояния частицы; методиками обработки данных с помощью современных компьютерных технологий.
ПК-4 способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований		существенные закономерности возникновения и развития фундаментальных физических теорий; основные принципы и соотношения, которые вытекают из экспериментов атомной физики.
		составить уравнения для простейших случаев поведения наночастиц, получить и проанализировать их решения.
		приемами вывода основных соотношений между физическими величинами следующие из постулатов теории или из результатов эксперимента; методами вычисления с требуемой степенью точности.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Атомная физика» предусмотрены следующие методы активного/интерактивного обучения: все лекционные занятия проводятся с использованием мультимедиа-технологий, при рассмотрении материала используется метод проблемной лекции. Девиз курса: атомная физика – борьба идей.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел I. Основы атомной физики (20 час.)**

#### **Тема 1. Введение в дисциплину (2 час.)**

Предмет и методы. Пределы применимости классической физики. Единицы измерения и порядки величин в атомной физике. Излучение абсолютно чёрного тела. Фотоэффект.

#### **Тема 2. Строение атома, дискретность атомных состояний (8 час.)**

##### **Интерактивная форма : проблемная лекция**

Модели строения атома. Закономерности в атомных спектрах. Комбинационный принцип. Опыты по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Элементарная боровская теория атома водорода. Принцип соответствия. Водородоподобные атомы.

#### **Тема 3. Элементы квантовой механики (10 час.)**

Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Смысл пси-функции. Квантование момента импульса. Квантование энергии. Электрон в прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор.

### **Раздел II. Физика атомов и молекул (16 час.)**

### **Тема 1. Атомные спектры (2 час.)**

Атом водорода. Спектры щелочных металлов. Ширина спектральных линий. Мультиплетность спектров и спин электрона.

### **Тема 2. Механический и магнитный момент атома (4 час.)**

Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Обозначения атомных состояний. Магнитный момент атома. Эффекты Зеемана и Штарка.

### **Тема 3. Атомные закономерности (4 час.)**

#### **Интерактивная форма : проблемная лекция**

Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим состояниям атома. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.

### **Тема 4. Молекула (4 час.)**

Адиабатическое приближение. Молекула водорода. Молекулярные спектры. Спектры двухатомных молекул.

### **Тема 5. Макроскопические квантовые явления (2 час.)**

Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Лазеры. Сверхпроводимость, сверхтекучесть, их квантовая природа.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия**

- Занятие 1. Единицы измерения и порядки величин в атомной физике. Излучение абсолютно чёрного тела. Фотоэффект (2 часа).*
- Занятие 2. Опыты по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома (4 часа).*
- Занятие 3. Опыты по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома (продолжение)*
- Занятие 4. Опыты Франка и Герца (2 часа).*
- Занятие 5. Элементарная боровская теория атома водорода (2 часа).*
- Занятие 6. Водородоподобные атомы (2 часа).*
- Занятие 7. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера (4 часа).*
- Занятие 8. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера (продолжение)*
- Занятие 9. Принцип неопределенности (2 часа).*
- Занятие 10. Уравнение Шредингера. Смысл пси-функции. Электрон в прямоугольной потенциальной яме (2 часа).*
- Занятие 11. Контрольная работа (2 часа).*
- Занятие 12. Спектры щелочных металлов (4 часа).*



- Занятие 13. Спектры щелочных металлов (продолжение)*
- Занятие 14. Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Обозначения атомных состояний (4 часа).*
- Занятие 15. Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Обозначения атомных состояний (продолжение).*
- Занятие 16. Магнитный момент атома (2 часа).*
- Занятие 17. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака (2 часа).*
- Занятие 18. Итоговое занятие (2 часа).*

Задачи для практических занятий содержатся в пособии "Задачи по атомной физике" для студентов 3 курса школы естественных наук ДВФУ Л.А.Куартон, 2012, 50 с. (152 задачи, 16 решённых примеров).

### **Лабораторные работы (54 час.)**

По четным неделям проводятся четырёхчасовые занятия (всего 36 часов за семестр) с использованием методов активного обучения «case study» и «индивидуальный практикум».

**Количество работ на семестр – 9 шт. На каждую работу студенту отводится 6 час.** Список конкретных лабораторных работ – индивидуальный для каждого студента.

#### **Лабораторная работа №1. Дифракция электронов (Phywe).**

Выполняется вариант опытов Томсона и Тартаковского. Наблюдаются волновые свойства электронов. Из анализа дифракционных максимумов производится расчёт межплоскостных расстояний кристаллической решетки графита.

#### **Лабораторная работа №2. Серия Бальмера и определение постоянной Ридберга (Phywe).**

С помощью дифракционной решетки наблюдается спектр испускания водородной лампы. Измеряются значения длин волн 4-х линий серии Бальмера, позволяющие рассчитать постоянную Ридберга.

#### **Лабораторная работа №3. Соотношение неопределенностей Гейзенберга (Phywe).**

Наблюдается дифракционная картина от одной щели. Исходя из измеренной ширины главного максимума при нескольких значениях ширины дифракционной щели, студенты убеждаются в том, что соотношение неопределённости для канонических переменных (импульса и координаты) фотонов выполняется.

#### **Лабораторная работа №4. Определение удельного заряда электрона (ДВФУ).**

Измеряются характеристики магнетрона, по которым двумя способами по графикам определяются критические значения магнитной индукции (первый метод), коэффициент наклона вольт-амперной характеристики (график  $U^{3/2}$ ,  $I$ ) и рассчитывается значение  $e/m$ .

#### **Лабораторная работа №5. Атомные спектры двухэлектронных систем: He, Hg (Phywe).**

Измеряются длины волн линий в спектрах гелиевой, а затем ртутной ламп (разложение в спектр – с помощью дифракционной решетки). На основании анализа спектров сравниваются кулоновские, спин-орбитальные и обменные взаимодействия для легкого (He) и тяжелого (Hg) атомов.

#### **Лабораторная работа №6. Закон Стефана-Больцмана (Phywe).**

Измеряется зависимость интегральной светимости лампы накаливания (с помощью термостолбика) в зависимости от температуры спирали лампы (оцениваемой косвенно по температурной зависимости её электрического сопротивления). Анализ соответствующего графика позволяет студентам убедиться в справедливости закона Стефана-Больцмана, даже при условиях, когда лампа не может считаться абсолютно чёрным телом.

#### **Лабораторная работа №7. Закон Стефана-Больцмана (Росучприбор).**

Объект исследования представляет собой модель абсолютно черного тела и выполнен как закрытая термоизолированная электропечь с отверстием на передней стенке. Для измерения температуры внутри печи контактным способом служит термопара, регулируемый источник питания позволяет разогреть печь до температуры 800°C. Постоянная Стефана-Больцмана рассчитывается через коэффициент наклона прямой в специально выбранных координатных осях.

#### **Лабораторная работа №8. Опыт Франка и Герца с неоновой лампой (Росучприбор).**

Классический опыт Франка и Герца проводится с неоновой лампой (для студентов – лампа с неизвестным газом). На экране осциллографа студенты наблюдают вольт-амперную характеристику, отражающую области упругих и неупругих соударений атомов с электронами. Анализируя расстояния между максимумами на осциллограмме, студенты определяют первый потенциал возбуждения атомов, и затем по таблице потенциалов возбуждения выясняют природу газа в лампе.

#### **Лабораторная работа №9. Определение постоянной Планка в опытах с внешним фотоэффектом (Phywe).**

В опытах с фотоэффектом измеряются значения запирающего напряжения при нескольких значениях длин волн ртутной лампы (как источника, вызывающего фотоэффект), выделенных с помощью интерференционных фильтров. По графику полученной зависимости запирающего потенциала от длины волны вычисляется значение постоянной Планка, входящей в уравнение Эйнштейна.

**Лабораторная работа №10. Принципы работы лазеров и свойства лазерного излучения (ДВФУ).**

Изучаются свойства излучения гелий-неонового лазера: расходимость, мощность, поляризованность. Одно из заданий посвящено изучению поглощения лазерного излучения веществом и сопоставлению полученных данных с наблюдаемым цветом растворов.

**Лабораторная работа №11. Определение ширины запрещённой зоны германия (Phywe).**

Измеряется проводимость образца германия как функция температуры. По этим данным с помощью специального программного комплекса определяется ширина запрещённой зоны полупроводника.

**Лабораторная работа №12. Элементарный заряд и опыт Милликена (Phywe).**

Заряженные в электрическом поле капельки масла движутся под действием электрического и гравитационного полей между пластинами конденсатора. Элементарный заряд определяется по измеренным скоростям отдельных капель, отслеживаемых визуально через микроскоп.

**Лабораторная работа №13. Серия Бальмера в спектрах водородоподобных атомов (ДВФУ).**

Излучение водород-дейтериевой лампы разлагается в спектр высокого разрешения с помощью спектрометра, спектр регистрируется самописцем. Студенты измеряют величину изотопного расщепления заданной преподавателем линии из серии Бальмера и сравнивают полученное значение с рассчитанным теоретически на основании теории Бора.

**Лабораторная работа №14. Спектры атомов щелочных металлов (ДВФУ).**

Измеряются длины волн в спектре натриевой лампы, проверяются теоретические закономерности частот переходов главной серии этого щелочного металла. По полученным данным рассчитываются значения квантовых дефектов и констант экранирования для s- и p-состояний. Графически определяется длина волны ионизационного предела. Исходя из измеренных значений длин волн, строится диаграмма энергетических уровней атома Na.

### **Лабораторная работа №15. Изучение фотоэффекта и свойств фотоэлемента (ДВФУ).**

Излучение лампы накаливания используется для возбуждения фотоэффекта. Вольт-амперные характеристики измеряются при нескольких значениях длин волн (первое задание). Во втором задании измеряется спектральная характеристика фотоэлемента, определяется красная граница для данного материала, рассчитывается соответствующая ей работа выхода. Дополнительно оценивается квантовый выход фотоэффекта.

### **Лабораторная работа №16. Спектры поглощения двухатомных молекул (ДВФУ).**

Спектр поглощения молекулярного йода, испаряемого в специальной кювете, регистрируется спектрометром в аналоговом виде. Студенты выделяют горячую и холодную серии на спектре, измеряют частоты колебательных компонент электронного перехода и строят графики, из которых средствами приложения Excel получают гармонические частоты и константы ангармоничности. По этим параметрам рассчитывают энергию диссоциации молекулы йода.

### **Лабораторная работа №17. Эффект Холла (Phywe).**

При комнатной температуре измеряется поперечное напряжение в образце при различных значениях магнитного поля. Рассчитываются: значение постоянной Холла и концентрация носителей заряда в данном полупроводнике, исследуется зависимость холловской разности потенциалов от индукции магнитного поля.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Атомная физика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы атомной физики	ОПК-1	знает	Опрос (УО-1), коллоквиум (УО-2), тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену № 1-10
			умеет	Выполнение и защита лабораторных работ № 2-4, 9, 11-13, 15 (ПР-6), (УО-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Раздел II. Физика атомов и молекул	ПК-3	знает	Опрос (УО-1), коллоквиум (УО-2), тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену № 11-24
			умеет	Выполнение и защита лабораторных работ № 1, 4-8, 10, 14, 16, 17 ПР-6), (УО-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	

Типовые задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие для физических специальностей вузов [Текст] : [в 5 т.] т. 5 . Атомная и ядерная физика / Д. В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2008. – 782 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:675292>

2. Шпольский, Э. В. Атомная физика [Текст] : учебник [в 2 т.] : т. 1 . Введение в атомную физику / Э. В. Шпольский. – СПб. : Лань, 2010. – 557 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307400>

3. Шпольский, Э. В. Атомная физика [Текст] : учебник [в 2 т.] : т. 2 . Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома / Э. В. Шпольский. – СПб. : Лань, 2010. – 441 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307393>

4. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы [Текст] : [учебное пособие для вузов] / И. Е. Иродов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 256 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277584>

5. Барсуков, О. А. Основы атомной физики [Текст] / О. А. Барсуков, М. А. Ельяшевич. – М. : Научный мир, 2006. – 648 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:253326>

6. Иродов И. Е. Задачи по квантовой физике [Текст] : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2006. – 215 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:276074>

7. Ельяшевич, М. А. Атомная спектроскопия [Текст] / М. А. Ельяшевич, предисл. Л. А. Грибова. – М. : ЛИБРОКОМ, 2009. – 415 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:286343>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Добрецов, Л.Н. Атомная физика [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Н. Добрецов. – М. : Физматлит, 1960. – 348 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:88577>

2. Гинзбург, В. Л. Сборник задач по общему курсу физики [Текст] : [в 5 кн.] кн. 5 . Атомная физика ; Физика ядра и элементарных частиц / [В. Л. Гинзбург, Л. М. Левин, М. С. Рабинович и др.] ; под ред. Д. В. Сивухина. – М. : Физматлит, Лань, 2006. – 183 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:694319>

3. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике [Текст] : учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. – СПб. : Лань, 2013. – 288 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:769517>

4. Вихман, Э. Берклевский курс физики [Текст] : [учебное руководство] : пер. с англ. т. 4 . Квантовая физика / Э. Вихман. – М. : Наука, 1986. – 391 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:136069>

5. Борн, М. Атомная физика [Текст] / М. Борн ; пер. с англ. О. И. Завьялова, В. П. Павлова ; предисл. Н. Н. Боголюбова. – М. : Мир, 1970. – 484 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:71222>

6. Фриш, С.Э. Оптические спектры атомов [Текст] : учебное пособие / С. Э. Фриш. – СПб. : Лань, 2010. – 644 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:842223>

7. Портис, А. Берклевский курс физики. Физическая лаборатория [Текст] : [лабораторный практикум] : пер. с англ. / А. Портис. – М. : Наука, 1978. – 318 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:136871>

8. Гольдин, Л.Л. Лабораторные занятия по физике [Текст] : учебное пособие для физических специальностей вузов / [Л. Л. Гольдин, Ф. Ф. Игошин, С. М. Козел и др.] ; под ред. Л. Л. Гольдина. – М. : Наука, 1983. – 704 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:304825>

9. Кнойбюль, Ф. К. Пособие для повторения физики [Текст] / Ф. К. Кнойбюль ; пер. с нем. А. В. Беркова. – М. : Энергоиздат, 1981. – 256 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:324595>

10. Хьюбер, К.-П. Константы двухатомных молекул [Текст] : [справочные материалы] в 2 ч. : ч. 1 . Молекулы Ag<sub>2</sub> – MoO ; ч. 2 . Молекулы N<sub>2</sub> – ZrO / К.-П. Хьюбер, Г. Герцберг ; под ред. Н. Н. Соболева ; пер. с англ. А. Ю. Волкова. – М.: Мир, 1984. – 408 с. ; 366 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:416034>

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:416035>

11. Мальцев, А. А. Молекулярная спектроскопия (теория, практические работы, задачи) [Текст] : учебное пособие для химических, химико-технологических и физических специальностей вузов / А. А. Мальцев. – М. : Изд-во Московского университета, 1980. – 271 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:42233>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Kuarton, L. Atomic Physics: e-learning course in LMS Coursesites [electronic resource] / L. Kuarton. – 2012. – Mode of access: [www.coursesite.com](http://www.coursesite.com) по паролю.

2. Видеолекции:

[http://www.univertv.ru/video/fizika/atomnaya\\_fizika/?mark=science](http://www.univertv.ru/video/fizika/atomnaya_fizika/?mark=science)

3. Electron in Motion <http://www.science20.com>

4. Интернет-журнал «ПостНаука»:

<http://www.novayagazeta.ru/society/54213.html>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса дисциплина реализуется с использованием электронной системы Blackboard ДВФУ, идентификатор: FU50702-011200.62-AF-01, режим доступа – по паролю единой учетной записи ДВФУ.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**



Текущая аттестация студентов по дисциплине «Атомная физика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме опроса, защиты лабораторных работ и выполнения контрольной работы по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

В рамках данной дисциплины предусмотрено 90 часов самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала лекций, обработке и оформлении результатов и подготовке к защите лабораторных работ, подготовке к контрольной работе, зачёту, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Атомная физика» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов, обработка и оформление результатов и подготовка к защите лабораторных работ;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, полученных на лабораторных и лекционных занятиях, студенту в течение курса необходимо правильно обработать и оформить данные и защитить отчёты по лабораторным работам. Для этого необходимо использовать все полученные знания и умения.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью и оформление лабораторных работ, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Приложении 1.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Атомная физика» необходима мультимедийная аудитория с доской (либо переносной проектор), ноутбук.

Для проведения лабораторного практикума используется специализированная лаборатория атомной физики, оснащенная комплектом 16 установок для выполнения лабораторных работ, из которых девять (№№ 1, 2, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 17) производства германской фирмы Phywe, две (№№ 7, 8)

производства Росучприбор и шесть работ (№№ 4, 10, 13 – 16) самостоятельной сборки на кафедре в ДВГУ-ДВФУ.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Атомная физика»  
Направление – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Специализация «Физика атомного ядра и частиц»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2015**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	1	Работа с конспектами лекций. Решение домашних задач	2,5	Коллоквиум
2	2	Работа с конспектами лекций. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Электронный тест-допуск к выполнению 1 работы
3	3	Работа с конспектами лекций. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Тренировочный электронный тест № 1. Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе
4	4	Работа с конспектами лекций. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Зачетный электронный тест № 1. Электронный тест-допуск к выполнению 2 работы
5	5	Работа с конспектами лекций. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Выборочная проверка домашних задач. Письменный отчет о лаб.работе
6	6	Работа с конспектами лекций. Подготовка к самостоятельной работе № 1. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Электронный тест-допуск к выполнению 3 работы.
7	7	Работа с конспектами лекций. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе
8	8	Работа с конспектами лекций. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Электронный тест-допуск к выполнению 4 работы
9	9	Тренировочный электронный тест № 2. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе

10	10	Зачетный электронный тест № 1. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Электронный тест-допуск к выполнению 5 работы
11	11	Работа с конспектами лекций. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе
12	12	Работа с конспектами лекций. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Электронный тест-допуск к выполнению 6 работы
13	13	Работа с конспектами лекций. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе
14	14	Работа с конспектами лекций. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Коллоквиум. Электронный тест-допуск к выполнению 7 работы
15	15	Тренировочный электронный тест № 3. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе
16	16	Зачетный электронный тест № 3. Подготовка и дистанционное получение допуска к выполнению работы	2,5	Электронный тест-допуск к выполнению 8 работы
17	17	Семестровый электронный тест. Подготовка письменного отчета о лаб.работе, ответы на контрольные вопросы по теории	2,5	Коллоквиум. Письменный отчет о лаб.работе
18	1-18	Подготовка к зачёту	2,5	Зачёт
19	1-18	Подготовка к экзамену	45	Экзамен

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

В рамках данной дисциплины предусмотрено 90 часов самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала лекций, обработке и оформлении результатов и подготовке к защите лабораторных работ, подготовке к контрольной работе, зачёту, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Атомная физика» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов, обработка и оформление результатов и подготовка к защите лабораторных работ;
- подготовка к текущему и промежуточному контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, полученных на лабораторных и лекционных занятиях, студенту в течение курса необходимо правильно обработать и оформить данные и защитить отчёты по лабораторным работам. Для этого необходимо использовать все полученные знания и умения.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью и оформление лабораторных работ, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану.

### **Контрольные вопросы к лабораторным работам**

Электронные тесты для допуска к выполнению лабораторных работ существуют только в электронном виде и размещены на странице курса в Blackboard. Каждый из таких тестов содержит от 8 до 20 вопросов разных типов, в том числе интерактивные вопросы с имиджевыми файлами – для проверки знания элементов устройства, принципов и приемов работы на экспериментальной установке, методик проведения измерений.

Тренировочные и зачетные тесты по каждому модулю, а также итоговый семестровый тест, формируются системой LMS из общего пула. При каждой попытке для студента генерируется новый индивидуальный тест из пула по данной теме. Количество возможных попыток объявляется студентам заранее (чаще всего, 3).

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Отчёт по выполненной лабораторной работе должен содержать следующие части: цель работы, сущность метода, ход работы, таблицу с полученными экспериментальными данными, формулы и расчёт (при необходимости), вывод, содержащий результаты эксперимента, и сравнительную характеристику полученных данных.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

*Зачтено* – получен в системе Blackboard допуск к контрольной работе, работа выполнена, правильно оформлен отчёт по лабораторной работе, законченные и верно выполненные расчёты, правильные и полные ответы на теоретические вопросы по теме работы.

*Не зачтено* – работа не выполнена или отчёт содержит существенные ошибки в оформлении, расчёты проведены неверно и/или содержат существенные ошибки, не даны ответы на теоретические вопросы по теме работы или они не достаточно полные.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Атомная физика»**  
**Направление – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»**  
**Специализация «Физика атомного ядра и частиц»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2015**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>		<p>простейшие уравнения, описывающие особенности поведения атомных систем,</p>
		<p>составить уравнения для простейших случаев поведения наночастиц, получить и проанализировать их решения, оценить численные значения характерных величин для конкретного состояния частицы, проводить вычисления с требуемой степенью точности; формировать документы с результатами своей работы, используя средства Word и Excel</p>
		<p>методиками математической обработки данных. оценить численные значения характерных величин для конкретного состояния частицы, проводить вычисления с требуемой степенью точности; методиками обработки данных с помощью современных компьютерных технологий</p>
<p>ПК-3 готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов</p>	Знает	<p>основные эксперименты, иллюстрирующие природу объектов и явлений наномира, порядки величин в атомном мире.</p>
	Умеет	<p>обращаться с оборудованием физической лаборатории; применять теоретические знания к решению практических и научных задач; понимать, излагать и критически анализировать общефизическую информацию.</p>
	Владеет	<p>методиками математической обработки данных, оценки численных значений характерных величин для конкретного состояния частицы; методиками обработки данных с помощью современных компьютерных технологий.</p>
<p>ПК-4 способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований</p>		<p>существенные закономерности возникновения и развития фундаментальных физических теорий; основные принципы и соотношения, которые вытекают из экспериментов атомной физики.</p>
		<p>составить уравнения для простейших случаев поведения наночастиц, получить и проанализировать их решения.</p>
		<p>приемами вывода основных соотношений между физическими величинами следующие из постулатов теории или из результатов эксперимента; методами вычисления с требуемой степенью точности.</p>



№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы атомной физики	ОПК-1	знает	Опрос (УО-1), коллоквиум (УО-2), тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену № 1-10
			умеет	Выполнение и защита лабораторных работ № 2-4, 9, 11-13, 15 (ПР-6), (УО-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Раздел II. Физика атомов и молекул	ПК-3	знает	Опрос (УО-1), коллоквиум (УО-2), тест (ПР-1)	Вопросы к экзамену № 11-24
			умеет	Выполнение и защита лабораторных работ № 1, 4-8, 10, 14, 16, 17 ПР-6), (УО-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	знает (пороговый уровень)	существенные закономерности возникновения и развития фундаментальных физических теорий; основные принципы и соотношения, которые вытекают из экспериментов атомной физики.	Знание основных законов общей физики, электродинамики, квантовой механики, атомной и ядерной физики. Иметь представление о строении вещества, формах организации материи.	Способность написать закон, объяснить его, и применить для решения практических задач.
	умеет (продвинутый)	составить уравнения для простейших случаев поведения наночастиц, получить и проанализировать их решения.	умение на основе законов атомной физики решать задачи; экспериментальных данных	способность решить 90 % задач в области атомной физики
	владеет (высокий)	приемами вывода основных соотношений между	умение использовать методы и приемы проведения	способность провести физический эксперимент и осуществить

		физическими величинами следующие из постулатов теории или из результатов эксперимента; методами вычисления с требуемой степенью точности.	физического эксперимента и способы обработки.	обработку экспериментальных данных; научно обосновывать принимаемые методы решения профессиональных задач
ПК-3 готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	знает (пороговый уровень)	основные эксперименты, иллюстрирующие природу объектов и явлений наномира, порядки величин в атомном мире.	Знание основных характеристик ядерных излучений, фундаментальных основ строения вещества; принципов квантовой механики, уравнений привлекаемых для описания прохождения излучений через вещество.	Способность написать закон, объяснить его, и применить знания в практической деятельности для решения типовых задач.
	умеет (продвинутый)	обращаться с оборудованием физической лаборатории; применять теоретические знания к решению практических и научных задач; понимать, излагать и критически анализировать общефизическую информацию.	Умение решать прикладные и теоретические ядерно-физические задачи, проводить физические эксперименты в лаборатории	способность решить 90 % прикладных и теоретических ядерно-физических задач; способность самостоятельно выполнить физический эксперимент,
	владеет (высокий)	методиками математической обработки данных, оценки численных значений характерных величин для конкретного состояния частицы; методиками обработки данных с помощью современных компьютерных технологий.	Выполнение самостоятельной работы с учебной и научной, справочной литературой. Работа с открытыми базами данных, представленными в сети Интернет.	Способность обработать полученные экспериментальные данные и представить их в форме отчета; Способность представить индивидуальные доклады по темам самостоятельных работ.
ПК-4 способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять	знает (пороговый уровень)	существенные закономерности возникновения и развития фундаментальных физических	Знание основных законов общей физики, электродинамики, квантовой механики, атомной	Способность написать закон, объяснить его, и применить для решения практических задач.

результаты физических исследований		теорий; основные принципы и соотношения, которые вытекают из экспериментов атомной физики.	и ядерной физики. Иметь представление о строении вещества, формах организации материи.	
	умеет (продвинутый)	составить уравнения для простейших случаев поведения наночастиц, получить и проанализировать их решения.	умение на основе законов атомной физики решать задачи; экспериментальных данных	способность решить 90 % задач в области атомной физики
	владеет (высокий)	приемами вывода основных соотношений между физическими величинами следующие из постулатов теории или из результатов эксперимента; методами вычисления с требуемой степенью точности.	умение использовать методы и приемы проведения физического эксперимента и способы обработки.	способность провести физический эксперимент и осуществить обработку экспериментальных данных; научно обосновывать принимаемые методы решения профессиональных задач

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Атомная физика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По результатам выполнения всех лабораторных работ, сдачи всех отчетов и теоретического материала по теме лабораторных работ студент получает допуск к экзамену.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **1. Экзамен**

##### *Вопросы к экзамену*

1. Излучение абсолютно чёрного тела. Фотоэффект.
2. Модели строения атома. Закономерности в атомных спектрах. Комбинационный принцип.
3. Опыты по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома.
4. Опыты Франка и Герца.
5. Постулаты Бора. Элементарная боровская теория атома водорода. Принцип соответствия.
6. Водородоподобные атомы. Зависимость энергетических уровней и положения спектральных линий от заряда и массы ядра.
7. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера.
8. Принцип неопределенности. Соотношение неопределённостей.
9. Уравнение Шредингера. Смысл пси-функции.
10. Электрон в прямоугольной потенциальной яме. Квантование энергии.
11. Идея разделения переменных при решении уравнения Шредингера для атома водорода. Происхождение квантовых чисел. Общая характеристика собственных волновых функций.
12. Спектры щелочных металлов. Модели атома с одним внешним электроном.
13. Спектральные серии в спектрах атомов щелочных металлов.
14. Мультиплетность спектров и спин электрона.
15. Результирующий механический момент многоэлектронного атома. Обозначения атомных состояний.
16. Пространственное квантование.
17. Магнитный момент атома.
18. Эффекты Зеемана и Штарка.
19. Атом гелия, его энергетические уровни. Правила отбора.
20. Принцип Паули. Порядок заполнения электронами энергетических состояний в атомах. Периодическая система элементов Менделеева.
21. Рентгеновские спектры.

22. Простые молекулы и их спектральные свойства. Вращательные уровни и переходы.

23. Простые молекулы и их спектральные свойства. Колебательные уровни и переходы.

24. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.

### ***Пример экзаменационного билета***

---

Билет №1

Задание 1

Излучение абсолютно чёрного тела. Фотоэффект.

Задание 2

Спектральные серии в спектрах атомов щелочных металлов.

---

### ***Критерии оценки к экзамену***

#### ***Отметка "Отлично"***

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала и проведенных ранее практических работ.

2. Материал понят и изучен.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

4. Ответ самостоятельный.

#### ***Отметка "Хорошо"***

1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

#### ***Отметка "Удовлетворительно"***

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.

2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

#### ***Отметка "Неудовлетворительно"***

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

## 2. Зачёт

### *Вопросы к зачёту*

Зачет выставляется по итогам выполнения работ и предоставления студентами письменной и устной отчетности по совокупности лабораторных работ, которая индивидуальна для каждого студента. Отчетность по теории каждой работы проходит в форме беседы (коллоквиума) в малых подгруппах. Вопросы по теории приведены в разделе текущей аттестации «Коллоквиум» и «Защита лабораторных работ».

### *Критерии оценки к зачёту*

#### *Отметка "Отлично" ("Зачтено")*

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала и проведенных ранее практических работ.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо" ("Зачтено")*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

#### *Отметка "Удовлетворительно" ("Зачтено")*

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.
2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

#### *Отметка "Неудовлетворительно" ("Не зачтено")*

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

## **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Атомная физика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме опроса, защиты лабораторных работ и выполнения контрольной работы по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

### **1. Коллоквиум**

#### ***Примерные вопросы по темам***

##### **Вопросы к коллоквиуму 1 по теории**

1. Эмпирические закономерности в атомных спектрах.
2. Опыты Томсона и Тартаковского.
3. Доказательство волновых свойств для отдельного электрона.
4. Зависимость энергии атома от массы и зарядового числа ядра.
5. Опыты Резерфорда.

##### **Вопросы к коллоквиуму 2 по теории**

1. Стационарное уравнение Шрёдингера.
2. Свободный электрон.
3. Электрон в прямоугольной потенциальной яме.
4. Принципы решения уравнения Шрёдингера для атома водорода.

##### **Вопросы к коллоквиуму 3 по теории**

1. Квантовые числа.
2. Классификация состояний электронов в атоме
3. Правила сложения моментов в многоэлектронном атоме.
4. Типы связи между моментами.
5. Принципы заполнения электронных оболочек в периодической системе элементов. Эмпирические правила.

#### ***Критерии оценки опроса***

*Отметка "Зачтено"*

Ответ правильно и полно отражает содержание проблемы по вопросу.

*Отметка "Не зачтено"*

Ответ не дан или он не полный, содержит существенные ошибки.

## 2. Защита лабораторных работ

### *Вопросы к защите лабораторных работ*

#### **Лабораторная работа №1. Дифракция электронов**

1. Сформулируйте гипотезу и запишите уравнение де Бройля.
2. Выведите условие Брэгга – Вульфа (дифракция рентгеновских лучей на кристалле).
3. В чём состоит способ Дебая – Шерера?
4. Получите рабочую формулу (7).
5. Опишите кристаллическую структуру графита. Какие плоскости участвуют в формировании интерференционных колец в данном эксперименте?
6. Какие условия определяют интенсивность колец?

#### **Лабораторная работа №2. Серия Бальмера и определение постоянной Ридберга**

1. Объясните принцип действия дифракционного спектрометра.
2. Получите выражение для энергии  $E_n$  и энергии ионизации атома водорода по теории Бора для *круговых* орбит в предположении *бесконечно тяжелого ядра*.
3. Как изменится формула для  $E_n$ , если масса ядра конечна?
4. Почему в спектре газоразрядной водородной трубки наряду с линейчатым спектром наблюдается полосатый спектр?
5. Какими условиями определяются значения граничных (максимальных и минимальных) частот в видимой части спектра (серии Бальмера)?
6. Что называют энергией ионизации? Как изменится энергия ионизации, если атом водорода находится в возбужденном состоянии, соответствующем главному квантовому числу  $n = 3$ ?
7. Перечислите спектральные серии атома водорода.
8. Назовите основные недостатки теории Бора.
9. Сформулируйте принцип соответствия применительно к модели атома.

#### **Лабораторная работа №3. Соотношение неопределенностей Гейзенберга**

1. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
2. Запишите уравнение для длины волны де Бройля.
3. В чем заключается принцип неопределенности Гейзенберга?



4. Получите соотношение неопределенностей (15) и формулу (18) из условий дифракции света.
5. Получите соотношение неопределенностей для энергии и времени, исходя из формулы (15).
6. Почему проверка соотношения неопределенностей при помощи лазерного излучения более надежна, чем при работе с другими источниками света (например, газоразрядной лампой)?

#### **Лабораторная работа №4. Определение удельного заряда электрона**

1. Что представляет собой магнетрон?
2. Как выглядят траектории электронов при различных значениях индукции и после прекращения анодного тока в коаксиальной лампе?
3. Объясните, почему уравнение движения электрона в момент касания анода можно записать в виде

$$\frac{(mv^2)}{R} = e\nu B_{кр} - eE_{r_a}$$

Какой смысл здесь имеет переменная  $R$ ?

4. Как связана величина линейной скорости  $\nu$  электрона в момент “касания” анода с разностью потенциалов между анодом и катодом  $U_a$ ? Для оценки скорости нужно иметь ввиду, что сила Лоренца не совершает работы, поскольку направлена перпендикулярно скорости, а значит, энергия электрона изменяется только под действием электрического поля.
5. Получите выражение для расчета удельного заряда электрона, используя уравнение моментов для его движения в магнетроне (начальные условия: при  $t=0, r = r_k, \dot{\varphi} = 0$ ):

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_{кр}^2 r_a^2} \frac{1}{\left(1 - \frac{r_k^2}{r_a^2}\right)^2}$$

6. Какой физический смысл имеет кривая, полученная в задании №1?
7. Каков физический смысл безразмерной константы  $k$ ?

#### **Лабораторная работа №5. Атомные спектры двухэлектронных систем: He, Hg**

1. Что такое атомный остов? (3 балла)
2. Что такое спин? (2 балла)
3. Приведите все известные вам квантовые числа, как с их помощью можно охарактеризовать состояние электрона в атоме? (4 балла)
4. Векторная модель атома. Правило сложения моментов. Обозначения атомных термов. (10 баллов)

5. Что такое правила отбора? Перечислите правила отбора для дипольных переходов в атомах с одним внешним электроном. (8 баллов)
6. Изложите основные принципы, регулирующие порядок заполнения электронных оболочек в многоэлектронных атомах. Приведите эмпирические правила, облегчающие практическое применение этих принципов (8 баллов).
7. Что подразумевается под обменной энергией, как можно оценить её величину из спектра?

#### **Лабораторная работа №6. Закон Стефана-Больцмана (Phywe)**

1. Что такое тепловое излучение? От чего зависит излучаемая телом электромагнитная энергия?
2. Какое тело называют абсолютно черным? Серым?
3. В чем состоит закон Кирхгофа для излучения?
4. Что определяет формула Планка?
5. Дайте определение абсолютной интегральной светимости. В каких единицах она измеряется?
6. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.

#### **Лабораторная работа №7. Закон Стефана-Больцмана (Росучприбор)**

1. Что такое тепловое излучение? От чего зависит излучаемая телом электромагнитная энергия?
2. Какое тело называют абсолютно черным? Серым?
3. В чем состоит закон Кирхгофа для излучения?
4. Что определяет формула Планка?
5. Дайте определение абсолютной интегральной светимости. В каких единицах она измеряется?
6. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.

#### **Лабораторная работа №8. Опыт Франка и Герца с неоновой лампой**

1. Опишите принципиальную схему экспериментальной установки опыта Франка и Герца.
2. Объясните характер вольтамперной характеристики в опыте Франка и Герца.
3. Докажите, что при упругих столкновениях электрона с атомом газа энергия электрона практически не меняется.
4. Как проявляется контактная разность потенциалов в опыте Франка и Герца?

### **Лабораторная работа №9. Определение постоянной Планка в опытах с внешним фотоэффектом**

1. Что называют внешним фотоэффектом? Опишите явление внешнего фотоэффекта. Что такое внутренний фотоэффект?
2. Какие экспериментальные факты фотоэффекта не может объяснить классическая физика?
3. Какое уравнение описывает внешний фотоэффект? Какой физический смысл имеют все входящие в него величины?
4. От чего зависит работа выхода электронов из металла?
5. Как определяется красная граница фотоэффекта, что она означает и от чего зависит?
6. Из каких физических соображений следует равенство (6) для задерживающего напряжения?
7. Как устроен фотоэлемент?

### **Лабораторная работа №10. Принципы работы лазеров и свойства лазерного излучения**

1. Спонтанное, вынужденное излучение (испускание и поглощение). Связь между коэффициентами Эйнштейна для этих процессов. (10 баллов)
2. Инверсия заселенности, способы ее получения (накачки). (6 баллов)
3. Закон Ламберта-Бугера-Бера. Критерии его применимости. (8 баллов)
4. Усиление излучения в резонаторе. Моды. (6 баллов)
5. Свойства лазерного излучения. (4 балла)
6. Принцип работы гелий-неонового лазера, схема энергетических уровней. (10 баллов)
7. Как объяснить наличие естественной ширины спектральных линий исходя из соотношения неопределенностей? (8 баллов)

### **Лабораторная работа №11. Определение ширины запрещенной зоны германия**

1. Что такое валентная зона и зона проводимости?
2. Каковы основные отличия зонных структур металлов, полупроводников и диэлектриков?
3. Что такое ширина запрещенной зоны?
4. Как определить среднее количество электронов в квантовом состоянии с заданной энергией?
5. Сформулируйте закон Ома в дифференциальной и интегральной форме.
6. Как зависят от температуры удельное сопротивление и удельная проводимость полупроводников?
7. Что такое собственный полупроводник?
8. Что такое энергия Ферми?

9. Нарисуйте зонную диаграмму собственного полупроводника, укажите дно зоны проводимости, потолок валентной зоны, энергию Ферми при нулевой температуре.
10. Объясните методику определения ширины запрещенной зоны полупроводника по полученным в работе экспериментальным данным.

### **Лабораторная работа №12. Элементарный заряд и опыт Милликена**

1. Запишите формулу Стокса.
2. Укажите все силы, действующие на каплю в рабочей камере.
3. В чём заключается идея опыта Милликена?
4. Получите выражение для радиуса капли в этом эксперименте.
5. Изложите основные принципы анализа экспериментальных данных, на которых основано измерение элементарного заряда в опыте Милликена.

### **Лабораторная работа №13. Серия Бальмера в спектрах водородоподобных атомов**

1. Получите выражение для энергии  $E_n$  и энергии ионизации атома водорода по теории Бора для *круговых* орбит в предположении *бесконечно тяжелого ядра* (10 баллов).
2. Как изменится формула для  $E_n$ , если масса ядра конечна? (4 балла)
3. Перечислите спектральные серии водородоподобных атомов (6 баллов).
4. Что такое изотопический сдвиг? Получите формулу для разности длин волн спектральных линий водорода и дейтерия (8 баллов)?
5. Перечислите недостатки теории Бора (6 баллов).
6. Сформулируйте принцип соответствия (5 баллов).

### **Лабораторная работа №14. Спектры атомов щелочных металлов**

1. Какие атомы относят к водородоподобным? (4 балла)
2. Что такое атомный остов? (3 балла)
3. В чем физический смысл поправок  $a$  и  $\sigma$ ? Покажите, каким образом рассмотрение, учитывающее взаимодействие внешнего электрона с остальными электронами в атоме как *небольшое возмущение, налагающееся на кулоновское притяжение атомного остова*, приводит к выражению для энергии, аналогичному выражению для атома водорода (1)

$$E_{n,l} = -\frac{R_\infty}{(n + \sigma)^2} = -\frac{R_\infty}{n_{eff}^2} \quad (10 \text{ баллов}).$$

4. Что такое спин? (2 балла)
5. Приведите все известные вам квантовые числа, как с их помощью можно охарактеризовать состояние электрона в атоме? (4 балла)

6. Векторная модель атома. Правило сложения моментов. Обозначения атомных термов. (10 баллов)
7. Что такое правила отбора? Перечислите правила отбора для дипольных переходов в атомах с одним внешним электроном. (8 баллов)
8. Какие спектральные серии наблюдаются в спектрах атомов щелочных металлов? (8 баллов)
9. Изложите основные принципы, регулирующие порядок заполнения электронных оболочек в многоэлектронных атомах. Приведите эмпирические правила, облегчающие практическое применение этих принципов (8 баллов).

### **Лабораторная работа №15. Изучение фотоэффекта и свойств фотоэлемента**

1. Что представляет собой свет как волновой процесс и как поток частиц? Что называют фотоном и чему равна энергия фотона?
2. Что называют внешним фотоэффектом? Опишите явление внешнего фотоэффекта.
3. Какое уравнение описывает внешний фотоэффект? Какой физический смысл имеют все входящие в него величины?
4. От чего зависит работа выхода электронов из металла?
5. Как определяется красная граница фотоэффекта, что она означает и от чего зависит?
6. Из каких физических соображений следует равенство (6) для задерживающего напряжения?
7. Какое свойство дифракционной решетки направляет световые волны с разными частотами в разные области пространства? От каких величин зависит это явление?
8. Как устроен фотоэлемент?

### **Лабораторная работа №16. Спектры поглощения двухатомных молекул**

1. Как определить цвет паров йода на основании его спектра поглощения? (8 баллов)
2. Опишите структуру энергетических уровней двухатомной молекулы (6 баллов).
3. Предположим, что Вам необходимо построить диаграмму рис. 1 в реальном масштабе. Пользуясь соотношением (1), и изображая расстояния между соседними вращательными уровнями (порядка вращательного кванта) величиной, например, в 1 мм, оцените в этом масштабе порядки величин расстояний между колебательными и электронными уровнями (5 баллов).

4. В каких областях спектра наблюдаются переходы между электронными, колебательными, вращательными состояниями молекулы? (4 баллов)
5. Получите выражение (9) для частот электронно-колебательных переходов молекул (4 балла).
6. Почему для аппроксимации кривых потенциальной энергии двухатомных молекул часто используется функция Морзе? (6 баллов)
7. Выведите формулу для расчета энергии диссоциации (8 баллов).
8. Объясните, почему энергию диссоциации можно определить по графику  $\Delta v^{(i)} = f(V^{(i)})$  (5 баллов).

### **Лабораторная работа №17. Эффект Холла**

1. В чём состоит явление Холла?
2. Какими физическими величинами определяется э.д.с. Холла?
3. Объясните назначение контактов на полупроводниковом образце для холловских измерений.
4. Какими физическими явлениями и параметрами полупроводника определяется постоянная Холла?
5. Объясните схему измерительной установки.
6. Почему измерения поперечной разности потенциалов необходимо проводить два раза при противоположных направлениях магнитного поля?
7. Объясните зависимость э.д.с. Холла от величины индукции магнитного поля.
8. Какую физическую информацию можно получить при исследовании эффекта Холла?

### ***Критерии оценки выполнения лабораторной работы***

#### ***Отметка "Зачтено"***

Работа выполнена, правильно оформлен отчёт по лабораторной работе, законченные и верно выполненные расчёты, правильные и полные ответы на теоретические вопросы по теме работы.

#### ***Отметка "Не зачтено"***

Работа выполнена, отчёт содержит существенные ошибки в оформлении, расчёты проведены неверно и/или содержат существенные ошибки, не даны ответы на теоретические вопросы по теме работы или они не достаточно полные.

### **3. Контрольная работа**

## ***Пример заданий контрольной работы***

### **Вариант № 5 (контрольная 1)**

1. Рабочая температура лампы равна 4300 К. Рассчитайте энергию фотона, соответствующую максимуму ее излучения.
2. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какой должна быть длина волны излучения, чтобы при фотоэффекте максимальная скорость фотоэлектронов была равна  $2 \cdot 10^6$  м/с?
3. Узкий пучок  $\alpha$ -частиц с кинетической энергией  $K=1,50$  МэВ падает нормально на ториевую фольгу толщиной  $d=1,0$  мкм. Поток частиц  $I=4,5 \cdot 10^4$  с<sup>-1</sup>. Найти число  $\alpha$ -частиц, рассеянных фольгой в течение  $\tau=5,0$  мин. под углами в интервале  $59-61^\circ$ .

### **Вариант № 4 (контрольная 2)**

1. Электрон с кинетической энергией  $K=10$  эВ локализован в области размером  $l=1,0$  мкм. Оценить относительную неопределенность скорости электрона.
2. Частица массы  $m$  находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти число  $dN$  энергетических уровней в интервале энергий  $(E, E + dE)$ , если уровни расположены весьма густо.
3. Сколько спектральных линий, разрешенных правилами отбора, возникает при переходе атомов лития в основное состояние из состояния:  
а) 4S; б) 4P?

### ***Вопросы к контрольной работе по теории***

1. Атом водорода по Бору.
2. Опыты Франка и Герца.
3. Соотношение неопределённостей Гейзенберга.
4. Опыты Дэвиссона и Джермера.

### ***Критерии оценки выполнения контрольной работы***

*Отметка "Отлично"*

Верно выполнено более 85% заданий.

*Отметка "Хорошо"*

Верно выполнено 75-85% заданий.

*Отметка "Удовлетворительно"*

Верно выполнено 60-75% заданий.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

Верно выполнено менее 60% заданий.

## 5. Тест

Полный пул вопросов для текущего и итогового тестирования содержит 406 вопросов, из которых система LMS Blackboard автоматически формирует индивидуальный тест для студента, исходя из заданных преподавателем ключевых слов, названий разделов курса и типов вопросов.

### Примеры тестовых заданий

1. Какая комбинация мировых постоянных может служить единицей измерения длины в микромире?

- а.)  $mc^2/\hbar$ ;      б.)  $mc^2$ ;      в.)  $\hbar/mc$ ;      г.)  $mc$ .

2. Формула Резерфорда 
$$d\sigma = \frac{1}{4} \left( \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4\pi\epsilon_0 m v^2} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}.$$

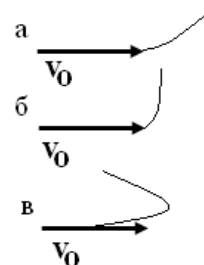
В формуле Резерфорда  $d\sigma$  и  $d\Omega$  – это:

- а.) скорость частицы;  
б.) дифференциальное сечение;  
в.) элемент объёма;  
г.) элемент телесного угла;  
д.) зарядовое число;  
е.) прицельное расстояние.

3. В системе СИ  $d\sigma$  измеряется в:

- а.) Кл;      б.) м;      в.) см;      г.)  $m^2$ ;      д.)  $моль^{-1}$ .

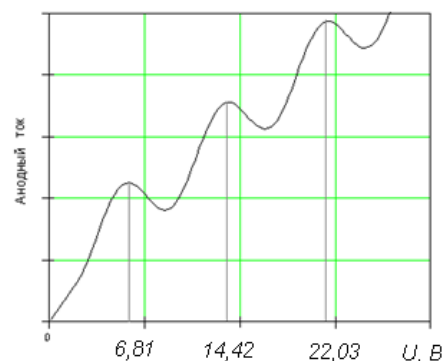
4. На рисунке справа показаны траектории движения  $\alpha$ -частиц при их рассеянии на тонком слое одного и того же металла. Начальная скорость всех частиц одинаковая. Какой вариант соответствует наибольшему прицельному параметру?



5. На следующем рисунке показана вольт-амперная характеристика, полученная в опыте Франка и Герца с некими атомами. Рассчитанная на основании графика резонансная длина волны равна примерно:



- а.) 1000 Å;
- б.) 2000 Å;
- в.) 6000 Å;
- г.) 8000 Å;
- д.) 10000 Å.



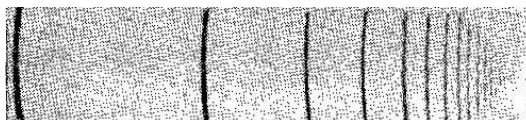
6. Из рис. к вопросу 5 следует, что потенциал возбуждения такого атома приблизительно равен:

- а.) 20 В;    б.) 10 В;    в.) 7,6 В;    г.) 2,5 В;    д.) 1,6 В;    е.) 0,8 В.

7. Согласно теории Бора полная энергия атома водорода:

- а.) прямо пропорциональна квантовому числу;
- б.) прямо пропорциональна квадрату квантового числа;
- в.) обратно пропорциональна квантовому числу;
- г.) обратно пропорциональна квадрату квантового числа.

8. На фотографии серии Бальмера в спектре поглощения водородоподобного атома стрелочкой отметьте линию, соответствующую переходу между уровнями с  $n = 5$  и  $n = 2$ .



<b>1</b>	В опытах Франка и Герца анализировалось
	число электронов после прохождения через металлическую пластинку
	рассеяние $\alpha$ -частиц
	распределение электронов по энергиям в результате соударений с атомами
отражение электронов от поверхности монокристалла	

<b>2</b>	В опытах Франка и Герца было доказано, что
	в центре атома находится тяжелое положительно заряженное ядро
	энергии электронов зависят от угла отражения
	можно точно измерить заряды атомных ядер
энергии атомных состояний дискретны	

<b>3</b>	Соотношение неопределенностей Гейзенберга может быть записано как (возможно 2 ответа)
----------	---

	$v_{\phi} \cdot v_{gp} = c^2$
	$\Delta x \cdot \Delta p \leq h$
	$\Delta x \cdot \Delta p \geq h$
	$\Delta x \cdot \Delta p \sim h$

<b>4</b>	Какое из перечисленных свойств не является свойством волновой функции?
	конечная
	бесконечная
	дифференцируемая
	однозначная

<b>5</b>	Знание волновой функции позволяет судить
	об энергии находящейся в определенной точке пространства частицы
	об импульсе частицы, движущейся в ограниченном объеме $dV$
	о распределении вероятностей обнаружить частицу в различных точках пространства

<b>6</b>	1 Условие нормировки для волновой функции, определенной в объеме $V$ :				
<i>a</i>	$\int_V  \psi ^2 = 1$	<i>б</i>	$\int_V  \psi ^2 \geq h$	<i>в</i>	$\int_V  \psi ^2 = h$

<b>7</b>	Какие из перечисленных переменных не входят в явном виде в уравнение Шредингера? (возможно несколько)
	скорость частицы
	полная энергия частицы
	потенциальная энергия частицы
	координата частицы
	импульс частицы
	масса частицы

<b>8</b>	Какова вероятность обнаружить частицу в области между координатами 1 и 3?	
	<b>25/81</b>	
	<b>17/27</b>	
	<b>5/9</b>	
	<b>17/81</b>	
	<b>5/81</b>	
<b>9</b>	Согласно теории Бора полная энергия атома водорода	

	прямо пропорциональна квантовому числу
	обратно пропорциональна квантовому числу
	прямо пропорциональна квадрату квантового числа
	обратно пропорциональна квадрату квантового числа

**Вопросы 10, 11 относятся к частице в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками**

10	С увеличением ширины потенциальной ямы расстояние между энергетическими уровнями частицы
	увеличивается
	уменьшается
	остаётся постоянным

11	С увеличением массы частицы расстояние между энергетическими уровнями частицы в потенциальной яме
	увеличивается
	уменьшается
	остаётся постоянным

12	Расстояние между энергетическими уровнями гармонического осциллятора с ростом энергии
	увеличивается
	уменьшается
	остаётся постоянным

13	Квантово-механическая задача об атоме водорода решается в
	декартовых координатах
	сферических координатах
	цилиндрических координатах

14	Квантовое число $l$ называется
	главным
	орбитальным
	магнитным

15	Квантовое число $m$ называется
	главным
	орбитальным
	магнитным

16	Квантовое число $l$ принимает всего значений
	$n-1$
	$2n+1$

	$n^2$
	$n$

17	Степень вырождения энергетического состояния атома с заданным $n$ равна
	$n-1$
	$2n+1$
	$n^2$
	$n$

***Критерии оценки выполнения контрольной работы***

*Отметка "Отлично"*

Верно выполнено более 85% заданий.

*Отметка "Хорошо"*

Верно выполнено 75-85% заданий.

*Отметка "Удовлетворительно"*

Верно выполнено 60-75% заданий.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

Верно выполнено менее 60% заданий.