

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

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

(должность, уч. степень, звание)

А.В. Копыльцов \_\_\_\_\_

(инициалы, фамилия)



(подпись)

« 10 » февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика конденсированного состояния вещества»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности	Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.ф.-м.н.

(должность, уч. степень, звание)

03.02.2025

(подпись, дата)

Г.В. Терещенко

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

« 03 » февраля 2025 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

03.02.2025

(подпись, дата)

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)

Н.Ю. Ефремов

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Физика конденсированного состояния вещества» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки / специальности 03.03.01 «Прикладная математика и физика» направленности «Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии». 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»

ПК-6 «Способен разработать методики и технические руководства для экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурных материалов»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами физики конденсированного состояния вещества.

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

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

- получение студентами необходимых знаний и навыков в области физики конденсированного состояния вещества;
- создание поддерживающей образовательной среды преподавания для освоения технических дисциплин.

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
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен разработать методики и технические руководства для экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурных материалов	ПК-6.3.2 знать физические принципы работы, области применения и принципиальные ограничения методов и средств измерений ПК-6.В.1 владеть навыками принятия решений о возможности применения исследованных материалов и технологических процессов в производстве приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурированных материалов

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Физика»,
- «Химия»,
- «Материаловедение»,
- «Физические основы нанотехнологий»,

– «Квантовая электроника».

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

– «Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники».

### 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>	8	8
<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.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

### 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. Строение твердых тел	3	3			13
Раздел 2. Механические свойства твердых тел	3	3			13
Раздел 3. Тепловые свойства твердых тел	3	3			13
Раздел 4. Электронное строение твердых тел	3	3			13
Раздел 5. Магнитные свойства твердых тел	3	3			12
Раздел 6. Сверхпроводимость	2	2			10
Итого в семестре:	17	17			74
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
Раздел 1	<b>Строение твердых тел</b> Классификация твердых тел. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Условия Бравэ. Решетки Бравэ. Кристаллографические индексы. Экспериментальное исследование структуры твердых тел. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты Френкеля и Шоттки. Равновесная концентрация точечных дефектов. Дислокации.
Раздел 2	<b>Механические свойства твердых тел</b> Механические напряжения в твердых телах. Виды деформаций. Упругость. Закон Гука для изотропных твердых тел. Пластические свойства твердых тел. Текучесть. Хрупкие разрушения.
Раздел 3	<b>Тепловые свойства твердых тел</b> Теплоемкость твердых тел. Классическая теория теплоемкости Дюлонга и Пти. Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна. Квантовая теория теплоемкости Дебая. Фононы. Электронная теплоемкость. Тепловое расширение твердых тел. Решеточная теплопроводность твердых тел. Электронная теплопроводность твердых тел.
Раздел 4	<b>Электронное строение твердых тел</b> Электронная теория валентности. Ионная связь. Ковалентная связь. Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса. Металлические кристаллы. Водородная связь в кристаллах. Характеристики движения электронов в проводнике. Электропроводность металлов и ее зависимость от температуры. Полупроводники. Собственная проводимость. Примесная проводимость. Эффект сильного поля. Эффект Ганна. Фотопроводимость. Экситоны. Контакт двух металлов. Работа выхода. Контакт металла с полупроводником. Термоэлектрические явления (эффект Зеебека и Пельтье). Термо-ЭДС.
Раздел 5	<b>Магнитные свойства твердых тел</b> Намагниченность твердых тел. Диа-, пара- и ферромагнетики. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Магнитный момент атомов. Природа диа- и парамагнетизма. Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики. Ферриты.
Раздел 6	<b>Сверхпроводимость</b> Сверхпроводимость. Критерий нулевого сопротивления. Температура перехода в сверхпроводящее состояние. Эффект Мейснера. Критическое магнитное поле. Связь

	сверхпроводимости со структурой кристалла и теплоемкостью. Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона. Теории сверхпроводимости: теория Лондонов, теория Гинзбурга-Ландау, теория Бардина-Купера-Шриффера.
--	--

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Кристаллическая решетка твердых тел	Решение задач	3		1
2	Упругие свойства твердых тел	Решение задач	3		2
3	Теплоемкость твердых тел	Решение задач	3		3
4	Электропроводность металлов	Решение задач	3		4
5	Магнитные свойства твердых тел	Решение задач	3		5
6	Сверхпроводимость	Решение задач	2		6
Всего			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)	50	50
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	12	12
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	12	12
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/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
53 Т76	Курс физики: учебное пособие / Т. И. Трофимова. - 21-е изд., стер. - М.: Академия, 2015. - 560 с.: рис., табл. - (Высшее образование). - Предм. указ.: с. 537 -549. - ISBN 978-5-4468-2023-8	94
<a href="https://e.lanbook.com/book/210305">https://e.lanbook.com/book/210305</a>	Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5	
<a href="https://e.lanbook.com/book/21067">https://e.lanbook.com/book/21067</a>	Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9	
<a href="https://e.lanbook.com/book/434087">https://e.lanbook.com/book/434087</a>	Гриняев, С. Н. Кристаллофизика : учебное пособие для вузов / С. Н. Гриняев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-507-50001-7	
<a href="https://znanium.com/catalog/product/556655">https://znanium.com/catalog/product/556655</a>	Краснопевцев, Е. А. Квантовая механика в приложениях к	



	физике твердого тела / Краснопевцев Е.А. - Новосибирск :НГТУ, 2010. - 355 с.: ISBN 978-5-7782-1464-4	
--	---	--

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="https://fizikaguar.ru/">https://fizikaguar.ru/</a>	Образовательный ресурс кафедры физики ГУАП
<a href="https://new-science.ru/category/fizika/">https://new-science.ru/category/fizika/</a>	Интернет-журнал «Новая Наука». Раздел физика
<a href="https://ufn.ru/ru/">https://ufn.ru/ru/</a>	Электронная версия журнала «Успехи физических наук», Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

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
1	MS Windows
2	MS Office

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	196135, г. Санкт-Петербург, ул.

	<p>консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования.</p>	<p>Гастелло, д. 15, аудитория №32-01</p>
2	<p>Учебная аудитория для занятий лекционного типа, лабораторных 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 (комплект приборов для физических измерений (электронный завод Эльвро Вроцлав); Установки FRM – 06; FRM – 08; FRM – 09; FRM – 07; FRM – 03; FRM – 02; FRM – 01; FRM – 04; FRM – 05; FRM – 10)</p>	<p>196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №31-04б</p>
3	<p>Учебная аудитория для практических занятий, занятий семинарского типа, лабораторных занятий, 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 (комплект приборов для физических измерений (электронный завод Эльвро Вроцлав); Установки FRM – 06; FRM – 08; FRM – 09; FRM – 07; FRM – 03; FRM – 02; FRM – 01; FRM – 04; FRM – 05; FRM – 10)</p>	<p>196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №31-04в</p>
4	<p>Учебная аудитория для практических занятий типа, лабораторных 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 (модульные лабораторные установки по электромагнетизму: ФПЭ – 03, ФПЭ – 07, ФПЭ – 05, ФПЭ – 08, ФПЭ – 11, ФПЭ – 12, ФПЭ – 04 (ООО «Интос» г. Москва); микросистемы; лабораторные работы по волновой оптике: 1.Бипризма Френеля, 2.Кольца Ньютона, 3.Дифракция плоских волн, 4.Дифракционная решетка, 5.Поляризация света, 6.Определение длин волн спектральных линий; лабораторный стенд ИТЗ-ЭМ-П-ПО (ООО «Профобразование» г. Казань)).</p>	<p>196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-04</p>

#### 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; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

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;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Какая проводимость называется примесной? Назовите виды примесной проводимости.	ОПК-1.3.1
2	Какие вещества называют диэлектриками?	ОПК-1.3.1
3	Дайте определения диамагнетикам и парамагнетикам.	ОПК-1.3.1
4	Какие вещества называются ферромагнетиками?	ОПК-1.3.1
5	Назовите, что называется внешним фотоэффектом.	ОПК-1.3.1
6	Объясните различие между полярными и неполярными диэлектриками.	ОПК-1.У.1
7	Объясните, в чем заключается явление сверхпроводимости. При каких условиях оно возникает?	ОПК-1.У.1
8	Объясните, может ли видимое излучение вызвать фотоэффект в пластине из металла, работа выхода которого равна 3.5 эВ. Обоснуйте свой ответ.	ОПК-1.У.1
9	Сформулируйте закон Гука для деформаций сжатия/растяжения и кручения.	ПК-6.3.2
10	Каким может быть спин частиц, которые описываются статистикой Ферми-Дирака? Приведите примеры таких частиц.	ПК-6.3.2
11	Объясните, чем отличается характер заполнения состояний квантовой системы фермионами и бозонами.	ПК-6.3.2
12	Чему равна молярная теплоемкость твердого тела, согласно классической теории теплоемкости Дюлонга и Пти?	ПК-6.3.2
13	Какая частица называется фононом? Каким квантовым распределением описываются фононы?	ПК-6.3.2
14	Объясните, как квантовая теория теплоемкости твердого тела Дебая дополняет теорию теплоемкости Эйнштейна.	ПК-6.В.1
15	Предложите теоретическое обоснование, как изменится проводимость кремниевого образца, если в него внедрить небольшое количество индиевой примеси? Валентность кремния равна 4, валентность индия – 3.	ПК-6.В.1

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	

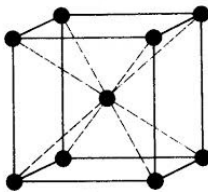
Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

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

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

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	<p>Укажите, какие частицы являются фермионами.</p> <p>1) Электрически заряженные частицы.  2) Электрически нейтральные частицы.  <b>3) Все частицы с полуцелым спином.</b>  4) Электрически заряженные частицы с целым спином.</p>	ОПК-1.3.1
2	<p>Как называется твердое тело, у которого валентная зона полностью заполнена, зона проводимости – полностью свободна, а ширина запрещенной зоны велика по сравнению с энергией теплового движения?</p> <p>1) Проводник  <b>2) Диэлектрик</b>  3) Полупроводник  4) Примесный полупроводник</p>	ОПК-1.3.1
3	<p>Какие подвижные частицы или квазичастицы являются носителями заряда в полупроводниках?</p> <p>1) Электроны  2) Протоны  <b>3) Электроны и дырки</b>  4) Ионы</p>	ОПК-1.3.1
4	<p>Объясните, как зависит электропроводность полупроводников от температуры.</p> <p><b>1) Возрастает</b>  2) Уменьшается  3) Остается неизменной  4) Изменяется непредсказуемым образом</p>	ОПК-1.У.1
5	<p>Определите, чему равна молярная теплоемкость простой кристаллической решетки согласно классической теории Дюлонга и Пти (в единицах <math>R</math>, где <math>R</math> – универсальная газовая постоянная).</p> <p>1) <math>R/3</math>  2) <math>R/2</math>  3) <math>R</math>  <b>4) <math>3R</math></b></p>	ОПК-1.У.1
6	<p>Укажите, какой тип кристаллической структуры представлен на изображении.</p>  <p>1) ПК  <b>2) ОЦК</b></p>	ПК-6.3.2

	3) ГЦК 4) ГПУ	
7	<p>Назовите, чему равно координационное число для простой кубической решетки.</p> <p>1) 1 2) 3 3) 5 <b>4) 6</b></p>	ПК-6.3.2
8	<p>Укажите, как называется тип связи между одинаковыми атомами, возникающей за счет обменного взаимодействия вследствие обобществления валентных электронов.</p> <p><b>1) Ковалентная</b> 2) Ионная 3) Обменная 4) Обобщенная</p>	ПК-6.3.2
9	<p>Рассчитайте, какой длиной волны должно обладать излучение, чтобы оно смогло вызвать внешний фотоэффект из металла с работой выхода <math>A = 4 \text{ эВ}</math>.</p> <p><b>1) 311 нм</b> 2) 650 нм 3) 1240 нм 4) 410 нм</p>	ПК-6.В.1
10	<p>Предложите, каким образом можно связать магнитную проницаемость <math>\mu</math> и магнитную восприимчивость <math>\chi</math> вещества.</p> <p>1) <math>\mu = 1/\chi</math> 2) <math>\mu = \chi/2</math> 3) <math>\mu = \chi - 1</math> <b>4) <math>\chi = \mu - 1</math></b></p>	ПК-6.В.1
Вопросы для проверки остаточных знаний		
11	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i> Укажите, что из перечисленного <u>не</u> является строгим условием для когерентности световых волн.</p> <p>1) Одинаковость амплитуд 2) Постоянство разности фаз 3) Равенство длин волн 4) Равенство частот</p> <p><b>Ответ: 1) Одинаковость амплитуд, поскольку для устойчивой интерференционной картины необходимы равенство длин волн (а, следовательно, и частот) и постоянство разности фаз.</b></p>	ОПК-1
12	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i> Укажите, какие из перечисленных ниже наборов трех квантовых чисел в атоме являются допустимыми.</p>	

	<div>1) <math>n = 1, l = 0, m = 0</math> 2) <math>n = 0, l = 0, m = 0</math> 3) <math>n = 2, l = 0, m = 0</math> 4) <math>n = 2, l = 1, m = -1</math></div> <div>Ответ: 1, 3 и 4, поскольку главное квантовое число <math>n</math> не может иметь нулевое значение.</div>									
13	<div>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца: Установите соответствие между характером движения и действующей на тело силой.</div> <table><tr><th>Движение</th><th>Сила</th></tr><tr><td>1) Равномерное прямолинейное</td><td>А) Центростремительная</td></tr><tr><td>2) Равноускоренное прямолинейное</td><td>Б) Постоянная</td></tr><tr><td>3) Равномерное вращение</td><td>В) Равная нулю</td></tr></table> <div>Ответ: 1-В, 2-Б, 3-А</div>	Движение	Сила	1) Равномерное прямолинейное	А) Центростремительная	2) Равноускоренное прямолинейное	Б) Постоянная	3) Равномерное вращение	В) Равная нулю	
Движение	Сила									
1) Равномерное прямолинейное	А) Центростремительная									
2) Равноускоренное прямолинейное	Б) Постоянная									
3) Равномерное вращение	В) Равная нулю									
14	<div>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо: Расположите перечисленные ниже тела в порядке <b>возрастания</b> их момента инерции. Массы и характерные размеры тел считать одинаковыми.</div> <div>А) Шар Б) Тонкое кольцо В) Цилиндр</div> <div>Ответ: АВБ</div>									
15	<div>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ: Объясните, как изменится сила тока через проводник, если при неизменной разности потенциалов на его концах и постоянной толщине проводника увеличить его длину.</div> <div>Ответ: При увеличении длины проводника возрастает его сопротивление, а с ростом сопротивления, в соответствии с законом Ома, уменьшается сила тока.</div>									
16	<div>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа: Проанализируйте форму траектории заряженной частицы, движущейся в магнитном поле с постоянной скоростью перпендикулярно к линиям индукции.</div> <div>1) Спираль 2) Прямая 3) Парабола 4) Окружность</div>	ПК-6								

	<b>Ответ: 4) Окружность, поскольку в указанном случае сила Лоренца, являющаяся центростремительной силой, всегда направлена строго под прямым углом к вектору скорости.</b>									
17	<p>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</p> <p>Укажите, какие из перечисленных физических величин являются инвариантами специальной теории относительности.</p> <p>1) Расстояние 2) Скорость 3) Масса 4) Интервал 5) Энергия покоя</p> <p><b>Ответ: 4 и 5, поскольку расстояние подвержено лоренцеву сокращению, релятивистская масса зависит от скорости движения тела, а скорость инвариантна и в классической механике.</b></p>									
18	<p>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца:</p> <p>Установите соответствие между строением молекулы идеального газа и числом степеней свободы, необходимых для описания ее движения.</p> <table><tr><td>Идеальный газ</td><td>Число степеней свободы</td></tr><tr><td>1) Одноатомный</td><td>А) 6</td></tr><tr><td>2) Двухатомный</td><td>Б) 5</td></tr><tr><td>3) Многоатомный</td><td>В) 3</td></tr></table> <p><b>Ответ: 1-В, 2-Б, 3-А</b></p>	Идеальный газ	Число степеней свободы	1) Одноатомный	А) 6	2) Двухатомный	Б) 5	3) Многоатомный	В) 3	
Идеальный газ	Число степеней свободы									
1) Одноатомный	А) 6									
2) Двухатомный	Б) 5									
3) Многоатомный	В) 3									
19	<p>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо:</p> <p>Расположите перечисленные ниже частицы в порядке <u>убывания</u> величины их удельного заряда.</p> <p>А) Альфа-частица Б) Протон В) Электрон Г) Нейтрон</p> <p><b>Ответ: ВБАГ</b></p>									
20	<p>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ:</p> <p>Объясните, при каких условиях наблюдается явление полного внутреннего отражения света.</p> <p><b>Ответ: Полное внутреннее отражение наблюдается в том случае, когда свет падает из оптически более плотной среды в менее плотную под некоторым критическим углом.</b></p>									

*Примечание.* Система оценивания тестовых заданий различного типа:



1) **Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора** считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2) **Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора** считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3) **Задание закрытого типа на установление соответствия** считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4) **Задание закрытого типа на установление последовательности** считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5) **Задание открытого типа с развернутым ответом** считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный – 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

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.

#### Структура предоставления лекционного материала:

- лекции согласно разделам (табл.3) и темам (табл.4).

### 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

Задание к выполнению практической работы выдается преподавателем в начале занятия в соответствии с планом занятий. Темы практических работ приведены в табл. 5 данной программы.

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:

1. Механика. Колебания и волны. Термодинамика. Сборник задач // И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Ю.А. Новикова, В.К. Прилипко, Е.В. Рутков, Ю.Н. Царев. СПбГУАП, 2018.67 с.
2. Электричество. Магнетизм. Оптика. Сборник задач. // В.М. Андреев, И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, И.П. Кректунова, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Ю.А.

Новикова, М.О. Первушина, В.К. Прилипко, Г.В. Терещенко, А.Н. Холодилов, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин. СПбГУАП, 2019. 78 с.

3. Квантовая физика. Сборник задач // И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев. СПбГУАП, 2015. 58 с.

#### Структура и форма отчета о практической работе

Отчет о практической работе должен содержать: титульный лист, основную часть, выводы по результатам исследований.

*На титульном листе* должны быть указаны: название дисциплины, название практической работы, фамилия и инициалы преподавателя, фамилия и инициалы студента, номер его учебной группы и дата защиты работы.

*Основная часть* должна содержать задание, результаты экспериментально-практической работы, расчетно-аналитические материалы, листинг кода/скрин экрана.

*Выводы* по проделанной работе должны содержать основные результаты по работе.

#### Требования к оформлению отчета о практической работе

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>

11.3. 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).

11.4. 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.

Текущий контроль осуществляется по календарному учебному графику. Сроки контрольных мероприятий и сроки подведения итогов отображаются в рабочих учебных планах на семестр. Обучающийся должен выполнить все контрольные мероприятия,

предусмотренные на данный семестр, после чего преподаватель проставляет балльные оценки, набранные студентами по результатам текущего контроля.

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. Контрольное мероприятие считается выполненным, если за него студент получил оценку в баллах не ниже минимальной оценки, установленной преподавателем по данному мероприятию.

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 дистанционного обучения ГУАП <https://lms.guap.ru> не ниже оценки «удовлетворительно». В случае невыполнения вышеизложенного студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации, не может получить аттестационную оценку выше «удовлетворительно».

11.5. 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».

В течение семестра студенту необходимо сдать не менее 50% лабораторных работ, не менее 50% практических работ, выполнить тестирования в среде LMS не ниже оценки "удовлетворительно". В случае невыполнения вышеизложенного, студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена, не может получить аттестационную оценку выше "хорошо".

Экзамен может проходить в виде устного опроса или тестирования. Основанием для допуска к промежуточной аттестации является успешное прохождение обучающимся текущего контроля успеваемости.

Критерии оценивания сформированности компетенций обучающегося:

**Оценка «отлично»:** уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка.

**Оценка «хорошо»:** уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.

**Оценка «удовлетворительно»:** уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения

фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.

**Оценка «неудовлетворительно»:** уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.

Основными ориентирами при подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине являются конспект лекций и перечень рекомендуемой литературы. При подготовке к сессии обучающемуся рекомендуется так организовать учебную работу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы. Основное в подготовке к сессии – это повторение всего материала курса, по которому необходимо пройти аттестацию. При подготовке к сессии следует весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы.

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП» [https://docs.guap.ru/guap/2020/sto\\_smk-3-76.pdf](https://docs.guap.ru/guap/2020/sto_smk-3-76.pdf).

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