

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель направления

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«24» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика твердого тела»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности	Прикладная физика опто- и нанотехнологий
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.ф.-м.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

 20.05.2021  
(подпись, дата)

Н.П. Лавровская  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

«26» мая 2021 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.  
(уч. степень, звание)

 31.05.2021  
(подпись, дата)

А.В. Копыльцов  
(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 03.03.01(01)

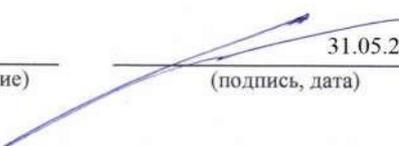
доц., к.ф.-м.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

 31.05.2021  
(подпись, дата)

Ю.А. Новикова  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

 31.05.2021  
(подпись, дата)

М.С. Смирнова  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Физика твердого тела» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 03.03.01 «Прикладная математика и физика» направленности «Прикладная физика опто- и нанотехнологий». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности»

ОПК-5 «Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами физики твердого тела.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами физики твердого тела.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.У.1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.В.1 владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности

Общепрофессиональные компетенции	ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.3.1 знать основные направления проведения фундаментальных и прикладных исследований и разработок ОПК-5.У.1 уметь осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований ОПК-5.В.1 владеть навыками работы на современной экспериментальной научноисследовательской, измерительноаналитической и технологической аппаратуре
----------------------------------	---	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Физика;
- Электротехника;

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Физика лазеров;
- Физика тонких пленок

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144

<b>Из них часов практической подготовки</b>		
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	74	74
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

\*\*кандидатский экзамен

Примечание:

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий. Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Квантовая физика	5	6			24
Раздел 2. Статистическая физика	5	5			25
Раздел 3. Физика твердого тела	6	6			25
Итого в семестре:	17	17			57
Итого:	17	17	0	0	74

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
---------------	---

<p>Раздел 1</p>	<p>Квантовая механика.</p> <p>Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Волновой пакет. Статистическое истолкование волн де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновая функция, ее основные свойства. Операторы физических величин. Временное и стационарное уравнение Шредингера, квантовые состояния. Квантовые уравнения движения. Свободная частица. Частица в бесконечной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Нулевая энергия, нулевые колебания. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона в атоме. Орбитальное гироманнитное отношение. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Симметрия волновой функции системы одинаковых частиц. Принцип Паули. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Энергетический спектр атомов и молекул. Природа химической связи.</p> <p>Уравнение Дирака. Спин. Вакуум. Частицы и античастицы</p>
<p>Раздел 2</p>	<p>неопределенности Гейзенберга. Волновая функция, ее основные свойства. Операторы физических величин. Временное и стационарное уравнение Шредингера, квантовые состояния. Квантовые уравнения движения. Свободная частица. Частица в бесконечной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Нулевая энергия, нулевые колебания. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Орбитальный механический и магнитный моменты</p>
	<p>электрона в атоме. Орбитальное гироманнитное отношение. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Симметрия волновой функции системы одинаковых частиц. Принцип Паули. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Энергетический спектр атомов и молекул. Природа химической связи.</p> <p>Уравнение Дирака. Спин. Вакуум. Частицы и античастицы</p>

Раздел 3	<p>неопределенности Гейзенберга. Волновая функция, ее основные свойства. Операторы физических величин. Временное и стационарное уравнение Шредингера, квантовые состояния. Квантовые уравнения движения. Свободная частица. Частица в бесконечной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Нулевая энергия, нулевые колебания. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона в атоме. Орбитальное гироманнитное отношение. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Симметрия волновой функции системы одинаковых частиц. Принцип Паули. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Энергетический спектр атомов и молекул. Природа химической связи.</p> <p>Уравнение Дирака. Спин. Вакуум. Частицы и античастицы</p>
----------	--

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице

5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Соотношение неопределенностей Гейзенберга, волны де Бройля	Решение задач	3	3	1
2	Уравнение Шредингера Потенциальные барьеры	Решение задач	3	3	1
3	Квантовая статистика	Решение задач	3	3	2
4	Плавление и кристаллизация	Решение задач	2	2	2
5	Теплоемкость твердых тел	Решение задач	3	3	3
6	Деформации и прочность твердых тел	Решение задач	3	3	3

Всего:	17	17	
--------	----	----	--

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
	Всего			

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	24	24
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	25	25
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	25	25
Всего:	74	74

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2014. Т.1. Механика. Молекулярная физика	ФО(4), ГС(94), ГСЧЗ(1)
[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2014. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.	ФО(4), ГС(94), ГСЧЗ(1)
[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2014. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц	ФО(4), ГС(91), ГСЧЗ(1)
[53(075) С12]	Савельев И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3 т. Т.2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. 2008	ФО(2), ГС(98)
[531 В83]	Иродов И.Е. Механика: Основные законы. М.: Физматлит, 2015	ГС(133), ГСЧЗ(1), ПГ(6)
[53(075) Т76]	Трофимова Т.И. Курс физики. 2007,	ФО(3), ГС(27)
53(075) Т76]	Трофимова Т.И. Курс физики. 2003	ГС(35), КЛ(5) ГС(134), ПГ(8)
[531 В83]	Иродов И.Е. Механика: Основные законы. М.: Физматлит, 2015	ГСЧЗ(1), СО(1), ФО(4) ФО(2), ГС(66),
[ 537(075) И83]	Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. 2015	СО(1), ПГ(18)
534.2(075) И83]	Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы. 2015	ФО(63), ГС(14), ПГ(8)
530.145(075) И83	Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. 2015	ГС(66), ПГ(16)
[531 В83]	Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. 2015	ФО(3), ГС(138), ПГ(30),

7. Перечень электронных образовательных ресурсов  
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»  
Перечень электронных образовательных ресурсов

информационнотелекоммуникационной сети «Интернет»,  
необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов  
информационнотелекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
( <a href="http://lib.aanet.ru/">http://lib.aanet.ru/</a> )	Библиотека ГУАП
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 1
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 2
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 3

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при  
осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в  
таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных  
систем,используемых при  
осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен  
в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

#### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления  
образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования	ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-02

2	<p>Учебная аудитория для практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (лабораторный комплекс ЛКК-2М №36 и №37 (НТЦ «Владис», г. Москва); лабораторные стенды И-АЧТ-ПО, УИС-АВ-ДР, УИС-АВ-УСП-ПО (ООО Профобразование, г. Казань); установки ФПК-03, ФПК-05, ФПК-10 (НПП «Учебная техника», г. Москва))</p>	ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-05
---	---	--

### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	
1	.Фотоэффект и его законы	ОПК-1.3.1
2	.Тормозное рентгеновское излучение	ОПК-1.У.1
3	Фотоны и их свойства. Квантово – волновой дуализм	ОПК-1.В.1
4	Гипотеза де Бройля и подтверждающие ее опыты. Волны де Бройля	ОПК-1.3.1
5	Уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики	ОПК-1.3.1
6	Физический смысл и свойства волновой функции	ОПК-5.У.1
7	Задача о микрочастице в бесконечно глубокой потенциальной яме	ОПК-5.В.1
8	Уравнение Шредингера и его решение для свободной частицы	ОПК-1.3.1
9	Прохождение частицы через потенциальный барьер	ОПК-1.3.1
10	Квантовый гармонический осциллятор	ОПК-1.3.1
11	Квантовый ротатор	ОПК-1.3.1
12	Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Квантовые числа.	ОПК-5.У.1
13	Спин электрона	ОПК-5.В.1

14	Принцип Паули. Строение электронных оболочек. Периодическая система	ОПК-5.У.1
15	Виды связей в молекулах и потенциальная энергия молекул	ОПК-5.3.1
16	Квантовая статистика Ферми – Дирака	ОПК-1.3.1
17	Квантовая статистика Бозе – Эйнштейна	ОПК-1.3.1
18	Связь в кристалле. Энергетические зоны в кристаллах. Уравнение Шредингера и его решение	ОПК-1..У.1
19	Заполнение зон электронами. Проводники, полупроводники и диэлектрики.	ОПК-1.В.1
20	Классификация твердых тел	ОПК-5.3.1
21	Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка	ОПК-1.3.1
22	Условия Бравэ. Трансляционные решетки Бравэ	ОПК-5.У.1
23	Кристаллографические индексы	ОПК-1.У.1
24	Экспериментальное исследование структуры твердых тел	ОПК-5.В.1
25	Типы дефектов в твердых телах	ОПК-1.3.1
26	. Тепловые точечные дефекты по Френкелю и Шоттки	ОПК-1.3.1
27	Равновесная концентрация точечных дефектов	ОПК-5.У.1
28	Дислокации и их свойства	ОПК-5.3.1
29	Механические напряжения в твердых телах	ОПК-1.В.1
30	Виды деформаций, их виды и описание	ОПК-1.3.1
31	Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел	ОПК-1.У.1
32	Пластические свойства твердых тел. Текучесть.	ОПК-1.В.1
33	Хрупкие разрушения	ОПК-1.3.1
34	Электронная теория валентности	ОПК-1.3.1
35	Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса	ОПК-5.3.1
36	Ионная связь. Ионные кристаллы	ОПК-1.У.1
37	Ковалентная связь. Ковалентные кристаллы	ОПК-1.В.1
38	Металлические кристаллы	ОПК-1.3.1

39	Водородная связь в кристаллах	ОПК-1.3.1
40	Классическая теория теплоемкости Дюлонга и Пти	ОПК-1.3.1
41	Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна	ОПК-5.3.1
42	Квантовая теория теплоемкости Дебая.	ОПК-1.3.1
43	Электронная теплоемкость и ее зависимость от температуры	ОПК-5.В.1
44	Фононы и их свойства	ОПК-1.3.1
45	Тепловое расширение твердых тел	ОПК-1.У.1
46	Решеточная теплопроводность твердых тел	ОПК-1.3.1
47	Электронная теплопроводность металлов	ОПК-5.3.1
48	Диффузия – процесс переноса вещества	ОПК-1.В.1
49	Характеристики движения электронов в проводнике	ОПК-1.3.1
50	Длина свободного пробега электронов в проводнике	ОПК-5.У.1
51	Удельная электропроводность. Зависимость проводимости от температуры	ОПК-1.3.1
52	Электропроводность металлов и сплавов	ОПК-1.В.1
53	Полупроводники. Собственная проводимость. Примесная проводимость	ОПК-1.3.1
54	Эффект сильного поля	ОПК-5.3.1
55	Эффект Ганна	ОПК-1.3.1
56	Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Экситоны.	ОПК-1.3.1
57	Люминесценция кристаллов	ОПК-1.3.1
58	Намагниченность твердых тел. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Диа-, пара- и ферромагнетизм	ОПК-1.У.1
59	Магнитные свойства атомов	ОПК-5.В.1
60	Природа диа- и парамагнетизма	ОПК-5.3.1
61	Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики. Ферриты	ОПК-1.3.1
62	Контакт двух металлов. Работа выхода	ОПК-5.У.1
63	Контакт металла с проводником. Контакт полупроводников с разными типами проводимости	ОПК-1.В.1

64	Контакт металла с проводником. Контакт полупроводников с разными типами проводимости	ОПК-1.У.1
65	Контакт металла с проводником. Контакт полупроводников с разными типами проводимости	ОПК-5.У.1
66	Термоэлектрические явления (эффект Зеебека и Пелетье)	ОПК-1.3.1
67	Сверхпроводимость. Суть явления. Критерий нулевого сопротивления	ОПК-1.3.1
68	Температура переходов в сверхпроводящее состояния	ОПК-5.В.1
69	Идеальный диамагнетизм при сверхпроводимости. Критическое магнитное поле	ОПК-5.3.1
70	Взаимосвязь сверхпроводимости со структурой кристалла и теплоемкостью	ОПК-1.3.1
71	Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона	ОПК-1.3.1
72	Теория сверхпроводимости Г. И Ф. Лондонов	ОПК-1.3.1
73	Теория сверхпроводимости Гинзбурга и Ландау	ОПК-1.3.1
74	Теория сверхпроводимости Бардина – Купера – Шриффера	ОПК-1.3.1

15 – Вопросы (задачи) для экзамена

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

тестирования

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№	Примерный перечень вопросов для тестов	Код
---	--	-----

п/ п		индикатор а
Тест 1		
1	1. Абсолютно твердое тело может совершать следующие движения... а) только вращательное, б) только поступательное, в) изменять форму под действием внешней силы, г) только поступательное и вращательное.	ОПК-1.3.1
2	Число степеней свободы материальной точки ... а) всегда равно трем, б) всегда равно двум, в) всегда равно единице, г) зависит от ограничений в движении тела, но не превосходит трех	ОПК-1.3.1
3	Выберите правильную формулу для момента импульса материальной точки.	ОПК-1.3.1
4	Какая механическая величина не остается постоянной при движении планеты вокруг Солнца по эллипсу? А) импульс планеты, б) момент импульса, в) механическая энергия, г) масса планеты.	ОПК-1.3.1
5	Увеличение полной механической энергии системы сопровождается а) превращением внутренней энергии в механическую, б) превращением механической энергии во внутреннюю, в) превращением потенциальной энергии в кинетическую, г) превращением кинетической энергии в потенциальную.	ОПК-1.3.1
6	. Инвариантом в теории относительности является ... а) релятивистская масса, б) релятивистский импульс, в) кинетическая энергия, г) полная энергия, д) энергия покоя.	ОПК-1.3.1
7	7. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $R = 0,9 \text{ м}$ с тангенциальным ускорением $a_{\tau} = 6 \text{ м/с}^2$ . Найти полное ускорение точки в момент времени $t = 0,25 \text{ с}$  а) $2,5 \text{ м/с}^2$ , б) $6,5 \text{ м/с}^2$ , в) $8,5 \text{ м/с}^2$ , г) $9,5 \text{ м/с}^2$ , д) $15 \text{ м/с}^2$	ОПК-1.В.1
8	Космический корабль движется со скоростью $V = 0,8 \cdot c$ . Космонавт держит стержень с собственной длиной 1 м в направлении, перпендикулярном скорости корабля. Какой будет длина стержня для неподвижного наблюдателя? а) 0,6 м, б) 0,8 м, в) 1 м, г) 1,25 м, д) 5/3 м.	ОПК-1.В.1
Тест 2		
1	. Что характеризует нормальное ускорение? а) изменение скорости по величине, б) изменение скорости по направлению, в) изменение скорости по величине и направлению	ОПК-1.3.1
2	. В каком случае импульс тела будет оставаться постоянным? а) Всегда, б) В случае, когда на тело не действуют силы или действие этих сил скомпенсировано, в) В случае, когда тело движется по прямой линии, г) В случае, когда тело движется по окружности	ОПК-1.3.1

	2. момент импульса равен нулю, т.к. движение тела плоское 3. момент импульса равен нулю, т.к. движение тела поступательное 4. момент импульса максимален в самом верхнем положении 5. момент импульса максимален в самом нижнем положении	
4	Радиус тонкого обруча увеличили в 2 раза, а массу уменьшили в 2 раза. Как изменится момент инерции обруча относительно оси, проходящий через его центр? а) не изменится; б) увеличится в 4 раза; в) увеличится в 2 раза; г) уменьшится в 2 раза.	ОПК-1.В.1
5	Из приведенных ниже соотношений классической механики указать ту, которая справедлива в теории относительности, если под величиной $m$ иметь в виду релятивистскую массу? □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	ОПК-1.3.1
	1. $dP \neq mdV$ 2. $dP \neq madt$ 3. $dE_K \neq (PdV)$ 4. $dE_K \neq m V dV$ 5. $dE_K \neq$	
6	Угол поворота колеса изменяется со временем по закону $\varphi(t) = bt^3$ , где $b = 0,1 \text{ рад/с}^3$ . Чему равна угловая скорость ( $\omega$ ) колеса через 10 с. а) 2,5 рад/с, б) 0,5 рад/с, в) 1,0 рад/с	
7	Потенциальная энергия частицы $U = a/y$ , где $a = 10$ Дж. Проекция силы $F_y$ в точке (1,1)м равна: а) 2 Н, б) 0Н, в) 10 Н.	ОПК-1.В.1
8	. В каком случае момент импульса тела будет оставаться постоянным? а) Всегда, б) В случае, когда на тело не действуют силы или действие этих сил скомпенсировано, в) В случае, когда тело движется по прямой линии, г) В случае, когда тело движется по окружности.	ОПК-1.3.1
3	Материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити, совершает движение в вертикальной плоскости. В каком положении момент импульса максимален? 1. момент импульса во время движения имеет постоянное ненулевое значение	ОПК-1.3.1

□ □  
(V d P)

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;  получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);  получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проводятся в виде обсуждения основных типов задач, связанных с теоретическими вопросами, рассматриваемыми в лекционном курсе и в виде разбора вопросов, которые могут возникнуть у студентов при освоении материала.

Методические указания по проведению практических занятий приведены в следующих пособиях имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

Механика. Колебания и волны. Термодинамика. Сборник задач //И.И. Коваленко, Ю.А. Кузнецов, М.Н.Кульбицкая, Н.П.Лавровская, Н.Н.Литвинова, Е.В. Моцарь , Ю.А. Новикова, В.Ф. Орлов, Д.Е.Погарев, В.К. Прилипко, Е.В. Хонинева. Ю.Н. Царев, В.Б.Шалин, Б.Ф.Шифрин, С.Я. Щербак 2010. 84 с.

Электричество. Магнетизм. Оптика. Сборник задач. //И.И. Коваленко, Н.П.Лавровская, Н.Н.Литвинова, Е.В. Рутьков. Ю.Н. Царев, Б.Ф.Шифрин, С.Я. Щербак 2013. 80 с.

Квантовая физика. Сборник задач //, И.И Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, В.Ф. Орлов, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев, С.Я Щербак, 2004, 56с.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетноаналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;

□ приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

В течение семестра каждый студент в соответствии с рабочей программой по дисциплине Физика должен выполнить определенное число лабораторных работ. На каждую лабораторную работу планируется не менее двух занятий: одно □ на выполнение измерений, и одно □ на защиту отчета. Отчет пишется не во время занятий, а дома или в библиотеке.

В начале семестра до начала занятий студент должен быть проинструктирован по технике безопасности при проведении лабораторных работ по физике. Прохождение инструктажа фиксируется в специальном журнале; там нужно обязательно расписаться.

В лабораторию студенты должны приходить подготовленными к назначенной работе. Необходимо заранее прочитать описание работы и теоретические сведения из соответствующего раздела курса. Не забывайте о рекомендованной литературе и обязательно получите в библиотеке все пособия, выпускаемые кафедрой.

Выполнять работу студенту разрешается, лишь после допуска, полученного после беседы с преподавателем. Преподаватель должен убедиться, что студент понимает:

какие явления он будет наблюдать и исследовать; какая цель перед ним поставлена; какими приборами и как ведутся измерения; как следует проводить эксперимент.

Полученный допуск к работе отмечается преподавателем в журнале.

В процессе выполнения лабораторной работы нужно обязательно заполнить протокол измерений. У каждого студента протокол измерений должен быть свой; ведение одного протокола несколькими студентами вместе не допускается. Протокол ведется на листе формата А4. В протоколе должно быть отражено: точное полное название и номер лабораторной работы в соответствии с

методическим пособием; фамилия,

инициалы студента и номер группы;

фамилия и инициалы преподавателя;

таблица технических характеристик измерительных приборов (название прибора, рабочий диапазон, цена деления, класс

точности и др.); параметры установки, на

ней указанные; результаты измерений;

дата и подпись студента.

Все записи должны вестись авторучкой, шариковой, капиллярной или гелевой ручкой. Запись наблюдений и данных карандашом не допускается, карандашом можно лишь чертить таблицы и графики. Ведение «черновиков протокола» и переписывание их в конце занятия начисто не рекомендуется; это ненужная трата времени и возможность допустить ошибку при переписывании. Старательность и аккуратность лучше проявить при оформлении отчета.

По окончании измерений протокол обязательно дается на подпись преподавателю. Без этой подписи протокол считается недействительным. Подпись студента в протоколе обозначает, что он отвечает за все проведенные измерения, а подпись преподавателя означает, что работа действительно выполнялась и указанные значения действительно получены именно тем студентом, который составил протокол.

По результатам, зафиксированным в протоколе измерений, студент дома пишет отчет и защищает его на следующем занятии. При защите отчета могут быть заданы любые вопросы по теории изучаемого явления и по полученным результатам. За принятый отчет преподаватель выставляет студенту оценку и после этого сообщает номер и название следующей лабораторной работы.

Структура и форма отчета о лабораторной работе Отчет должен содержать следующие разделы:

#### 1. Цель работы.

Она сформулирована в описании лабораторной работы, отсюда ее следует переписать.

#### 2. Описание лабораторной установки.

Описание установки должно быть кратким. Следует ограничиться функциональной или электрической схемой установки. Не нужно приводить внешнего вида приборов. Далее необходимо описать эксперимент и перечислить измерительные приборы в таблице технических характеристик, перенесенной из протокола измерений.

#### 3. Рабочие формулы.

Рабочими называются только те формулы, по которым непосредственно производятся вычисления исследуемых величин. Слева в формуле должно стоять то, что следует определить, справа - то, что измерялось в работе или известно. Все приведенные формулы должны быть пронумерованы.

Вывод формул и промежуточные выражения в этом разделе приводить не нужно. Формулы для вычисления погрешностей и проведения математической обработки результатов измерений в этом разделе тоже не приводятся.

#### 4. Результаты измерений и вычислений.

В этом разделе отчета должны быть приведены все измеренные и вычисленные результаты. По возможности, их нужно представлять в виде наглядных таблиц. В приводимых значениях нельзя оставлять лишние десятичные разряды (подробнее об этом пойдет речь ниже). В работе может быть несколько заданий, все они должны быть приведены в этом разделе.

#### 5. Примеры вычислений.

В этом разделе отчета должны быть приведены подробные примеры вычислений по каждой рабочей формуле. Не нужно приводить всех вычислений, вполне достаточно одного примера по каждой формуле. Этот раздел нужен для того, чтобы преподавателю было легче найти ошибку в вычислениях или измерениях, если таковые встретятся.

#### 6. Вычисление погрешностей.

В этом разделе отчета должны быть представлены формулы, по которым проводилась математическая обработка результатов измерений. Должны быть выведены формулы, по которым вычислялись систематические и случайные погрешности и представлены примеры вычислений по каждой из них.

Этот раздел отчета самый сложный для студентов. По нему больше всего вопросов, в нем больше всего ошибок. Теория погрешностей обычно бывает написана для подготовленного читателя, знакомого с высшей математикой. В настоящем пособии авторы постарались оставить лишь самое важное по этой теме и изложить материал по возможности просто.

#### 7. Графики и рисунки.

Небольшие графики и рисунки размещаются в тексте, а большие - формата А4 - приводятся на отдельном листе. В любом случае они должны быть подписаны и пронумерованы, на них должны быть ссылки в тексте отчета. Графики обязательно выполняются на миллиметровой бумаге. На каждой оси должно быть обозначено, какая величина и в каких единицах вдоль нее откладывается. На самих осях должны быть нанесены только узлы координатной сетки. Измеренные на опыте значения подписывать на осях не следует. На график обязательно наносятся все экспериментальные точки, и проводится соединяющая их линия. Около одной или нескольких точек откладываются систематические погрешности соответствующих измерений (подробнее об этом пойдет речь ниже).

#### 8. Окончательные результаты, их обсуждение, выводы.

В этом разделе отчета нужно подвести итог проделанной работы. Следует написать, какие получены величины, и с какими погрешностями.

Если измерения проводились разными методами, то обязательно нужно сравнить эти результаты и их погрешности, сделать заключение, какой метод лучше, точнее, удобнее.

Если известно табличное значение измеренной величины, то нужно обязательно сравнить его с полученным на опыте значением и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.

Если в работе значения одной и той же величины получены экспериментально и теоретически, то эти результаты нужно обязательно сравнить и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.

В случае, когда между сравниваемыми величинами имеются недопустимые расхождения, это нужно обязательно отметить в отчете и высказать предположение о возможных причинах этого несовпадения.

Если в работе ставилось целью проверить какой-то физический закон или изучить явление, то в данном разделе необходимо дать обоснованный ответ на поставленный вопрос.

Вывод должен соответствовать цели работы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен выполняться на листах формата А4. Записи на листах ведутся только с одной стороны. По краям листа должна быть оставлена рамка шириной не менее 20 мм. Эту рамку рисовать на листах не нужно, но и заступать за нее не следует. В рамке в верхнем поле нужно лишь поставить номер страницы. Пронумерованными должны быть все листы отчета, начиная с третьего. Первый лист – титульный и второй лист – протокол измерений, не нумеруются.

Отчет следует писать от руки. Если Вы используете чужие заготовки, то будьте готовы отвечать за все «заимствованные» ошибки, которых бывает много. Сказанное в равной мере относится к формулам, которые Вы подсмотрели у кого-то, а не вывели сами. Лучше спросить преподавателя. Он подскажет или проверит, правильно ли у Вас получилось.

Титульный лист работы может быть написан от руки или напечатан на принтере. Электронная версия титульного листа находится на сайте ГУАПа.

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в следующих пособиях имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

1. Механика. Колебания и волны. Молекулярная физика. Лабораторный практикум //И.И. Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, Д.Е. Погарев, В.К. Прилипко, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин, 2014, 132 с.
2. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум// /Е.Н. Котликов, С.Я. Щербак, И.И. Коваленко, Ю.А. Кузнецов, М.Н. Кульбицкая, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутков, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин, 2010,84 с.

3. Волновая оптика Лабораторный практикум //Е.Н. Котликов, И.П. Крехтунова, Н.П.Лавровская, Ю.А. Новикова, А.Н. Тропин 2013 68 с
4. Квантовая физика. Лабораторный практикум //Г.А. Весничева, И.И. Коваленко,  
Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, В.Ф. Орлов, В.К. Прилипко, С.П.Фадеев, Е.В.Хонинева, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин, 2008, 80 с.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Основными формами текущего контроля знаний обучающихся являются: • устный опрос на лекционных или практических занятиях; защита лабораторных работ; Средствами текущего контроля знаний обучающихся могут быть: беседы преподавателя и обучающегося; • контрольные вопросы и задания.

Ликвидация задолженности, образовавшейся в случае пропуска обучающимся занятий без уважительной причины, отказа обучающегося от ответов на занятиях, неудовлетворительного ответа обучающегося на занятиях, неудовлетворительного выполнения контрольных, лабораторных и практических работ может осуществляться на индивидуальных консультациях.

Результаты текущего контроля успеваемости обучающихся служат основой для промежуточной аттестации: получения зачета по учебной дисциплине или допуска к дифференциальному зачету или экзамену по учебной дисциплине.

В течение семестра для допуска к дифференциальному зачету или экзамену студенту необходимо сдать не менее 75% лабораторных и практических работ, выполнить тестирование в системе LMS не ниже оценки «удовлетворительно». В

случае невыполнения вышеизложенного студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации, не может получить аттестационную оценку выше «удовлетворительно».

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

□ экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Экзамен может проводиться в виде устного собеседования или тестирования.

#### Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой

## Аннотация

Дисциплина «Физика твердого тела» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 03.03.01 «Прикладная математика и физика» направленности «Прикладная физика опто- и нанотехнологий». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико- математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности»

ОПК-5 «Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно- исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами физики твердого тела.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами физики твердого тела.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1.У.1 уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.В.1 владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности

Общепрофессиональные компетенции	ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-	ОПК-5.3.1 знать основные направления проведения фундаментальных и прикладных исследований и разработок ОПК-5.У.1 уметь осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований ОПК-5.В.1 владеть навыками работы на современной экспериментальной научноисследовательской, измерительноаналитической и технологической аппаратуре
	аналитической и технологической аппаратуре	

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Физика;
- Электротехника;

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Физика лазеров;
- Физика тонких пленок

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины,</b> ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144

<b>Из них часов практической подготовки</b>		
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	74	74
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

\*\*кандидатский экзамен

Примечание:

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Квантовая физика	5	6			24
Раздел 2. Статистическая физика	5	5			25
Раздел 3. Физика твердого тела	6	6			25
Итого в семестре:	17	17			57
Итого:	17	17	0	0	74

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
---------------	---

<p>Раздел 1</p>	<p>Квантовая механика.</p> <p>Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Волновой пакет. Статистическое истолкование волн де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновая функция, ее основные свойства. Операторы физических величин. Временное и стационарное уравнение Шредингера, квантовые состояния. Квантовые уравнения движения. Свободная частица. Частица в бесконечной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Нулевая энергия, нулевые колебания. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона в атоме. Орбитальное гироманнитное отношение. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Симметрия волновой функции системы одинаковых частиц. Принцип Паули. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Энергетический спектр атомов и молекул. Природа химической связи.</p> <p>Уравнение Дирака. Спин. Вакуум. Частицы и античастицы</p>
<p>Раздел 2</p>	<p>неопределенности Гейзенберга. Волновая функция, ее основные свойства. Операторы физических величин. Временное и стационарное уравнение Шредингера, квантовые состояния. Квантовые уравнения движения. Свободная частица. Частица в бесконечной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Нулевая энергия, нулевые колебания. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Орбитальный механический и магнитный моменты</p>
	<p>электрона в атоме. Орбитальное гироманнитное отношение. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Симметрия волновой функции системы одинаковых частиц. Принцип Паули. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Энергетический спектр атомов и молекул. Природа химической связи.</p> <p>Уравнение Дирака. Спин. Вакуум. Частицы и античастицы</p>

Раздел 3	<p>неопределенности Гейзенберга. Волновая функция, ее основные свойства. Операторы физических величин. Временное и стационарное уравнение Шредингера, квантовые состояния. Квантовые уравнения движения. Свободная частица. Частица в бесконечной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Нулевая энергия, нулевые колебания. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона в атоме. Орбитальное гиромагнитное отношение. Опыт Штерна и Герлаха. Спин электрона. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Симметрия волновой функции системы одинаковых частиц. Принцип Паули. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева. Энергетический спектр атомов и молекул. Природа химической связи.</p> <p>Уравнение Дирака. Спин. Вакуум. Частицы и античастицы</p>
----------	--

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице

5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Соотношение неопределенностей Гейзенберга, волны де Бройля	Решение задач	3	3	1
2	Уравнение Шредингера Потенциальные барьеры	Решение задач	3	3	1
3	Квантовая статистика	Решение задач	3	3	2
4	Плавление и кристаллизация	Решение задач	2	2	2
5	Теплоемкость твердых тел	Решение задач	3	3	3
6	Деформации и прочность твердых тел	Решение задач	3	3	3

Всего:	17	17	
--------	----	----	--

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	24	24
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	25	25
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	25	25
Всего:	74	74

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)

[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2014. Т.1. Механика. Молекулярная физика	ФО(4), ГС(94), ГСЧЗ(1)
[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2014. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.	ФО(4), ГС(94), ГСЧЗ(1)
[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2014. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц	ФО(4), ГС(91), ГСЧЗ(1)
[53(075) С12]	Савельев И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3.т. Т.2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. 2008	ФО(2), ГС(98)
[531 В83]	Иродов И.Е. Механика: Основные законы. М.: Физматлит, 2015	ГС(133), ГСЧЗ(1), ПГ(6)
[53(075) Т76]	Трофимова Т.И. Курс физики. 2007,	ФО(3), ГС(27)
53(075) Т76]	Трофимова Т.И. Курс физики. 2003	ГС(35), КЛ(5) ГС(134), ПГ(8)
[531 В83]	Иродов И.Е. Механика: Основные законы. М.: Физматлит, 2015	ГСЧЗ(1), СО(1), ФО(4) ФО(2), ГС(66),
[ 537(075) И83]	Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. 2015	СО(1), ПГ(18)
534.2(075) И83]	Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы. 2015	ФО(63), ГС(14), ПГ(8)
530.145(075) И83	Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. 2015	ГС(66), ПГ(16)
[531 В83]	Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. 2015	ФО(3), ГС(138), ПГ(30),

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»  
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице

9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://lib.aanet.ru/">(http://lib.aanet.ru/)</a>	Библиотека ГУАП
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 1
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 2
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 3

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, представлен в

Перечень используемых информационно-справочных систем таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

#### 9. Материально-техническая база осуществления

Состав материально-технической базы, необходимой для образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования	ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-02
2	Учебная аудитория для практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (лабораторный комплекс ЛКК-2М №36 и №37 (НТЦ «Владис», г. Москва); лабораторные стенды И-АЧТ-ПО, УИС-АВ-ДР, УИС-АВ-УСППО (ООО Профобразование, г. Казань); установки ФПК-03, ФПК-05, ФПК-10 (НПП «Учебная техника», г. Москва)	ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-05

#### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться

100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы

Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>
---------------------------------------	---

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	
1	.Фотоэффект и его законы	ОПК-1.3.1
2	.Тормозное рентгеновское излучение	ОПК-1.У.1
3	Фотоны и их свойства. Квантово – волновой дуализм	ОПК-1.В.1
4	Гипотеза де Бройля и подтверждающие ее опыты. Волны де Бройля	ОПК-1.3.1
5	Уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики	ОПК-1.3.1
6	Физический смысл и свойства волновой функции	ОПК-5.У.1
7	Задача о микрочастице в бесконечно глубокой потенциальной яме	ОПК-5.В.1
8	Уравнение Шредингера и его решение для свободной частицы	ОПК-1.3.1
9	Прохождение частицы через потенциальный барьер	ОПК-1.3.1
10	Квантовый гармонический осциллятор	ОПК-1.3.1
11	Квантовый ротатор	ОПК-1.3.1
12	Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Квантовые числа.	ОПК-5.У.1
13	Спин электрона	ОПК-5.В.1
14	Принцип Паули. Строение электронных оболочек. Периодическая система	ОПК-5.У.1
15	Виды связей в молекулах и потенциальная энергия молекул	ОПК-5.3.1
16	Квантовая статистика Ферми – Дирака	ОПК-1.3.1
17	Квантовая статистика Бозе – Эйнштейна	ОПК-1.3.1

18	Связь в кристалле. Энергетические зоны в кристаллах. Уравнение Шредингера и его решение	ОПК-1..У.1
19	Заполнение зон электронами. Проводники, полупроводники и диэлектрики.	ОПК-1.В.1
20	Классификация твердых тел	ОПК-5.3.1
21	Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка	ОПК-1.3.1
22	Условия Бравэ. Трансляционные решетки Бравэ	ОПК-5.У.1
23	Кристаллографические индексы	ОПК-1.У.1
24	Экспериментальное исследование структуры твердых тел	ОПК-5.В.1
25	Типы дефектов в твердых телах	ОПК-1.3.1
26	. Тепловые точечные дефекты по Френкелю и Шоттки	ОПК-1.3.1
27	Равновесная концентрация точечных дефектов	ОПК-5.У.1
28	Дислокации и их свойства	ОПК-5.3.1
29	Механические напряжения в твердых телах	ОПК-1.В.1
30	Виды деформаций, их виды и описание	ОПК-1.3.1
31	Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел	ОПК-1.У.1
32	Пластические свойства твердых тел. Текучесть.	ОПК-1.В.1

33	Хрупкие разрушения	ОПК-1.3.1
34	Электронная теория валентности	ОПК-1.3.1
35	Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса	ОПК-5.3.1
36	Ионная связь. Ионные кристаллы	ОПК-1.У.1
37	Ковалентная связь. Ковалентные кристаллы	ОПК-1.В.1
38	Металлические кристаллы	ОПК-1.3.1
39	Водородная связь в кристаллах	ОПК-1.3.1
40	Классическая теория теплоемкости Дюлонга и Пти	ОПК-1.3.1
41	Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна	ОПК-5.3.1
42	Квантовая теория теплоемкости Дебая.	ОПК-1.3.1

43	Электронная теплоемкость и ее зависимость от температуры	ОПК-5.В.1
44	Фононы и их свойства	ОПК-1.3.1
45	Тепловое расширение твердых тел	ОПК-1.У.1
46	Решеточная теплопроводность твердых тел	ОПК-1.3.1
47	Электронная теплопроводность металлов	ОПК-5.3.1
48	Диффузия – процесс переноса вещества	ОПК-1.В.1
49	Характеристики движения электронов в проводнике	ОПК-1.3.1
50	Длина свободного пробега электронов в проводнике	ОПК-5.У.1
51	Удельная электропроводность. Зависимость проводимости от температуры	ОПК-1.3.1
52	Электропроводность металлов и сплавов	ОПК-1.В.1
53	Полупроводники. Собственная проводимость. Примесная проводимость	ОПК-1.3.1
54	Эффект сильного поля	ОПК-5.3.1
55	Эффект Ганна	ОПК-1.3.1
56	Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Экситоны.	ОПК-1.3.1
57	Люминесценция кристаллов	ОПК-1.3.1
58	Намагниченность твердых тел. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Диа-, пара- и ферромагнетизм	ОПК-1.У.1
59	Магнитные свойства атомов	ОПК-5.В.1
60	Природа диа- и парамагнетизма	ОПК-5.3.1
61	Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики. Ферриты	ОПК-1.3.1
62	Контакт двух металлов. Работа выхода	ОПК-5.У.1
63	Контакт металла с проводником. Контакт полупроводников с разными типами проводимости	ОПК-1.В.1
64	Контакт металла с проводником. Контакт полупроводников с разными типами проводимости	ОПК-1.У.1
65	Контакт металла с проводником. Контакт полупроводников с разными типами проводимости	ОПК-5.У.1
66	Термоэлектрические явления (эффект Зеебека и Пелетье)	ОПК-1.3.1

67	Сверхпроводимость. Суть явления. Критерий нулевого сопротивления	ОПК-1.3.1
68	Температура переходов в сверхпроводящее состояния	ОПК-5.В.1
69	Идеальный диамагнетизм при сверхпроводимости. Критическое магнитное поле	ОПК-5.3.1
70	Взаимосвязь сверхпроводимости со структурой кристалла и теплоемкостью	ОПК-1.3.1
71	Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона	ОПК-1.3.1
72	Теория сверхпроводимости Г. И Ф. Лондонов	ОПК-1.3.1
73	Теория сверхпроводимости Гинзбурга и Ландау	ОПК-1.3.1
74	Теория сверхпроводимости Бардина – Купера – Шриффера	ОПК-1.3.1
75	Проанализировать положение плоскостей и узлов в кристаллах.	ОПК-1.У.1
76	Ионные кристаллы.	ОПК-1.3.1
77	Ковалентные кристаллы и металлические кристаллы.	ОПК-1.3.1
78	Проанализировать решетку с двумя атомами в примитивной ячейке.	ОПК-1.У.1
79	Теплоемкость кристаллической решетки.	ОПК-1.3.1
80	Тепловое расширение и теплопроводность.	ОПК-1.3.1
81	Локальные энергетические уровни электронов.	ОПК-1.3.1
82	Оценить концентрацию электронов в зоне проводимости собственного полупроводника.	ОПК-1.В.1
83	Примесные полупроводники.	ОПК-1.3.1
84	Эффект Холла.	ОПК-1.3.1
85	Проанализировать энергетические уровни и плотность состояний в одномерном случае.	ОПК-1.У.1
86	Температурная зависимость функции распределения Ферми – Дирака.	ОПК-1.3.1
87	Свободный электронный газ в трехмерном случае.	ОПК-1.3.1
88	Теплоемкость электронного газа.	ОПК-1.3.1
89	Проанализировать применения сверхпроводимости в технике.	ОПК-1.У.1
90	Оценить макроскопическое электрическое поле.	ОПК-1.В.1
91	Оценить локальное электрическое поле на атоме.	ОПК-1.В.1

92	Сегнетоэлектрические кристаллы.	ОПК-1.3.1
93	Температура Кюри. Модель среднего поля.	ОПК-1.3.1
94	Спиновые волны и оценка вклада магнитного упорядочения в теплоемкость.	ОПК-1.В.1
95	Проанализировать положение плоскостей и узлов в кристаллах.	ОПК-1.У.1

15 – Вопросы (задачи) для экзамена

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

тестирования

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№	Примерный перечень вопросов для тестов	Код
п/п		индикатора
Тест 1		
1	1. Абсолютно твердое тело может совершать следующие движения... а) только вращательное, б) только поступательное, в) изменять форму под действием внешней силы, г) только поступательное и вращательное.	ОПК-1.3.1
2	Число степеней свободы материальной точки ... а) всегда равно трем, б) всегда равно двум, в) всегда равно единице, г) зависит от ограничений в движении тела, но не превосходит трех	ОПК-1.3.1
3	Выберите правильную формулу для момента импульса материальной точки.	ОПК-1.3.1

4	Какая механическая величина не остается постоянной при движении планеты вокруг Солнца по эллипсу? А) импульс планеты, б) момент импульса, в) механическая энергия, г) масса планеты.	ОПК-1.3.1
5	Увеличение полной механической энергии системы сопровождается а) превращением внутренней энергии в механическую, б) превращением механической энергии во внутреннюю, в) превращением потенциальной энергии в кинетическую, г) превращением кинетической энергии в потенциальную.	ОПК-1.3.1
6	. Инвариантом в теории относительности является ... а) релятивистская масса, б) релятивистский импульс, в) кинетическая энергия, г) полная энергия, д) энергия покоя.	ОПК-1.3.1
7	7. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом $R = 0,9\text{ м}$ с тангенциальным ускорением $a_{\tau} = 6\text{ м/с}^2$ . Найти полное ускорение точки в момент времени $t = 0,25\text{ с}$  а) $2,5\text{ м/с}^2$ б) $6,5\text{ м/с}^2$ в) $8,5\text{ м/с}^2$ г) $9,5\text{ м/с}^2$ д) $15\text{ м/с}^2$	ОПК-1.В.1
8	Космический корабль движется со скоростью $V = 0,8 \cdot c$ . Космонавт держит стержень с собственной длиной 1 м в направлении, перпендикулярном скорости корабля. Какой будет длина стержня для неподвижного наблюдателя? а) 0,6 м, б) 0,8 м, в) 1 м, г) 1,25 м, д) $5/3$ м.	ОПК-1.В.1
Тест 2		
1	. Что характеризует нормальное ускорение? а) изменение скорости по величине, б) изменение скорости по направлению, в) изменение скорости по величине и направлению	ОПК-1.3.1
2	. В каком случае импульс тела будет оставаться постоянным? а) Всегда, б) В случае, когда на тело не действуют силы или действие этих сил скомпенсировано, в) В случае, когда тело движется по прямой линии, г) В случае, когда тело движется по окружности	ОПК-1.3.1
3	Материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити, совершает движение в вертикальной плоскости. В каком положении момент импульса максимален? 1. момент импульса во время движения имеет постоянное ненулевое значение	ОПК-1.3.1

	2. момент импульса равен нулю, т.к. движение тела плоское 3. момент импульса равен нулю, т.к. движение тела поступательное 4. момент импульса максимален в самом верхнем положении 5. момент импульса максимален в самом нижнем положении	
4	Радиус тонкого обруча увеличили в 2 раза, а массу уменьшили в 2 раза. Как изменится момент инерции обруча относительно оси, проходящий через его центр? а) не изменится; б) увеличится в 4 раза; в) увеличится в 2 раза; г) уменьшится в 2 раза.	ОПК-1.В.1
5	Из приведенных ниже соотношений классической механики указать ту, которая справедлива в теории относительности, если под величиной $m$ иметь в виду релятивистскую массу? $\square \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square$ 1. $dP = mdV$ 2. $dP = madt$ 3. $dE_K = (PdV)$ 4. $dE_K = m V dV$ 5. $dE_K =$	ОПК-1.3.1
6	Угол поворота колеса изменяется со временем по закону $\varphi(t) = bt$ , где $b = 0,1 \text{ рад/с}^3$ . Чему равна угловая скорость ( $\omega$ ) колеса через 10 с. а) 2,5 рад/с, б) 0,5 рад/с, в) 1,0 рад/с	
7	Потенциальная энергия частицы $U = a/y$ , где $a = 10 \text{ Дж}$ . Проекция силы $F_y$ в точке (1,1)м равна: а) 2 Н, б) 0Н, в) 10 Н.	ОПК-1.В.1
8	. В каком случае момент импульса тела будет оставаться постоянным? а) Всегда, б) В случае, когда на тело не действуют силы или действие этих сил скомпенсировано, в) В случае, когда тело движется по прямой линии, г) В случае, когда тело движется по окружности.	ОПК-1.3.1

$\square \square$   
( $V d P$ )

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы; □ получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных

формулировках); □ получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проводятся в виде обсуждения основных типов задач, связанных с теоретическими вопросами, рассматриваемыми в лекционном курсе и в виде разбора вопросов, которые могут возникнуть у студентов при освоении материала.

Методические указания по проведению практических занятий приведены в следующих пособиях имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

Механика. Колебания и волны. Термодинамика. Сборник задач //И.И. Коваленко, Ю.А. Кузнецов, М.Н.Кульбицкая, Н.П.Лавровская, Н.Н.Литвинова, Е.В. Моцарь , Ю.А. Новикова, В.Ф. Орлов, Д.Е.Погарев, В.К. Прилипко, Е.В. Хонинева. Ю.Н. Царев, В.Б.Шалин, Б.Ф.Шифрин, С.Я. Щербак 2010. 84 с.

Электричество. Магнетизм. Оптика. Сборник задач. //И.И. Коваленко, Н.П.Лавровская, Н.Н.Литвинова, Е.В. Рутьков. Ю.Н. Царев, Б.Ф.Шифрин, С.Я. Щербак 2013. 80 с.

Квантовая физика. Сборник задач //, И.И Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, В.Ф. Орлов, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев, С.Я Щербак, 2004, 56с.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетноаналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

### Задание и требования к проведению лабораторных работ

В течение семестра каждый студент в соответствии с рабочей программой по дисциплине Физика должен выполнить определенное число лабораторных работ. На каждую лабораторную работу планируется не менее двух занятий: одно □ на выполнение измерений, и одно □ на защиту отчета. Отчет пишется не во время занятий, а дома или в библиотеке.

В начале семестра до начала занятий студент должен быть проинструктирован по технике безопасности при проведении лабораторных работ по физике. Прохождение инструктажа фиксируется в специальном журнале; там нужно обязательно расписаться.

В лабораторию студенты должны приходить подготовленными к назначенной работе. Необходимо заранее прочитать описание работы и теоретические сведения из соответствующего раздела курса. Не забывайте о рекомендованной литературе и обязательно получите в библиотеке все пособия, выпускаемые кафедрой.

Выполнять работу студенту разрешается, лишь после допуска, полученного после беседы с преподавателем. Преподаватель должен убедиться, что студент понимает:

какие явления он будет наблюдать и исследовать; какая цель перед ним поставлена; какими приборами и как ведутся измерения; как следует проводить эксперимент.

Полученный допуск к работе отмечается преподавателем в журнале.

В процессе выполнения лабораторной работы нужно обязательно заполнить протокол измерений. У каждого студента протокол измерений должен быть свой; ведение одного протокола несколькими студентами вместе не допускается. Протокол ведется на листе формата А4. В протоколе должно быть отражено: точное полное название и номер лабораторной работы в соответствии с

методическим пособием; фамилия,

инициалы студента и номер группы;

фамилия и инициалы преподавателя;

таблица технических характеристик измерительных приборов (название прибора, рабочий диапазон, цена деления, класс

точности и др.); параметры установки, на

ней указанные; результаты измерений;

дата и подпись студента.

Все записи должны вестись авторучкой, шариковой, капиллярной или гелевой ручкой. Запись наблюдений и данных карандашом не допускается,

карандашом можно лишь чертить таблицы и графики. Ведение «черновиков протокола» и переписывание их в конце занятия начисто не рекомендуется; это ненужная трата времени и возможность допустить ошибку при переписывании. Старательность и аккуратность лучше проявить при оформлении отчета.

По окончании измерений протокол обязательно дается на подпись преподавателю. Без этой подписи протокол считается недействительным. Подпись студента в протоколе обозначает, что он отвечает за все проведенные измерения, а подпись преподавателя означает, что работа действительно выполнялась и указанные значения действительно получены именно тем студентом, который составил протокол.

По результатам, зафиксированным в протоколе измерений, студент дома пишет отчет и защищает его на следующем занятии. При защите отчета могут быть заданы любые вопросы по теории изучаемого явления и по полученным результатам. За принятый отчет преподаватель выставляет студенту оценку и после этого сообщает номер и название следующей лабораторной работы.

Структура и форма отчета о лабораторной работе Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.

Она сформулирована в описании лабораторной работы, отсюда ее следует переписать.

2. Описание лабораторной установки.

Описание установки должно быть кратким. Следует ограничиться функциональной или электрической схемой установки. Не нужно приводить внешнего вида приборов. Далее необходимо описать эксперимент и перечислить измерительные приборы в таблице технических характеристик, перенесенной из протокола измерений.

3. Рабочие формулы.

Рабочими называются только те формулы, по которым непосредственно производятся вычисления исследуемых величин. Слева в формуле должно стоять то, что следует определить, справа - то, что измерялось в работе или известно. Все приведенные формулы должны быть пронумерованы.

Вывод формул и промежуточные выражения в этом разделе приводить не нужно. Формулы для вычисления погрешностей и проведения математической обработки результатов измерений в этом разделе тоже не приводятся.

4. Результаты измерений и вычислений.

В этом разделе отчета должны быть приведены все измеренные и вычисленные результаты. По возможности, их нужно представлять в виде наглядных таблиц. В приводимых значениях нельзя оставлять лишние

десятичные разряды (подробнее об этом пойдет речь ниже). В работе может быть несколько заданий, все они должны быть приведены в этом разделе.

#### 5. Примеры вычислений.

В этом разделе отчета должны быть приведены подробные примеры вычислений по каждой рабочей формуле. Не нужно приводить всех вычислений, вполне достаточно одного примера по каждой формуле. Этот раздел нужен для того, чтобы преподавателю было легче найти ошибку в вычислениях или измерениях, если таковые встретятся.

#### 6. Вычисление погрешностей.

В этом разделе отчета должны быть представлены формулы, по которым проводилась математическая обработка результатов измерений. Должны быть выведены формулы, по которым вычислялись систематические и случайные погрешности и представлены примеры вычислений по каждой из них.

Этот раздел отчета самый сложный для студентов. По нему больше всего вопросов, в нем больше всего ошибок. Теория погрешностей обычно бывает написана для подготовленного читателя, знакомого с высшей математикой. В настоящем пособии авторы постарались оставить лишь самое важное по этой теме и изложить материал по возможности просто.

#### 7. Графики и рисунки.

Небольшие графики и рисунки размещаются в тексте, а большие - формата А4 - приводятся на отдельном листе. В любом случае они должны быть подписаны и пронумерованы, на них должны быть ссылки в тексте отчета. Графики обязательно выполняются на миллиметровой бумаге. На каждой оси должно быть обозначено, какая величина и в каких единицах вдоль нее откладывается. На самих осях должны быть нанесены только узлы координатной сетки. Измеренные на опыте значения подписывать на осях не следует. На график обязательно наносятся все экспериментальные точки, и проводится соединяющая их линия. Около одной или нескольких точек откладываются систематические погрешности соответствующих измерений (подробнее об этом пойдет речь ниже).

#### 8. Окончательные результаты, их обсуждение, выводы.

В этом разделе отчета нужно подвести итог проделанной работы. Следует написать, какие получены величины, и с какими погрешностями.

Если измерения проводились разными методами, то обязательно нужно сравнить эти результаты и их погрешности, сделать заключение, какой метод лучше, точнее, удобнее.

Если известно табличное значение измеренной величины, то нужно обязательно сравнить его с полученным на опыте значением и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.

Если в работе значения одной и той же величины получены экспериментально и теоретически, то эти результаты нужно обязательно

сравнить и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.

В случае, когда между сравниваемыми величинами имеются недопустимые расхождения, это нужно обязательно отметить в отчете и высказать предположение о возможных причинах этого несовпадения.

Если в работе ставилось целью проверить какой-то физический закон или изучить явление, то в данном разделе необходимо дать обоснованный ответ на поставленный вопрос.

Вывод должен соответствовать цели работы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен выполняться на листах формата А4. Записи на листах ведутся только с одной стороны. По краям листа должна быть оставлена рамка шириной не менее 20 мм. Эту рамку рисовать на листах не нужно, но и заступать за нее не следует. В рамке в верхнем поле нужно лишь поставить номер страницы. Пронумерованными должны быть все листы отчета, начиная с третьего. Первый лист – титульный и второй лист – протокол измерений, не нумеруются.

Отчет следует писать от руки. Если Вы используете чужие заготовки, то будьте готовы отвечать за все «заимствованные» ошибки, которых бывает много. Сказанное в равной мере относится к формулам, которые Вы подсмотрели у кого-то, а не вывели сами. Лучше спросить преподавателя. Он подскажет или проверит, правильно ли у Вас получилось.

Титульный лист работы может быть написан от руки или напечатан на принтере. Электронная версия титульного листа находится на сайте ГУАПа.

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в следующих пособиях, имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

1. Механика. Колебания и волны. Молекулярная физика. Лабораторный практикум //И.И. Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, Д.Е. Погарев, В.К. Прилипко, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин, 2014, 132 с.
2. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум// /Е.Н. Котликов, С.Я. Щербак, И.И. Коваленко, Ю.А. Кузнецов, М.Н. Кульбицкая, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин, 2010, 84 с.
3. Волновая оптика Лабораторный практикум //Е.Н. Котликов, И.П. Крехтунова, Н.П.Лавровская, Ю.А. Новикова, А.Н. Тропин 2013 68 с
4. Квантовая физика. Лабораторный практикум //Г.А. Весничева, И.И. Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, В.Ф. Орлов, В.К. Прилипко, С.П.Фадеев, Е.В.Хонинева, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин, 2008, 80 с.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Основными формами текущего контроля знаний обучающихся являются: • устный опрос на лекционных или практических занятиях; защита лабораторных работ; Средствами текущего контроля знаний обучающихся могут быть: беседы преподавателя и обучающегося; • контрольные вопросы и задания.

Ликвидация задолженности, образовавшейся в случае пропуска обучающимся занятий без уважительной причины, отказа обучающегося от ответов на занятиях, неудовлетворительного ответа обучающегося на занятиях, неудовлетворительного выполнения контрольных, лабораторных и практических работ может осуществляться на индивидуальных консультациях.

Результаты текущего контроля успеваемости обучающихся служат основой для промежуточной аттестации: получения зачета по учебной дисциплине или допуска к дифференциальному зачету или экзамену по учебной дисциплине.

В течение семестра для допуска к дифференциальному зачету или экзамену студенту необходимо сдать не менее 75% лабораторных и практических работ, выполнить тестирование в системе LMS не ниже оценки «удовлетворительно». В случае невыполнения вышеизложенного студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации, не может получить аттестационную оценку выше «удовлетворительно».

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

□ экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Экзамен может проводиться в виде устного собеседования или тестирования.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой