

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



А.А.Панфилов

« 04 »

04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	6 / 216	36	36	18	81	экзамен (45 ч.)
Итого	6 / 216	36	36	18	81	экзамен (45 ч.)

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Основы квантовой физики» является обеспечение будущего специалиста научной физической базой, на которой в высшей технической школе строится общеинженерная и специальная подготовка. Последовательное изучение физики вырабатывает специфический метод мышления, физическую интуицию, которые оказываются весьма плодотворными и в других науках. Специалисты, получившие широкое физико-математическое образование, могут самостоятельно осваивать новые технические направления, успешно работать в них, легко переходить от решения одних задач к другим, искать нестандартные и нетрадиционные пути, что особенно важно для профессиональной мобильности специалистов в условиях ускоренного развития техники.

Задачи дисциплины:

- теоретическая подготовка в области физики, позволяющая будущим инженерам ориентироваться в потоке научной и технической информации и обеспечивающая им возможность использования новых физических принципов в тех областях, в которых они специализируются;
- формирование научного мышления, в частности правильного понимания границ применимости различных физических понятий, законов, теорий и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или математических методов исследования;
- выработка приемов и навыков решений конкретных задач из разных областей физики, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи.
- ознакомление студентов с современной научной аппаратурой и выработка у них начальных навыков проведения экспериментальных научных исследований различных физических явлений и оценки погрешностей измерений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы квантовой физики» относится к базовой части блока Б.1 основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит в четвертом семестре.

Для успешного освоения курса физики студентам необходимо знать следующие разделы высшей математики: Дифференциальное исчисление, Интегральное исчисление, Аналитическая геометрия и линейная алгебра, Ряды, Элементы векторного анализа, Функции комплексного переменного, Дифференциальные уравнения, Элементы теории вероятностей и математической статистики.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин учебного плана: «Физические основы микро- и наносистемной техники», «Физика твёрдого тела», «Квантовая и статистическая физика», «Квантовая и оптическая электроника», «Дополнительные главы теоретической физики, физики ядра и элементарных частиц», «Научно-исследовательская работа в семестре», выполнение выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- фундаментальные законы природы и основные физические законы в области квантовой, атомной и ядерной физики (ОПК-1).

2) Уметь:

- применять физические законы для решения практических задач (ОПК-1).

3) Владеть:

- навыками практического применения законов физики (ОПК-1).

Компетенции, частично формируемые в рамках освоения дисциплины:

ОПК-1. Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Квантовая природа излучения	3	1-2	4	6	10	-	12	-	12 / 60%	-
2	Элементы квантовой механики и атомной физики	3	3-12	20	18	-	-	40	-	18 / 47%	Рейтинг-контроль №1
3	Элементы физики твердого тела	3	13-15	6	4	8	-	14	-	10 / 55%	Рейтинг-контроль №2
4	Элементы физики ядра и элементарных частиц	3	16-18	6	8	-	-	15	-	6 / 42%	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего</b>		<b>3</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>81</b>	<b>-</b>	<b>46 / 51%</b>	<b>экзамен (45 ч.)</b>

#### Содержание разделов дисциплины

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	лекции	практические	лабораторные	срс
<b>Раздел 1. Квантовая природа излучения</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Лекция 1. Законы теплового излучения	14	2	4	2	6
Лекция 2. Квантовые свойства света	18	2	2	8	6
<b>Раздел 2. Элементы квантовой механики и атомной физики</b>	<b>78</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
Лекция 3. Строение атома	8	2	2	-	4
Лекция 4. Волновые свойства микрочастиц	8	2	2	-	4
Лекция 5. Уравнение Шредингера	8	2	2	-	4
Лекция 6. Уравнение Шредингера для частицы в потенциальной яме	8	2	2	-	4
Лекция 7. Прохождение частицы через потенциальный барьер	8	2	2	-	4
Лекция 8. Линейный гармонический осциллятор	8	2	2	-	4
Лекция 9. Атом водорода	8	2	2	-	4

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	лекции	практические	лабораторные	срс
Лекция 10. Орбитальный механический и магнитный момент электрона	8	2	2	-	4
Лекция 11. Принцип паули	8	2	2	-	4
Лекция 12. Спонтанное и индуцированное излучение	6	2	-	-	4
<b>Раздел 3. Элементы физики твердого тела</b>	<b>32</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
Лекция 13. Элементы квантовой статистики	8	2	2	-	4
Лекция 14. Теплоемкость твердых тел	8	2	2	-	4
Лекция 15. Зонная теория твердых тел	16	2	-	8	6
<b>Раздел 4. Элементы физики ядра и элементарных частиц</b>	<b>29</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
Лекция 16. Атомное ядро	11	2	4	-	5
Лекция 17. Радиоактивность	11	2	4	-	5
Лекция 18. Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Методы регистрации элементарных частиц	7	2	-	-	5
<b>Экзамен</b>	<b>45</b>				
<b>Итого</b>	<b>216</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>81</b>

#### Лабораторные занятия

№ модуля дисциплины	№ п/п	Наименование и/или краткое содержание лабораторных работ	Трудоёмкость (часов)
<b>Раздел 1.</b> Квантовая природа излучения	1	№ 6.1 Определение постоянной Стефана - Больцмана	2
	2	№6.2 Изучение внешнего фотоэффекта и вакуумных фотоэлементов	2
	3	№6.3 Определение резонансного потенциала возбуждения атома методом Франка – Герца	2
	4	Защита лабораторных работ	4
<b>Раздел 3.</b> Элементы физики твердого тела	5	№ 6.6 Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников	2
	6	№ 6.7 Изучение вольт-амперных характеристик термочувствительных сопротивлений	2
	7	№ 6.8 Изучение вольтамперных характеристик фотосопротивления	2
	8	Защита лабораторных работ	2
<b>ИТОГО:</b>			<b>18</b>

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- мастер-классы (демонстрация на практических занятиях принципов расчета задач по различным темам);

- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или компьютера);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости является распределённым и основан на оценке нескольких составляющих.

1. Результаты рейтинг-контроля.
2. Выполнение и защита лабораторных работ.
3. Выполнение практических заданий.

### Вопросы рейтинг-контроля №1

1. Температура абсолютно черного тела  $T = 6000$  К. Если температуру тела уменьшить в 2 раза, то энергетическая светимость абсолютно черного тела

- 1) уменьшится в 4 раза
- 2) увеличится в 16 раз
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в 16 раз

2. Если длина волны, соответствующая максимуму излучения уменьшилась в 4 раза, то температура абсолютно черного тела

- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) уменьшилась в 4 раза
- 3) увеличилась в 4 раза
- 4) уменьшилась в 2 раза.

3. Если зачерненную пластинку, на которую падает свет, заменить на зеркальную той же площади, то световое давление

- 1) останется неизменным;
- 2) уменьшится в 2 раза;
- 3) увеличится в 2 раза.

4. Электрон в атоме переходит из возбужденного состояния с энергией  $E_1$  в основное состояние с энергией  $E_0$ . При этом испускается фотон. Масса испущенного фотона равна

- 1)  $\frac{E_1 - E_0}{c^2}$
- 2)  $\frac{E_0 - E_1}{c^2}$
- 3)  $\frac{E_1 - E_0}{hc}$
- 4)  $\frac{E_0 - E_1}{hc}$
- 5)  $\frac{E_1 + E_0}{c}$

5. Частота падающего на фотоэлемент излучения уменьшается вдвое. Во сколько раз нужно изменить задерживающее напряжение, если работой выхода электрона из материала фотоэлемента можно пренебречь?

- 1) увеличить в 2 раза;
- 2) уменьшить в 2 раза;
- 3) увеличить в  $\sqrt{2}$  раз;
- 4) уменьшить в  $\sqrt{2}$  раз;
- 5) оставить без изменений.

6. При замене одного металла другим длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта, уменьшается. Работа выхода для второго металла по сравнению с работой выхода для первого

- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

7. Опыты Столетова по исследованию взаимодействия излучения с металлами:

- 1) позволили определить размеры ядра;
- 2) подтвердили квантовую природу излучения;
- 3) подтвердили наличие волновых свойств у электронов;
- 4) подтвердили гипотезу о дискретном спектре энергии электронов в атомах.

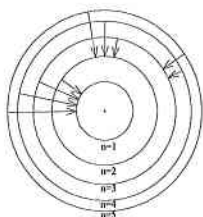
8. В эффекте Комптона фотон

- 1) выбивает электрон с поверхности вещества;
- 2) передает электрону часть энергии при упругом столкновении;
- 3) передает электрону часть энергии при неупругом столкновении.

9. Опыты Франка и Герца по исследованию электрического разряда в парах ртути:

- 1) позволили определить размеры ядра;
- 2) подтвердили квантовую природу излучения;
- 3) подтвердили наличие волновых свойств у электронов;
- 4) подтвердили гипотезу о дискретном спектре энергии электронов в атомах.

10. На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена. Наибольшей частоте кванта в видимой области спектра соответствует переход



- 1)  $n = 4 \rightarrow n = 3$
- 2)  $n = 3 \rightarrow n = 2$
- 3)  $n = 5 \rightarrow n = 2$
- 4)  $n = 5 \rightarrow n = 1$

11. В теории Бора радиус  $n$ -ой круговой орбиты электрона в атоме водорода выражается через радиус первой орбиты формулой:  $r_n = r_1 \cdot n^2$ . Определите, как изменяется кинетическая энергия электрона при переходе с третьей орбиты на первую.

- 1) увеличивается в 9 раз
- 2) уменьшается в 9 раз
- 3) увеличивается в 3 раза
- 4) уменьшается в 3 раза
- 5) не меняется

12. Опыты Девиссона и Джермера по дифракции на кристаллах:

- 1) позволили определить размеры ядра;
- 2) подтвердили квантовую природу излучения;
- 3) подтвердили наличие волновых свойств у электронов;
- 4) подтвердили гипотезу о дискретном спектре энергии электронов в атомах.

13. Сравните длину волны де Бройля  $\lambda/\lambda_p$  для шарика массой  $m = 0,2$  г и протона массой  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, имеющих одинаковые скорости.

- 1)  $6,57 \cdot 10^{-27}$
- 2)  $8,35 \cdot 10^{-27}$
- 3)  $6,57 \cdot 10^{-24}$
- 4)  $8,35 \cdot 10^{-24}$ .

### Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Стационарным уравнением Шредингера для электрона в водородоподобном атоме является уравнение

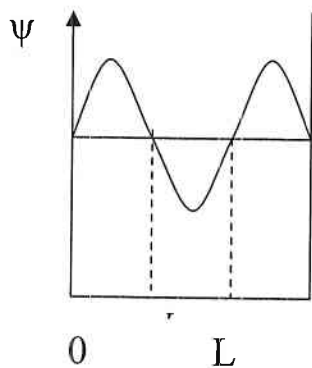
$$1) \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$$

$$2) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0$$

$$3) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \psi = 0$$

$$4) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$$

2. Если  $\psi$  – функция имеет вид, указанный на рисунке, то вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{L}{6} < x < \frac{L}{2}$  равна



- 1)  $\frac{2}{3}$
- 2)  $\frac{1}{2}$
- 3)  $\frac{5}{6}$
- 4)  $\frac{1}{3}$

3. В каком случае энергетический спектр электрона сплошной?

- 1) электрон в потенциальной яме шириной  $10^{-10}$  м
- 2) электрон в атоме
- 3) электрон в молекуле водорода
- 4) свободный электрон.

4. Максимальное значение проекции момента импульса электрона, находящегося в f-состоянии, на направление внешнего магнитного поля равно

- 1)  $\hbar$ ;    2)  $2\hbar$ ;    3)  $3\hbar$ ;    4)  $4\hbar$ .

5. Сколько различных состояний может иметь электрон с главным квантовым числом  $n = 4$ ?

- 1) 15;    2) 48;    3) 32;    4) 54.

6. Определить атом, у которого в основном состоянии заполнены K, L, M – слои и в N – слое расположены 7 электронов.

- 1) Cl;    2) Ge;    3) Br;    4) Ti.

7. Среда называется активной, если она

- 1) полностью поглощает падающее на нее излучение;
- 2) полностью рассеивает падающее на нее излучение;



3) усиливает падающее на нее излучение.

8. Система накачки лазера позволяет

- 1) создать инверсную населенность в активной среде;
- 2) вызвать вынужденное излучение фотонов;
- 3) обеспечить высокую когерентность лазерного излучения.

9. Рассмотрим два квантовых состояния, в которых находится система атомов, с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_2 > E_1$ . Система будет находиться в состоянии с инверсной населенностью, если число атомов  $N_1$  с энергией  $E_1$  будет

- 1) равно числу атомов  $N_2$  с энергией  $E_2$ ;
- 2) меньше, чем  $N_2$ ;
- 3) больше, чем  $N_2$ .

10. Принцип Паули справедлив

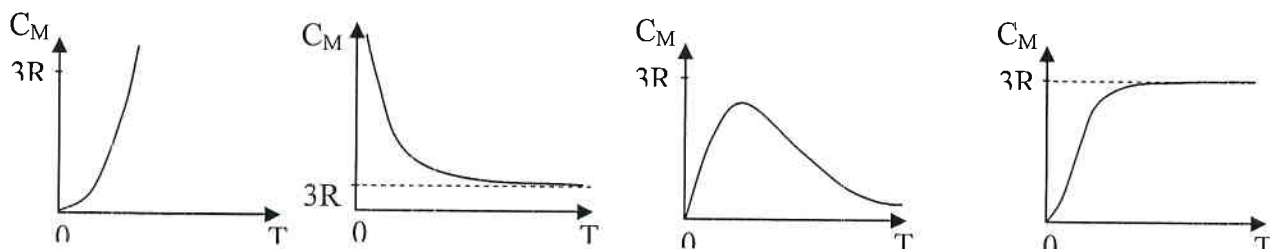
- 1) для всех тождественных частиц квантовомеханической системы;
- 2) для системы тождественных бозонов;
- 3) для системы тождественных фермионов.

11. Деление частиц на бозоны и фермионы определяется

- 1) только главным квантовым числом  $n$ ;
- 2) только орбитальным квантовым числом  $l$ ;
- 3) спиновым квантовым числом  $m_s$ ;
- 4) орбитальным  $l$  и магнитным  $m$  квантовыми числами.

12. Зависимость молярной теплоемкости  $C_M$  химически простых твердых тел от температуры представлена на графике

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)



13. Теплоемкость системы, состоящей из  $N = 10^{25}$  классических трехмерных независимых гармонических осцилляторов при температуре  $T = 300$  К, равна

- 1) 414 Дж/К;
- 2) 4,14 Дж/К;
- 3) 124,2 кДж/К;
- 4) 41,4 кДж/К.

14. Дебай получил теоретическую зависимость молярной теплоемкости  $C_M$  от температуры, рассматривая кристаллическую решетку как

- 1) систему невзаимодействующих частиц, совершающих тепловые колебания с различными частотами;
- 2) систему связанных частиц, совершающих тепловые колебания с одинаковыми частотами;
- 3) систему связанных частиц, совершающих тепловые колебания с различными частотами;
- 4) систему невзаимодействующих частиц, совершающих тепловые колебания с одинаковыми частотами.



15. Валентная зона собственных полупроводников

- 1) частично занята электронами;
- 2) полностью занята электронами;
- 3) перекрывается со свободной зоной возбужденных энергий.

16. С увеличением температуры электропроводность полупроводников

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не меняется.

17. В области низких температур у полупроводников преобладает

- 1) дырочная проводимость;
- 2) электронная проводимость;
- 3) собственная проводимость;
- 4) примесная проводимость.

### Вопросы рейтинг-контроля №3

1. Для нуклонов верными являются следующие утверждения

- 1) протон обладает зарядом, равным  $e^+$ ;
- 2) спин нейтрона меньше спина протона;
- 3) массы нуклонов практически одинаковы.

2. Чем меньше энергия связи ядра, тем

- 1) больше у него дефект масс;
- 2) меньшую работу нужно совершить, чтобы разделить это ядро на отдельные нуклоны;
- 3) больше энергии выделится при распаде этого ядра на отдельные нуклоны;
- 4) меньше его энергия покоя;
- 5) меньше энергии выделится в реакции термоядерного синтеза этого ядра с другими ядрами.

3. При  $\alpha$ -распаде

- 1) заряд ядра не изменится, масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.;
- 2) заряд ядра уменьшается на  $2e$ , масса ядра уменьшается на 4 а.е.м.;
- 3) заряд ядра уменьшается на  $2e$ , масса ядра не меняется;
- 4) заряд ядра уменьшается на  $4e$ , масса ядра уменьшается на 2 а.е.м.

4. Какая доля радиоактивных атомов останется не распавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада

- 1) 50%
- 2) 67%
- 3) 33%
- 4) 75%
- 5) 25% ?

5. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ - распадов должно произойти, чтобы нестабильный изотоп америция

${}_{95}^{241}Am$  превратился в стабильный изотоп висмута  ${}_{83}^{209}Bi$  ?

- 1) 8  $\alpha$  и 4  $\beta$
- 2) 9  $\alpha$  и 3  $\beta$
- 3) 6  $\alpha$  и 5  $\beta$
- 4) 7  $\alpha$  и 3  $\beta$

6. Ядро азота  ${}_{7}^{14}N$  захватило  $\alpha$ -частицу  $\left({}_{2}^{4}He\right)$  и испустило протон. Ядро какого элемента образовалось?

- 1)  ${}_{9}^{17}F$
- 2)  ${}_{8}^{17}O$
- 3)  ${}_{9}^{16}F$
- 4)  ${}_{8}^{16}O$
- 5)  ${}_{7}^{17}N$

7. Ядро бериллия  ${}^9_4\text{Be}$ , поглотив дейтрон  ${}^2_1\text{H}$ , превращается в ядро бора  ${}^{10}_5\text{B}$ . Какая частица при этом выбрасывается?

- 1) p    2) n    3)  $\alpha$     4)  $e^-$     5) испускается  $\gamma$ -квант

8. Реакция  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$  не может идти из-за нарушения закона сохранения

- 1) спинного момента импульса;  
2) лептонного заряда;  
3) электрического заряда.

9. Законом сохранения электрического заряда запрещена реакция

- 1)  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$                       3)  $n + \nu_e \rightarrow p + e^+$   
2)  $n + \bar{p} \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$                       4)  $\nu_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$ .

10. Из приведенных схем взаимопревращений частиц аннигиляции соответствует

- 1)  $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$     2)  $p \rightarrow n + e^- + \nu_e$     3)  $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$     4)  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ .

11. В порядке возрастания интенсивности фундаментальные взаимодействия располагаются следующим образом

- 1) электромагнитное, слабое, гравитационное, сильное;  
2) слабое, сильное, гравитационное, электромагнитное;  
3) электромагнитное, гравитационное, слабое, сильное;  
4) гравитационное, слабое, электромагнитное, сильное.

**Промежуточная аттестация** проходит в форме экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Тепловое излучение. Равновесное излучение. Характеристики теплового излучения.
2. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана и закон Вина.
3. Распределение энергии в спектре абсолютно черного тела. Формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
4. Квантовая гипотеза и формула Планка
5. Внешний фотоэлектрический эффект и его законы. Фотоны.
6. Эффект Комптона и его теория.
7. Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Атом водорода.
8. Гипотеза де Бройля. Экспериментальное подтверждение волновых свойств микрочастиц.
9. Соотношение неопределенностей.
10. Волновая функция, ее свойства и статистический смысл.
11. Нестационарное уравнение Шредингера.
12. Стационарное уравнение Шредингера.
13. Частица в потенциальной яме.
14. Прохождение частицы через потенциальный барьер.
15. Квантовый гармонический осциллятор.
16. Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа.
17. Квантование энергии электрона в атоме водорода. Спектр атома водорода. Правило отбора.
18. Орбитальный и магнитный момент электрона.

19. Собственный механический момент импульса электрона (спин). Спиновый магнитный момент электрона. Спиновое и магнитное спиновое квантовые числа. Опыт Штерна и Герлаха.
20. Принцип запрета Паули. Периодическая система элементов Менделеева.
21. Поглощение, спонтанное и индуцированное излучение. Коэффициенты Эйнштейна.
22. Лазеры. Принцип действия лазеров.
23. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти.
24. Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна.
25. Теория теплоемкости Дебая. Фононы.
26. Бозоны и фермионы. Понятие о квантовых статистиках Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.
27. Энергетические зоны в кристаллах.
28. Распределение электронов по энергетическим зонам. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики.
29. Собственная и примесная проводимости полупроводников.
30. Электропроводность твердых тел. Температурная зависимость электропроводности металлов и полупроводников. Уровень Ферми.
31. P-n переход. Полупроводниковые диоды.
32. Характеристики атомного ядра. Модели атомного ядра. Масса и энергия связи ядра.
33. Законы радиоактивного распада. Альфа-, бета- и гамма-излучение.
34. Ядерные реакции и законы сохранения. Реакция деления ядер. Цепная реакция деления.
35. Реакция синтеза атомных ядер. Проблема управляемых термоядерных реакций.
36. Виды взаимодействий и классификация элементарных частиц.
37. Методы регистрации элементарных частиц. Космические лучи.
38. Частицы и античастицы. Нейтрино. Кварки.

**Самостоятельная работа** студентов включает в себя:

1. Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.
2. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, на экзамене.

#### Вопросы для контроля самостоятельной работы

1. Какое излучение называется тепловым, и чем оно отличается от других (перечислите каких) видов излучения?
2. Дайте определения основных характеристик теплового излучения. Какое тело называется абсолютно черным?
3. Сформулируйте закон Кирхгофа.
4. Какой вид имеет распределение энергии в спектре абсолютно черного тела? Нарисуйте кривые распределения в зависимости от длины (или частоты) волны для двух температур ( $T_2 > T_1$ ).

5. Сформулируйте законы Стефана – Больцмана и смещения Вина.
6. Запишите формулу Рэлея - Джинса и поясните суть "ультрафиолетовой катастрофы".
7. Запишите формулу Планка и поясните суть его квантовой гипотезы.
8. Какое из тел, черное или нечерное, имеет выше температуру, если их яркости одинаковы?
9. В чем состоит явление, называемое фотоэффектом.
10. Сформулируйте законы фотоэффекта. В чем эти законы противоречат представлениям классической физики?
11. Как качественно, следуя волновой картине излучения, объяснить фотоэффект?
12. Объясните законы фотоэффекта, исходя из формулы Эйнштейна.
13. Что такое красная граница фотоэффекта. Чем определяется числовое значение граничной частоты? Что влияет на положение красной границы фотоэффекта?
14. Что такое фотоэлемент и какова его вольтамперная характеристика?
15. Почему была отвергнута модель атома Томпсона?
16. В чём противоречия предложенной Резерфордом планетарной модели атома?
17. В чем сущность теории атома, предложенной Бором? Сформулируйте постулаты Бора. Каковы недостатки теории Бора?
18. Спектры атомов. Спектральные серии атома водорода.
19. Какие типы соударений возможны между электронами, ускоряемыми электрическим полем, и атомами?
20. В чём заключается опыт Франка и Герца, и какие основные выводы можно сделать на основании опыта?
21. Какие квантовые числа описывают состояние микрочастицы?
22. Чем определяется электронное состояние изолированного атома?
23. Объясните процесс образования энергетических зон в твердом теле.
24. От чего зависят ширина разрешенной зоны и число уровней в ней?
25. Какова зонная структура проводника, полупроводника и изолятора?
26. Объясните механизм собственной и примесной проводимости полупроводников.
27. Каков физический смысл понятия уровня Ферми?
28. Чем объясняется различие температурной зависимости электропроводности у металлов и полупроводников?
29. Объясните зависимость положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках от температуры.
30. Объясните физические процессы, происходящие при образовании p-n перехода.
31. Нарисуйте энергетические зоны в области p-n перехода и объясните, в чем состоит действие внешнего электрического поля на p-n переход.
32. Что называется радиоактивностью? Какие процессы относятся к числу радиоактивных?
33. На чем основан принцип регистрации и измерения радиоактивного излучения? Какие приборы применяются для этих целей?
34. Объясните устройство и принцип действия счетчика Гейгера.
35. Опишите процессы, происходящие в газоразрядных счетчиках.
36. Перечислите физические процессы, происходящие при взаимодействии  $\beta$ -излучения с веществом.
37. В чем заключаются процессы упругого рассеяния электронов ядрами, электронов на электронах?
38. Чем обусловлены потери энергии частицы при прохождении через поглощающую среду?
39. Что происходит при прохождении электрона через поглотитель?
40. Каковы особенности прохождения через поглотитель моноэнергетических  $\beta$ -частиц и  $\beta$ -излучения, имеющего непрерывный энергетический спектр?

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### а) основная литература:

1. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: Учеб. пос. / С.И.Кузнецов, А.М.Лидер - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 212 с.: 60x90 1/16.(п) ISBN 978-5-9558-0350-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=438135>.

2. Ташлыкова-Бушкевич И.И. Физика. Часть 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества [Электронный ресурс]: учебник/ Ташлыкова-Бушкевич И.И.— Электрон.текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 232 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35563>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Галкин А.Ф. Лекции по физике [Электронный ресурс] : [в ч.] / А. Ф. Галкин, Н. С. Прокошева ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ).— Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), -Ч. 5: Квантовая и ядерная физика.— Электронные текстовые данные (1 файл: 4,16 Мб) .— 2015 .— 94 с. : ил., табл. — Заглавие с титула экрана.— Библиогр.: с. 92 .— Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки .— Microsoft Office Word .— <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4025/1/00560.doc>>.

### б) дополнительная литература:

1. Евсина Е.М. Оптика. Основы квантовой и ядерной физики [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для лабораторных работ по физике/ Евсина Е.М., Соболева В.В.— Электрон.текстовые данные.— Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2011.— 107 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17059>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Алпатов А.В. Физика. Атомная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алпатов А.В.— Электрон.текстовые данные.— Волгоград: Волгоградский институт бизнеса, Вузовское образование, 2009.— 116 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11355>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Жаренова С.В. Физика атомов и молекул. Ядерная физика [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам по физике / С. В. Жаренова, Н. С. Прокошева, Е. Л. Шаманская ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра физики и прикладной математики ; под ред. Е. Л. Шаманская .— Электронные текстовые данные (1 файл : 431 Кб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 38 с. : ил., табл. — Заглавие с титула экрана .— Электронная версия печатной публикации .— Библиогр.: с. 36 .— Свободный доступ .— Adobe Acrobat Reader 4.0 .— <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2065/3/00706.pdf>>.

4. Жаренова С.В. Физика твёрдого тела [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам по физике / С. В. Жаренова, Н. С. Прокошева, Е. Л. Шаманская ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра физики и прикладной математики ; под ред. С. В. Жаренова .— Электронные текстовые данные (1 файл : 356 Кб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 40 с. : ил., табл. — Заглавие с титула экрана .— Электронная версия печатной публикации .— Библиогр.: с. 38 .— Свободный доступ .— Adobe Acrobat Reader 4.0 .— <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2088/3/00703.pdf>>.

5. Прокошева, Надежда Сергеевна. Сборник задач по физике [Электронный ресурс] / Н. С. Прокошева ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Изд. 2-е, испр. и доп. — Электронные текстовые данные (1 файл : 593 Кб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 66 с. — Заглавие с титула экрана .— Электронная версия печатной публикации .— Библиогр.: с. 64 .— Свободный доступ .—

**в) периодические издания:**

1. Журнал «Квантовая электроника». Архив номеров. Режим доступа:  
<http://www.mathnet.ru/qe/archive>.

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

Лекционные аудитории оснащены доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения лабораторных занятий оснащены установками для выполнения лабораторных работ:

- 6.1. Определение постоянной Стефана-Больцмана.
- 6.2. Изучение внешнего фотоэффекта.
- 6.3. Определение резонансного потенциала возбуждения атома методом Франка - Герца.
- 6.6. Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников.
- 6.7. Изучение вольт-амперных характеристик термочувствительных сопротивлений.
- 6.8. Изучение вольтамперных характеристик фотосопротивления.

Лекционные аудитории оснащены доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Рабочую программу составил профессор кафедры ФиПМ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) Иван И. Спец. научно-исслед. отдела РКП  
(место работы, должность, ФИО, подпись) ИПМ Радуга

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016-2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ АРАКЕЛЯН С.М.

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.