



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»

Общий факультет (Фрязино)

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.
Фрязино

_____ Макарова Л.А.

«__» _____ 2020 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
Физика конденсированного состояния

Читающее подразделение	базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники
Направление	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Направленность	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	3 з.е.

Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
5	3	108	32	0	32	26	0,25	17,75	Зачет

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доцент, Веденеев Александр Александрович _____

канд. физ.-мат. наук, доцент, Лобанова Александра Валериевна _____

Рабочая программа дисциплины

Физика конденсированного состояния

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

направленность: «Проектирование и технология электронных приборов и устройств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от 29.08.2020 № 1

Зав. кафедрой Борисов Александр Анатольевич _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2021 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2022 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 137 - электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология электронных приборов и устройств».

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность:	Проектирование и технология электронных приборов и устройств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Обязательная часть
Общая трудоемкость:	3 з.е. (108 акад. час.).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

ОПК-1 - Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

ОПК-1 : Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ОПК-1.1 : Осваивает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

Знать:

- способы оценки и измерения свойств и параметров вещества в конденсированном состоянии с использованием квантостатистических расчетов и физико-химических методов анализа

Уметь:

- составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов

Владеть:

- навыками применения систематических знаний по направлению деятельности, углубленных знаний по выбранной направленности подготовки

ОПК-1.2 : Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

Знать:

- основные законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников

Уметь:

- применять законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач

ОПК-1.3 : Использует навыки применения знаний физики и математики при решении практических задач

Знать:

- связь квантовой механики с основными принципами и законами химии, физики конденсированного состояния и наноэлектроники

Уметь:

- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники

Владеть:

- методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и наноэлектроники

В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН

Знать:

- основные законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников

- связь квантовой механики с основными принципами и законами химии, физики конденсированного состояния и наноэлектроники

- способы оценки и измерения свойств и параметров вещества в конденсированном состоянии с использованием квантостатистических расчетов и физико-химических методов анализа

Уметь:

- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники

- применять законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач

- составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов

Владеть:

- методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и наноэлектроники

- навыками применения систематических знаний по направлению деятельности, углубленных знаний по выбранной направленности подготовки

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Сем.	Часов	Компетенции
1. Введение и основные понятия				
1.1	Структура кристаллов и межатомные связи. (Лек). Энергия связи системы частиц. Типы межатомных связей в твёрдых телах: ионная, ковалентная, металлическая, Ван-дер-Ваальсова и водородная связь. Конденсированное состояние вещества. Кристаллическое состояние и его классификация.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

1.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение количества атомов в элементарных ячейках, концентрации атомов в кристалле.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель: "нахождение количества атомов в элементарных ячейках, концентрации атомов в кристалле".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
1.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
1.5	Кристаллическая решётка. (Лек). Элементарная ячейка. Кристаллографические плоскости. Сингонии кристаллов. Решётки Браве. Симметрия кристаллов решеток. Атом водорода, модель Бора.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение количества атомов в элементарных ячейках, концентрации атомов в кристалле. Нахождение базиса, компактности.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель: "нахождение количества атомов в элементарных ячейках, концентрации атомов в кристалле. Нахождение базиса, компактности".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
1.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
1.9	Классификация дефектов. (Лек). Точечные: вакансии, межузельные атомы, дефекты Френкеля, радиационные дефекты. Линейные дефекты. Дислокация: краевая и винтовая. Плотность дислокаций в кристалле. Движение дислокаций. Влияние дислокаций на свойства твёрдых тел. Поверхностные и объёмные дефекты.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.10	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение количества дефектов в кристаллах.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
1.11	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель: "нахождение количества дефектов в кристаллах".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
1.12	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2. Тепловые свойства твердых тел и теория упругости.				
2.1	Теория упругости. Деформация. (Лек). Закон Гука. Напряжение и деформация в твёрдых телах. Сжатие, растяжение, сдвиг, кручение.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

2.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение удлинения при растяжении и сжатии.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"нахождение удлинения при растяжении и сжатии".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.5	Теория упругости. Деформация. (Лек). Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Упругая энергия. Механизмы пластического и хрупкого разрушения твёрдых тел.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на закон Гука и модуль Юнга.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"закон Гука и модуль Юнга".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.9	Тепловые свойства. (Лек). Понятия классической теплоёмкости твёрдых тел. Закон Дюлонга и Пти. Недостатки классической теории теплопроводности. Квантовая теория теплоёмкости Эйнштейна. Теория теплоёмкости Дебая.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.10	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на законы Дюлонга и Пти, теплоёмкости Эйнштейна и Дебая, температуры Дебая.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.11	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"законы Дюлонга и Пти, теплоёмкости Эйнштейна и Дебая, температуры Дебая".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.12	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2.13	Тепловые свойства. (Лек). Колебания кристаллической решетки. Понятие о фононах. Акустические и оптические колебания цепочки атомов. Тепловое расширение твёрдых тел	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.14	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение параметров теплового расширения в твердых телах.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.15	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"нахождение параметров теплового расширения в твердых телах".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3

2.16	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3. Электрические свойства твердых тел и полупроводников.				
3.1	Электрические свойства твердых тел. (Лек). Статистика электронов в твердом теле. Подходы к определению электронных состояний: приближение сильной связи; модель почти свободных электронов; модель Кронига-Пенни. Зонный характер спектра электронов в кристаллах. Проводники, полупроводники и диэлектрики.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение уровней энергии в твердых телах.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель: "нахождение уровней энергии в твердых телах".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.5	Основы классической электронной теории электропроводности металлов. (Лек). Закон Ома в дифференциальной форме. Удельное сопротивление металла, его зависимость от температуры. Недостатки классической теории электропроводности. Понятие о квантовой теории электропроводности металлов. Связь между электропроводностью и теплопроводностью металлов.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение электропроводности, теплопроводности	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель: "нахождение электропроводности, теплопроводности".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.9	Электрические свойства полупроводников. (Лек). Собственные полупроводники. Зонная структура основных полупроводников; легкие и тяжелые дырки; мелкие и глубокие примесные состояния; доноры и акцепторы. Эффективная масса носителей заряда. Концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике. Концентрация примесных носителей заряда. Фотопроводимость полупроводников.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.10	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение уровней энергии в полупроводниках.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

3.11	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"нахождение уровней энергии в полупроводниках".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.12	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.13	Электрические свойства полупроводников (Лек). Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик - полупроводник; р-п переход; изотипные и анизотипные гетеропереходы. Пробой р-п перехода. Выпрямление тока. Диффузия примесей в германий и кремний. Механизмы диффузии. Законы диффузии. Связь коэффициента диффузии и подвижности. Фазовые переходы в конденсированных средах.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.14	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на нахождение концентрации примесных атомов и дырок.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
3.15	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"нахождение концентрации примесных атомов и дырок".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
3.16	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
4. Диэлектрические свойства кристаллов				
4.1	Основные определения и формулы. (Лек). Особенности кристаллических диэлектриков. Дипольный и деформационные (электронный и ионный) механизмы поляризации. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
4.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на определения связи между основными характеристиками диэлектрика.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
4.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"определения связи между основными характеристиками диэлектрика".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
4.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
4.5	Простейшие типы поляризации диэлектриков (Лек). Пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, пироэлектрики, сегнетоэластики. Домены в сегнетоэлектриках и сегнетоэластиках. Гистерезис. Электрострикция.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
4.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на типы поляризации, построение петли гистерезиса.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

4.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"типы поляризации, построение петли гистерезиса".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
4.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
5. Магнитные свойства твердых тел.				
5.1	Диамагнетизм. Парамагнетизм. (Лек). Магнитные моменты электронов и атомов. Атом в магнитном поле. Диа- и парамагнитный эффекты. Намагниченность вещества.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на тела и электроны в магнитных полях.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"тела и электроны в магнитных полях".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
5.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
5.5	Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. (Лек). Общие свойства ферромагнетиков. Применение приближения усредненного поля к ферромагнетикам. Точка Кюри. Закон Кюри-Вейсса. Намагниченность ниже точки Кюри в приближении усредненного поля. Намагниченность насыщения при абсолютном нуле. Зависимость намагниченности насыщения от температуры. Упрощенная формула определения намагниченности насыщения. Общие свойства антиферромагнетиков. Магнитная восприимчивость антиферромагнетиков выше точки Нееля.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.6	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач по ферромагнетизму, на закон Кюри.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
5.7	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"ферромагнетизм, на закон Кюри".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
5.8	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3

6. Сверхпроводимость.				
6.1	Основные особенности сверхпроводящего состояния вещества. (Лек). Определение сверхпроводимости. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Высокотемпера-турная сверхпроводимость. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Квантование маг-нитного потока. Критический ток. Применения сверхпроводников.	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
6.2	Выполнение практических заданий (Пр). Решение задач на уравнения Лондонов	5	2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
6.3	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение задач из типового расчета на пройденные темы, согласно варианту, который выдал преподаватель:"уравнения Лондонов".	5	1,3	ОПК-1.1, ОПК-1.3
6.4	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Изучение пройденного материала	5	0,325	ОПК-1.1, ОПК-1.3
7. Промежуточная аттестация (зачёт)				
7.1	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Зачёт).	5	17,75	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
7.2	Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).	5	0,25	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Физика конденсированного состояния», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

1. Диэлектрические материалы, как класс веществ.
2. Относительная диэлектрическая проницаемость, абсолютная диэлектрическая проницаемость. Связь с емкостью конденсатора.
3. Расположение зарядов в полностью поляризованном диэлектрике. Поляризованность.
4. Что означает термин «поляризация диэлектрика»?
5. Как связана поляризация в диэлектрике с величиной напряженности поля внутри диэлектрика?
6. Диэлектрическая восприимчивость.
7. Как зависит поляризуемость и диэлектрическая проницаемость от температуры при электронной поляризации?
8. Ионная и ионно-релаксационная поляризации.
9. Что характеризует время релаксации и от каких факторов оно зависит?
10. Каким веществам свойственна дипольно-релаксационная поляризация и при каких условиях она возможна?
11. Физическая основа эффекта миграционной поляризации.
12. Что называют сегнетоэлектрической точкой Кюри.
13. Каким образом получают электреты различных видов?
14. Что такое диэлектрические потери? При каких напряжениях они больше (постоянное, переменное)?
15. Что такое угол диэлектрических потерь?
16. Что такое удельные потери и как они рассчитываются?
17. При каких параметрах диэлектрические потери имеют большое значение и какими свойствами должны обладать материалы?

18. Как меняется тангенс диэлектрических потерь при изменении температуры у жидкого диэлектрика при релаксационных потерях?
19. Как зависит тангенс угла диэлектрических потерь от частоты, когда потери в диэлектрике обусловлены сквозной электропроводностью?
20. Как зависит тангенс угла диэлектрических потерь от напряжения в диэлектриках с пористой структурой?
21. Какие потери преобладают в жидком диэлектрике, в зависимости от его вязкости?
22. Какие диэлектрические потери возможны в твердых диэлектриках в зависимости от строения вещества? Приведите примеры.
23. Виды поляризации. Электронная поляризация.
24. Виды поляризации. Ионная поляризация.
25. Виды поляризации. Упруго-дипольная поляризация.
26. Виды поляризации. Ионно-релаксационная поляризация.
27. Виды поляризации. Дипольно-релаксационная поляризация.
28. Виды поляризации. Миграционная поляризация.
29. Виды поляризации. Пьезоэлектрическая поляризация.
30. Виды поляризации. Электронно-релаксационная поляризация.
31. Виды поляризации. Поляризация ядерного смещения.
32. Виды поляризации. Остаточная (электретная) поляризация.
33. Виды поляризации. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация.
34. Диэлектрические потери.
35. Диэлектрические потери в газах.
36. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках.
37. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках с ионной структурой.
38. Прямой пьезоэлектрический эффект.
39. Обратный пьезоэлектрический эффект.
40. Определение пьезоэлектриков.
41. Пьезоэлектрические материалы.
42. Характеристики и применение пьезоэлектрических материалов.
43. Определение сегнетоэлектриков. Доменная структура.
44. Кривая поляризации сегнетоэлектрика. Области поляризации.
45. Диэлектрический гистерезис.
46. Определение сегнетоэластиков. Поляризация в сегнетоэластиках.
47. Как диэлектрическая проницаемость в параэлектриках зависит как от температуры и электрического поля?
48. Пироэлектрики. Определение, изменение поляризации пироэлектриков.
49. Модельный механизм пироэлектрического эффекта. Количественное изменение поляризации.
50. Уравнения электромагнитного поля Максвелла.
51. Границы применимости уравнений Максвелла.
52. Связанные и свободные заряды.
53. Дипольный момент, диполь
54. Полярные искажения кристаллических структур пироэлектриков.
55. Первичный и вторичный пироэффект.
56. Линейные пироэлектрики, особенности их свойств.
57. Точечные группы симметрии кристаллов.
58. Предельные группы симметрии Кюри.
59. Полярность точечных групп пироэлектриков.
60. Взаимосвязь электрических, тепловых, механических явлений в пироэлектриках.
61. Третичный пироэффект.
62. Термополяризационный эффект.
63. Температурная зависимость поляризации.
64. Собственные и несобственные сегнетоэлектрики.
65. Магнитные моменты электронов и атомов.
66. Намагничивание вещества. Намагниченность магнетика.

67. Диамагнитный эффект.
68. Прецессия. Магнитная восприимчивость.
69. Парамагнитный эффект.
70. Свойства ферромагнетиков. Графическое изображение.
71. Природа ферромагнетизма.
72. Магнитные характеристики. Магнитный момент диполя. Магнитная индукция. Магнитная проницаемость.
73. Энергия магнита. Дифференциальная восприимчивость.
74. Парамагнетизм в кристаллах, редкоземельных ионов.
75. Парамагнетизм группы железа.
76. Расщепление внутрикристаллическим полем.
77. Замораживание орбитального углового момента.
78. Парамагнетизм Паули. Графическое изображение.
79. Диамагнетизм Ландау.
80. Правила Хунда.
81. Виды обмена спинами.
82. Спиновые волны. Магноны.
83. Ферромагнитные домены.
84. Движение границ доменов при намагничивании.
85. Наведенная или ориентационная анизотропия.
86. Открытие сверхпроводимости.
87. Эффект Мейсснера.
88. Сверхпроводник в магнитном поле.
89. Сверхпроводники 1 рода.
90. Сверхпроводники II рода.
91. Высокотемпературные сверхпроводники.
92. Свойства сверхпроводников.
93. Критический ток в сверхпроводниках.
94. Высокотемпературные сверхпроводники.
95. Вихри Абрикосова в сверхпроводниках. Куперовские пары электронов.
96. Сверхтекучесть материалов.
97. Связывание электронов в пары в сверхпроводниках.
98. Приборы на основе сверхпроводников.
99. Применение слабой сверхпроводимости — СКВИДы.
100. Токи и поля в сверхпроводниках.
101. Типы сил притяжения.
102. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
103. Энергия дисперсионного взаимодействия. Уравнение.
104. Энергия взаимодействия дипольных молекул.
105. Индукционное взаимодействие.
106. Зависимость потенциальной энергии от расстояния.
107. Результирующая энергия решетки.
108. Внутрикристаллические силы.
109. Трансляционные решетки Бравэ и решетки с базисом.
110. Положение частиц в решетке, базисные вектора, элементарная ячейка, узлы решетки.
111. Типы сложных элементарных ячеек.
112. Индексы узлов, направлений, плоскостей.
113. Атом Бора. Постулаты Бора.
114. Атом водорода, три предположения.
115. Квантовые числа, главное, орбитальное, магнитное.
116. Излучение атома водорода.
117. Что такое спин.
118. Классификация дефектов.
119. Разновидности точечных дефектов.
120. Линейные дефекты.

121. Модель винтовой дислокации.
122. Поверхностные дефекты.
123. Дефекты упаковки. Объемные дефекты.
124. Закон Гука.
125. Модуль Юнга. Удлинение.
126. Последствие и ползучесть.
127. Вязкоупругие деформации
128. Механизмы пластического и хрупкого разрушения твердых тел.
129. Типы нарушений сплошности.
130. Основные формы полостей.
131. Схема зарождения трещины.
132. Хрупкое разрушение, критерий Гриффитса.
133. Концентрация напряжений в образце с надрезом.
134. Вязкое разрушение.
135. Типы изломов при вязком разрушении.
136. Основные признаки различных видов разрушения.
137. Температурный порог хладноломкости.
138. Температурная зависимость показателя вязкости материала.
139. Температурная зависимость хрупкой прочности и предела текучести.
140. Влияние поверхностно-активных веществ. Эффект Ребиндера.
141. Формы проявления эффекта Ребиндера.
142. Усталостное разрушение.
143. Цикл нагружения.
144. Природа усталостного разрушения.
145. Усталостные испытания
146. Влияние различных факторов на усталость.
147. Способы повышения усталостной прочности.
148. Теплоемкость твердых тел, формула теплоемкости, удельная теплоемкость.
149. Классическая модель теплоемкости.
150. Модель теплоемкости Дебая.
151. Модель теплоемкости Эйнштейна.
152. Теплоемкость металлов. Электронная.
153. Плотность электронных состояний в энергетической зоне.
154. Колебания атомов в одномерной цепочке.
155. Скорость волн в зоне Бриллюэна.
156. Тепловое расширение твердых тел.
157. Закон Грюнайзена.
158. Металлы, полупроводники, диэлектрики.
159. Валентная зона в металлах, полупроводниках и диэлектриках.
160. Собственные и примесные полупроводники.

Примеры типовых задач.

1. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью 160 А/м перпендикулярно линиям индукции поля со скоростью 106 м / с . Вычислить радиус окружности, по которой будет двигаться электрон.
2. Проводящий шар с равномерно распределенным зарядом 300 мкКл помещают в однородный изотропный диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 20$. Определить поляризованный заряд на границе диэлектрика с шаром.
3. Обкладки плоского конденсатора имеют разноименные заряды по 100 нКл . Между обкладками находится диэлектрик, его относительная диэлектрическая проницаемость меняется по закону $\epsilon = \epsilon(x)$, от $\epsilon_1 = 50$ у положительной обкладки и до $\epsilon_2 = 5$ у отрицательной. Определить суммарный связанный заряд q_1 , возникающий во всем объеме диэлектрика.
4. Проводящий шар с равномерно распределенным зарядом помещают в однородный изотропный диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 8$. Определить равномерно

распределенный заряд шара, если поляризованный заряд на границе диэлектрика с шаром равен 400 мкКл.

5. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью 120 А/м перпендикулярно линиям индукции поля со скоростью $5 \cdot 10^6$ м/с. Вычислить радиус окружности, по которой будет двигаться электрон.

6. Обкладки плоского конденсатора имеют разноименные заряды по 90 нКл. Между обкладками находится диэлектрик, его относительная диэлектрическая проницаемость меняется по закону $\epsilon = \epsilon(x)$, от $\epsilon_1 = 45$ у положительной обкладки и до $\epsilon_2 = 3$ у отрицательной. Определить суммарный связанный заряд q_1 , возникающий во всем объеме диэлектрика.

7. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции поля со скоростью $9 \cdot 10^6$ м/с по окружности радиуса 4 см. Вычислить напряженность магнитного поля.

8. В центре диэлектрического шара радиусом 5 см, относительная диэлектрическая проницаемость которого равна 40, помещен заряд 30 нКл. Шар окружен безграничным диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью 10. Определить поверхностную плотность связанных зарядов.

9. При разрядке длинного цилиндрического конденсатора длиной 5 см и внешним радиусом равным 0,5 см в подводящих проводах течет ток проводимости силой 0,1 мкА. Определить плотность тока смещения в диэлектрике между обкладками конденсатора.

10. В центре диэлектрического шара радиусом 4 см, относительная диэлектрическая проницаемость которого равна 35, помещен заряд 25 нКл. Шар окружен безграничным диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью 8. Определить поверхностную плотность связанных зарядов.

11. Соленоид содержит $N = 50$ витков. Индуктивность соленоида $L = 2 \cdot 10^{-2}$ Гн, площадь его сечения $S = 3$ см². Определить индукцию магнитного поля в соленоиде при токе в 3 А.

12. При разрядке длинного цилиндрического конденсатора длиной 3 см и внешним радиусом равным 0,6 см в подводящих проводах течет ток проводимости силой 0,2 мкА. Определить плотность тока смещения в диэлектрике между обкладками конденсатора.

13. Напряженность электрического поля в зазоре между обкладками конденсатора площадью 1 см², заполненном диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 500, изменяется равномерно со скоростью 0,15 МВ/м*с. Определить силу тока смещения в таком поле.

14. В центре диэлектрического шара, относительная диэлектрическая проницаемость которого равна 50, помещен заряд 20 нКл. Шар окружен безграничным диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью 5 и поверхностной плотностью связанных зарядов 50 мкКл/м². Определить радиус шара.

15. Сила тока смещения в электрическом поле равна 0,2 мкА в зазоре между обкладками конденсатора площадью 2 см², заполненном диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 1000. Найти равномерную скорость изменения напряженности электрического поля.

16. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл равномерно вращается рамка, делая $n = 480$ об/мин. Площадь рамки $S = 200$ см², она содержит $N = 1000$ витков. Определить мгновенное значение ЭДС, соответствующее углу поворота рамки $\alpha = 30^\circ$.

17. Соленоид содержит $N = 200$ витков. Индуктивность соленоида $L = 10^{-2}$ Гн, площадь его сечения $S = 8$ см². Определить индукцию магнитного поля в соленоиде при токе в 2 А.

18. Через соленоид, индуктивность которого $L = 0,4$ мГн и площадь поперечного сечения $S = 10$ см², проходит ток $I = 0,5$ А. Какова индукция магнитного поля внутри соленоида, если он содержит $N = 100$ витков?

19. Рамка из тонкого провода в виде квадрата массой $m = 6$ гр. свободно подвешена на неупругой нити в однородном магнитном поле. По рамке течет ток силой $I = 10$ А. Период малых крутильных колебаний T относительно оси рамки равен 3 с. Найти магнитную индукцию B .

20. Электрон в нормальном состоянии атома водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом $R = 7 \cdot 10^{-11}$ м. Вычислить силу эквивалентного кругового тока I и

напряженность H в центре окружности.

21. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,6$ Тл равномерно вращается рамка, делая $n = 360$ об/мин. Площадь рамки $S = 100$ см², она содержит $N = 800$ витков. Определить мгновенное значение ЭДС, соответствующее углу поворота рамки $\alpha = 40^\circ$.

22. Через соленоид, индуктивность которого $L = 0,5$ мГн и площадь поперечного сечения $S = 8$ см², проходит ток $I = 0,7$ А. Какова индукция магнитного поля внутри соленоида, если он содержит

$N = 200$ витков?

23. Два одинаковых отрицательных заряда, имеющие различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый начал двигаться по окружности радиусом 7 см, второй - по окружности радиусом 3,5 см. Найти отношение масс

“зарядов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

24. Соленоид содержит $N = 150$ витков. Индуктивность соленоида $L = 5 \cdot 10^{-2}$ Гн, площадь его сечения $S = 10$ см². Определить индукцию магнитного поля в соленоиде при токе в 5 А.

25. Два одинаковых отрицательных заряда, имеющие различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый начал двигаться по окружности радиусом 10 см, второй - по окружности радиусом 6 см. Найти отношение масс зарядов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

26. Рамка из тонкого провода в виде квадрата массой $m = 4$ гр. свободно подвешена на не упругой нити в однородном магнитном поле. По рамке течет ток силой $I = 5$ А. Период малых крутильных колебаний T относительно оси рамки равен 2 с. Найти магнитную индукцию B .

27. Электрон в нормальном состоянии атома водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом $R = 5,3 \cdot 10^{-11}$ м. Вычислить силу эквивалентного кругового тока I и напряженность H в центре окружности.

28. Точечный заряд движется с постоянной скоростью v . Найти плотность тока смещения $j_{см}$ в точке, находящейся на расстоянии r от заряда на прямой совпадающей с траекторией заряда.

29. Рамка из тонкого провода в виде квадрата массой $m = 6$ гр. свободно подвешена на не упругой нити в однородном магнитном поле. По рамке течет ток силой $I = 8$ А. Период малых крутильных колебаний T относительно оси рамки равен 5 с. Найти магнитную индукцию B .

30. Точечный заряд движется с постоянной скоростью v . Найти плотность тока смещения $j_{см}$ в точке, находящейся на расстоянии r от заряда на прямой перпендикулярной к траектории заряда.

31. Найти базис объемно-центрированной кубической решетки.

32. Вычислить коэффициент компактности для примитивной кубической решетки. (Коэффициент компактности $\eta = 4\pi r^3 Z / 3V$).

33. Найти базис гранецентрированной кубической решетки.

34. Вычислить коэффициент компактности для гранецентрированной кубической решетки. (Коэффициент компактности $\eta = 4\pi r^3 Z / 3V$, $Z = N_i + N_f/2 + N_e/4 + N_c/8$, где N_i - число атомов внутри ячейки, N_f - число атомов на гранях, N_e - число атомов на ребрах, N_c - число атомов на вершинах ячейки).

35. Вычислить коэффициент компактности для объемно-центрированной кубической решетки. (Коэффициент компактности $\eta = 4\pi r^3 Z / 3V$,

$Z = N_i + N_f/2 + N_e/4 + N_c/8$, где N_i - число атомов внутри ячейки, N_f - число атомов на гранях, N_e - число атомов на ребрах, N_c - число атомов на вершинах ячейки).

37. Определить концентрацию атомов в кристалле Au. Число атомов, приходящихся на элементарную ячейку, параметр кристаллической решетки - a .

5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.3.1. Основная литература

1. Корнилов В. М. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]:. - Уфа: БГПУ имени М. Акмуллы, 2020. - 99 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/170433>
2. Кульков В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 272 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167333>
3. Пиралишвили Ш. А., Шалагина Е. В., Каляева Н. А., Попкова Е. А. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния [Электронный ресурс]:. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 200 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167361>
4. Жандун В. С. Задачи по физике конденсированного состояния вещества [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Красноярск: СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. - 124 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/165909>

6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
2. Электроника НТБ - научно-технический журнал
<http://www.electronics.ru>
3. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями
<https://www.researchgate.net>
4. База данных Web of Science
<http://www.webofknowledge.com>

6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной

литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведенных ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине. При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо: приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию; до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия; в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения; в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования).

Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

