

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института энергетики, информационных технологий и управляющих систем  
к.т.н., доцент Белоусов А.В.  
« 20 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

Основы ядерной физики

направление подготовки (специальность):

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Направленность программы (профиль, специализация):

Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергетики

Квалификация:

Специалист

Форма обучения:

Очная

Институт: энергетики, информационных технологий и управляющих систем  
Кафедра: физики

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.05.02 - Химическая технология материалов современной энергетики (уровень специалитета), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 года № 913. Профиль (специализация): Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергетики;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: к.т.н., доцент С.Н. Лаптева С.Н. Лаптева

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики:

« 14 » мая 2021 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент А.В. Корнилов А.В. Корнилов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой теоретической и прикладной химии:

« 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор В.И. Павленко В.И. Павленко

Рабочая программа одобрена методической комиссией института ЭИТУС:

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент А.Н. Семернин А.Н. Семернин

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименования компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
Общепрофессиональные	ОПК-1. Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.	ОПК-1.1 Анализирует и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности	<p><b>Знания:</b> обозначений и размерностей физических величин; основных законов, явлений и понятий курса общей физики, основных понятий и законов организации живой природы и компонентов природной среды.</p> <p><b>Умения:</b> пользоваться приборами и оборудованием; проводить физический эксперимент; обрабатывать результаты физического эксперимента; применять законы физики для решения практических задач.</p> <p><b>Навыки:</b> самостоятельной работы с учебной и научной литературой, а также обработки полученной информации; применения физических закономерностей в своей практической деятельности.</p>
		ОПК-1.2. Выбирает для решения задач профессиональной деятельности фундаментальные законы, описывающие изучаемый процесс или явление	<p><b>Знания:</b> элементов общей теории относительности, элементов механики жидкостей, законов термодинамики, статистические распределения, законов электростатики, природы магнитного поля и поведение веществ в магнитном поле, законов электромагнитной индукции, волновых процессов, геометрической и волновой оптики, основ квантовой механики, строение многоэлектронных атомов, квантовую</p>

		<p>статистику электронов в металлах и полупроводниках, строение ядра, классификацию элементарных частиц; основные свойства ядер и теорию их устойчивости, закон радиоактивного распада, радиоактивные семейства, методы расчета активности в семействах, особенности альфа- и бета-распада, испускание гамма-квантов, основные ядерные реакции на нейтронах, заряженных частицах и гамма-квантах, процессы деления ядер и конструкцию ядерного реактора, методы управления ядерным реактором, процессы образования продуктов деления и трансураниевых элементов, процессы взаимодействия тяжелых заряженных частиц и электронов с веществом, тормозные и радиационные потери энергии, взаимодействие гамма-квантов с веществом, методы регистрации излучений; электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния, методы описания химических равновесий в растворах электролитов, химические свойства элементов различных групп Периодической системы и их важнейших соединений, строение и свойства координационных соедине-</p>
--	--	--

		<p>ний; основные этапы качественного и количественного химического анализа, теоретические основы и принципы химических и физико-химических методов анализа - электрохимических, спектральных, хромато-графических, методы разделения и концентрирования веществ; начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики, методы статистической термодинамики, методы термодинамического описания химических и фазовых равновесий в многокомпонентных системах;</p> <p><b>Умения:</b> решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; провести качественный и количественный анализ органического соединения с использованием химических и физико-химических методов анализа; проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и расчеты основных характеристик дисперсных систем;</p> <p><b>Навыки:</b> методов построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов; методов проведения физических измерений, методами корректной оценки погреш-</p>
--	--	--

			<p>ностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств неорганических соединений, экспериментальными методами синтеза, очистки, определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений;</p>
--	--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ОПК-1.

Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами

Стадия	Наименование дисциплины
1	Математика
2	Физика
3	Инженерная графика и основы конструкторской документации
4	Общая и неорганическая химия
5	Физическая химия
6	Коллоидная химия
7	Органическая химия
8	Основы ядерной физики
9	Промышленная экология
10	Механика
11	Материаловедение
12	Технология основных материалов современной энергетики

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	<b>252</b>	<b>252</b>
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>107</b>	<b>107</b>
Лекции	34	34
Лабораторные	34	34
Практические	34	34
Групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>145</b>	<b>145</b>
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	91	91
Форма промежуточной аттестации (экзамен)	<b>36</b>	<b>36</b>



**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 3 Семестр 6**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Атомное ядро и его свойства</b>					
	Строение атомного ядра. Сильное взаимодействие в атомном ядре. Оболочечная модель атомного ядра. Магнитные моменты ядер и ядерный магнитный резонанс. Капельная модель. Энергия связи атомного ядра.	6	6		18
<b>2. Ядерные реакции</b>					
	Энергетический выход и порог ядерной реакции. Типы ядерных реакций. Альфа- и бета-распад ядер. Закон радиоактивного распада. Гамма-излучение ядер. Эффект Мёссбауэра и его применение. Ядерные цепные реакции. Физика нейтронов. Термоядерный синтез и проблема нуклеосинтеза. Защита от ионизирующих излучений.	8	8		18
<b>3. Физика элементарных частиц</b>					
	Фундаментальные взаимодействия элементарных частиц. Диаграммы Фейнмана и квантовая теория поля. Источники элементарных частиц с большой энергией. Опыты по рассеянию электронов на нуклонах. Кварковая модель адронов. Сильное взаимодействие кварков. Цветовой заряд. Слабое взаимодействие элементарных частиц. Симметрии в физике элементарных частиц	6	6		18
	Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, у-кванты) Дефектообразование и другие процессы при этих воздействиях. Имплантация. Формирование неравновесных состояний в твердых растворах. Формирование недиаграммных фаз, атомное перемешивание, испарение. Формирование дислокационной структуры, эффект дальнего действия.	6	6		18
<b>4. Деформационные дефекты в кристаллических материалах</b>					
5	Точечные дефекты. Линейные деформационные дефекты. Планарные деформационные дефекты. Объемные дефекты пластической деформации. Механизмы генерации точечных дефектов. Генерация дислокаций. Дислокационные стенки. Механизмы аннигиляции дислокаций в процессе пластической деформации кристалла. Рекомбинация деформационных дефектов. Диффузионные процессы и аннигиляция точечных дефектов.	8	8		19
ВСЕГО		34	34	34	91

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Атомное ядро и его свойства (ОПК-1)	Строение атомного ядра. Сильное взаимодействие в атомном ядре. Оболочечная модель атомного ядра.	2	2
		Магнитные моменты ядер и ядерный магнитный резонанс.	2	2
		Капельная модель. Энергия связи атомного ядра.	2	2
2.	Ядерные реакции (ОПК-1)	Энергетический выход и порог ядерной реакции. Типы ядерных реакций. Альфа- и бета-распад ядер.	2	2
		Закон радиоактивного распада. Гамма-излучение ядер. Эффект Мёссбауэра и его применение.	2	2
		Ядерные цепные реакции. Физика нейтронов.	2	2
		Термоядерный синтез и проблема нуклеосинтеза. Защита от ионизирующих излучений.	2	2
3.	Физика элементарных частиц (ОПК-1)	Фундаментальные взаимодействия элементарных частиц. Диаграммы Фейнмана и квантовая теория поля.	2	2
		Источники элементарных частиц с большой энергией. Опыты по рассеянию электронов на нуклонах. Кварковая модель адронов.	2	2
		Сильное взаимодействие кварков. Цветовой заряд. Слабое взаимодействие элементарных частиц. Симметрии в физике элементарных частиц	2	2
4.	Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, $\gamma$ -кванты) (ОПК-1)	Дефектообразование и другие процессы при этих воздействиях. Имплантация.	2	2
		Формирование неравновесных состояний в твердых растворах. Формирование недиаграммных фаз, атомное перемешивание, испарение.	2	2
		Формирование дислокационной структуры, эффект дальнего действия.	2	2
5.	Деформационные дефекты в кристаллических материалах (ОПК-1)	Точечные дефекты. Линейные деформационные дефекты. Планарные деформационные дефекты.	2	2
		Объемные дефекты пластической деформации. Механизмы генерации точечных дефектов.	2	2
		Генерация дислокаций. Дислокационные стенки. Механизмы аннигиляции дислокаций в процессе пластической деформации кристалла.	2	2
		Рекомбинация деформационных дефектов. Диффузионные процессы и аннигиляция точечных дефектов.	2	2
ВСЕГО:			34	34

### 4.3 Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>Семестр № 6</b>				
1	Деформационные дефекты в кристаллических материалах (Раздел 5) (ОПК-1)	<u>Дифракция электронов на кристаллической решетке</u> <u>Дифракция электронов</u>	6	16
2	Ядерные реакции (Раздел 2) (ОПК-1)	<u>Внешний фотоэффект</u> <u>Определение типа и периода кристаллической решётки вещества методом дифракции электронов</u>	6	16
3	Физика элементарных частиц (Раздел 3) (ОПК-1)	<u>Эффект Комптона</u> <u>Изучение туннельного диода и описание его свойств на основе квантовой статистики</u>	6	16
4	Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, у-кванты) (Раздел 4) (ОПК-1)	<u>Прохождение электромагнитного излучения через вещество</u> Изучение явления гистерезиса ферромагнитных материалов	6	16
5.	Атомное ядро и его свойства (Раздел 1) (ОПК-1)	Спектр излучения атомарного водорода	4	11
		Ядра атомов	6	16
<b>ВСЕГО:</b>			<b>34</b>	<b>91</b>

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания

В процессе выполнения расчетно-графических заданий осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

На выполнение РГЗ предусмотрено 18 часов самостоятельной работы студента по разделам 1, 2, 3, 4.

## Типовые задания РГЗ

№ п/п	Наименование разделов дисциплины	Типовые задания РГЗ	Цель изучения РГЗ
1		2	3
1.	Атомное ядро и его свойства (Раздел 1) (ОПК-1)	<p>а). Укажите, сколько нуклонов, протонов, нейтронов содержат следующие ядра: 1) <math>{}^3_2\text{He}</math>; 2) <math>{}^{10}_5\text{B}</math>; 3) <math>{}^{23}_{11}\text{Na}</math>; 4) <math>{}^{54}_{26}\text{Fe}</math>; 5) <math>{}^{104}_{47}\text{Ag}</math>; 6) <math>{}^{238}_{92}\text{U}</math>.</p> <p>б). Покоившееся ядро радона <math>{}^{220}_{86}\text{Rn}</math> выбросило <math>\alpha</math>-частицу со скоростью <math>v=16</math> Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость <math>v_1</math> получило оно в результате отдачи?</p>	<p>Цель задания – изучить строение и свойства атома и атомного ядра</p> <p>Цель задания – изучить взаимодействие частиц ядра и законы их взаимодействия.</p>
2.	Ядерные реакции (Раздел 2) (ОПК-1)	<p>а) Какая часть начального количества атомов распадётся за один год в радиоактивном изотопе тория <math>{}^{228}\text{Th}</math>?</p> <p>б) За время <math>t=1</math> сут активность изотопа уменьшилась от <math>A_1=118</math> ГБк до <math>A_2=7,4</math> ГБк. Определить период полураспада <math>T_{1/2}</math> этого нуклида.</p> <p>в) Активность <math>A</math> препарата уменьшилась в <math>k=250</math> раз. Скольким периодам полураспада <math>T_{1/2}</math> равен протекший промежуток времени <math>t</math>?</p>	<p>Цель задания – изучить законы радиоактивного распада, виды ядерных реакций</p>
3.	Физика элементарных частиц (Раздел 3) (ОПК-1)	<p>а) Ядро атома азота <math>{}^{13}_7\text{N}</math> выбросило позитрон. Кинетическая энергия <math>T_e</math> позитрона равна 1 МэВ. Пренебрегая кинетической энергией ядра отдачи, определить кинетическую энергию <math>T_\nu</math> нейтрино, выброшенного вместе с позитроном.</p>	<p>Цель задания – изучить физику элементарных частиц,</p>

4.	<p>Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, у-кванты)</p> <p>(Раздел 4)</p> <p>(ОПК-1)</p>	<p>а) На какую глубину нужно погрузить в воду источник узкого пучка <math>\gamma</math>-излучения (энергия <math>\epsilon</math> гамма-фотонов равна 1,6 МэВ), чтобы интенсивность <math>I</math> пучка, выходящего из воды, была уменьшена в <math>k=1000</math> раз?</p> <p>б) Какую наименьшую энергию <math>E</math> нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядра <math>{}^7_3\text{Li}</math> и <math>{}^7_4\text{Be}</math>? Почему для ядра бериллия эта энергия меньше, чем для ядра лития.</p>	<p>Цель задания – изучить законы виды и законы излучения.</p>
----	--	---	---

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенции

**1. Компетенция ОПК-1.** Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1 Анализирует и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности	Экзамен, защита лабораторных работ
ОПК-1.2. Выбирает для решения задач профессиональной деятельности фундаментальные законы, описывающие изучаемый процесс или явление	Решение задач, защита РГЗ

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Атомное ядро и его свойства (ОПК-1)	Строение атомного ядра.
		Сильное взаимодействие в атомном ядре.
		Оболочечная модель атомного ядра.
		Магнитные моменты ядер и ядерный магнитный резонанс.
		Капельная модель.

		Энергия связи атомного ядра.
2.	Ядерные реакции (ОПК-1)	Энергетический выход и порог ядерной реакции.
		Типы ядерных реакций.
		Альфа- и бета-распад ядер.
		Закон радиоактивного распада. Гамма-излучение ядер. Эффект Мёссбауэра и его применение.
		Ядерные цепные реакции. Физика нейтронов.
		Термоядерный синтез и проблема нуклеосинтеза. Защита от ионизирующих излучений.
3.	Физика элементарных частиц (ОПК-1)	Фундаментальные взаимодействия элементарных частиц.
		Диаграммы Фейнмана и квантовая теория поля.
		Источники элементарных частиц с большой энергией.
		Опыты по рассеянию электронов на нуклонах.
		Кварковая модель адронов.
		Сильное взаимодействие кварков.
		Цветовой заряд.
		Слабое взаимодействие элементарных частиц.
4.	Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, у-кванты) (ОПК-1)	Дефектообразование и другие процессы при этих воздействиях.
		Имплантиция.
		Формирование неравновесных состояний в твердых растворах.
		Формирование в недиаграммных фазах, атомное перемешивание, испарение.
		Формирование дислокационной структуры, эффект дальнего действия.
5.	Деформационные дефекты в кристаллических материалах (ОПК-1)	Точечные дефекты.
		Линейные деформационные дефекты.
		Планарные деформационные дефекты.
		Объемные дефекты пластической деформации.
		Механизмы генерации точечных дефектов.
		Генерация дислокаций.
		Дислокационные стенки.
		Механизмы аннигиляции дислокаций в процессе пластической деформации кристалла.
		Рекомбинация деформационных дефектов.
Диффузионные процессы и аннигиляция точечных дефектов.		

**Промежуточная аттестация** в конце 6-го семестра осуществляется в форме экзамена после изучения разделов дисциплины «Основы ядерной физики»

**Экзамен** является значимым оценочным средством и решающим в итоговой оценке учебных достижений студента.

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме защиты лабораторных работ, выполнения заданий для самоподготовки, выполнения и защиты расчетно-графического задания. Перед выполнением лабораторной работы преподаватель проверяет оформление лабораторных работ и знание и умение работать с оборудованием; на практических занятиях преподаватель проводит собеседование студентов по освоению теоретического материала по данной теме и проводит разбор задач.

Собеседование предполагает специальную беседу с обучающимся и позволяет оценить объем его **знаний и умений** по определенному разделу дисциплины «Физика».

Текущий контроль изучения теоретического материала возможен с применением тестирования. Контрольные задания построены по принципу тематического усвоения материала и предусматривает многоуровневый вид контроля.

#### Темы и типовые контрольные задания текущего контроля (РГЗ)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы практического занятия	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	<b>Атомное ядро и его свойства (ОПК-1)</b> Строение атомного ядра. Сильное взаимодействие в атомном ядре. Оболочечная модель атомного ядра.  Магнитные моменты ядер и ядерный магнитный резонанс.  Капельная модель. Энергия связи атомного ядра	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Два ядра В сблизились до расстояния, равного диаметру ядра. Считая, что масса ядра и заряд равномерно распределены по объему ядра, определить силу <math>F_1</math> гравитационного притяжения, силу <math>F_2</math> кулоновского отталкивания и отношение этих сил (<math>F_1/F_2</math>).</li><li>2. Покоившееся ядро радона Rn выбросило альфа-частицу со скоростью <math>v=16</math> Мм/с. В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость <math>V_1</math> получило оно в результате отдачи?</li></ol>

	<p align="center"><b>Ядерные реакции</b></p> <p align="center">(ОПК-1)</p> <p>Энергетический выход и порог ядерной реакции. Типы ядерных реакций. Альфа- и бета-распад ядер.</p> <p>Закон радиоактивного распада. Гамма-излучение ядер. Эффект Мёссбауэра и его применение.</p> <p>Ядерные цепные реакции. Физика нейтронов.</p> <p>Термоядерный синтез и проблема нуклеосинтеза. Защита от ионизирующих излучений.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сколько атомов полония распадется за время <math>t=1</math> сутки из <math>N=106</math> атомов?</li> <li>2. За время <math>t = 8</math> сут. распалось <math>k=3/4</math> начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада <math>T</math>.</li> </ol>
<p>3.</p>	<p align="center"><b>Физика элементарных частиц</b></p> <p align="center">(ОПК-1)</p> <p>Фундаментальные взаимодействия элементарных частиц. Диаграммы Фейнмана и квантовая теория поля.</p> <p>Источники элементарных частиц с большой энергией. Опыты по рассеянию электронов на нуклонах. Кварковая модель адронов.</p> <p>Сильное взаимодействие кварков. Цветовой заряд. Слабое взаимодействие элементарных частиц. Симметрии в физике элементарных частиц</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Атомное ядро, поглотившее гамма - фотон с длиной волны <math>0,47</math> пм, пришло в возбужденное состояние и распалось на отдельные нуклоны, разлетевшиеся в разные стороны. Суммарная кинетическая энергия нуклонов равна <math>0,4</math> МэВ. Определить энергию связи ядра.</li> <li>2. Определить наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода на три одинаковые части.</li> <li>3. Атомное ядро, поглотившее гамма - фотон с длиной волны <math>0,47</math> пм, пришло в возбужденное состояние и распалось на отдельные нуклоны, разлетевшиеся в разные стороны. Суммарная кинетическая энергия нуклонов равна <math>0,4</math> МэВ. Определить энергию связи ядра.</li> <li>4. Определить наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода на три одинаковые части.</li> <li>5. Ядро атома азота выбросило позитрон. Кинетическая энергия позитрона равна <math>1</math> МэВ. Пренебрегая кинетической энергией ядра отдачи, определить кинетическую энергию нейтрино, выброшенного вместе с позитроном.</li> </ol>



4.	<p><b>Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, у-кванты)</b></p> <p>(ОПК-1)</p> <p>Формирование неравновесных состояний в твердых растворах. Формирование не диаграммных фаз, атомное перемешивание, испарение.</p> <p>Формирование дислокационной структуры, эффект дальнего действия.</p>	<p>1. Чугунная плита уменьшает интенсивность <math>I</math> узкого пучка гамма - излучения (энергия <math>E</math> гамма-фотонов равна 2,8 МэВ) в <math>k=10</math> раз. Во сколько раз уменьшится интенсивность этого пучка свинцовая плита такой же толщины?</p> <p>2. Какая доля <math>w</math> всех молекул воздуха при нормальных условиях ионизируется рентгеновским излучением при экспозиционной дозе <math>X=258</math> мкКл/кг?</p>
5.	<p><b>Деформационные дефекты в кристаллических материалах</b></p> <p>(ОПК-1)</p> <p>Точечные дефекты. Линейные деформационные дефекты. Планарные деформационные дефекты.</p> <p>Объемные дефекты пластической деформации. Механизмы генерации точечных дефектов.</p> <p>Генерация дислокаций. Дислокационные стенки. Механизмы аннигиляции дислокаций в процессе пластической деформации кристалла.</p> <p>Рекомбинация деформационных дефектов. Диффузионные процессы и аннигиляция точечных дефектов.</p>	<p>1. Выход реакции образования радиоактивных изотопов можно охарактеризовать либо числом <math>k_1</math>- отношение числа происшедших актов ядерного превращения к числу бомбардирующих частиц, либо числом <math>k_2</math> [Бк]- отношением активности полученного продукта к числу частиц, бомбардирующих мишень. Как связаны между собой величины <math>k_1</math> и <math>k_2</math>?</p>

Защита РГЗ проходит в виде собеседования по результатам решения задач.

**Темы и типовые контрольные задания текущего контроля  
(защита лабораторных работ)**

№	Наименование раздела дисциплины и лабораторной работы	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<p><b>Ядерные реакции</b> Изучения ядерного магнитного резонанса (ОПК-1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дать определение спина магнитного момента множителя Ланде.</li> <li>2. Что такое нормальный и аномальный эффект Зеемана?</li> <li>3. В чем сущность опыта Штерна и Герлаха?</li> <li>4. Распределение Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна, Больцмана .</li> <li>5. Вывести выражение для расчета частоты прецессии магнитного момента в постоянном магнитном поле .</li> <li>6. Объяснить устройство установки для наблюдения явления ядерного магнитного резонанса .</li> <li>7. Что такое эффект холла ?</li> </ol>
2	<p><b>Физика элементарных частиц</b> Изучение полупроводникового диода Изучение зависимости электрического сопротивления проводников и полупроводников от температуры (ОПК-1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что представляют собой проводники, полупроводники, диэлектрики? Сформулируйте основные положения зонной теории.</li> <li>2. Что такое собственная проводимость полупроводников?</li> <li>3. Что такое примесная проводимость полупроводников? Опишите механизм образования полупроводников р и n типа.</li> <li>4. Объясните образование р - n перехода. Поясните, какие участки ВАХ соответствуют рабочему состоянию диода.</li> <li>5. Почему полупроводниковый диод пропускает электрический ток преимущественно в одном направлении? Расскажите о применении полупроводниковых диодов.</li> </ol>
3	<p><b>Воздействие концентрированными потоками энергии (лазерное излучение, ионные и электронные пучки, у-кванты)</b> Изучение эффекта Холла в полупроводниках Изучение законов внешнего фотоэффекта (ОПК-1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие вещества называются диэлектриками, проводниками, полупроводниками? Чем объясняется различие их электрических свойств? Объясните механизм проводимости в металлах и полупроводниках. Как зависит от температуры проводимость проводников и полупроводников?</li> <li>2. Чему равна и как направлена сила, действующая на отрицательный электрический заряд, движущийся в магнитном поле?</li> <li>3. Чему равна работа силы Лоренца при движении протона в магнитном поле? Ответ объяснить.</li> <li>4. Что такое эффект Холла? Механизм его возникновения. От чего зависит поперечная разность потенциалов? Рассмотрите эффект Холла в беспримесных полупроводниках.</li> <li>5. Выведите расчетные формулы для определения концентрации, подвижности носителей заряда и для проводимости вещества.</li> <li>6. Что такое световой поток?</li> <li>7. Связь между длиной волны, частотой и скоростью света.</li> <li>8. Что такое фотон (квант света)?</li> <li>9. Чему равна энергия фотона?</li> <li>10. В чем заключается явление внешнего фотоэффекта?</li> <li>11. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.</li> <li>12. Сформулируйте и объясните уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.</li> <li>13. Что понимают под красной границей фотоэффекта?</li> <li>14. Объясните термин "задерживающая разность потенциалов". Как найти задерживающий потенциал?</li> <li>15. Как зависит задерживающий потенциал от частоты падающего света?</li> </ol>

№	Наименование раздела дисциплины и лабораторной работы	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>16. От чего зависит максимальная скорость фотоэлектронов?</p> <p>17. Чему равен угловой коэффициент зависимости <math>U_s = f(\nu)</math>?</p> <p>18. Что называется спектральной и вольтамперной характеристиками фотоэлемента?</p> <p>19. Какой вид имеет вольтамперная характеристика при освещении его светом: а) с частотой, большей граничной; б) с частотой меньшей граничной; в) с частотой, равной граничной частоте?</p> <p>20. Как устроен вакуумный фотоэлемент?</p>
4	<p><b>Деформационные дефекты в кристаллических материалах</b> Изучение свойств сегнетоэлектриков (ОПК-1)</p>	<p>1. Объясните физические явления, происходящие при поляризации диэлектрика. Какими величинами характеризуются свойства диэлектрика и их единицы в СИ?</p> <p>2. Каковы отличительные свойства сегнетоэлектрика и как они проявляются? Как изменяется диэлектрическая проницаемость с повышением температуры и вблизи точки Кюри?</p> <p>3. Поясните зависимость <math>P(E)</math>, описывающую петлю гистерезиса сегнетоэлектрика. Как она меняется с изменением температуры? Проанализируйте графики <math>P_r(t)</math> и <math>E_c = (t)</math>, где <math>t</math> – температура.</p> <p>4. Как происходит спонтанная поляризация в кристалле титана бария?</p> <p>5. Объясните явление фазового перехода. Охарактеризуйте виды фазовых переходов. Приведите примеры фазовых переходов в твердых телах.</p> <p>6. Поясните, что такое точка Кюри и в каком процессе она проявляется?</p> <p>7. Где применяются свойства сегнетоэлектрика в технике?</p> <p>8. Каковы особенности перехода сегнетоэлектрика через точку Кюри?</p>

Защита лабораторных работ проводится в форме собеседования по результатам выполненной работы.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания (ОПК-1)	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей процессов и явлений
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретация знаний
Умения (ОПК-1)	Умение пользоваться приборами и оборудованием
	Умение проводить физический эксперимент
	Умение обрабатывать результаты физического эксперимента
	Умение выполнять физический эксперимент в полном объеме с четкой последовательностью действий
	Умение применять законы физики для решения практических задач

Навыки (ОПК-1)	Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой
	Владение навыками приобретенных знаний при решении практических задач
	Владеть навыками обработки информации
	Владение навыками эксплуатации приборов и оборудования
	Владение навыками применения физических закономерностей в практической деятельности

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Знание терминов, определений, понятий	Не знает термины, определения и понятия	Имеет представление о природе основных физических явлений, о причинах их возникновения и взаимосвязи.	Хорошо представляет природу основных физических явлений, причины их возникновения и взаимосвязи.	Разбирается в современных представлениях о природе основных физических явлений, о причинах их возникновения и взаимосвязи.
Знание основных закономерностей процессов и явлений	Не знает основные законы, явления физики и их взаимосвязь	Имеет представление об основных физических законах, лежащих в основе современной техники и технологии.	Знает основные физические законы, лежащие в основе современной техники и технологии.	Знает все основные физические законы, лежащие в основе современной техники и технологии. Представляет связь физики с другими науками и роль физических закономерностей.

Объем освоенного материала	Материал освоен не полностью	Представляет связь физики с другими науками. Знает основные физические величины и некоторые физические константы, знает определение, смысл и единицы измерения физических величин	Представляет связь физики с другими науками и роль физических закономерностей хорошо знает основные физические величины и физические константы, знает их определение, смысл и единицы измерения.	Знает все основные физические величины и физические константы, уверенно дает их определение, поясняет смысл и называет единицы измерения.
Полнота ответов на вопросы	Ответы на вопросы не полные	Знаком с физическими приборами и методами измерения физических величин, имеет представление об основах теории погрешностей измерений	Знает физические приборы и методы измерения физических величин.	Полно и развернуто отвечает на все основные и дополнительные вопросы
Четкость изложения и интерпретация знаний	Четкость изложения материала отсутствует	Изложение материала не четкое.	Знает основы теории погрешностей измерений	В полном объеме знает физические приборы и методы измерения физических величин, знает основы теории погрешностей измерений.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение пользоваться приборами и оборудованием	Не умеет самостоятельно пользоваться приборами и оборудованием	Формулирует лишь некоторые основные физические законы.	Формулирует основные физические законы. Может проанализировать результаты эксперимента.	Формулирует все основные физические законы. Самостоятельно проводит и планирует физический эксперимент.
Умение проводить физический эксперимент	Не умеет проводить физический эксперимент	С трудом применяет известные физические	Успешно применяет знания о физических	Уверенно применяет знания о физических свойствах

		<p>модели для описания явлений. Ограниченно применяет знания о физических свойствах объектов и явлений в практической деятельности.</p>	<p>свойствах объектов и явлений в практической деятельности.</p>	<p>объектов и явлений в практической деятельности.</p>
<p>Умение обрабатывать результаты физического эксперимента</p>	<p>С трудом справляется с обработкой результатов физического эксперимента</p>	<p>Может самостоятельно проводить некоторые физические эксперименты. Неуверенно анализирует результаты эксперимента. С дополнительной помощью проводит статистическую обработку результатов эксперимента</p>	<p>Уверенно использует для описания явлений известные физические модели. Может использовать законы физики для решения технических и технологических проблем умеет проводить физический эксперимент.</p>	<p>Самостоятельно может проанализировать результаты эксперимента и сделать выводы. Уверенно проводит статистическую обработку результатов эксперимента.</p>

<p>Умение выполнять физический эксперимент в полном объеме с четкой последовательностью действий</p>	<p>Студент выполнил работу не в полном объеме, не сумел выбрать для опыта необходимое оборудование, опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно, в отчете были допущены множественные ошибки, не выполнил анализ погрешностей, не соблюдал требования безопасности труда, допускал ошибки при ответе на дополнительные вопросы.</p>	<p>Студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений, выбрал и подготовил для опыта все необходимое оборудование, однако опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью, в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т.д.), не принципиально для данной работы характера, не повлиявших на результат выполнения, соблюдал требования безопасности труда, допускал незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы.</p>	<p>Студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений, самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта все необходимое оборудование, однако опыты провел в условиях и режимах, не обеспечивающих получение результатов и выводов с достаточной точностью, в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы, правильно выполнил анализ погрешностей, соблюдал требования безопасности труда, допускал незначительные ошибки при ответе на дополнительные вопросы.</p>	<p>Студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности и проведения опытов и измерений, самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта все необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью, в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы, правильно выполнил анализ погрешностей, соблюдал требования безопасности труда.</p>
<p>Умение приме-</p>	<p>Не умеет при-</p>	<p>С затруднениями</p>	<p>Умеет</p>	<p>Успешно</p>

нять законы физики для решения практических задач	менять законы для решения физических задач	умеет использовать законы физики для решения технических и технологических проблем.	проводить статистическую обработку результатов эксперимента.	использует для описания явлений известные физические модели. Самостоятельно применяет законы физики для решения технических и технологических проблем.
---	--	---	--	--

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой	Не использует учебную и научную литературу для подготовки к занятиям	Не достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой	Достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой	Владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой
Владение навыками приобретенных знаний при решении практических задач	Допущены принципиальные ошибки (перепутаны формулы, нарушение последовательности вычислений, отсутствует перевод физических величин в систему СИ и т.д.).	В основном полное выполнение работы при наличии ошибок, которые не оказывают существенного влияния на окончательный результат.	Полное наличие выполнения всего объема работы и наличие несущественных ошибок при вычислениях и построении графиков, рисунков, не влияющих на общий результат решения.	Полное выполнение всего объема работы, отсутствие существенных ошибок при вычислениях и построениях графиков и рисунков, грамотное и аккуратное выполнение всех заданий, наличия вывода.
Владение навыками эксплуатации приборов и оборудования	Эксплуатирует приборы и физическое оборудование с посторонней помощью	Приобрел навыки эксплуатации некоторых приборов и оборудования.	Владеет навыками эксплуатации приборов и оборудования.	Владеет навыками эксплуатации приборов и оборудования.
Владеть навыками обработки информации	С дополнительной помощью обрабатывает и интерпретирует результаты измерений	С дополнительной помощью обрабатывает и интерпретирует результаты измерений	Сформированы навыки обработки и интерпретации результатов измерений	Сформированы устойчивые навыки обработки и интерпретации результатов измерений
Владение навыками применения физических закономерностей	Владеет навыками описания основных физических явлений, но	Владеет навыками описания основных	Хорошо владеет навыками описания основных физических яв-	Владеет навыками описания основных



в практической деятельности	допускает ошибки, слабо владеет навыками решения типовых физических задач.	физических явлений, но допускает ошибки, владеет навыками решения типовых физических задач.	лений и навыками решения типовых физических задач	физических явлений и навыками решения типовых физических задач и задач повышенной сложности.
-----------------------------	--	---	---	--

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

## 5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доска аудиторная</li> <li>2. Маятник Обербека(ФМ -14)</li> <li>3. Машина Атвуда (ФМ-11)</li> <li>4. Соударение шаров (ФМ-17)</li> <li>5. Маятник универсальный (ФМ-13)</li> <li>6. Маятник Максвелла (ФМ-12)</li> <li>7. Модуль Юнга и модуль сдвига (ФМ-19)</li> <li>8. Генератор ГЗ-112</li> <li>9. Генератор звуковой</li> <li>10. Источник питания</li> <li>11. Изучение затухающих колебаний в колебательном контуре (ФПЭ-10)</li> <li>12. Изучение вынужденных колебаний в колебательном контуре (ФПЭ-11)</li> <li>13. Изучение явления взаимоиנדукции (ФПЭ-05)</li> <li>14. Изучение электрических процессов в простых линейных цепях при действии гармонической электродвижущей силы (ФПЭ-09)</li> <li>15. Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона (ФПЭ-03)</li> <li>16. Изучение магнитного поля соленоида с помощью датчика Холла (ФПЭ-04)</li> <li>17. Магазин емкостей (МЕ)</li> <li>18. Магазин сопротивлений (МС)</li> <li>19. Осциллограф С1-93</li> <li>20. Осциллограф С1-94</li> <li>21. Осциллограф MOS-6</li> <li>22. Маятник Максвелла (ФМ-12)</li> <li>23. Маятник Обербека (ФМ-14)</li> <li>24. Унифилярный подвес (ФМ-15)</li> <li>25. Гироскоп (ФМ-18)</li> <li>26. Машина Атвуда (ФМ-11)</li> <li>27. Маятник наклонный (ФМ-16)</li> <li>28. Маятник универсальный (ФМ-13)</li> <li>29. Модуль Юнга и модуль сдвига (ФМ-19)</li> <li>30. Соударение шаров (ФМ-17)</li> <li>31. Лазер ЛНГ-208Б</li> <li>32. Изучение схемы колец Ньютона (ФПВ-05-2-2)</li> <li>33. Измерение показателя преломления стекла интерференционным методом (ФПВ-05-2-1)</li> <li>34. Определение фокусных расстояний тонкой собирающей и рассеивающих линз (ФПВ-05-1-6)</li> <li>35. Получение и исследование поляризованного света (ФПВ-05-4-1)</li> <li>36. Установка для изучения эффекта Холла</li> <li>37. Гониометр ГС-5</li> </ol>

		<p>38. Головка оптическая для учебной установки</p> <p>39. Генератор звуковой</p> <p>40. Изучение гистерезиса ферромагнитных материалов (ФПЭ -07)</p> <p>41. Определение работы выхода электронов из металла (ФПЭ-06)</p> <p>42. Монохроматор</p> <p>43. Осциллограф</p> <p>44. Установка изучения черного тела</p> <p>45. Эффект Холла</p> <p>46. Внешний фотоэффект</p> <p>47. Изучение спектра атома водорода</p> <p>48. Изучение p-перехода</p> <p>49. Аквадистиллятор</p> <p>50. Генератор ГЗ-112</p> <p>51. Генератор ГЗ-118</p> <p>52. Генератор звуковой</p> <p>53. Мост переменного тока Е7-11</p> <p>54. Осциллограф MOS-6</p> <p>55. Печь микроволновая</p> <p>56. Поляриметр круговой СМ-3</p> <p>57. Фотометр КФК</p> <p>58. Рефрактометр ИРФ</p> <p>59. Рн метр Рн-150-МА</p> <p>60. Изучение зависимости скорости звука от температуры (ФПТ 1-7)</p> <p>61. Определение вязкости воздуха капиллярным методом (ФПТ 1-1)</p> <p>62. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме (ФПТ 1-6)</p> <p>63. Определение энтропии при плавлении олова (ФПТ 1-11)</p> <p>64. Исследование теплоемкости твердых тел (ФПТ 1-8)</p> <p>65. Определение молярной газовой постоянной методом откачки (ФПТ 1-12)</p> <p>66. Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара (ФПТ 1-4)</p> <p>67. Измерение теплоты парообразования (ФПТ 1-10)</p> <p>68. Доска магнитно- маркерная двухсторонняя</p> <p>69. Доска интерактивная SMART</p> <p>70. Крепление проектора Unifi</p> <p>71. Проектор Unifi</p> <p>72. Компьютер ПЭВМ 2-х ядерный</p> <p>73. Компьютер Элси-Фристайл-1</p>
10.	<b>Читальный зал библиотеки</b> для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	<b>Учебная аудитория</b> для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, доска интерактивная Hitachi, экран
9.	<b>Методический кабинет</b>	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, учебная литература, компьютер

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	СоглашениеMicrosoftOpenValueSubscriptionV6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	GoogleChrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	MozillaFirefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Чертов А. Г. «Задачник по физике»: [учеб.пособие] / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - 8-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматлит, 2006. - 640 с.
2. Трофимова Т. И. «Курс физики» Учебное пособие по физике для вузов, М: Высшая школа, 2006, 352 с
3. Детлаф А.А. Курс физики: учеб.пособие / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - 7-е изд., стер.- М.: Академия, 2008.- 720 с.- (Высшее профессиональное образование).
4. Сабылинский, А. В. Лукьянов Г.Д. Физика в задачах: учебное пособие для студентов очной формы обучения всех специальностей, Белгород: Изд-воБГТУ, 2012, 163с  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040920424320928600008276>
5. Бакалин Ю.И. [и др.] Ч.5«Физика твердого тела»: лаб. практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 52с
6. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.
7. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Сп-Б, М, Краснодар.: Лань, 2007.
8. Савельев И.В. Курс общей физики: в 3-х т.: учеб.пособие / И. В. Савельев. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2005 - Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 2005. - 317 с.
9. Бакалин Ю.И. [и др.] Ч.5«Физика твердого тела»: лаб. Практикум, Учебное пособие, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012, 52с  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917383662879300006274>

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Электронная библиотечная система изд-ва Лань: <http://e.lanbook.com>
2. Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова: <https://elib.bstu.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «IPRSMART» <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>
5. Электронно-библиотечная система IPRBooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
8. Национальная электронная библиотека: <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>
9. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
10. Электронная библиотека НИУ БелГУ: <http://library-mp.bsu.edu.ru/MegaPro/Web>