

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт
физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____/Ж.В. Мацулевич/

подпись ФИО

“ ” 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.19 Физика конденсированного состояния
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки бакалавров/специалистов/магистров

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Технология материалов и изделий электроники и микроэлектроники»

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 288/8

Промежуточная аттестация: зачет (3 семестр), экзамен (4 семестр)

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Смыслова Татьяна Николаевна, к.ф.-м.н.

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ

от 19 сентября 2017 г. № 927 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ

протокол от 25.05.2023 г. № 22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 11.05.2023 г № 7.

Зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 16.05.2023 г № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.03.04-н-41

Начальник МО

_____/Н.Р. Булгакова/
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

_____/Н.И. Кабанина/
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	12
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	17
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	26
7. Информационное обеспечение дисциплины	25
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	29
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	30
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	31
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	33

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» - дать введение в физику конденсированного состояния вещества как ансамбля взаимодействующих частиц, методологию описания таких систем на математическом языке, основные наблюдаемые эффекты в физике конденсированного состояния, а также представление о современных тенденциях в данной области науки.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать устойчивые знания в области основных понятий физики конденсированного состояния;
- познакомить с проблематикой физики конденсированного состояния и с используемыми методами;
- развить понимание основных концепций в данной области знаний;
- обучить владению элементами математического аппарата для описания физических процессов и явлений в данной области знаний;
- побудить к выполнению самостоятельных исследований в области физики конденсированного состояния;
- развить самостоятельность в приобретении научных знаний и опыта экспериментальной работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебная дисциплина «Физика конденсированного состояния» включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части образовательной программы «Технология материалов и изделий электроники и нанoeлектроники». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Для освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Физика», «Математика» и «Физическая химия».

Освоение дисциплины «Физика конденсированного состояния» является необходимой основой для изучения таких дисциплин, как «Квантовая и оптическая электроника», «Компоненты электронной техники», «Материалы электронной техники», «Физические основы электроники» и другие, а также при подготовке, выполнении и защите курсовых и выпускной квалификационной работ, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

К активным методам обучения относится курсовая работа.

Рабочая программа дисциплины «Физика конденсированного состояния» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Физика конденсированного состояния» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по

направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»:

а) профессиональных (ПК): ПК-2.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-2								
Вакуумно-плазменные процессы и технологии (Б1.В.ОД.2)							✓	
Компоненты электронной техники (Б1.В.ОД.4)							✓	
Материалы электронной техники (Б1.В.ОД.6)					✓			
Основы технологии электронной компонентной базы (Б1.В.ОД.13)								✓
Физика конденсированного состояния (Б1.В.ОД.19)			✓	✓				
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)						✓		
Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (Б2.П.2)						✓		
Преддипломная практика (Б2.П.3)								✓
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)								✓

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства		
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации	
Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический, проектно-конструкторский Трудовая функция: В/01.6 (ПС 40.058) Разработка рекомендаций по устранению и предупреждению брака при изготовлении радиоэлектронных средств					
ПК-2. Способен проводить исследования материалов и компонентов электронной техники для разработки и оптимизации технологических процессов	ИПК-2.1. Знает материалы и технологии изготовления компонентов и изделий электроники и нанoeлектроники	ЗНАТЬ: – основы физики конденсированного состояния, включая кристаллографию, элементы физической статистики и зонную теорию твердого тела; – основные законы физики полупроводников. законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников; – связь квантовой механики с основными принципами и законами химии, физики конденсированного состояния и нанoeлектроники;	УМЕТЬ: – применять законы физики полупроводников, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач;	ВЛАДЕТЬ: – методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники.	- Темы курсовых работ по углубленному изучению ряда теоретических и прикладных разделов - Тестовые задания к контрольным работам по разделам - Перечень задач для решения по разделам дисциплины Вопросы для устного зачета Вопросы для устного экзамена

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	<i>ИПК-2.2. Умеет проводить обоснованный выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий электроники и нанoeлектроники</i>	ЗНАТЬ: – электрофизические, тепловые, магнитные и оптические свойства твердых тел; – способы оценки и измерения свойств и параметров вещества в конденсированном состоянии с использованием квантoвостатических расчетов и физико-химических методов анализа;	УМЕТЬ: – решать задачи по проектированию электронных приборов, схем и устройств различного назначения, исходя из физических методов анализа; – оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники;	ВЛАДЕТЬ: – навыками перекрестного анализа физических (в т.ч. структурных) свойств твердых тел, учитывая их влияние на функциональные и эксплуатационные характеристики получаемых на их основе электронных приборов, схем и устройств различного назначения.	- Темы курсовых работ по углубленному изучению ряда теоретических и прикладных разделов - Тестовые задания к контрольным работам по разделам - Перечень задач для решения по разделам дисциплины	
	<i>ИПК-2.3. Владеет навыками работы с открытыми источниками при выборе технологического оборудования, анализе совершенствования конструкции и технологии изготовления отдельных компонентов электроники</i>	-	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	- Темы курсовых работ по углубленному изучению ряда теоретических и прикладных разделов - Тестовые задания к контрольным работам по разделам - Перечень задач для решения по разделам дисциплины	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего часов	в т.ч. по семестрам	
		3 сем	4 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	288	144	144
1. Контактная работа:	127	55	72
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	119	51	68
занятия лекционного типа (Л)	51	34	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	34	17	17
лабораторные работы (ЛР)	34		34
1.2. Внеаудиторная, в том числе	8	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	3	3	
текущий контроль, консультации по дисциплине	3	1	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2		2
2. Самостоятельная работа (СРС)	134	89	45
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	20	20	
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	114	69	45
Подготовка к экзамену (контроль)	27		27

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 -Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
3 СЕМЕСТР									
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 1 Структура твердых тел								
	Тема 1.1 Предмет, задачи и структуры курса. Связь с другими дисциплинами. Кристаллическое состояние тел. Внешняя и внутренняя симметрия кристаллов. Несовершенства и дефекты кристаллической решетки.	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст.9-51); [1.2] (ст.35 - 59); [1.3] (ст.5-22)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 1.1. Кристаллическое состояние тел			2	2	подготовка к практическому занятию [1.1] (ст.9-51); [1.2] (ст.35 - 59);			
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела				4	[1.1]			
	Итого по 1 разделу	2		2	8				
ПК-2:	Раздел 2 Элементы физической статистики								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Тема 2.1 Способы описания состояний макроскопической системы	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 56-64); [1.2] (стр. 35-45)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 2.2 Невырожденные и вырожденные системы частиц. Критерий невырожденного идеального газа	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 64-75); [1.2] (стр. 35-45)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 2.1 Правила статистического усреднения			2	2	подготовка к практическому занятию [1.1] (ст.76-79); [1.2] (стр. 35-45)			
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела				2	[1.1]			
	Итого по 2 разделу	4		2	8				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 3 Зонная теория твердых тел								
	Тема 3.1 Электроны в кристаллах	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 80-96); [1.2] (ст.46-55) [1.3] (ст.35-42)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 3.2 Заполнение зон электронами. Металлы, полупроводники, диэлектрики	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 80-96); [1.2] (ст.46-55) [1.3] (ст.35-42)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела				4	[1.1]			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Итого по 3 разделу	4			8				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 4 Электропроводность металлов								
	Тема 4.1 Распределение электронов в металле по энергиям. Энергия Ферми	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 87-92); [1.2] (стр. 56-66)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 4.2 Эффективная масса электронов. Электропроводность металлов.	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 92-102); [1.2] (стр. 56-66)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела				4	[1.1]			
	Итого по 4 разделу	4			8				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 5 Тепловые свойства твердых тел								
	Тема 5.1 Теплоемкость твердого тела. Области низких и высоких температур	2			1	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 135-142);	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 5.2 Уравнение теплопроводности. Тепловое сопротивление решетки кристалла, его связь с процессами переброса. N- и U-процессы передачи импульса в кристаллической решетке	2			1	подготовка к лекциям [1.2] (ст. 142-150);	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Практическое занятие 5.1 Уравнение теплопроводности			2	4	подготовка к практическому занятию [1.1] (ст.160-161)			
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела				4	[1.1]			
	Итого по 5 разделу	4		2	10				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 6 Теплопроводность металлов, диэлектриков								
	Тема 6.1 Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур	4		2	2	подготовка к лекциям [1.2] (ст. 150-162)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 6.2 Теплопроводность металлов. Области высоких и низких температур	2		2	2	подготовка к лекциям [1.2] (ст. 154-160)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела				4	[1.1]			
	Итого по 6 разделу	6		4	8				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 7 Электрические свойства твердых тел								
	Тема 7.1 Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 165-183); [2.1] (стр. 69-150)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 7.2 Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника.	2			2	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 183-198); [1.4] (стр. 257-319)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 7.1 Скорость дрейфа свободных электронов			4	2	подготовка к практическому занятию [1.1] (ст.165-199); [1.4] (стр. 257-319)			
	Самостоятельная работа по освоению 7 раздела				4	[1.1]			
	Итого по 7 разделу	4		4	10				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2 ИПК-2.3	Раздел 8 Магнитные свойства твердых тел								
	Тема 8.1 Магнитное поле в магнетиках	4			1	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 204-219); [1.3] (стр. 162-175) [1.4] (стр. 139-252)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Тема 8.2 Классическая и квантовая модели парамагнетизма	2			1	подготовка к лекциям [1.1] (ст. 204-219); [1.3] (стр. 162-175) [1.4] (стр. 139-252)	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы		
	Практическое занятие 8.1 Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты			3	3	подготовка к практическому занятию [1.1] (ст. 204-219); [1.3] (стр. 162-175) [1.4] (стр. 139-252)			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Самостоятельная работа по освоению 8 раздела				4	[1.1]			
	Итого по 8 разделу	6		3	9				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Выполнение и защита курсовой работы				20	Подбор, анализ литературы по теме курсовой работы, выполнение курсовой работы			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34		17	69				
4 СЕМЕСТР									
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 9 Электропроводность полупроводников								
	Тема 9.1 Собственные и примесные состояния.	2				подготовка к лекциям [1.2] (ст. 67-92); [1.3] (стр. 103-115) [1.4] (стр. 91-134)			
	Практическое занятие 9.1 Диффузионный ток			2	2	подготовка к занятию [1.2] (ст. 67-92)			
	Лабораторная работа 9.1 Исследование температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников		4		2	подготовка к занятию [1.2] (ст. 129-136); [1.3] (стр. 91-134)			
	Самостоятельная работа по освоению 9 раздела				1	[1.2]			
	Итого по 9 разделу	2	4	2	5				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 10 Контакт разнородных материалов								
	Тема 10.1 Работа выхода	1				подготовка к лекциям [1.2] (ст. 94-105);			
	Тема 10.2 Контактные явления	1				подготовка к лекциям [1.2] (ст. 106-116);			
	Практическое занятие 10.1 Вольт-амперные характеристики контактов			2	2	подготовка к занятию [1.2] (ст. 94-116);			
	Лабораторная работа № 10.1 Исследование размерного эффекта в тонких металлических пленках		4		2	подготовка к занятию [1.2] (ст. 56-66); [1.4] (стр. 67-88)			
	Самостоятельная работа по освоению 10 раздела				1	[1.2]			
	Итого по 10 разделу	2	4	2	5				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 11 Термоэлектрические и термомагнитные явления								
	Тема 11.1 Эффект Зеебека. Явления пельтье и Томсона. Эффект Риги- Ледюка	2				подготовка к лекциям [1.2] (ст. 118-128)			
	Лабораторная работа № 11.1 Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения		4		4	подготовка к занятию [1.2] (ст. 129-136); [1.3] (стр. 91-134)			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Самостоятельная работа по освоению 11 раздела				1	[1.2]			
	Итого по 11 разделу	2	4		5				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 12 Гальваномагнитные явления								
	Тема 12.1 Эффект Холла	2				подготовка к лекциям [1.2] (ст. 128-135); [1.4] (стр. 91-138)			
	Лабораторная работа № 12.1 Исследование фотоэлектрических характеристик полупроводниковых материалов и структур на их основе		4		4	подготовка к занятию [1.2] (ст. 129-136); [1.3] (стр. 91-134)			
	Самостоятельная работа по освоению 12 раздела				1	[1.2]			
	Итого по 12 разделу	2	4		5				
	Раздел 13 Фотонные кристаллы и их свойства								
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Тема 13.1 Классификация фотонных кристаллов. Особенности их поведения в микрорезонаторах и пленочных волноводах	2				подготовка к лекциям [1.1] (ст. 237-255);			
	Практическое занятие 13.1 Методы получения фотонных кристаллов и способы управления фотонами			2	2	подготовка к занятию [1.1] (ст. 237-255);			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Лабораторная работа № 13.1 Исследование температурных зависимостей сопротивления материалов с фазовыми переходами		4		2	подготовка к занятию [1.2] (ст. 56-79); [1.1] (стр. 165-198)			
	Самостоятельная работа по освоению 13 раздела				1	[1.2]			
	Итого по 13 разделу	2	4	2	5				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 14 Неупорядоченные конденсированные среды								
	Тема 14.1 Ближний порядок, свойства неупорядоченных сред	2				подготовка к лекциям [1.4] (ст.320-357);			
	Лабораторная работа № 14.1 Исследование температурной зависимости уровня Ферми в полупроводниках		7		3	подготовка к занятию [1.2] (ст. 67-79); [1.3] (стр. 91-134)			
	Самостоятельная работа по освоению 14 раздела				2	[1.4]			
	Итого по 14 разделу	2	7		5				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 15 Жидкости								
	Тема 15.1 Строение жидкостей	2		4	1	подготовка к лекциям [1.4] (ст.382-392);			
	Практическое занятие 15.1 Распределение атомов в жидкости			3	1	подготовка к занятию [1.4] (ст.382-392);			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Лабораторная работа № 15.1 Использование эффекта Холла для измерения удельного сопротивления полупроводников				3	подготовка к занятию [1.2] (ст. 129-136); [1.3] (стр. 91-134)			
	Самостоятельная работа по освоению 15 раздела	2		7	5	[1.4]			
2ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 16 Полимеры								
	Тема 16.1 Полимеры	2				подготовка к лекциям [1.4] (ст.396-403);			
	Практическое занятие 16.1 Вязкоупругость			2	2	подготовка к занятию [1.4] (ст.396-403);			
	Лабораторная работа № 16.1 Исследование спин-орбитального взаимодействия в атомах ртути		4		2	подготовка к занятию [1.1] (ст. 203-234); [1.3] (стр. 78-116)			
	Самостоятельная работа по освоению 16 раздела				1	[1.4]			
	Итого по 16 разделу	2		2	5				
ПК-2: ИПК-2.1 ИПК-2.2; ИПК-2.3	Раздел 17 Описание макро- и наносостояний конденсированных сред								
	Тема 17.1 Модели наночастиц. Фрактальное представление теории Дебая для макро- и наноструктур	1				подготовка к лекциям [1.2] (ст. 258-282);			
	Практическое занятие 17.1 Модели наночастиц			2	2	подготовка к занятию [1.2] (ст. 258-282);			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹²	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹³	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁴
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Лабораторная работа № 17.1 «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков».		3		2	подготовка к занятию [1.1] (ст. 203-234); [1.4] (стр. 139-252)			
	Самостоятельная работа по освоению 16 раздела				1	[1.2]			
	Итого по 17 разделу	1		2	5				
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	34	17	45				
ИТОГО по дисциплине		51	34	34	134				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, контрольные работы.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы, индивидуальные задания, задачи и тесты представлены в методических указаниях к практическим занятиям, представленных в п. 6.3.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине для текущего контроля в семестре (первая и вторая контрольная неделя) применяется **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

Таблица 5 – Балльно-рейтинговая система оценивания

Шкала оценивания	Экзамен
41-50	Отлично
31-40	Хорошо
21-30	Удовлетворительно
0-20	Неудовлетворительно

При промежуточном контроле (зачет, 3 семестр) успеваемость студентов оценивается по системе: «зачтено», «незачтено».

При промежуточном контроле (экзамен, 4 семестр) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 –Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПК-2. Способен проводить исследования материалов и компонентов электронной техники для разработки и оптимизации технологических процессов	ИПК-2.1. Знает материалы и технологии изготовления компонентов и изделий электроники и нанoeлектроники	Не знает основы физики конденсированного состояния, включая кристаллографию, элементы физической статистики и зонную теорию твердого тела; 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 нанoeлектроники. Не умеет применять законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач. Не владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники.	Частично знает основы физики конденсированного состояния, включая кристаллографию, элементы физической статистики и зонную теорию твердого тела; 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 нанoeлектроники. Умеет применять с ошибками законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач. Частично владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники.	Хорошо знает основы физики конденсированного состояния, включая кристаллографию, элементы физической статистики и зонную теорию твердого тела; – 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 нанoeлектроники. Умеет применять законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач. Хорошо владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники.	Знает в совершенстве основы физики конденсированного состояния, включая кристаллографию, элементы физической статистики и зонную теорию твердого тела; – 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 нанoeлектроники. Уверенно умеет применять законы физики диэлектриков, законы описывающие магнитные свойства твердых тел, а также основные свойства сверхпроводников для решения практических задач. Уверенно владеет методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
	<i>ИПК-2.2. Умеет проводить обоснованный выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий электроники и нанoeлектроники</i>	Не знает электрофизические, тепловые, магнитные и оптические свойства твердых тел; способы оценки и измерения свойств и параметров вещества в конденсированном состоянии с использованием квантостатических расчетов и физико-химических методов анализа. Не умеет решать задачи по проектированию электронных приборов, схем и устройств различного назначения, исходя из физических методов анализа; оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники. Не владеет навыками перекрестного анализа физических (в т.ч. структурных) свойств твердых тел, учитывая их влияние на функциональные и эксплуатационные характеристики получаемых на их основе электронных приборов, схем и устройств различного назначения.	Имеет представление об электрофизических, тепловых, магнитных и оптических свойствах твердых тел; способах оценки и измерения свойств и параметрах вещества в конденсированном состоянии с использованием квантостатических расчетов и физико-химических методов анализа. Умеет решать с ошибками задачи по проектированию электронных приборов, схем и устройств различного назначения, исходя из физических методов анализа; – оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники. Частично владеет навыками перекрестного анализа физических (в т.ч. структурных) свойств твердых тел, учитывая их влияние на функциональные и эксплуатационные характеристики получаемых на их основе электронных приборов, схем и устройств различного назначения.	Хорошо электрофизические, тепловые, магнитные и оптические свойства твердых тел; способы оценки и измерения свойств и параметров вещества в конденсированном состоянии с использованием квантостатических расчетов и физико-химических методов анализа. Достаточно хорошо умеет решать задачи по проектированию электронных приборов, схем и устройств различного назначения, исходя из физических методов анализа; оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники. Хорошо владеет навыками перекрестного анализа физических (в т.ч. структурных) свойств твердых тел, учитывая их влияние на функциональные и эксплуатационные характеристики получаемых на их основе электронных приборов, схем и устройств различного назначения.	Отлично знает электрофизические, тепловые, магнитные и оптические свойства твердых тел; способы оценки и измерения свойств и параметров вещества в конденсированном состоянии с использованием квантостатических расчетов и физико-химических методов анализа. Уверенно умеет решать задачи по проектированию электронных приборов, схем и устройств различного назначения, исходя из физических методов анализа; оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники. Отлично владеет навыками перекрестного анализа физических (в т.ч. структурных) свойств твердых тел, учитывая их влияние на функциональные и эксплуатационные характеристики получаемых на их основе электронных приборов, схем и устройств различного назначения.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
	<i>ИПК-2.3. Владеет навыками работы с открытыми источниками при выборе технологического оборудования, анализе совершенствования конструкции и технологии изготовления отдельных компонентов электроники</i>	Не умеет составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов. Не владеет навыками применения систематических знаний по направлению деятельности, углубленных знаний по выбранной направленности подготовки	Умеет составлять с ошибками общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов. Частично владеет навыками применения систематических знаний по направлению деятельности, углубленных знаний по выбранной направленности подготовки	Достаточно хорошо умеет составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов. Хорошо владеет навыками применения систематических знаний по направлению деятельности, углубленных знаний по выбранной направленности подготовки	Уверенно умеет составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов. Отлично владеет навыками применения систематических знаний по направлению деятельности, углубленных знаний по выбранной направленности подготовки

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1 Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. 3-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 296 с.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Учебник для высшей школы)

1.2 Стрекалов Ю.А., Тенякова Н.А. Физика твердого тела: учеб.пособие/Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2018. –307с.

1.3 Ю.В. Петров Основы физики конденсированного состояния: Учебное пособие/ Ю.В. Петров – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. — 216 с.

1.4 Е.З Мейлихов Общая физика конденсированного состояния: Учебное пособие / Е.З. Мейлихов – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2018. — 416 с.

1.5 Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008;

1.6 Гуртов В.А. Физика твердого тела для инженеров. М.: Техносфера, 2012.

1.7 Перлин Е.Ю., Вартанян Т.А., Федоров А.В. Физика твердого тела. СПб.: Невский диалект, 2008.

1.8 Морозов А.И. Физика твердого тела. М.:Высш. шк., МИРЭА, 2008.

1.9 Матухин В.Л. Физика твердого тела. СПб: «Лань», 2010;

1.10 Воротынцев В.М., Водзинский В.Ю., Блохина Н.П. Моделирование ионной имплантации методом Монте-Карло. Нижн. Новгород.: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2008.

1.11 Епифанов Г.И. Физика твердого тела. СПб: «Лань», 2010.

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению лабораторных и практических учебных занятий по данной дисциплине:

6.2.1 Методические указания:

6.2.1.1 Корнилович А.А. Физика твердого тел / А.А. Корнилович, И.И. Суханов, В.Н. Холявко. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2012. — 71 с.

6.2.1.2 Зацепин А.Ф. Физика твердого тела. Лабораторный практикум / А.Ф. Зацепин, Е.А. Бунтов. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО УрФУ, 2012. — 123 с.

6.2.2 Методические указания, разработанные НГТУ

6.2.2.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20.
Дата обращения 23.09.2015.

6.2.2.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: http://www.nttu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?20.

6.2.2.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: http://www.nttu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. *Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД)* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. *Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. *Университетская информационная система Россия* [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Электронная база избранных статей по философии	http://www.philosophy.ru/
3	Единый архив экономических и социологических данных	http://sophist.hse.ru/data_access.shtml
4	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
5	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
6	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
2	1221 Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
3	1334-4 Мультимедийная аудитория (компьютерный класс для проведения виртуального лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Рабочие столы, оснащенные компьютером (10 посадочных мест); 2. Рабочие столы (22 посадочных места); 3. Рабочее место преподавателя; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран 5. Стенд образовательный «Интегральные микросхемы. Печатные платы»	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)
4	1334-3 Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - хроматографический комплекс; - исследовательская лаборатория моделирования вакуумных процессов; - спектрофотометр; - плита электрическая; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - цифровой биологический микроскоп; - прибор для измерения удельной поверхности дисперсных пористых материалов. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (100-500мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	
5	1334-1 Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - лабораторные аналитические весы; - высокочастотный генератор СЭЛТ-ВЧИ-2,0/40; - высокочастотный дуговой плазмотрон; - плита электрическая; - шкаф сушильный; - магнитная мешалка; - источник водорода с оборудованием для приготовления специальной воды; - спектрофотометр; - поляриметр. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750 мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100	

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		мл,250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	
6	1330-1 Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (10 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - вискозимет – плотномер Штабингера SVL3001; - хромато-масс-спектрометр; - планетарная мельница PM100; - комплекс автоматический Porometer metcats plus; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000»; - спектрофотометр ИК-Фурье. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл,250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научноисследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- коллоквиум;

- контрольная работа;

- тест.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента

10.3. Методические указания для лабораторных занятий

При проведении лабораторного практикума необходимо создать условия для максимально самостоятельного выполнения лабораторных работ.

Поэтому при проведении лабораторного занятия преподавателю рекомендуется:

- провести экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы (с оценкой);
- после выполнения работы оценить работу студента в лаборатории и полученные им данные (оценка);
- проверить и выставить оценку за отчет.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой

литературы, представленной в разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в табл. 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

11.1.1. Типовые тестовые задания к практическим (семинарским) занятиям

1. Число атомов, приходящееся на элементарную
объемцентрированную ячейку кристалла, равно:
Один
Два*
Восемь
Девять
2. На одну элементарную ячейку гранецентрированной кубической
решетки приходится n узлов:
 $n = 4^*$
 $n = 2$
 $n = 3$
3. На одну элементарную ячейку объемноцентрированной кубической
решетки приходится n узлов:
 $n = 4$
 $n = 2^*$
 $n = 1$
4. На одну элементарную ячейку (ромбическую базоцентрированную)
приходится n узлов:
 $n = 2^*$
 $n = 4$
 $n = 3$
5. Координационное число с наименьшим радиусом в случае
плотнейшей упаковки равно:
 12^*
6
8
9
6. Каждой плоскости прямой решетки в обратном пространстве
соответствует:
Узел обратной решетки*
Плоскость обратной решетки
Семейство точек вдоль одного направления

7. Фононы подобны фотонам, так как у них одинаковы (отметьте что):
 Степень вырождения (количество возможных поляризаций)
 Статистика заполнения разрешенных состояний*
 Максимальная частота
 Скорость
8. При вынужденном излучении у излученного фотона и вынуждающего (налетающего) фотона совпадают:
 Только частота и фаза
 Только поляризация
 Только направление распространения
 Все вышеперечисленное*
9. Молярная теплоемкость кристалла при НИЗКИХ температурах
 Не зависит от температуры и равна $3R$
 Пропорциональна температуре
 Изменяется как квадрат температуры
 Изменяется как куб температуры*
10. Сопротивление кристаллических проводников определяется:
 Рассеянием электронов на узлах кристаллической решетки
 Рассеянием электронов на неоднородностях кристаллической решетки*
 Взаимодействием с дырками валентной зоны
11. Фононы являются:
 Бозонами*
 Фермионами
 Барионами
 Низкочастотными фотонами
12. Молярная теплоемкость кристалла при ВЫСОКИХ температурах:
 Не зависит от температуры и равна $3R$ *
 Пропорциональна температуре
 Изменяется как квадрат температуры
 Изменяется как куб температуры
13. Физический смысл температуры Дебая:
 Температура, при которой в кристалле возбуждаются фононы
 Температура, при которой энергетический спектр фононов начинает сказываться на теплоемкости кристалла
 Температура, соответствующая максимально возможной энергии фононов* Температура, соответствующая энергии Ферми в кристалле
14. Сопротивление примесного полупроводника n-типа при $T=0$ К:
 Равно нулю
 Равно бесконечности
 Зависит от концентрации примеси*
 Зависит от положения уровня Ферми
15. Электронная теплоемкость металлов при низких температурах:
 Пропорциональна T *
 Пропорциональна T^2

- Пропорциональна T^3
 Постоянна и не зависит от температуры
16. Электронная теплоемкость металлов при комнатной температуре:
 Равна половине теплоемкости решетки
 Равна теплоемкости решетки согласно закону Делонга-Пти
 Много меньше теплоемкости решетки*
 Пропорциональна T^3
17. Где расположена энергия Ферми у собственных полупроводников:
 Вблизи валентной зоны Вблизи зоны проводимости
 Вблизи середины запрещенной зоны*
 Вблизи примесного уровня
18. Полупроводники:
 При нормальных температурах проводят электрический ток, а при низких являются изоляторами*
 Выталкивают из себя магнитное поле при низких температурах
 Проводят ток только в одном направлении
 При нормальных температурах являются изоляторами
19. В области комнатных температур теплопроводность диэлектрических монокристаллов приблизительно изменяется по закону:
 $\exp(T)$
 T^2
 T^{-1} *
20. Теплопроводность металлических сплавов:
 Выше, чем у чистых металлов
 Ниже, чем у чистых металлов*
 Практически одинакова с теплопроводностью чистых металлов
21. С увеличением температуры сопротивление полупроводников:
 Увеличивается
 Уменьшается*
 Не изменяется
 Зависит от типа полупроводника
22. При приложении к р-п переходу напряжения в прямом направлении:
 Возрастает ток основных носителей заряда*
 Возрастает ток неосновных носителей заряда
 Ток не меняется
 Ток основных носителей заряда компенсируется током неосновных носителей заряда
23. Средняя длина свободного пробега фононов в диэлектрических монокристаллах в области высоких температур составляет величину:
 Порядка мм
 Порядка мкм
 Порядка ангстрем*
24. Перекрывание валентной зоны и пустой зоны проводимости характерно для: Полупроводника
 Металла*

- Диэлектрика
Сверхпроводника
25. Увеличение количества дислокаций в кристалле
Практически не влияет на механическую прочность
Однозначно снижает механическую прочность
Может повысить механическую прочность*
26. Дрейфовая скорость свободных электронов в металле при обычных значениях плотности тока:
Порядка 0,1 мм/с*
Порядка км/с
27. Температура плавления твердых растворов:
Равна среднему арифметическому из температур плавления исходных компонент
Значительно ниже температур плавления исходных компонент *
Равна сумме температур плавления исходных компонент
- * обозначает правильное решение

11.1.2. Примерные типовые темы курсовых работ для самостоятельной разработки, подготовки презентации и ее защиты

1. Квазикристаллы и аморфные вещества
2. Магнитные свойства тел
3. Нанокристаллы
4. Жидкие кристаллы и их применение
5. Методы определения атомной структуры твердого тела
6. Постоянные магниты. Технология изготовления. Характеристики
7. Тонкие пленки. Получение и свойства
8. Электропроводность проводников и полупроводников
9. Наноструктуры на основе оксида цинка
10. Суперпарамагнетизм и магнитный резонанс
11. Тепловые свойства твердых тел
12. Межатомные связи
13. Современные материалы на основе углерода. Нанотрубки, фуллерены
14. Дефекты кристаллической структуры, влияние деформации на их структуру
15. Влияние водорода на структуру металлических сплавов
16. Принципы моделирования картин рентгеновской дифракции
17. Строение кристаллической решетки
18. Теплопроводность и теплопередача кристаллов

11.1.3. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

ЛЕКЦИЯ № 1 Кристаллическое состояние тел. Внешняя и внутренняя симметрия кристаллов. Несовершенства и дефекты кристаллической решетки.

**ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ГРУППОВОГО ОБСУЖДЕНИЯ НА
ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ:**

1. Кристаллическое состояние. Макроскопические характеристики: простая, комбинированная кристаллические формы.
2. Понятие единичного направления.
3. Пространственная решетка – главный элемент симметрии кристаллических структур. Типы решеток Браве.
4. Определение элементарной ячейки – ячейки Браве.
5. Основные типы связей в кристаллах. Кристаллы инертных газов. Силы Ван-дер-Ваальса.
6. Основные типы связей в кристаллах. Ионные кристаллы. ковалентные кристаллы, металлические кристаллы, Кристаллы с водородными связями

11.1.4. Типовые задачи для решения на практических (семинарских) занятиях

- 1). Написать индексы направления прямой, проходящей через узлы $[[200]]$ и $[[001]]$ кубической примитивной решетки. $([-201])$.
- 2). Написать индексы Миллера для плоскости, содержащей узлы с индексами $[[200]]$, $[[020]]$ и $[[001]]$. Решетка кубическая, примитивная. $((112))$.
- 3). Вычислить удельные теплоемкости с кристаллов алюминия и меди по классической теории теплоемкости. $c(\text{Al}) = 925 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; $c(\text{Cu}) = 390 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.
- 4). Определить максимальную частоту $\omega_{\max}$ собственных колебаний в кристалле золота по теории Дебая. Характеристическая температура θ_D равна 180 К. ($\omega_{\max} \approx 2,4 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$).
- 5). К обкладкам плоского конденсатора, расстояние между которыми $d = 1 \text{ см}$, приложена разность потенциалов $\Delta\phi = 2 \text{ кВ}$. Конденсатор заполняется диэлектриком с восприимчивостью $\chi = 0,08$. Определить поляризацию P диэлектрика. ($P \approx 0,14 \text{ мКл}/\text{м}^2$).
- 6). При какой напряженности E электростатического поля в диэлектрике ($\epsilon = 3,0$) поляризация достигнет значения $0,20 \text{ мКл}/\text{м}^2$? ($E \approx 11 \text{ МВ}/\text{м}$).
- 7). Плотность тока j в алюминиевом проводе равна $1 \text{ А}/\text{мм}^2$. Найти среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов, полагая, что число свободных электронов в 1 см^3 алюминия равно числу атомов.
- 8). В медном проводнике длиной $l = 2 \text{ м}$ и площадью поперечного сечения $S = 0,4 \text{ мм}^2$, идет ток. При этом каждую секунду выделяется количество теплоты $Q = 0,35 \text{ Дж}$. Сколько электронов N проходит за 1 с через поперечное сечение этого проводника?
- 9). Определить температуру вырождения T_0 металла, если значение его энергии Ферми $E_F = 1 \text{ эВ}$. ($T_0 = 1,16 \cdot 10^4 \text{ К}$).
- 10). Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,48 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижности b_n и b_p электронов и дырок соответственно равны $0,36$ и $0,16 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. ($n = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$).
- 11). Тонкая пластинка из кремния шириной $l = 2 \text{ см}$ помещена перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ($B = 0,5 \text{ Тл}$). При плотности тока $j = 2 \cdot 10^{-6} \text{ А}/\text{мм}^2$, направленного вдоль пластины, холловская разность потенциалов U_H оказалась равной $2,8 \text{ В}$. Определить концентрацию n носителей заряда. ($n = 5,25 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$).
- 12). Какова длина волны λ монохроматического рентгеновского излучения, падающего на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается, когда угол ϑ между направлением падающего излучения и гранью кристалла

равен 3° ? Расстояние d между атомными плоскостями кристалла принять равным $0,3 \text{ нм}$. ($\lambda = 31 \text{ пм}$).

13). Пластинку кварца толщиной $d_1 = 2 \text{ мм}$, вырезанную перпендикулярно оптической оси, поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации света повернулась на угол $\varphi = 53^\circ$. Определить толщину d_2 пластинки, при которой данный монохроматический свет не проходит через анализатор. ($d_2 = 3,4 \text{ мм}$).

11.1.5. Типовые вопросы для устного (письменного) опроса по выполнению лабораторных работ

Лабораторная работа 9.1 Тема: «Исследование температурных зависимостей сопротивления материалов с фазовыми переходами»

1. В чем заключается причина электрического сопротивления металлов?
2. Чем объясняется зависимость удельного сопротивления металлов от температуры?
3. Как зависит средняя длина свободного пробега электронов от температуры?
4. Что такое температурный коэффициент сопротивления проводников? Как этот коэффициент определяется в данной работе?
5. В чем заключается механизм проводимости полупроводников.
6. Какие физические факторы, кроме температуры, влияют на проводимость полупроводников?
7. Почему проводимость полупроводников сильно зависит от температуры?
8. Как влияет наличие примесей на проводимость полупроводников?
9. Какой тип проводимости называется проводимостью n - типа?
10. Какой тип проводимости называется проводимостью p - типа?
11. Какие примеси называются акцепторными?
12. Какие примеси называются донорными?

Лабораторная работа 17.1 «Исследование магнитных свойств ферромагнетиков»

1. Дайте определение напряженности магнитного поля.
2. Что называют индукцией магнитного поля?
3. Что такое намагниченность вещества?
4. На какие группы делятся вещества по своим магнитным свойствам? В чем отличие этих свойств?
5. Какие вещества называются ферромагнетиками?
6. Что такое магнитный гистерезис? Чем он обусловлен?
7. Что такое остаточная намагниченность? Чем она обусловлена?
8. Что такое коэрцитивная сила?
9. Как можно размагнитить ферромагнетик?
10. В чем заключается отличие магнитно-твердых и магнитномягких материалов?
11. Из каких материалов изготавливают постоянные магниты?

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Зачет (3 семестр) и экзамен (4 семестр) проводится в устной форме по всему материалу изучаемого курса «Физика конденсированного» состояния в соответствующем семестре»

Билет содержит 2 вопроса из разных тем курса.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету (3 семестр)

(ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.2, ИПК-2.3):

1. Основы кристаллографии. Кристаллическая решетка. Элементарные ячейки. Решетки Браве.
2. Сингонии. Точечные и пространственные группы симметрии. Обратная решетка. Индексы Миллера.
3. Основы кристаллофизики. Анизотропия.
4. Дефекты кристаллов. Точечные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.
5. Тепловые свойства твердых тел. Классическая и квантовые теории теплоемкости. Фононы. Распределение Бозе-Эйнштейна.
6. Свойства диэлектриков. Дипольный момент и поляризация. Диэлектрические восприимчивость и проницаемость.
7. Классическая и квантовая теории электропроводности. Распределение Ферми-Дирака.
8. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Туннельный эффект. Высокотемпературная сверхпроводимость.
9. Электропроводность собственных и примесных полупроводников и ее зависимость от температуры.
10. Фотопроводимость полупроводников. Р-n переход, транзисторы.
11. Зонная теория. Энергетические зоны для диэлектриков, собственных и примесных полупроводников, металлов.
12. Электроника, микро-, нано-, молекулярная и атомная электроника. Материалы для современной электроники (диэлектрики и проводники).

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (4 семестр)

(ПК-2: ИПК-2.1, ИПК-2.2, ИПК-2.3):

1. Взаимодействие атомов в кристаллах, типы связи. Атомные радиусы.
2. Решетка Браве. Элементарная ячейка. Базис кристаллической решетки. Кристаллографические направления и плоскости.
3. Преобразования симметрии. Группы симметрии кристаллических систем.
4. Дифракция на периодических структурах. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
5. Классификация колебательных мод кристаллической решетки. Акустические и оптические моды.
6. Колебания линейных цепочек. Вывод закона дисперсии.
7. Квантование колебаний решетки, фононы.
8. Нормальные колебания решетки кристалла, спектр нормальных колебаний
9. Теплоемкость твёрдого тела. Области низких и высоких температур
10. Ангармонизм колебаний кристаллических решеток. Распад и времена жизни фононов.
11. Зависимость подвижности носителей зарядов от температуры
12. Средняя скорость электронов в кристалле.
13. Эффективная масса электрона. Заполнение энергетических зон электронами.
14. Движение электронов в кристалле под действием внешних электрических полей.
15. Отсутствие тока в целиком заполненной зоне.
16. Движение электронов под действием внешних магнитных полей.
17. Плотность состояний.
18. Теплоемкость электронного газа.
19. Плотность свободных электронов в полупроводниках.

- 20. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур
- 21. Собственные и примесные состояния. Электроны и дырки в зонах
- 22. Рекомбинация и возбуждение неравновесных носителей тока в твердых телах
- 23. Контакт металл-полупроводник
- 24. Эффект Зеебека. Явления Пельтье и Томпсона