

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

Димитровградский инженерно-технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель руководителя

_____ Т.И. Романовская
«__» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»

Специальность _____ *03.03.02 Физика*

Квалификация выпускника _____ *Бакалавр*

Специализация _____ *Медицинская физика*

Форма обучения _____ *очная*

Выпускающая кафедра _____ *Кафедра общей и медицинской физики*

Кафедра-разработчик рабочей программы _____ *Кафедра общей и медицинской физики*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет/кр)
6	(72) 2	17	34	-	21	Зачет
Итого	(72) 2	17	34	-	21	Зачет

Димитровград
2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	3
3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	4
6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	8
7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)	10
8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	17

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины: ознакомление со структурой и основами современной физики твердого тела, включающих общие представления о строении кристаллов, методах исследования структуры и различных физических свойств твердых тел, о фундаментальных принципах существования твердых и жидких тел, а также о механических, магнитных и оптических свойствах конденсированных сред; формирование у студентов вводных знаний по основным разделам физики твердого тела для применения этих знаний при работе в различных областях науки и техники.

Задачи: рассмотреть роль типа и характера межатомного взаимодействия в формировании структуры и свойств твердых тел, основные фундаментальные принципы описания и исследования кристаллической структуры твердых тел различных типов, электронные, тепловые, и другие свойства твердых тел.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности *03.03.02 Физика*.

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ПК-1 Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	З-ПК-1 Знать: теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики. У-ПК-1 Уметь: понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию, пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики. В-ПК-1 Владеть: навыками применения основных принципов теории.
ПК-2 Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	З-ПК-2 Знать: современные методы и подходы для решения теоретических и экспериментальных задач в области физики конденсированного состояния вещества. У-ПК-2 Уметь: использовать базовые теоретические знания, знания основ физического эксперимента в научных исследованиях в области физики конденсированного состояния вещества. В-ПК-2 Владеть: научной терминологией, понятийным аппаратом, основами математического описания физических явлений, основами физического эксперимента.

В результате изучения дисциплины студент бакалавра должен:

Знать:

- теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики;
- актуальные проблемы и приоритетные направления исследований в области физики конденсированного состояния.

Уметь:

- понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию, пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;
- критически анализировать актуальные проблемы физики конденсированного состояния вещества и известные в мировой науке способы их решения.

Владеть:

- навыками применения основных принципов теории;
- научной терминологией, понятийным аппаратом, основами математического описания физических

явлений, основами физического эксперимента.

3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Физика конденсированного состояния относится к части, формируемой участниками образовательных отношений профессионального модуля учебного плана по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	В18 - - формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины Физика конденсированного состояния составляет 2 зачетных единиц (ЗЕТ), 72 академических часов.

Таблица 5.1 - Объём дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		6
Контактная работа с преподавателем в том числе: – аудиторная по видам учебных занятий	51	51
– лекции	17	17
– практические занятия	34	34
Самостоятельная работа обучающихся в том числе:	21	21
– изучение теоретического курса	10	10
– домашние задачи	11	11
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет	Зачет
Итого по дисциплине	72	72

Таблица 5.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы							Формируемые индикаторы освоения компетенций	
		Лекции	Практические занятия	в том числе в форме практической подготовки	Лабораторные работы	в том числе в форме практической подготовки	Самостоятельная работа	в том числе в форме практической подготовки		Всего часов
1 семестр										
1	Типы связей в твердых телах	2	4				3		9	ПК-1, ПК-2
2	Описание структуры кристаллов	2	4				3		9	ПК-1, ПК-2
3	Динамика кристаллической решетки	2	4				3		9	ПК-1, ПК-2
4	Теплоемкость твердых тел	2	4				3		9	ПК-1, ПК-2
5	Дифракция в кристаллах	3	6				3		12	ПК-1, ПК-2
6	Электронные свойства кристаллов	3	6				3		12	ПК-1, ПК-2
7	Металлы и полупроводники	3	6				3		12	ПК-1, ПК-2
	ИТОГО:	17	34				21		72	

5.2 Содержание дисциплины

Таблица 5.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
6 семестр				
1	1	Тема 1.1. Основные понятия физики твердого тела Цели и задачи курса. Основные понятия. Кристаллическая структура твердых тел. Типы межатомных связей. Ван-дер-ваальсовое взаимодействие. Ковалентная связь. Ионная связь. Водородная связь. Металлическая связь. Классификация твердых тел по типам связи.	2	
2	2	Тема 2.1. Трансляции и типы кристаллических решеток, индексы Миллера. Трансляции и кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Основные типы кристаллических решеток. Решетки Браве. Положение и ориентация плоскостей в	2	

		кристаллах. Индексы Миллера кристаллографических направлений и плоскостей.		
3	3	Тема 3.1. Упругие свойства кристаллов. Колебания линейной одноатомной цепочки. Дисперсионное соотношение. Зоны Бриллюэна. Длинноволновой и коротковолновой пределы. Граничные условия Борна-Кармана. Число разрешенных состояний. Колебания линейной двухатомной цепочки. Акустическая и оптическая моды. Моды колебаний трехмерного кристалла.	2	
4	4	Тема 4.1. Фононы и их статистика, теплоемкость твердых тел. Теплоемкость твердых тел, модель Дебая Фононы. Плотность состояний. Распределение фононов по частотам. Теплоемкость твердых тел. Классическая теория теплоемкости. Модель Эйнштейна. Функция и температура Эйнштейна. Теплоемкость твердых тел. Модель Дебая. Функция и температура Дебая.	2	
5-6	5	Тема 5.1. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах Прямое пространство. Условие Брэгга. Факторы рассеяния. Обратное пространство. Зоны Бриллюэна. Условие Брэгга в обратном пространстве.	3	
7	6	Тема 6.1. Статистика электронов в кристалле Уравнение Шредингера. Адиабатическое приближение. Валентная аппроксимация. Приближение самосогласованного поля. Одноэлектронное приближение. Оператор трансляции. Функции Блоха. Область определения квазиволнового вектора и его дискретность.	3	
8-9	7	Тема 7.1. Виды проводимости. Полупроводники Энергетические зоны. Заполнение зон электронами: металлы, диэлектрики, полупроводники. Статистика электронов в металлах. Энергия Ферми. Собственные и примесные полупроводники. Метод эффективной массы. Элементарная теория примесных состояний. Водородоподобная модель примеси. Экситон. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Распределение Ферми-Дирака. Плотность состояний. Концентрация электронов и дырок в зонах. Концентрация электронов и дырок на локальных уровнях.	3	

Итого:	17
---------------	----

Таблица 5.4 - Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
6 семестр				
1	1	Типы межатомных связей	4	
2	2	Индексы Миллера	4	
3	3	Упругие свойства кристаллов	4	
4	4	Фононы и их статистика. Модели Эйнштейна и Дебая	4	
5-6	5	Дифракция рентгеновских лучей	6	
7	6	Статистика электронов	6	
8-9	7	Виды проводимости. Полупроводники	6	
Итого:			34	

Таблица 5.5 – Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Таблица 5.6 – Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	Проработка конспектов лекций	1
	1.2	Домашняя работа по теме практического занятия	2
2	2.1	Проработка конспектов лекций	1
	2.2	Домашняя работа по теме практического занятия	2
3	3.1	Проработка конспектов лекций	1
	3.2	Домашняя работа по теме практического занятия	1
	3.3	Проработка разделов, вынесенных на самостоятельное изучение Закон дисперсии колебаний атомов решетки при учете взаимодействия с удаленными атомами.	1
4	4.1	Проработка конспектов лекций	1
	4.2	Домашняя работа по теме практического занятия	1
	4.3	Проработка разделов, вынесенных на самостоятельное изучение Закон Неймана-Коппа. Предельный закон Дебая. Закон Фурье. Тепловое расширение. Ангармонизм колебаний атомов и его следствия.	1
5	5.1	Проработка конспектов лекций	1
	5.2	Домашняя работа по теме практического занятия	1
	5.3	Проработка разделов, вынесенных на самостоятельное изучение Рентгеновская дифракция. Метод Лауэ, метод порошка, метод Дебая. Сфера Эвальда. Анализ рефлексов кристаллографических плоскостей.	1
6	6.1	Проработка конспектов лекций	1
	6.2	Домашняя работа по теме практического занятия	1
	6.3	Проработка разделов, вынесенных на самостоятельное изучение Температура $T_{кр}$ вырождения. Магнитный резонанс. Отношение заселенностей энергетических уровней (в отсутствие высокочастотного поля).	1
7	7.1	Проработка конспектов лекций	1
	7.2	Домашняя работа по теме практического занятия	1

7.3	Проработка разделов, вынесенных на самостоятельное изучение Контактные явления в полупроводниках, <i>pn</i> -переход, область пространственного заряда. Генерация и рекомбинация носителей заряда.	1
ИТОГО:		21

6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

1. ЛЕКЦИЯ, мастер-класс (Лк, МК) – передача учебной информации от преподавателя к студентам, как правило с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний. Наиболее распространенные виды (формы) организации учебного процесса для достижения определенных результатов обучения и компетенций:

Информационная лекция

Проблемная лекция – в отличие от информационной лекции, на которой сообщаются сведения, предназначенные для запоминания, на проблемной лекции знания вводятся как «неизвестное», которое необходимо «открыть». Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. При этом выдвигаемая проблема требует не однотипного решения, готовой схемы которого нет. Данный тип лекции строится таким образом, что деятельность студента по ее усвоению приближается к поисковой, исследовательской. На подобных лекциях обязателен диалог преподавателя и студентов.

Лекция-визуализация – учит студента преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи и т.п., к подготовке которых привлекаются обучающиеся. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала. Данный тип лекции хорошо использовать на введения студентов в новый раздел, тему, дисциплину.

Лекция с разбором конкретной ситуации, изложенной в устно или в виде короткого диафильма, видеозаписи и т.п.; студенты совместно анализируют и обсуждают представленный материал.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (СР) – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, лабораторным работам, практическим и семинарским занятиям, оформление конспектов лекций, написание рефератов, отчетов, курсовых работ, проектов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения *новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений*.

3. КОНСУЛЬТАЦИЯ, тьюторство (Конс., тьют.) – индивидуальное общение преподавателя со студентом, руководство его деятельностью с целью передачи опыта, углубления *теоретических и фактических знаний*, приобретенных студентом на лекциях, в результате самостоятельной работы, в процессе выполнения курсового проектирования и др.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ (Пр. зан.) – решение конкретных задач (математическое моделирование, расчеты и др.) на основании теоретических и фактических знаний, направленное в основном на приобретение *новых фактических знаний и теоретических умений*.

5. СЕМИНАР, коллоквиум (Сем., колл.) – систематизация теоретических и фактических знаний в определенном контексте (подготовка и презентация материала по определенной теме, обсуждение ее, формулирование выводов и заключения), направленная в основном на приобретение *новых фактических знаний и теоретических умений*.

Типы практических занятий, используемых при изучении дисциплины:

Кейс-метод. Его название происходит от английского слова «кейс» – папка, чемодан, портфель (в то же время «кейс» можно перевести и как «случай, ситуация»). Процесс обучения с использованием кейс-метода представляет собой имитацию реального события, сочетающую в

целом адекватное отражение реальной действительности, небольшие материальные и временные затраты и вариативность обучения. Учебный материал подается студентам виде проблем (кейсов), а знания приобретаются в результате активной и творческой работы: самостоятельного осуществления целеполагания, сбора необходимой информации, ее анализа с разных точек зрения, выдвижения гипотезы, выводов, заключения, самоконтроля процесса получения знаний и его результатов.

Основные виды образовательных технологий

Дистанционные образовательные технологии – образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Для проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда НИЯУ МИФИ – Режим доступа <https://eis.mephi.ru/>;
- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/>;
- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/>;
- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;
- социальная сеть ВКонтакте;
- электронная почта преподавателей и студентов.

Примерами применения дистанционных образовательных технологий являются занятия, на которых обучающийся не присутствует (скажем, по болезни), но выполняет задания и общается с преподавателем по электронной почте, или преподаватель консультирует обучающихся во внеурочное время через блог или сайт.

Виды дистанционного обучения: лекции (сетевые или видеозапись), виртуальные экскурсии, практические работы (семинары), проектная деятельность, телеконференции со специалистами, форумы, обсуждения, дискуссии, консультации индивидуальные или групповые, тестирование.

Кейсовая – технология основывается на использовании наборов (кейсов) текстовых, аудиовизуальных и мультимедийных учебно-методических материалов и их рассылке для самостоятельного изучения учащимся при организации регулярных консультаций у преподавателей.

Телевизионно-спутниковая технология основана на применении интерактивного телевидения: теле- и радиолекции, видеоконференции, виртуальные практические занятия и т.д.

Сетевые технологии используют телекоммуникационные сети для обеспечения учащихся учебно-методическим материалом и взаимодействия с различной степенью интерактивности между преподавателем и учащимся.

Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам (теоретически к неограниченному объему и скорости доступа), увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности.

Проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. При этом знания, умения, навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач.

Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

Индивидуальное обучение – выстраивание студентом собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной образовательной программы с учетом интересов студента.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Фонд оценочных средств, включающий все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать сформированность у обучающихся компетенций и индикаторов их достижения, предусмотренных ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 03.03.02 Физика, ООП и рабочей программой дисциплины «Физика конденсированного состояния», приведен в Приложении.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Входной контроль по дисциплине.

- в форме тестирования.

Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения конкретной группы обучающихся. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

Примерный вариант входного контроля в виде теста:

1. Явление зависимости свойств кристалла от направления, возникающее в результате упорядоченного расположения атомов (ионов) в пространстве

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) эмиссия | 2) полиморфизм |
| 3) анизотропия | 4) конструкция |

2. Соотнесите вещество с типом химической связи:

- | | |
|------------------------|------------------|
| 1. кристаллический йод | А) атомная |
| 2. медный купорос | Б) молекулярная |
| 3. алюминий | В) Ионная |
| 4. оксид кремния | Г) Металлическая |

3. Соединениями с ковалентной полярной и ковалентной неполярной связью являются:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1) вода и сероводород | 2) бромид калия и азот |
| 3) аммиак и водород | 4) кислород и метан |

4. Наибольшую энергию надо затратить на отрыв электрона от атома

- | | |
|------------|------------|
| 1) серы | 2) кремния |
| 3) кальция | 4) мышьяка |

5. Средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа при температуре T равна

$\varepsilon = \frac{i}{2}kT$. Здесь $i = n_n + n_{вр} + 2 \cdot n_k$, где n_n , $n_{вр}$, n_k – число степеней свободы поступательного, враща-

тельного и колебательного движений молекулы. При условии, что имеют место только поступательное и вращательное движение, для водорода (H_2) число i равно

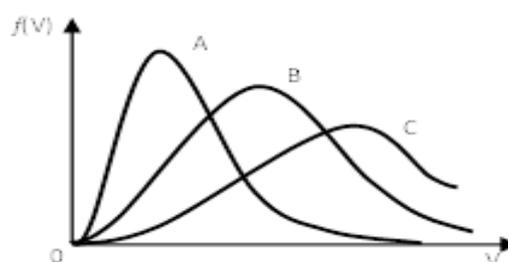
Варианты ответов:

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1) 3; | 2) 7; | 3) 6; | 4) 5. |
|-------|-------|-------|-------|

6. В трех одинаковых сосудах находится одинаковое количество газа, причем $T_1 > T_2 > T_3$. Распределение скоростей молекул в сосуде с температурой T_3 будет описывать кривая...

Варианты ответов:

- | | | |
|-------|-------|-------|
| 1) С; | 2) В; | 3) А. |
|-------|-------|-------|



7. Металлическая пластинка под действием рентгеновского облучения заряжается. Каков знак заряда? Выберите правильный вариант ответа:

1. Плюс.
2. Минус.

8. Дифракционная решетка с периодом d освещается нормально падающим световым пучком с длиной волны λ . Какое из приведенных ниже выражений определяет угол α , под которым наблюдается второй главный максимум?

- 1) $\sin \alpha = d/(2\lambda)$;
- 2) $\sin \alpha = 2\lambda/d$;
- 3) $\cos \alpha = 2\lambda/d$;
- 4) $\cos \alpha = d/(2\lambda)$.

9. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси Ox , имеет вид $y = 0,01 \sin(10^3 t - 2x)$. Волновое число равно ... рад/м.

- 1) 2
- 2) 10
- 3) 100
- 4) 500
- 5) 1000

10. Молярная теплоемкость гелия ($\mu = 0,004$ кг/моль) при постоянном объеме равна ...

Дж/(моль·К).

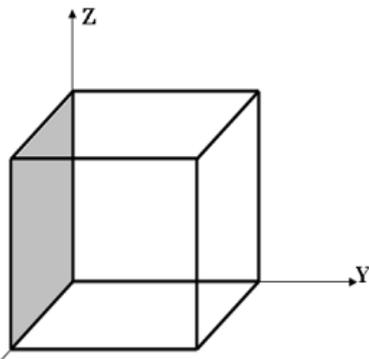
- 1) 1,5
- 2) 1,7
- 3) 12,5
- 4) 20,8
- 5) 3117

Текущий контроль студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- коллоквиумы;

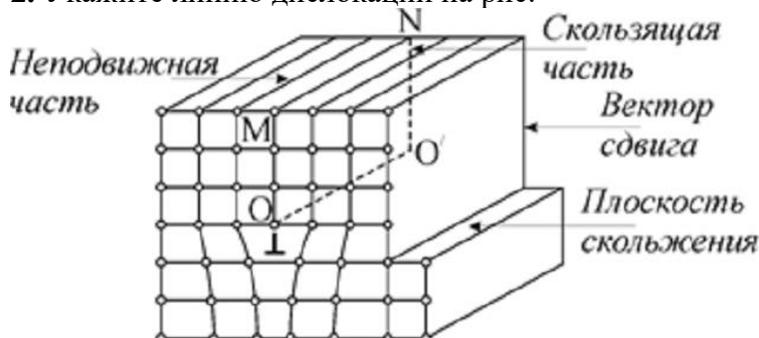
Примерный вариант к текущему контролю:

1. Назовите индексы плоскости.



- 1) (010)
- 2) (111)
- 3) (110)
- 4) (100)
- 5) (001)

2. Укажите линию дислокации на рис.



Выберите один из 5 вариантов ответа:

- 1) MN
- 2) OO'
- 3) MO
- 4) NO'

5) на рисунке линия дислокации не указана

3. Число атомов, приходящееся на элементарную объёмно-центрированную ячейку кристалла, равно

- 1) Один
- 2) Два
- 3) Восемь
- 4) Четыре

4. Модель Дебая состоит в:

- 1) Представлении акустических волн в кристаллической решётке в виде идеального газа фононов;
- 2) Линеаризации дисперсионной зависимости $\omega(k)$;
- 3) Во введении одинаковой скорости звука для продольных и поперечных волн;
- 4) Ограничении максимальной частоты волн в кристаллической решётке значением, соответствующей температуре Дебая.

5. Ферромагнетизм преимущественно обусловлен

- 1) орбитальным моментом валентных электронов
- 2) Спиновыми моментами электронов в зоне
- 3) орбитальными моментами и спиновыми моментами электронов в зоне

6. Красная граница собственной полосы поглощения полупроводника зависит от

- 1) ширины запрещенной зоны
- 2) энергии ионизации доноров
- 3) концентрации электронов

7. Температурная зависимость проводимости полупроводников в области примесной проводимости определяется в основном

- 1) шириной запрещенной зоны
- 2) энергией ионизации примеси
- 3) механизмом рассеяния носителей зарядов
- 4) энергией Ферми

8. У диэлектрика и собственного полупроводника зонная структура отличается

- 1) наличием примесных уровней в запрещенной зоне
- 2) шириной запрещенной зоны
- 3) наличием уровня Ферми
- 4) наличием зоны проводимости

9. При самых низких температурах основной вклад в теплоемкость металлов вносит:

- 1) фононная составляющая
- 2) электронная составляющая
- 3) фононная и электронная составляющая
- 4) при низких температурах теплоемкости нет

10. В сверхпроводниках типа свинца электроны связываются в куперовские пары

- 1) Посредством обмена виртуальными фотонами
- 2) Посредством обмена виртуальными фононами
- 3) За счёт магнитного взаимодействия электронных спинов
- 4) Посредством обмена парой экситонов

11. Какие из указанных дефектов относятся к точечным

- 1) дефект Шоттки
- 2) краевая дислокация
- 3) двойник
- 4) атом в междоузлии

Коллоквиум рекомендуется использовать для проверки и оценивания знаний, умений и навыков студентов, полученных в ходе занятий по освоению определенной части учебного модуля «Физика конденсированного состояния». Коллоквиум проводится в виде письменного или устного опроса группы студентов из 5-10 человек во время аудиторной самостоятельной работы. В ходе коллоквиума для каждого студента предусмотрено по 3 вопроса. Максимальное количество баллов, которые может получить студент, участвуя в коллоквиуме, равно 3 баллам. Во время проведения коллоквиума оценивается способность студента правильно сформулировать ответ, умение выражать свою точку зрения по данному вопросу, ориентироваться в терминологии и применять полученные в ходе лекций и практик знания.

Примерный список вопросов к коллоквиуму:

1. Что такое пространственная решетка?
2. Определение элементарной ячейки.
3. Каковы правила выбора элементарной ячейки.
4. Классификация пространственных решеток по числу материальных частиц, по форме (соотношение между осявыми единицами и углами).
5. Понятие о базисе решетки.
6. Определение координационного числа.
7. Методика вычисления координационного числа в различных структурах.
8. Какие пространственные решетки встречаются среди металлов?

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

Промежуточный контроль студентов производится в следующих формах:

- контрольная работа.

Фонд задач к контрольной работе по разделу 1:

1. Плотность кристалла меди при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ равна $\rho = 8,96 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Кристалл имеет кубическую гранецентрированную элементарную ячейку. Найдите постоянную кристаллической решетки. (Ответ: $a = 0,36 \text{ нм}$.)
2. Используя данные задачи 1. найдите расстояние между ближайшими атомами меди. (Ответ: $d = 2,56 \text{ \AA}$.)
3. Используя данные задачи 1. найдите объем одного моля вещества. (Ответ: $V_{\text{моля}} = 7,14 \text{ см}^3$.)
4. Используя данные задачи 1. найдите число атомов, расположенных наиболее близко к каждому из них (число ближайших соседей каждого атома). (Ответ: $n_{\text{сос}} = 12$.)
5. Плотность кристалла молибдена при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ равна $\rho = 10,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Постоянная его кубической решетки $a = 3,14 \text{ \AA}$. Определите, к какому типу относится структура кристаллической решетки молибдена: к примитивным, к объемноцентрированным или к гранецентрированным. (Ответ: ОЦК.)
6. Используя данные задачи 5. найдите расстояние между ближайшими атомами кристаллической решетки. (Ответ: $d = 2,72 \text{ \AA}$.)
7. Используя данные задачи 5. найдите объем одного моля вещества. (Ответ: $V_{\text{моля}} = 9,32 \text{ см}^3$.)
8. Используя данные задачи 5. найдите число атомов, расположенных наиболее близко к каждому из них (число ближайших соседей каждого атома). (Ответ: $n_{\text{сос}} = 8$.)
9. Используя данные задачи 5. найдите длину ребра кубического образца молибдена массой $m = 1 \text{ кг}$. (Ответ: $L = 4,6 \text{ см}$.)
10. Сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку 1) примитивной решетки кубической сингонии; 2) объемно-центрированной решетки ромбической сингонии; 3) гранецентрированной решетки кубической сингонии; 4) базоцентрированной решетки ромбической сингонии; 5) примитивной решетки гексагональной сингонии; 6) гексагональной структуры с плотной упаковкой. (Ответ: 1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 2; 5) 1; 6) 2)
11. Определить число элементарных ячеек кристалла объемом $V = 1 \text{ м}^3$: 1) хлористого цезия (решетка объемно-центрированная кубической сингонии); 2) меди (решетка гранецентрированная кубической сингонии); 3) кобальта, имеющего гексагональную структуру с плотной упаковкой. (Ответ: 1) $1,44 \cdot 10^{11}$; 2) $2,1 \cdot 10^{28}$; 3) $4,54 \cdot 10^{23}$)
12. Найти плотность ρ кристалла неона (при 20 К), если известно, что решетка гранецентрированная кубической сингонии. Постоянная a решетки при той же температуре равна $0,452 \text{ нм}$. (Ответ: $1,46 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$)
13. Найти плотность ρ кристалла стронция, если известно, что решетка гранецентрированная

кубической сингонии, а расстояние d между ближайшими соседними атомами равно 0,43 нм. (Ответ: $2,6 \cdot 10^3$ г/м³)

14. Определить относительную атомную массу A_r кристалла, если известно, что расстояние d между ближайшими соседними атомами равно 0,304 нм. Решетка объемноцентрированная кубической сингонии. Плотность ρ кристалла равна 534 кг/м³. (Ответ: 0,95 (литий))

15. Найти постоянную a решетки и расстояние d между ближайшими соседними атомами кристалла: 1) алюминия (решетка гранецентрированная кубической сингонии); 2) вольфрама (решетка объемно-центрированная кубической сингонии). (Ответ: 1) 0,404 нм; 0,286 нм; 2) 0,316 нм; 0,274 нм)

Итоговый контроль по результатам 6 семестра по дисциплине проходит в форме письменного зачета (теоретические вопросы).

Примерный список вопросов и задач к зачету:

1. Кристаллическая решетка и структура кристаллов: базис, вектор трансляции, решетка Бравэ, примитивная и элементарная ячейки, индексы Миллера.
2. Симметрия кристаллических структур. Пространственные и точечные группы симметрии кристаллов. Основы их классификации кристаллических структур: сингонии, классы, группы.
3. Общие основы использования симметрии кристаллических структур для описания свойств твердого тела. Основы теоретико-групповой классификации электронных и фононных состояний в кристаллах.
4. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная кристаллическая решетка. Построение обратных решеток разной размерности (одно-, двух- и трехмерных).
5. Структуры и типы связи в твердых телах: Ионная связь и ионные кристаллы. Постоянная Маделунга. Энергия решетки ионного кристалла.
6. Структуры и типы связи в твердых телах: Ковалентная связь, ее особенности Двухатомные, многоатомные молекулы и ковалентные кристаллы.
7. Структуры и типы связи в твердых телах: Металлическая связь, особенности распределения электронной плотности, модель металла. Плотнупакованные структуры чистых металлов.
8. Структуры и типы связи в твердых телах: происхождение, характеристика молекулярной связи. Молекулярные кристаллы и кристаллы инертных газов.
9. Колебания одномерной одноатомной решетки: закон дисперсии, циклические граничные условия Борна-Кармана.
10. Колебания одномерной двухатомной решетки. Акустические и оптические ветви колебаний.
11. Закон дисперсии колебаний атомов решетки при учете взаимодействия с удаленными атомами.
12. Колебания атомов трехмерной решетки (продольные и поперечные фононы, форма зоны Бриллюэна, температура Дебая).
13. Фононы. Температура Дебая. Спектральная плотность фононов для одно- двух- и трехмерных кристаллов.
14. Модель Дебая и спектральная плотность акустических фононов в изотропном кристалле. Спектральная плотность оптических фононов.
15. Теплоемкость кристаллической решетки. Ангармонизм колебаний атомов и его следствия. Теплопроводность.
16. Описание кристаллических структур с помощью рассеяния рентгеновских лучей (основные принципы). Метод Лауэ, метод порошка, метод Дебая.
17. Рентгеновская дифракция. Сфера Эвальда. Анализ рефлексов кристаллографических плоскостей.
18. Многочастичный и одночастичный подходы к описанию взаимодействий в твердом теле. Адиабатическое приближение.
19. Приближение свободных электронов Основные характеристики одноэлектронного приближения.
20. Применение приближения свободных электронов для описания электронных свойств металлов.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 8.1 – Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
Основная литература						
1	Петров Ю.В.	Основы физики конденсированного состояния.	Долгопрудный	Интеллект	2013	[http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21C0M=F&I21DBN=cover_book&Z21MFN=83344&P21DBN=BOOK&Z21ID=]
2	Смирнов Е.А., Елманов Г.Н.	Сборник задач по физике конденсированного состояния.	Москва	НИЯУ МИФИ	2012	[https://e.lanbook.com/book/75956]
3	Епифанов Г.И.	Физика твердого тела	СПб	Лань	2011	[https://e.lanbook.com/book/2023]
Дополнительная литература						
3	Гордиенко А.Б., Кособуцкий А.В., Корабельников Д.В.	Физика конденсированного состояния. Решение задач	Кемерово	Кемеровский государственный университет	2011	[https://e.lanbook.com/book/30132]
4	Кузнецов С.И., Тимченко Н.А.	Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: Учебное пособие	Томский	Томский политехнический университет	2011	[https://e.lanbook.com/book/10274]

8.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

1. ЭБС «Лань» на сайте <http://e.lanbook.com>.
2. ЭБС НИЯУ МИФИ на сайте <http://library.mephi.ru/>
3. ЭБС «Консультант студента на сайте <https://www.studentlibrary.ru/>

Таблица 8.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	ЭБС «Лань»	Физико-математические науки Технические науки
2	ЭБС НИЯУ МИФИ	Физико-математические науки Технические науки
3	ЭБС «Консультант студента»	Физико-математические науки Технические науки

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	MS Office (Word, Excel, Power Point)	оформление текста, создание презентаций
2	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете
3	https://docs.google.com/ Документы, Таблицы, Формы, Презентации	оформление текста, создание презентаций

Таблица 8.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Физика	Физико-математические науки	https://og-ti.ru/
2	Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе	Техническая физика	https://journals.ioffe.ru/

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
1	Учебная аудитория для проведения занятий № 101 посадочных мест — 16; площадь 59.42 кв.м. Специализированная мебель: учебная доска – 1 шт., стол студенческий – 12 шт., стол преподавательский – 2 шт., стол компьютерный – 12 шт., стулья – 31 шт., кондиционер – 1 шт. Технические средства обучения: компьютеры (монитор, системный блок, клавиатура, мышка) – 10 шт., проектор – 1 шт., экран – 1 шт. Программное обеспечение: ОС Windows XP, Microsoft Office 10	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева, д. 297

10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Конституцией Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020 – ст. 43 – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/;
- Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 №273-ФЗ (ред. от 17.02.2021), ст. 5, 71, 79 – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/;
- Федеральным законом от 24.11.1995 №181-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» – Глава III. Ст. 9. ,Ст. 11. Глава IV. Ст. 1 – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/;
- Федеральным законом «О ратификации Конвенции о правах инвалидов» от 03.05.2012 №46-ФЗ – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129200/;
- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017 г. https://mephi.ru/content/public/uploads/files/education/docs/pl_7.5-15_ver_2.2_0.pdf;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (приложение к письму Минобрнауки от 16 апреля 2014 г. №05-785) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159405/73804ce294dfe53d86ae9d22b5afde310dc506f7/;
- Требованиями к организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в профессиональных образовательных организациях, в том числе оснащенности образовательного процесса» (приложение к письму Минобрнауки от 18 марта 2014 г. №06-281) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57872/7d7f56523837be788b6cfa5578482a6b178918d3/ .

