

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ
НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 №23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая физика (волны, оптика и атомная физика)

название дисциплины

для направления подготовки

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

код и направления подготовки

образовательная программа

Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования Владеть: навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках естественнонаучного модуля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные на предыдущих уровнях образования: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: ядерная физика.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения					
	Очная			Заочная		
	Курс, семестр			Курс, семестр		
	2 курс, 4 семестр		Всего			Всего
	Количество часов на вид работы:					
Контактная работа обучающихся с преподавателем						
Аудиторные занятия (всего)	96		96			
В том числе:						
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>	32		32			
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>	32		32			
<i>лабораторные занятия</i>	32		32			
Промежуточная аттестация						
В том числе:						
<i>зачет</i>	-		-			
<i>экзамен</i>	36		36			
Самостоятельная работа обучающихся						
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	48		48			
В том числе:						
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	16		16			
<i>Подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости</i>	16		16			
<i>Подготовка ко всем видам контрольных испытаний промежуточной аттестации</i>	16		16			
Всего (часы):	180		180			
Всего (зачетные единицы):	5		5			

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Аудиторные учебные занятия			
		Лек	Сем/Пр	Лаб	СРО
1.	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ				20
1.1.	КИНЕМАТИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	2	2		4
1.2.	СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ	2	2		4
1.3.	ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	4	4		4
1.4.	РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В УПРУГОЙ СРЕДЕ	4	4		4
1.5.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛН	2	2		4
2.	ОПТИКА				10
2.1.	ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	2	2		2
2.2.	ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	3	3		2
2.3.	ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	2	2		2
2.4.	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ	4	4		2
2.5.	ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	4	4		2
3.	АТОМНАЯ ФИЗИКА				18
3.1.	ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ АТОМА ВОДОРОДА	2	2		2
3.2.	ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ	3	3		2
3.3.	ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	2	2		2
3.4.	УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА	4	4		3
3.5.	АТОМ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБНЫЕ АТОМЫ. АТОМЫ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	4	4		3
3.6.	СПИН ЭЛЕКТРОНА. МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	2	2		3
3.7.	АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ	3	3		3
	ВСЕГО	32	32	32	48

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
1.1.	КИНЕМАТИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	Колебательные движения. Собственные, вынужденные параметрические колебания. Автоколебания. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, период колебаний. Определение амплитуды и фазы гармонических колебаний из начальных условий. Представление гармонического колебания с помощью векторной диаграммы. Сложение колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Гармонический осциллятор. Квазиупругая сила. Уравнение гармонического осциллятора. Малые колебания системы около положения равновесия. Энергия гармонического осциллятора. Математический и физический маятники.
1.2.	СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний, его решение. Аperiodическое движение. Характеристики затухающего гармонического осциллятора: амплитуда, период, коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, время релаксации. Добротность.
1.3.	ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение вынужденных колебаний, его решение. Переходный процесс. Амплитуда и начальная фаза вынужденных колебаний. Явление резонанса. Амплитудные и фазовые резонансные кривые. Связь добротности с параметрами резонансной кривой.
1.4.	РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В УПРУГОЙ СРЕДЕ	Волновой процесс. Классификация волн: по характеру движения частиц (поперечные и продольные волны), по способу переноса энергии (бегущие и стоячие волны), по форме волнового фронта (плоские, сферические, цилиндрические волны). Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси x . Характеристики волнового процесса: длина волны, фазовая скорость, волновое число, волновой вектор. Графическое представление волнового процесса. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении. Стоячая волна. Координаты узлов и пучностей. Уравнения и граничные условия для волн в струнах и трубах. Волновое уравнение. Фазовая скорость волн в различных средах.
1.5.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛН	Плотность энергии плоской упругой волны. Поток энергии. Плотность потока энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны. Амплитуда сферической и цилиндрической волн. Распределение энергии в бегущей и стоячей волнах. Отражение и преломление волн на границе двух сред. Эффект Доплера.
2.	ОПТИКА	

2.1.	ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	Главные этапы развития физических теорий. Световая волна. Световой вектор. Показатель преломления. Законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Формула тонкой линзы. Интенсивность света. Естественный и поляризованный свет. Интерференция. Принцип Гюйгенса. Явление интерференции когерентных волн. Ширина интерференционных полос и расстояние между ними. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Зеркала Френеля. Бипризма Френеля. Интерференция при отражении от тонких пленок. Полосы равной толщины и равного наклона. Интерферометр Майкельсона.
2.2.	ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от круглого отверстия и круглого экрана. Дифракция Фраунгофера от щели. Многолучевая интерференция. Дифракционная решетка. Дисперсия и разрешающая сила дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэггов-Вульфа. Понятие о голографии.
2.3.	ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	Поляризаторы. Закон Малюса. Степень поляризации. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Поляризация при двойном лучепреломлении. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Вращение плоскости поляризации. Эффект Керра.
2.4.	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ	Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Закон Бугера. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.
2.5.	ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Корпускулярные свойства излучения. Фотоэффект. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона.
3.	АТОМНАЯ ФИЗИКА	
3.1.	ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ АТОМА ВОДОРОДА	Закономерности в атомных спектрах. Спектральные серии водородного атома. Спектральные термы. Формула Бальмера. Опыты по рассеянию X-лучей. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда. Опыт Франка-Герца. Постулаты Бора. Элементарная боровская теория атома водорода.
3.2.	ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ	Гипотеза де Бройля. Экспериментальное доказательство волновых свойств микрочастиц. Опыт Дэвиссона и Джермера. Дифракция электронов. Опыт Бибермана, Сушкина и Фабриканта. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенностей.

3.3.	ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	Плоская волна де Бройля. Волновая функция. Статистический характер квантовой механики. Сведения из теории операторов. Явный вид операторов важнейших динамических переменных. Принцип суперпозиции состояний. Постулаты квантовой механики. Вычисление среднего значения физической величины. Вырожденные состояния. Условия, при которых несколько физических величин могут иметь определенные значения в одном состоянии.
3.4.	УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА	Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннелирование. Квантовомеханическое объяснение холодной (полевой и автоэлектронной) эмиссии, α -распада. Сканирующий туннельный микроскоп. Квантовый гармонический осциллятор.
3.5.	АТОМ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБНЫЕ АТОМЫ. АТОМЫ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	Квантово-механическое описание водорода и водородоподобных атомов. Квантовые числа электрона в атоме. Схема уровней. Возникновение спектральных серий. Токи в атомах. Магнитный момент атома. Атомы щелочных элементов. Основные результаты квантовой механики для щелочных элементов. Спектральные закономерности.
3.6.	СПИН ЭЛЕКТРОНА. МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	Момент импульса частицы в квантовой механике. Азимутальное или орбитальное квантовое число. Сложение моментов. Понятие о спине. Полный механический момент. Связь Рассела-Саундерса; j-j-связь. Векторная модель атома. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Множитель Ланде. Спектры щелочных элементов. Дублетная структура щелочных элементов. Символы термов.
3.7.	АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ	Опыты Штера-Герлаха. Эффект Зеемана. Расщепление линий в магнитном поле. Квантово-механическое обоснование периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Принцип Паули. Распределение электронов по оболочкам. Периодичность свойств элементов. Правило Хунда. Характеристическое рентгеновское излучение. Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Поглощение и излучение.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
1.1.	КИНЕМАТИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	Колебательные движения. Собственные, вынужденные параметрические колебания. Автоколебания. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, период колебаний. Определение амплитуды и фазы гармонических колебаний из начальных условий. Представление гармонического колебания с помощью векторной диаграммы. Сложение колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.

1.2.	ДИНАМИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	Гармонический осциллятор. Квазиупругая сила. Уравнение гармонического осциллятора. Малые колебания системы около положения равновесия. Энергия гармонического осциллятора. Математический и физический маятники.
1.3.	СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний, его решение. Аперидическое движение. Характеристики затухающего гармонического осциллятора: амплитуда, период, коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, время релаксации. Добротность.
1.4.	ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение вынужденных колебаний, его решение. Переходный процесс. Амплитуда и начальная фаза вынужденных колебаний. Явление резонанса. Амплитудные и фазовые резонансные кривые. Связь добротности с параметрами резонансной кривой.
1.5.	РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В УПРУГОЙ СРЕДЕ	Волновой процесс. Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси x . Характеристики волнового процесса: длина волны, фазовая скорость, волновое число, волновой вектор. Графическое представление волнового процесса. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении. Стоячая волна. Координаты узлов и пучностей. Уравнения и граничные условия для волн в струнах и трубах. Волновое уравнение. Фазовая скорость волн в различных средах.
2.	ОПТИКА	
2.1.	ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	Главные этапы развития физических теорий. Световая волна. Световой вектор. Показатель преломления. Законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Формула тонкой линзы. Интенсивность света. Естественный и поляризованный свет. Интерференция. Принцип Гюйгенса. Явление интерференции когерентных волн. Ширина интерференционных полос и расстояние между ними. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Зеркала Френеля. Бипризма Френеля. Интерференция при отражении от тонких пленок. Полосы равной толщины и равного наклона.
2.2.	ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от круглого отверстия и круглого экрана. Дифракция Фраунгофера от щели. Многолучевая интерференция. Дифракционная решетка. Дисперсия и разрешающая сила дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэггов-Вульфа.
2.3.	ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	Поляризаторы. Закон Малюса. Степень поляризации. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Поляризация при двойном лучепреломлении. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Вращение плоскости поляризации. Эффект Керра.
2.4.	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ	Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Закон Бугера. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.

2.5.	ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Корпускулярные свойства излучения. Фотоэффект. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона.
3.	АТОМНАЯ ФИЗИКА	
3.1.	ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Корпускулярные свойства излучения. Фотоэффект. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона.
3.2.	ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ АТОМА ВОДОРОДА	Закономерности в атомных спектрах. Спектральные серии водородного атома. Спектральные термы. Формула Бальмера. Опыты по рассеянию X-лучей. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда. Элементарная боровская теория атома водорода.
3.3.	ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ	Гипотеза де Бройля. Экспериментальное доказательство волновых свойств микрочастиц. Опыт Дэвиссона и Джермера. Дифракция электронов. Соотношение неопределенностей.
3.4.	УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА	Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннелирование. Квантовый гармонический осциллятор.
3.5.	АТОМ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБНЫЕ АТОМЫ. АТОМЫ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	Квантово-механическое описание водорода и водородоподобных атомов. Квантовые числа электрона в атоме. Схема уровней. Возникновение спектральных серий. Токи в атомах. Магнитный момент атома. Атомы щелочных элементов. Основные результаты квантовой механики для щелочных элементов. Спектральные закономерности.
3.7.	СПИН ЭЛЕКТРОНА. МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	Момент импульса частицы в квантовой механике. Азимутальное или орбитальное квантовое число. Сложение моментов. Понятие о спине. Полный механический момент. Связь Рассела-Саундерса; j-j-связь. Векторная модель атома. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Множитель Ланде. Спектры щелочных элементов. Дублетная структура щелочных элементов. Символы термов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Лабораторный практикум по курсу «Общая физика» раздел «Колебания и волны» под редакцией Кучерявого С.И., Лескиной Н.Н. –Обнинск: ИАТЭ, 2009.
2. Лабораторный практикум по курсу «Общая физика» раздел «Колебания и волны» под редакцией Троянова М.М. –Обнинск: ИАТЭ, 1998.
3. Гурбич А.Ф. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Общая физика».-Обнинск: ИАТЭ, 1999.

4. Н.Я.Рухляда, Т.Э.Прокурат, А.Ю.Станковский Лабораторный практикум по курсу «Общая физика» раздел «Атомная физика», Обнинск ИАТЭ, 2005, Ф.И. Карманов, А. Брызгалов, Лабораторный практикум по курсу «Общая физика» (раздел «Атомная физика»), Обнинск ИАТЭ, 2015.
5. Н.Я.Рухляда, А.В. Максимушкина Лабораторный практикум по курсу «Общая физика» раздел «Оптика», Обнинск ИАТЭ, 2014.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 4 семестр			
1.	Колебания и волны	ОПК-1	Коллоквиум
2.	Оптика	ОПК-1	Контрольная работа
3	Атомная физика	ОПК-1	
Промежуточный контроль, 4 семестр			
	Экзамен	ОПК-1	Билеты
Всего:			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы - образец

«Колебания и волны»

1. Малые колебания системы около положения равновесия.
2. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
3. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
4. Теплоемкость твердых тел.
5. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
6. Внутренняя энергия идеального газа.
7. Фазовые переходы первого и второго рода.
8. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
9. Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний.
10. Работа газа при расширении.
11. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
12. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
13. Скорость частиц среды. Относительная деформация. Графическое представление волнового процесса.
14. Теплоемкость. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.
15. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости.
16. Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний.
17. Волновое уравнение.

18. Адиабатический процесс.
19. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
20. Уравнение вынужденных колебаний. Его решение.
21. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
22. Критические величины, критические состояния.
23. Определение амплитуды и начальной фазы из начальных условий.
24. Уравнение плоской бегущей волны, распространяющейся вдоль оси x . Характеристики волнового процесса.
25. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.
26. Энтропия идеального газа.
27. Уравнение стоячей волны. Координаты узлов и пучностей.
28. Определение амплитуды и начальной фазы из начальных условий.
29. Явления переноса. Газокинетическая теория диффузии.
30. Цикл Карно и его КПД для идеального газа.
31. Признаки гармонического осциллятора.
32. Собственные колебания струны.
33. Явления переноса. Газокинетическая теория теплопроводности.
34. Второе начало термодинамики.
35. Величины, характеризующие перенос энергии в волне.
36. Сложение колебаний с помощью векторной диаграммы.
37. Явления переноса. Газокинетическая теория вязкости.
38. Колебательные процессы. Их классификация.
39. Плотность энергии плоской упругой волны.
40. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
41. Статистическое толкование второго начала термодинамики.
42. Колебательные процессы. Их классификация.
43. Волновое уравнение.
44. Третье начало термодинамики.
45. Биения. Их амплитуда и период.
46. Уравнение стоячей волны. Координаты узлов и пучностей.
47. Закон Дальтона.
48. Сравнение изотерм Ван-дер-Ваальса и экспериментальных изотерм.
49. Колебательные процессы. Их классификация.
50. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.
51. Энтропия идеального газа. Неравенство Клаузиуса.
52. Определение амплитуды и начальной фазы из начальных условий.
53. Эффект Доплера.
54. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.
55. Тепловые двигатели и холодильные машины.
56. Распределение Максвелла.
57. Давление под изогнутой поверхностью жидкости.
58. Решение уравнения собственных затухающих гармонических колебаний. Аперидический режим.
59. Уравнение плоской бегущей волны, распространяющейся вдоль оси x . Характеристики волнового процесса.
60. Кристаллические решетки.
61. Уравнение стоячей волны. Координаты узлов и пучностей.
62. Математический маятник.
63. Смачивание. Капиллярные явления.
64. Физический маятник.
65. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
66. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
67. Признаки гармонического осциллятора.
68. Политропические процессы.

69. Сложение колебаний с помощью векторной диаграммы.
70. Распределение энергии в бегущей и стоячей волнах.
71. Явления на границе жидкости и твердого тела.
72. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, начальная фаза. Связь между периодом и частотой.
73. Решение уравнения собственных затухающих гармонических колебаний. Аперидический режим.
74. Обратимые и необратимые процессы.
75. Фазовые переходы первого и второго рода.
76. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, начальная фаза. Связь между периодом и частотой.
77. Энергия гармонического осциллятора.
78. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
79. КПД цикла Карно.
80. Гармонический осциллятор. Квазиупругая сила.
81. Уравнение вынужденных колебаний. Его решение.
82. Математический маятник.
83. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа для давления.
84. Второе начало термодинамики.

«Оптика»

1. Световая волна. Интенсивность света
2. Пространственная и временная когерентность
3. Интерференция поляризованных лучей. Пластинки в $\lambda/4$, $\lambda/2$ и λ
4. Явление интерференции. Интерференция двух цилиндрических волн
5. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Бипризма Френеля
6. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера.
7. Интерференция света при отражении от тонкой пластинки. Полосы равного наклона
8. Интерференция света при отражении света тонкой пластинки. Полосы равной толщины.
9. Влияние монохроматичности света на характер интерференционной картины.
10. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля
11. Дифракция Фраунгофера на одной щели
12. Дифракционная решетка
13. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дисперсия дифракционной решетки.
14. Явление двойного лучепреломления. Построение Гюйгенса для лучей (о) и (е) в положительном кристалле
15. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля
16. Свет естественный и свет поляризованный. Закон Малюса. Закон Брюстера
17. Закон Малюса.
18. Зоны Френеля. Графический метод сложения амплитуд
19. Поглощение излучения веществом. Закон Бугера
20. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны для жидкостей, твердых тел, газов и веществ в парообразном состоянии
21. Фазовая и групповая скорости света. Закон Рэлея.
22. Дифракция на круглом экране. Пятно Пуассона.
23. Кольца Ньютона

«Атомная физика»

1. Экспериментальные основы и развитие идей атомной физики.
2. Порядки величин для атомных процессов.
3. Квантовые свойства света. Фотоэффект.
4. Квантовые свойства света. Корпускулярная интерпретация интерференции.
5. Квантовые свойства света. Импульс фотона.
6. Квантовые свойства света. Опыты Комптона.
7. Квантовые свойства света. Теория эффекта Комптона.
8. Квантовые свойства света. Опыты Боте и Гейгера, Комптона и Саймона.

9. Рентгеновское излучение. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.
10. Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей (Лауэ, Дебая-Шерера).
11. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Волны де Бройля.
12. Корпускулярно-волновой дуализм. Дебройлевская длина волны электрона.
13. Корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Томсона и Тартаковского.
14. Корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Дэвидсона и Джермера.
15. Корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Бибермана, Фабриканта и Сушкина.
16. Дискретность атомных состояний. Спектр атома водорода.
17. Дискретность атомных состояний. Опыты Франка и Герца.
18. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда.
19. Опыты Резерфорда.
20. Распределение заряда в атоме и определение заряда ядра.
21. Постулаты Бора. Условия квантования.
22. Квантование круговых орбит электрона в атоме.
23. Серия Пикеринга и спектр ионов гелия.
24. Теория Бора-Зоммерфельда.
25. Принцип соответствия.
26. Недостатки теории Бора.
27. Флуктуации интенсивности светового потока
28. Поляризация фотона
29. Эффект Рамзауэра - Таунсенда.
30. Излучение черного тела. Формула М. Планка
31. Коэффициенты Эйнштейна. Условия равновесия излучения.
32. Атомные спектры. Комбинационный принцип.
33. Спектральные серии атома водорода.
34. Постулаты квантовой механики.
35. Уравнение Шредингера.
36. Принцип суперпозиции состояний.
37. Плотность заряда и плотность тока.
38. Свойства операторов физических величин.
39. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
40. Частица в одномерной потенциальной яме.
41. Прохождение частиц через потенциальный барьер.
42. Одномерная яма конечной глубины.
43. Линейный гармонический осциллятор.
44. Теория излучения.
45. Интенсивность излучения
46. Правила отбора для осциллятора.
47. Правила отбора для ротатора.
48. Движение частицы в поле центральной силы. Решение угловой части уравнения Шредингера.
49. Оператор момента импульса, его свойства. Закон сохранения момента импульса при движении в поле центральной силы.
50. Движение частицы в кулоновском поле. Решение радиальной части уравнения Шредингера.
51. Распределение плотности в электронном облаке.
52. Водородоподобные атомы и системы.
53. Модель валентного электрона. Атомы щелочных металлов.
54. Спектральные серии щелочных металлов.
55. Плотность тока вероятности. Орбитальный магнитный момент электрона.
56. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
57. Спин электрона.
58. Спин – орбитальное взаимодействие. Расщепление линий.
59. Магнитомеханические эффекты и спин электрона.
60. Дублетная структура спектров щелочных металлов.
61. Полные механический и магнитный момент

62. Гиромагнитное отношение.
63. Сложение механических орбитальных моментов.
64. Сложение механических спиновых моментов.
65. Полный механический момент атома. Типы связей электронов в атоме.
66. Полный магнитный момент атома.
67. Фактор Ланде.
68. Векторная модель атома.
69. Метод магнитного резонанса.
70. Многоэлектронные атомы. Спектр атома гелия.
71. Мультиплетная структура спектров.
72. Эквивалентные электроны. Принцип Паули.
73. Эффект Зеемана. Расщепление энергетических уровней в магнитном поле.
74. Сложный эффект Зеемана. Расщепление линий излучения в магнитном поле.
75. Простой эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака.
76. Строение электронных оболочек. Химические свойства атомов.
77. Периодическая система элементов Менделеева.
78. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.
79. Уровни энергии для рентгеновских спектров.
80. Структура рентгеновских спектров.
81. Строение молекул. Адиабатическое приближение.
82. Вращательно – колебательные спектры двухатомных молекул.
83. Электронные спектры молекул.
84. Ионная химическая связь.
85. Природа ковалентной химической связи.
86. Зонные модели металлов, полупроводников, диэлектриков.
87. Проводимость твердых тел. Собственная и примесная проводимость.
88. Сверхпроводимость и ее квантовая природа.
89. Статистические распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
90. Энергия Ферми

б) Критерии оценивания компетенций (результатов):
Отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно

в) Описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36–40	Студент должен: – продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; – исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; – правильно формулировать определения; – продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; – уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30–35	Студент должен: – продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; – продемонстрировать знание основных теоретических понятий; – достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; – продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; – уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 24–29	Студент должен: – продемонстрировать общее знание изучаемого материала;

	– показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; – уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 23 и меньше	Студент демонстрирует: – незнание значительной части программного материала; – не владение понятийным аппаратом дисциплины; – существенные ошибки при изложении учебного материала; – неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – неумение делать выводы по излагаемому материалу.

6.2.2. Коллоквиум:

а) типовые вопросы - образец:

Раздел «Колебания и волны»

1. Периодические процессы. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза колебаний. Представление гармонических колебаний с помощью вектора амплитуды.
2. Сложение гармонических колебаний одного направления. Сложение гармонических колебаний одного направления и близких частот. Биения.
3. Сложение гармонических колебаний одного направления одинаковых частот, имеющих разные значения амплитуд и начальных фаз.
4. Сложение гармонических колебаний одинаковой частоты происходящих во взаимно-перпендикулярных направлениях. Влияние разности фаз на вид результирующего колебания.
5. Сложение гармонических колебаний, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и имеющих частоты, относящиеся как целые числа. Фигуры Лиссажу.
6. Гармонический осциллятор. Собственные колебания гармонического осциллятора. Вывод дифференциального уравнения гармонического осциллятора на примере пружинного маятника. Собственные колебания гармонического осциллятора. Частота колебаний, амплитуда, начальная фаза. Нахождение амплитуды и начальной фазы колебаний по начальным условиям.
7. Физический маятник. Частота, амплитуда, начальная фаза малых колебаний физического маятника.
8. Период колебаний математического маятника.
9. Период колебаний пружинного маятника.
10. Квазиупругая сила. Потенциальная энергия гармонического осциллятора.
11. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Нахождение частоты малых колебаний.
12. Энергия гармонического осциллятора.
13. Затухающие колебания гармонического осциллятора.
14. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний гармонического осциллятора. Частота, амплитуда, начальная фаза колебаний.
15. Затухающие колебания гармонического осциллятора. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность.
16. Вынужденные колебания гармонического осциллятора под действием силы, изменяющейся со временем по гармоническому закону.
17. Частота, амплитуда, фаза вынужденных колебаний.
18. Явление резонанса. Амплитудная резонансная кривая. Добротность осциллятора. Полуширина амплитудной резонансной кривой. Резонансная частота, резонансная амплитуда.
19. Автоколебания. Основные элементы автоколебательной системы.
20. Волны. Основные параметры, характеризующие волновой процесс. Волны продольные и поперечные. Уравнение плоской бегущей монохроматической (гармонической) волны. Фаза волны. Волновое число, волновой вектор.
21. Фазовая поверхность, фронт волны, луч.

22. График распределения смещений в плоской бегущей волне для фиксированного момента времени; зависимость смещения от времени в фиксированной точке.
23. Волновое уравнение. Вывод волнового уравнения на примере продольной упругой волны в стержне. Фазовая скорость волны.
24. Решения волнового уравнения. Фазовая скорость распространения волны.
25. Собственные колебания струны с жестко закрепленными концами.
26. Стоячие волны. Спектр частот собственных колебаний.
27. Собственные колебания столба воздуха в трубе. Зависимость спектра собственных частот от условий на концах трубки.
28. Энергия упругой волны. Плотность энергий. Поток энергии, плотность потока энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны.
29. Зависимость амплитуды сферической волны от расстояния до источника. Зависимость амплитуды цилиндрической волны от расстояния до источника.
30. Эффект Доплера.

Раздел «Оптика»

1. Световая волна. Интенсивность света
2. Пространственная и временная когерентность
3. Интерференция поляризованных лучей. Пластинки в $\lambda/4$, $\lambda/2$ и λ
4. Явление интерференции. Интерференция двух цилиндрических волн
5. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Бипризма Френеля
6. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера.
7. Интерференция света при отражении от тонкой пластинки. Полосы равного наклона
8. Интерференция света при отражении света тонкой пластинки. Полосы равной толщины.
9. Влияние немонохроматичности света на характер интерференционной картины.
10. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля
11. Дифракция Фраунгофера на одной щели
12. Дифракционная решетка
13. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дисперсия дифракционной решетки.
14. Явление двойного лучепреломления. Построение Гюйгенса для лучей (о) и (е) в положительном кристалле
15. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля
16. Свет естественный и свет поляризованный. Закон Малюса. Закон Брюстера
17. Закон Малюса.
18. Зоны Френеля. Графический метод сложения амплитуд
19. Поглощение излучения веществом. Закон Бугера
20. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны для жидкостей, твердых тел, газов и веществ в парообразном состоянии
21. Фазовая и групповая скорости света. Закон Рэлея.
22. Дифракция на круглом экране. Пятно Пуассона.
23. Кольца Ньютона

б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) Описание шкалы оценивания:

Отметка «отлично» (в баллах от 27 до 30) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике,

привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

Отметка «хорошо» (в баллах от 22 до 26) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

Отметка «удовлетворительно» (в баллах от 18 до 21) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

Отметка «неудовлетворительно» (в баллах от 0 до 17) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

6.2.3. Контрольная работа :

а) типовые задания- образец:

1. Воспользовавшись формулой Планка, найти: а) число фотонов в 1 см^3 в спектральных интервалах $(\nu, \nu + d\nu)$ и $(\lambda, \lambda + d\lambda)$; б) полное число фотонов в 1 см^3 при $T = 300 \text{ К}$.
2. Вычислить с помощью формулы Планка при $T = 1000 \text{ К}$: а) наиболее вероятную энергию фотонов; б) среднюю энергию фотонов.
3. Показать, что число фотонов теплового излучения, падающих в единицу времени на единичную площадку стенки полости, равно $pc/4$, где c - скорость света; p — число фотонов в единице объема. Убедиться, что произведение этой величины на среднюю энергию фотона равно энергетической светимости M .
4. Найти плотность потока фотонов на расстоянии $r = 1,0 \text{ м}$ от точечного источника света мощностью $P = 1,0 \text{ Вт}$, если свет: а) монохроматический с длиной волны $\lambda = 0,50 \text{ мкм}$; б) содержит две спектральные линии с длинами волн $\lambda_1 = 0,70 \text{ мкм}$ и $\lambda_2 = 0,40 \text{ мкм}$, интенсивности которых относятся как 1:2 соответственно.
5. Длины волн фотонов равны $0,50 \text{ мкм}$, $0,25 \text{ нм}$ и $2,0 \text{ пм}$. Вычислить их импульсы эВ/с , где c - скорость света.
6. Найти длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона с кинетической энергией $T = 0,30 \text{ МэВ}$.
7. Показать с помощью корпускулярных представлений, что импульс, переносимый в единицу времени плоским потоком электромагнитного излучения мощностью P , не зависит от спектрального состава этого излучения. Чему он равен?
8. Лазер излучает в импульсе длительностью $\tau = 0,13 \text{ мс}$ узкий пучок света энергией $E = 10 \text{ Дж}$. Найти среднее за время τ давление такого пучка света, если его сфокусировать в пятнышко диаметром $d = 10 \text{ мкм}$ на поверхности, перпендикулярной пучку, с коэффициентом отражения $\rho = 0,50$.
9. Короткий импульс света энергией $E = 7,5 \text{ Дж}$ издает узким пучком на зеркальную пластинку с коэффициентом отражения $\rho = 0,60$. Угол падения $\theta = 30^\circ$. Найти импульс, переданный пластинке.
10. Найти с помощью корпускулярных представлений силу светового давления, которую оказывает плоский световой поток с интенсивностью $I = 1,0 \text{ Вт/см}^2$ на плоскую зеркальную поверхность, если

угол падения $\theta = 30^\circ$ и площадь освещаемой поверхности $S = 10 \text{ см}^2$ Плоский световой поток интенсивностью I , Вт/см² освещает одну половину шара с зеркальной поверхностью. Радиус шара R . Найти с помощью корпускулярных представлений силу светового давления, испытываемую шаром.

11. Световой поток интенсивностью I , Вт/см², падает нормально на плоскую абсолютно матовую поверхность. Площадь освещаемой поверхности S , коэффициент отражения - единица. Найти с помощью корпускулярных представлений силу светового давления.
12. Над центром круглой зеркальной пластинки радиусом R находится точечный источник света мощностью P . Расстояние между источником и пластинкой l . Найти с помощью корпускулярных представлений силу светового давления, которую испытывает пластинка. Рассмотреть также случаи $R \gg l$, $R \ll l$.
13. Фотон испущен с поверхности звезды, масса которой M и радиус R . Считая, что фотон обладает массой с присущими ей гравитационными свойствами, найти относительное уменьшение его энергии на большом расстоянии от звезды. Вычислить гравитационное смещение длины волны $\Delta\lambda/\lambda$ излучения, испускаемого с поверхности: а) Солнца, у которого $M = 2,0 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ и $R = 7,0 \cdot 10^8 \text{ м}$; б) нейтронной звезды, масса которой равна массе Солнца, а средняя плотность превышает солнечную в $1,0 \cdot 10^{14}$ раз.
14. Вычислить скорость электронов, подлетающих к антикатоде рентгеновской трубки, если длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра $\lambda_{\text{мин}} = 157 \text{ нм}$.
15. Найти наиболее вероятную длину волны тормозного рентгеновского излучения со спектральным распределением $I\omega = A(\omega_{\text{max}} - \omega)$, где A — постоянная; ω_{max} - граничная частот спектра. Напряжение на трубке $V = 31 \text{ кВ}$.
16. Вычислить с помощью таблиц приложения: а) длины волн красной границы фотоэффекта для Cs и Pt; б) максимальные скорости электронов, освобождаемых с поверхности цинка, серебра и никеля светом с длиной волны $0,270 \text{ мкм}$.
17. Найти работу выхода с поверхности некоторого металла, если при поочередном освещении его электромагнитным излучением с длинами волн $\lambda_1 = 0,35 \text{ мкм}$ и $\lambda_2 = 0,54 \text{ мкм}$ максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в $\eta = 2,0$ раза.
18. Медный шарик, отдаленный от других тел, облучают электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 0,200 \text{ мкм}$. До какого максимального потенциала зарядится шарик?
19. Найти максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, вырываемых с поверхности лития электромагнитным излучением, напряженность электрической составляющей которого меняется во времени по закону: $E \sim a(1 + \cos\omega t)\cos\omega_0 t$, где a - постоянная; $\omega = 6,0 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$; $\omega_0 = 3,60 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.
20. Электроды вакуумного фотоэлемента (один цезиевый, другой медный) замкнуты снаружи накоротко. Цезиевый электрод освещают моноэнергетическим электромагнитным излучением. Найти: а) длину волны излучения, при которой появится фототок; б) максимальную скорость фотоэлектронов, подлетающих к медному электроду, если длина волны излучения равна $0,220 \text{ мкм}$.
21. Ток, возникающий в цепи вакуумного фотоэлемента при освещении цинкового электрода электромагнитным излучением с длиной волны $0,262 \text{ мкм}$, прекращается, когда внешняя задерживающая разность потенциалов достигает значения $U_1 = -1,5 \text{ В}$. Определить значение и полярность внешней контактной разности потенциалов данного фотоэлемента.

б) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Оценка	Критерии оценки
Отлично С 27 до 30 баллов	– решении заданий изложены полно; – ответ показывает понимание материала; – приведены верно решения всех заданий, допускаются незначительные арифметические ошибки.
Хорошо с 22 до 26 баллов	– приведенные решения заданий изложен достаточно полно; – при количественной оценке допускаются арифметические ошибки; – приведены верные решения на более чем 80% заданий.

Удовлетворительно с 18 до 21 баллов	– решения заданий изложены неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений; – на 30-40% заданий даны неверные ответы и приведены неверные решения.
Неудовлетворительно с 0 до 17 баллов	– при решении заданий обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала; – приведено неверное решение более чем 50% заданий.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за контрольную	Оценка по 5-балльной системе
27 – 30	Отлично
22 – 26	Хорошо
18 – 21	Удовлетворительно
<17	Неудовлетворительно

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (*коллоквиум*), контрольная точка № 2 (*контрольная работа*).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
4 семестр			
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30
	Коллоквиум	18	30
	Контрольная точка № 2	18	30
	Контрольная работа	18	30
Промежуточный	Экзамен	24	40
	Билеты	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Тесты по разделам проводятся на практических занятиях и включают вопросы по

предыдущему разделу. Баллы выставляются преподавателем в соответствии с утвержденной шкалой оценивания.

Устный опрос проводится на каждом практическом занятии и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на экзамене.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Оптика

а) основная учебная литература:

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2010-2014. (69 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
2. Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2013-2015. (30 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 4. Волны. Оптика, Лань, 2011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика, Лань, 2009 - 2011. (2 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).

б) дополнительная учебная литература:

5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 4. Оптика, Физматлит, 2002. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
6. И.В.Савельев. Курс общей физики. Книга 4. М, АСТ, 2002. (200 экз.).

Атомная физика

а) основная учебная литература:

1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2012. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
2. Иродов И.Е. Задачи по общей физике, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2014. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).

3. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2013. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
4. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2014. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
5. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, Лань, 2011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
6. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, Лань, 20011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).

б) дополнительная учебная литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5. Атомная и ядерная физика, Физматлит, 2002. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
2. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2010. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, Лань, 2007. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>).

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>

<http://kuperbook.biblioclub.ru>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://library.mephi.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Контрольная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций
2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
3. Интерактивное общение с помощью э/почты или Skype.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Аудиторный фонд института
2. Учебная лаборатория "Колебания и волны"
3. Учебная лаборатория "Оптика и атомная физика".
4. Библиотечный фонд института

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

На лекциях и семинарах постоянно используются следующие интерактивные методы обучения: диспут, групповая дискуссия, дебаты, мозговой штурм, проблемная и интерактивная лекции.

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Четвертый семестр

1. И.А.Савельев. Курс общей физики. Том 3. Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.(Фотоны и их свойства,,стр.444-452).

2. И.А.Савельев. Курс общей физики. Том 3. Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.(вопросы для самопроверки).

12.3. Краткий терминологический словарь

Колебания

Автоколебания – это незатухающие колебания под действием постоянной силы. Незатухающие колебания в автоколебательной системе поддерживаются за счет источника энергии, подключаемого в нужные моменты времени к колебательной системе (маятнику, колебательному контуру и пр.) через клапан, регулирующий поступление энергии в эту систему. Роль клапана может играть, анкерный механизм в часах, радиолампа, транзистор и пр. Биениями называется результат сложения двух колебаний близких по частоте ($\omega_1 \approx \omega_2$), имеющих одинаковую амплитуду и происходящих в одном направлении. Биения имеют вид синусоиды с медленно меняющейся амплитудой. Вынужденными колебаниями называются незатухающие колебания под действием периодически меняющейся вынуждающей силы. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний зависят от частоты вынуждающей силы (см. также Резонанс).

Колебания, амплитуда которых с течением времени уменьшается. Причина затухания обуславливается силами, тормозящими движение.

Колебания – это периодически повторяющиеся движения. Колебания, описываемые законом синуса $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ или косинуса $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, называются гармоническими. Величина, стоящая под знаком гармонической функции $(\omega t + \varphi)$, называется фазой; ω называется круговой (или циклической) частотой; φ – начальной фазой. Колебания разной природы описываются математически совершенно одинаково.

Коэффициентом затухания называется величина, характеризующая скорость убывания амплитуды затухающих колебаний. Амплитуда определяется экспоненциальным множителем $e^{-\alpha t}$. Чем больше α , тем быстрее затухают колебания.

Логарифмическим декрементом колебания называется натуральный логарифм двух последовательных амплитуд затухающего колебания.

Математический маятник - механическая колебательная система, состоящая из материальной точки, подвешенной на тонкой, невесомой и нерастяжимой нити или на невесомом стержне в поле сил тяжести. Период малых колебаний математического маятника не зависит от амплитуды и определяется по формуле: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

Механические колебания - обладающие периодичностью отклонения тела от положения равновесия. Возбуждение незатухающих механических колебаний происходит путем воздействия на колебательную систему постоянной или переменной силы.

Резонансом называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний колебательной системы.

Фигуры Лиссажу – результат сложения двух перпендикулярных колебаний, частоты которых относятся как целые числа. Фигуры можно получить на экране осциллографа. Простейшей фигурой Лиссажу является окружность, которая получается при сложении двух перпендикулярных колебаний одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутых по фазе на $\pi/2$.

Физический маятник - абсолютно твердое тело, имеющее ось вращения. В поле тяготения физический маятник может совершать колебания около положения равновесия, при этом массу системы нельзя считать сосредоточенной в одной точке. Период колебаний физического маятника зависит от момента инерции тела и от расстояния от оси вращения до центра масс.

«Оптика»

Абсолютный показатель преломления света - отношение скорости света в вакууме к фазовой скорости света в данной среде. Абсолютный показатель преломления света показывает во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде.

Анализатор поляризованного излучения - устройство, с помощью которого можно обнаружить

положение плоскости поляризации света. См. также *Поляризатор*.

Видимое излучение - электромагнитное излучение, вызывающее зрительное ощущение и занимающее участок спектра от 380 до 780 нм. Световые излучения различных частот воспринимаются человеком как разные цвета.

Геометрическая оптика - раздел оптики, в котором изучаются законы распространения света в прозрачных средах, основанные на представлении о *световых лучах*. Основными законами геометрической оптики являются:

- закон прямолинейного распространения света;
- закон независимых световых пучков;
- закон отражения;
- закон преломления.

Волновая оптика - раздел оптики, изучающий явления, в которых проявляется волновые свойства света.

Голография – способ получения объемных изображений предметов на фотопластинке (голограмме) при помощи когерентного излучения лазера. Голограмма фиксирует не само изображение предмета, а структуру отраженной от него световой волны (ее амплитуду и фазу). Для получения голограммы необходимо, чтобы на фотографическую пластинку одновременно попали два когерентных световых пучка: предметный, отраженный от снимаемого объекта, и опорный – приходящий непосредственно от лазера. Свет обоих пучков интерферирует, создавая на пластинке чередование очень узких темных и светлых полос – картину интерференции. На экспонированной таким образом и проявленной пластинке отсутствует какое-либо изображение, но его в зашифрованном виде содержит система интерференционных полос. Если голограмму просветить, как диапозитив, лазерным светом той же частоты, что была использована при записи, возникнет «восстановленная голограмма» – объемное изображение снятого предмета, словно висящего в пространстве. Меняя точку наблюдения, можно заглянуть за предметы на первом плане и увидеть детали, ранее скрытые от взгляда. Свет, проходя сквозь систему черно-белых полос голограммы, испытывает дифракцию и воспроизводит волновой фронт, исходивший от снятого предмета. См. Также *Когерентность*.

Двойное лучепреломление - раздвоение светового луча при прохождении через оптически анизотропную среду, возникающее вследствие зависимости показателя преломления света от его поляризации. В одноосном двоякопреломляющем кристалле, например, в кристалле исландского шпата, падающий луч света расщепляется на два луча, обыкновенный и необыкновенный, имеющие разные *показатели преломления* и поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Дисперсия света – зависимость фазовой скорости света от частоты (или длины волны). **Дисперсия показателя преломления** – зависимость показателя преломления n от частоты ν .

Дифракционная решетка - оптическое устройство, имеющее большое число щелей, разделенных непрозрачными промежутками, на которых происходит дифракция света. Обычно дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа параллельных штрихов одинаковой ширины, нанесенных на прозрачную или отражающую поверхность на одинаковом расстоянии друг от друга. Дифракционная решетка является основным элементом многих спектральных приборов.

Дифракция света - отклонение от законов геометрической оптики, выражающееся в огибании светом малых препятствий. Дифракция наблюдается при распространении света в среде с резко выраженными неоднородностями.

Закон Брюстера утверждает, что при падении света на диэлектрическое зеркало под углом, тангенс которого равен относительному *показателю преломления* второй среды по отношению к первой, отраженный луч будет полностью поляризован в плоскости, перпендикулярной плоскости падения

Закон Кирхгофа утверждает, что отношение *излучательности* любого (нечерного) тела к коэффициенту поглощения есть величина одинаковая для всех тел и равная излучательности черного тела при данной температуре.

Закон Ленарда – один из законов внешнего *фотоэффекта*: энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, а зависит только от частоты.

Закон Малюса - физический закон, согласно которому интенсивность световой волны, прошедшей *поляризатор* и *анализатор*, пропорциональна квадрату косинуса угла между плоскостями главных сечений поляризатора и анализатора.

Закон независимых световых пучков - постулат геометрической оптики, в соответствии с которым:

Распространение всякого светового пучка в среде не зависит от того, есть ли в этой среде другие пучки света или нет.

Закон отражения света - закон, определяющий взаимное расположение при зеркальном отражении падающего и отраженного лучей, а также перпендикуляра, восстановленного к границе раздела двух сред в точке падения: оба луча и перпендикуляр лежат в одной плоскости; угол падения равен углу отражения.

Закон преломления света – один из законов геометрической оптики, согласно которому падающий луч, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча к границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред и равная отношению показателю преломления второй среды по отношению к первой. См. также *Геометрическая оптика*.

Закон прямолинейного распространения света - постулат геометрической оптики, в соответствии с которым в однородной среде свет распространяется прямолинейно. Закон прямолинейного распространения света является следствием *принципа Ферма*.

Закон смещения утверждает, что длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности *излучательности*, обратно пропорциональна абсолютной температуре, т. е. максимум излучения смещается при повышении температуры в область более коротких волн.

Закон Стефана-Больцмана утверждает, что *излучательность черного тела* прямо пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры.

Закон Столетова – один из законов внешнего *фотоэффекта*: фототок насыщения прямо пропорционален световому потоку.

Излучательностью называется полная мощность (на всех частотах и по всем направлениям) излучения с единицы поверхности нагретого тела. Излучательность зависит от температуры тела и от коэффициента поглощения его поверхности. Старые названия этой величины – энергетическая светимость или лучеиспускательная способность. См. также *Закон Стефана-Больцмана*.

Интерференция света - оптическое явление, возникающее при сложении двух или нескольких когерентных световых волн, линейно поляризованных в одной плоскости. Интерференция представляет собой устойчивую во времени картину усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Источник света - излучатель электромагнитной энергии в видимой части спектра. Источники света подразделяются на естественные (Солнце, Луна и т. д.) и искусственные (лампы накаливания, газоразрядные лампы и др.).

Квантовая оптика – раздел оптики, изучающий явления, в который обнаруживаются квантовые свойства электромагнитного излучения (света). Это *тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона* и др.

Слово «**когерентность**» буквально означает «согласованность». Волны называются когерентными, если разность фаз возбуждаемых ими колебаний в любой точке пространства остается постоянной в течение времени наблюдения. См. также *Интерференция света*.

Кольца Ньютона - интерференционная картина, возникающая в проходящем или отраженном свете в окрестности точки соприкосновения выпуклой поверхности линзы со стеклянной пластинкой. После отражения лучей на границах раздела стекло - воздух и воздух - стекло световые волны интерферируют и образуют интерференционную картину в виде концентрических колец.

Комбинационное рассеяние света - явление изменения частоты рассеянного веществом света. В спектрах комбинационного рассеянного света для молекул наблюдаются дополнительные линии, частоты которых являются комбинациями частоты падающего света и вращательными частотами молекул.

Лазеры (от от первых букв англ. фразы Light amplification by stimulated emission of radiation) – квантовые генераторы света, принцип действия которых основан на явлении вынужденного (стимулированного) излучения. Излучение лазеров поляризовано, обладает монохроматичностью, большой мощностью в узком спектральном диапазоне и малой расходимостью светового пучка. Находят широкое применение в технике и экспериментальной физике.

Оптика - раздел физики, в котором изучаются закономерности оптических явлений, природа света и его взаимодействия с веществом.

Оптическая активность - свойство некоторых веществ вращать плоскость поляризации проходящего

через них плоскополяризованного света. Примеры оптически активных веществ: кварц, киноварь, скипидар, раствор сахара в воде и пр.

Оптическая длина пути - произведение пути светового луча на показатель преломления среды. Оптическая длина пути численно равна пути, который проходит световой луч за то же время в вакууме.

Опыт Юнга - опыт по интерференции света от двух точечных источников, полученных пропусканием пучка света от общего источника через два отверстия. Опыт Юнга позволяет оценить длину волны для различных участков спектра.

Относительный показатель преломления света - отношение фазовой скорости света в первой среде к фазовой скорости света во второй среде. Численно относительный показатель преломления света равен отношению синуса угла падения к синусу угла преломления.

Период дифракционной решетки - расстояние между серединами двух соседних щелей дифракционной решетки. Другое название – шаг или постоянная решетки.

Плоскостью главного сечения *поляризатора* называется плоскость, в которой поляризован луч, прошедший этот поляризатор.

Плоскость поляризации - плоскость, в которой колеблется вектор напряженности электрического поля электромагнитной (световой) волны.

Поглощение света - явление ослабления яркости света при его прохождении через вещество или при отражении от поверхности.

Показатель преломления света - мера оптической плотности среды, равная отношению *скорости света* в вакууме к скорости света в среде. Показатель преломления света зависит от частоты света и от параметров состояния среды. Различают абсолютные и относительные показатели преломления.

Поляризатор - прибор, предназначенный для получения полностью или частично поляризованного света. Поляризатор можно использовать в качестве *анализатора* поляризованного излучения.

Поляризация света - ориентация векторов напряженности электрического поля и магнитной индукции световой волны в плоскости, перпендикулярной световому лучу. Обычно поляризация возникает при отражении и преломлении света, а также при распространении света в анизотропной среде. Различают линейную, круговую и эллиптическую поляризацию света.

Поляроид - оптическая система, предназначенная для поляризации света. Представляет собой эластичную пленку, на которую нанесены соответствующим образом ориентированные маленькие кристаллики двоякопреломляющего вещества (герапатита). Поляроид изготавливается в виде светофильтра, линейно поляризующего проходящий через него свет (*дешевый поляризатор*).

Преломление света - явление, заключающееся в изменении направления распространения световой волны при переходе из одной среды в другую, отличающуюся *показателем преломления света*.

Призмой Николя (или просто николем) называется *поляризатор*, предложенный шотландским инженером Николем. Принцип действия николя основан на том, что один из двух поляризованных лучей в одноосном двоякопреломляющем кристалле (необыкновенный или обыкновенный) выводится их игры с помощью явления полного внутреннего отражения. См. также *Двойное лучепреломление*.

Принцип Ферма - принцип геометрической оптики, согласно которому луч света, проходящий через две точки, идет между ними по такому пути, для прохождения которого требуется наименьшее или наибольшее (экстремальное) время по сравнению с другими возможными путями.

Рассеяние света - отклонение распространяющегося в среде светового пучка во всевозможных направлениях. Рассеяние света обусловлено неоднородностью среды и взаимодействием света с частицами вещества, при котором изменяется направление распространения, частота и плоскость колебаний световой волны.

Рентгеновское излучение – электромагнитное излучение очень высокой частоты (или очень короткой длины волны, $\lambda = 10^{-4} - 10^3 \text{ \AA}$). Открыто немецким физиком В.Рентгеном (1895). **Различают *тормозное* и *характеристическое* рентгеновское излучение.** В рентгеновском диапазоне на передний план выступают квантовые свойства электромагнитного излучения. Находит широкое применение в медицине, в дефектоскопии, в структурных исследованиях и пр.

Рефракция света - искривление светового луча в среде с непрерывно меняющимся *показателем преломления света*.

Термином «свет» обозначают не только *видимый свет*, но и электромагнитное излучение других диапазонов (инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, *рентгеновские лучи*). Таким образом, этот термин используется как синоним выражения «электромагнитное излучение».

Световой луч - линия, вдоль которой распространяется поток энергии, испущенный *источником света*. В прозрачной однородной среде световой луч всегда прямолинеен. В среде с плавно изменяющимися оптическими характеристиками световой луч искривляется. См. также *Рефракция света*.

Скорость света в вакууме - скорость распространения света в вакууме $c = 299'792'458$ м/с. **Скорость света в вакууме** - предельная скорость распространения любых физических взаимодействий.

Тепловое излучение – это электромагнитное излучение нагретых тел. Законы теплового излучения объясняет *квантовая теория* М.Планка (1900).

Тормозным рентгеновским излучением называется коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее в рентгеновской трубке при резком торможении движущихся с большой скоростью электронов поверхностью анода (антикатада). Не зависит от материала антикатада.

Угол падения – угол между падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точке падения.

Угол преломления - угол между преломленным лучом света и перпендикуляром, восстановленным в точке падения (преломления).

Уравнение Эйнштейна для внешнего *фотоэффекта* представляет собой следствие закона сохранения энергии: $h\nu = A_{\text{в}} + (mv^2/2)$ – энергия фотона ($h\nu$) идет на совершение работы выхода ($A_{\text{в}}$) и частично переходит в энергию фотоэлектрона ($mv^2/2$).

Фотон называется квазичастица, введенная для того, чтобы объяснить корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотону приписывается энергия $\varepsilon = h\nu$ и импульс $p = h\nu/c$, где ν – частота света, c – скорость света в вакууме, а $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – *постоянная Планка*. Фотоны – *кванты* электромагнитного поля. *Электромагнитное взаимодействие* осуществляется путем обмена фотонами.

Фотометрические величины - сила света, освещенность, световой поток, яркость, коэффициент пропускания и коэффициент отражения.

Фотоэлектроны – электроны, вырванные светом из металла при внешнем *фотоэффекте*.

Фотоэффектом называется группа явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Различают внешний фотоэффект (вырывание электронов из металла при облучении), внутренний фотоэффект (увеличение электропроводности полупроводника при облучении) и фотогальванический эффект (возникновение ЭДС при облучении p-n-перехода). Фотоэффект объясняется на основе квантовых представлений. Первую теорию внешнего фотоэффекта создал А.Эйнштейн (1905). См. *Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*.

Характеристическое рентгеновское излучение возникает при достаточно высоком ускоряющем напряжении на рентгеновской трубке. Механизм сводится к вырыванию электронов с внутренних электронных оболочек и к переходу на эти места электронов с других оболочек атома. Спектр такого излучения линейчатый. Появляется на фоне сплошного тормозного рентгеновского спектра как набор спектральных линий. Зависит от материала антикатада.

Хроматической поляризацией называется совокупность явлений, сопровождающих интерференцию поляризованного света (появление окраски экрана).

Черным называется идеализированное тело, поглощающее всю падающую на его поверхность энергию. Устаревшее название черного тела – абсолютно черное тело. Реальные тела не являются черными; поверхность, хорошо поглощающая свет в видимом диапазоне, может плохо поглощать в инфракрасном.

Эффектом Комптона (1923) называется увеличение длины волны *рентгеновского излучения* при рассеивании на легких атомах (на почти свободных электронах). Эффект Комптона легко объясняется на основе квантовых представлений путем применения законов сохранения энергии и импульса для системы «рентгеновский фотон + электрон отдачи».

Эффект Фарадея - вращение плоскости поляризации линейно поляризованного света при прохождении его через вещество, помещенное в продольное магнитное поле. Открыл явление английский физик М.Фарадей (1845). Эффект сыграл важную роль в утверждении электромагнитной теории света. Широко применяется в технике и в экспериментальной физике (изучение структуры вещества).