

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол от «12» января 2022 г.
№4

Согласовано:
Председатель УМК физико-
технического института

Зав. кафедрой _____ / Салихов Р.Б.

_____ / Балапанов М.Х.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

(наименование дисциплины)

базовая дисциплина

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

11.03.04 электроника и нанoeлектроника,

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

Электронные приборы и автоматизированные системы

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(указывается квалификация)

Разработчик (составитель)
профессор, д.ф.-м.н., профессор
(должность, ученая степень, ученое звание)

_____ / Салихов Р.Б.
(подпись/ Ф.И.О.)

Для приема: 2022г.
Уфа 2022г.

Составитель / составители: д.ф.-м.н., профессор Салихов Р.Б.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники протокол от «12» января 2022 г. №4

Заведующий кафедрой


_____ / Салихов Р.Б./

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
 - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знать: основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики УК-1.2. Уметь: объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел УК-1.3. Владеть: методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.
	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знать особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений ПК-1.2. Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа ПК-1.3. Владеть методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к базовой части.

Дисциплина изучается на 2-3 курсе(ах) в 4-5 семестре(ах).

Цели изучения дисциплины: формирование современных представлений о физических свойствах твердых тел, структуре материалов и типов существующих в них взаимодействий; приобретение навыков решения типовых задач по основным разделам физики конденсированного состояния.

Данный курс предназначен для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Курс «Физика конденсированного состояния» позволяет на основе изучения свойств твердых тел, в особенности, полупроводниковых материалов разрабатывать новые электронные приборы и устройства.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики. По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с такими предметами как «Материалы электронной техники», «Физические основы электроники» и способствует формированию у будущих специалистов принципов физического и инженерного подхода к оценке возможностей использования материалов в конкретных элементах и устройствах электронной техники.

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы, а так же изучению таких дисциплин как «Основы технологии электронной компонентной базы», «Основы плечной электроники».

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Индикатор достижения компетенции (с кодом) УК-1.1. Знать: основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики	Не знает основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики, основные типы магнетиков	Имеет фрагментарные знания об основных приближениях зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятия эффективной массы, классификации твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики, основных типов магнетиков; свойства и основных типов сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основных экспериментальных методов изучения	Достаточно уверенно знает основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики, основные типы магнетиков; свойства и основных типов сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные экс-	Уверенно знает основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики, основные типы магнетиков; свойства и основных типов сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости; основные экс-

		структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел	периментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел, но допускает небольшие ошибки.	методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел и может ответить на дополнительные вопросы.
УК-1.2. Уметь: объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел	Не умеет объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел	Частично умеет объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел	Умеет объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел, но иногда ошибается	Умеет объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел
УК-1.3. Владеть: методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Не владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Частично владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике., но не всегда уверенно	Уверенно владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.

Зачет

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
	«Не зачтено»	«Зачтено»
Индикатор достижения компетенции (с кодом) УК-1.1. Знать: основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины

УК-1.2. Уметь: объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик электроники и нанoeлектроники и областей их применения, рассчитывать проводимость, подвижность носителей заряда, концентрацию носителей в электронных материалах	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик электроники и нанoeлектроники и областей их применения, рассчитывать проводимость, подвижность носителей заряда, концентрацию носителей в электронных материалах
УК-1.3. Владеть: методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.

Контрольная

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
	«Не зачтено»	«Зачтено»
Индикатор достижения компетенции (с кодом) УК-1.1. Знать: основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в данную тему по контрольной работе	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в данную тему по контрольной работе
УК-1.2. Уметь: объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для ответа и решения данной контрольной работы	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для ответа и решения данной контрольной работы
УК-1.3. Владеть: методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время	Отсутствие владения или фрагментарное владение теоретическими знаниями по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.	В целом успешное (возможно не систематическое) владение теоретическими знаниями по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.

жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.		
--	--	--

ПК-1- Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-1.1. Знать особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений	Не знает особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений, методы расчета положения уровня Ферми в полупроводнике, основные эффекты, проявляющиеся при высоком уровне легирования	Имеет фрагментарные знания особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений, методы расчета положения уровня Ферми в полупроводнике, основные эффекты, проявляющиеся при высоком уровне легирования	Достаточно уверенно знает особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений, методы расчета положения уровня Ферми в полупроводнике, основные эффекты, проявляющиеся при высоком уровне легирования, но допускает небольшие ошибки.	Уверенно знает особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений, методы расчета положения уровня Ферми в полупроводнике, основные эффекты, проявляющиеся при высоком уровне легирования и может ответить на дополнительные вопросы.
ПК-1.2. Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа	Не умеет определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в	Частично умеет определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа	Умеет определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного	Умеет определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа

	приближении свободного электронного газа		газа, но иногда ошибается	
ПК-1.3. Владеть методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Не владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Частично владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике., но не всегда уверенно	Уверенно владеет методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.

Зачет

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
	«Не зачтено»	«Зачтено»
ПК-1.1. Знать особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в содержание дисциплины
ПК-1.2. Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик электроники и наноэлектроники и областей их применения, рассчитывать проводимость, подвижность носителей заряда, концентрацию носителей в электронных материалах	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик электроники и наноэлектроники и областей их применения, рассчитывать проводимость, подвижность носителей заряда, концентрацию носителей в электронных материалах

ПК-1.3. Владеть методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Отсутствие владения или фрагментарное владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.	В целом успешное (возможно не систематическое) владение экспериментальными навыками по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.
--	--	---

Контрольная

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
	«Не зачтено»	«Зачтено»
ПК-1.1. Знать особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в данную тему по контрольной работе	Сформированные (возможно неполные) представления об основных понятиях и утверждениях, входящих в данную тему по контрольной работе
ПК-1.2. Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа	Отсутствие умений или фрагментарные умения употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для ответа и решения данной контрольной работы	В целом успешное (возможно не систематическое) умение употреблять правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для ответа и решения данной контрольной работы
ПК-1.3. Владеть методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	Отсутствие владения или фрагментарное владение теоретическими знаниями по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.	В целом успешное (возможно не систематическое) владение теоретическими знаниями по изучению основных свойств материалов, в том числе методами электрофизических и металлографических измерений.

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
УК-1.1. Знать основные понятия зонной теории	Знать: основные приближения зонной теории, особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы, классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики	тесты; решение задач; экзамен
УК-1.2. Уметь объяснять сущность физических явлений и анализировать параметры.	Уметь: объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах, производить анализ и делать количественные оценки параметров твердых тел.	
УК-1.3. Владеть методами экспериментального определения характеристик носителей заряда.	Владеть: методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	
ПК-1.1. Знать особенности структуры полупроводников	Знать особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений	тесты; решение задач; экзамен
ПК-1.2. Уметь определять структуру решеток по данным анализа, рассчитывать характеристики твердых тел.	Уметь определять структуру простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа, рассчитывать кинетические характеристики твердых тел в приближении свободного электронного газа	
ПК-1.3. Владеть методами определения характеристик носителей заряда	Владеть методами экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, время жизни, коэффициент диффузии носителей заряда в полупроводнике.	

4.3. *Рейтинг-план дисциплины
(при необходимости)*

Рейтинг-план дисциплины

Физика конденсированного состояния

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность _____ Электроника и нанoeлектроника _____

курс _____ 2 _____, семестр _____ 4 _____

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1. Структура кристаллов и тепловые колебания кристаллов			0	45
Текущий контроль				
1. устный опрос	5	2	0	10
2. Решение задач	1	10	0	10
Рубежный контроль				
1. тест	1	25	0	25
Модуль 2. Модель свободных электронов, энергетические зоны и полупроводниковые кристаллы			0	55
Текущий контроль				
1. Решение задач	1	10	0	10
2. устный опрос	5	4	0	20
Рубежный контроль				
1. тест	1	25	0	25
Поощрительные баллы				
1. Участие в конференциях, публикация статей	10	1	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
1. Зачет (дифференцированный зачет)				
2. Контрольная работа				

Физика конденсированного состояния

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность _____ Электроника и наноэлектроника _____
курс _____ 2 _____, семестр _____ 5 _____

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1. кинетические явления в твердых телах и сверхпроводимость			0	35
Текущий контроль				
1. устный опрос	5	4	0	20
Рубежный контроль				
1. тест	1	15	0	15
Модуль 2. Оптические явления и некристаллические твердые тела			0	35
Текущий контроль				
1. устный опрос	5	4	0	20
Рубежный контроль				
1. тест	1	15	0	15
Поощрительные баллы				
1. Участие в конференциях, публикация статей	10	1	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
3. Посещение лекционных занятий			0	-6
4. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
Итоговый контроль				
1. Экзамен				30

Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для экзамена:

1. Энергетические зоны. Причины появления запрещенных зон на основе рассмотрения брэгговского отражения электронных волн.
2. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
3. Волновые функции электрона в периодической решетке. Схема приведенных зон.
4. Эффективная масса электрона, дырки.

Полупроводниковые кристаллы. Собственная проводимость. Плотность состояний. Концентрация собственных носителей

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

для зачета:

- зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Комплект тестов (тестовых заданий)

по дисциплине «Физика конденсированного состояния»

1. Сопоставьте ...

1. Ионная связь	а. связь осуществляющаяся посредством классической электронной пары, электрон курсирует между двумя атомами.
2. Ковалентная связь	б. связь имеющее сходство с ковалентной, т.к. в основе лежит обобществление внешних валентных электронов – только атомов всей решетки.
3. Металлическая связь	с. связь, обусловленная в основном электростатическим взаимодействием противоположно заряженных ионов

2. Уравнение Лауэ

a)

b)

c)

d)

3. Обычным методом описания положения плоскости в кристаллической решетке являются

- 1 метод Крамера
- 2 метод Гаусса
- 3 индексы Миллера
- 4 индексы Хокинга

4. фазовая скорость

- a)
- b) —
- c) —
- d) —

Критерии оценки (в баллах)

За каждый правильный ответ- 1 балл

Решение задач

1. Найти плотность кристаллов NaCl и CsCl (см. рис.1)

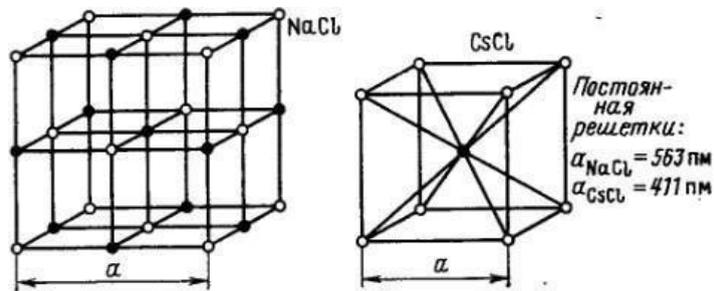


Рис.1

2. Зная постоянную a , вычислить межплоскостные расстояния $d_{100}, d_{110}, d_{111}$ и их отношение для:
а) простой, б) объемноцентрированной, в) гранецентрированной кубических решеток

3. Найти постоянную решетки AgBr (тип решетки NaCl), если известно что K_α - линия ванадия отражается в первом порядке от системы плоскостей (100) под углом скольжения

Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	1 балл
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	0,5 баллов
Нет правильного ответа	0 баллов

Устный опрос

Тема №1

1. Эффект Холла. Эффект Холла в случае смешанной проводимости.
2. Оптические явления в твердых телах. Различные процессы взаимодействия света с твердым телом. Поглощение света кристаллами, коэффициент поглощения.

Тема №2

1. Собственное поглощение: прямые и не прямые переходы. Экситонное поглощение.
2. Поглощение свободными носителями. Примесное и решеточное поглощения.

Тема №3

1. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Различные виды люминесценции. Фотопроводимость, выражения для концентрации фотоносителей тока.
2. Сверхпроводимость. Сверхпроводящие материалы. Разрушение сверхпроводимости магнитным полем. Эффект Мейснера.

...

Критерии оценки (в баллах)

- 0 баллов выставляется студенту, если студент отказывается от ответа, не знает материал;
- 1 балл выставляется студенту, если ответ студента неполный, демонстрирующий поверхностное знание и понимание материала;
- 3 балла выставляется студенту, если ответ студента полный, развернутый с некоторыми несущественными погрешностями;
- 5 балла выставляется студенту, если ответ студента полный, развернутый, показана совокупность глубоких, осмысленных системных знаний объекта и предмета изучения.

Письменная контрольная работа

1. Зная плотность металла (указан в табл.) и тип решетки, определить постоянные решетки. Нарисовать эти решетки.
2. В соответствии с индексами Миллера (указаны в табл.), нарисовать сечение этой плоскости в пределах 1-й кристаллографической ячейки.
3. Вычислить расстояние d_{100} , d_{110} , d_{111} для своих решеток.
4. Монокристалл (металла, указанного в табл.) снимают по методу Лауэ вдоль оси четвертого порядка (ось z) на фотопластинку, отстоящую от кристалла на расстоянии 40 мм. Найти для максимумов, соответствующих отражениям от плоскостей (021) и (331): а) их расстояния до центра лауэграммы; б) длину волн рентгеновского излучения.
5. Рассчитать значения параметров: ϵ_F , k_F , v_F согласно модели Ферми. Найти отношение ___ где длина волны де Бройля соответствует тепловой скорости при температуре Дебая.

Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	2 балла
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	1 балл
Нет правильного ответа	0 баллов

Участие в конференциях, публикация статей

1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0
	Работа носит исследовательский характер	1
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Использованы научные данные	1
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0
	Использованы специализированные издания или интернет ресурсы	1
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	1

Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт или получены новые данные	1

2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела :учеб. пособие / Г. И. Епифанов.— 3-е, испр. — СПб.: Лань, 2010 .— 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9 [В библиот. БашГУ имеется 59 экз.]
2. Салихов, Ренат Баязитович. Основы физики твердого тела : учеб. пособие / Р. Б. Салихов ; БашГУ .— Уфа : РИЦ БашГУ, 2014 .— 153 с. — ISBN 978-5-7477-3615-3 [В библиот. БашГУ имеется 89 экз.]
3. Анфимов, И.М. Физика твердого тела. Сборник задач [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.М. Анфимов, С.П. Кобелева, М.П. Коновалов. — Электрон. дан. — Моск-ва : МИСИС, 2011. — 70 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47457>. —

Дополнительная литература:

1. Корабельников, Д.В. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.В. Корабельников. — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2017. — 149 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103097>

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

Электронные ресурсы (дополнение списка литературы)

1. Епифанов, Георгий Иванович. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов .— 3-е, испр. — СПб. : Лань, 2011 .— 288 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— ISBN 978-5-8114-1001-9 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=2023>.
2. Салихов, Р. Б. Основы физики твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Б. Салихов ; БашГУ .— Уфа : РИЦ БашГУ, 2014 .— Электрон. версия печ. публикации .— Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ .— <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/read/SalihovOsnoyFizikiTverdTela.pdf>>.

Ресурсы Интернет

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресур-

сов» <http://school-collection.edu.ru/>

4. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fepo.ru).
5. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
6. www.affp.mics.msu.su

6	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	https://elib.bashedu.ru/
7	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	http://www.biblioclub.ru/
8	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	http://e.lanbook.com/

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
---	---	---	--

<p>Физика конденсированного состояния</p>	<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория 415 (физико-технического корпус учебное)</p> <p>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория 415 (физико-технического корпус учебное)</p> <p>3. учебная аудитория для консультирования и промежуточной аттестации: аудитория 415 (физико-математический корпус учебное)</p> <p>4. помещения для самостоятельной работы Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж): Зал доступа к электронной информации Библиотеки</p>	<p>Аудитория 415 Доска, учебная мебель , проектор</p> <p>Читальный зал Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50, ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет, неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС; количество посадочных мест – 8</p>	<p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p>
---	--	--	---

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
 КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Физика конденсированного состояния на 4-5 семестрах
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины		
	4 се- местр	5 се- местр	общее
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	108	108	6/216
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	64,7	37,2	101,9
лекций	32	36	68
практических/ семинарских	32	-	32
лабораторных		-	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,7	1,2	1,9
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	43,3	<u>36</u>	<u>79,3</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	0	34,8	34,8

Форма(ы) контроля:

 экзамен_5 семестр

 зачет 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1: структура кристаллов	8	8	-	10			
1.	Описание структуры кристаллов. Вектор трансляции, решетка, базис. Трехмерные кристаллы, решетки Браве для трехмерных кристаллов. Индексы Миллера и обозначение направлений. Простые кристаллические структуры: кубическая гранецентрированная и гексагональная с плотной упаковкой; структура алмаза и хлористого натрия. Анизотропия твердых тел. Явление полиморфизма. Классификация типов связи в кристаллах: ионные, ковалентные, металлические и молекулярные кристаллы.	3	2	-	4	[1]: §1-11 [2]: 1.1-1.10	номера задач [3]: №	решение задач
2.	Дифракция рентгенов-	3	2	-	3	[2]: 2.2-2.3	номера задач	Решение задач

	ских лучей в кристаллах. Закон Брэгга. Экспериментальные методы исследования структуры твердых тел: метод Лауэ, метод вращения кристалла, порошковый метод.						[3]: №	
3.	Несовершенства и дефекты в кристаллах. Мозаичная структура. Примеси. Атомы в междоузлиях и вакансии. Равновесная концентрация дефектов. Дислокации.	2	4	-	3	[1]: §12 [2]: 2.4	номера задач [3]: №	решения задач
	Модуль2: тепловые колебания	8	8	-	11			
4.	Тепловые колебания кристаллов. Основные параметры упругих волн. Соотношения дисперсии для упругих волн в одномерной кристаллической цепочке, состоящей из одинаковых атомов и из атомов 2-х видов.	3	2	-	5	[1]: §30-31 [2]: 3.1-3.2	номера задач [3]: №	решения задач
5.	Акустические и оптические ветви колебаний для одномерных и трехмерных кристаллов. Акустические и оптические фононы. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.	3	2	-	4	[1]: §32 [2]: 3.3-3.5	номера задач [3]: №	тест

6.	Теплоемкость и теплопроводность твердых тел. Закон Дюлонга-Пти, модель Эйнштейна. Дебаевская теория теплоемкости решетки. Теплоемкость электронов проводимости в металлах. Теплопроводность твердых тел.	2	4	-	2	[1]: §34-36 [2]: 3.6-3.8		Решение задач
	Модуль3: модель свободных электронов, энергетические зоны	8	8	-	9			
7.	Свободный электронный газ Ферми (одномерный случай). Энергия Ферми, функция распределения Ферми-Дирака. Свободный электронный газ в трехмерном случае. Поверхность (сфера) Ферми	2	2		2	[1]: § 26-27 [2]: 4.1	номера задач [3]: №	решения задач
8.	Электропроводность и закон Ома. Теплопроводность металлов, закон Видемана-Франца.	2	2	-	2	[1]: §47- 52 [2]: 4.2-4.3	номера задач [3]: №	решения задач
9.	Энергетические зоны. Причины появления запрещенных зон на основе рассмотрения брэгговского отражения электронных волн. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.	2	2	-	2	[1]: §37- 39, 42, [2]: 4.4		Решение задач
10.	Волновые функции элект-	2	2	-	3	[1]: §41,	номера задач	тест

	трона в периодической решетке. Схема приведенных зон. Эффективная масса электрона, дырки.					[2]: 5.1-5.2	[3]: №	
	Модуль4: полупроводниковые кристаллы	8	8	-	13			
11.	Собственная проводимость. Закон действующих масс. Концентрация собственных носителей.	3	2	-	5	[1]: § 56, [2]: 6.1-6.2	номера задач [3]: №	решения задач
12.	Структура энергетических зон (на примере германия). Циклотронный резонанс в полупроводниках.	3	3	-	4	[2]: 6.4	номера задач [3]: №	решения задач
13.	Примеси и примесные состояния в полупроводниках. Статистика равновесных носителей заряда. Неравновесные носители заряда: генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф. Поверхность и контактные явления.	2	3	-	4	[1]: § 58-60,	номера задач [3]: №	Решение задач
	Всего часов:	32	32	-	43			

5 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов Всего	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) ЛК
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	4	5	6	1	2	3	4
	Модуль 1: кинетические явления в твердых телах	9	-	-	9			
1	Движение в магнитном поле, циклотронная частота, статическое магнетосопротивление.	2	-	-	3	[2]: § 6.4.-6.5,		тест
2	Эффект Холла. Эффект Холла в случае смешанной проводимости.	3	-	-	3	[2]: § 6.6		тест
3	Термоэлектрические и гальваномагнитные явления.	2	-	-	2	[1]: § 79-83, [2]:9.1-9.5		тест
4	Диффузия в твердых телах и ее зависимость от температуры	2	-	-	1	[2]: § 9.6		тест
	Модуль 2: сверхпроводимость	9	-	-	9			
5	Сверхпроводящие материалы. Разрушение сверхпроводимости	3	-	-	3	[1]: § 62, [2]: 8.1		тест

	магнитным полем. Эффект Мейснера.							
6	Теплоемкость сверхпроводников. Поглощение электромагнитного излучения сверхпроводниками. Изотопический эффект.	3	-	-	3	[1]: § 62, [2]: 8.2-8.4		тест
7	Основы теории БКШ: образование куперовских пар, энергетическая щель.	3	-	-	3	[2]: § 8.4		тест
	Модуль3: оптические явления	9	-	-	9			
8	Различные процессы взаимодействия света с твердым телом. Поглощение света кристаллами, коэффициент поглощения.	3	-	-	3	[2]: § 7.1-7.3		тест
9	Собственное поглощение: прямые и непрямые переходы. Экситонное поглощение. Поглощение свободными носителями. Примесное и решеточное поглощения.	3	-	-	3	[2]: 7.2		тест
10	Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Различные виды люминесценции. Фотопроводимость, выражения для концентрации фотоносителей тока.	3	-	-	3	[1]: § 60,61 [2]: 7.3		тест

	Модуль4: некристаллические твердые тела	9	-	-	9			
11	Особенности применения зонной теории для неупорядоченных твердых тел	3	-	-	3	[2]:		тест
12	Органические полупроводники	3	-	-	2	[2]:		тест
13	Модели переноса заряда в органических материалах	3	-	-	4	[2]:		тест
	Всего часов:	36	-	-	36			

Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Физика конденсированного состояния
Направление 11.03.04 электроника и микроэлектроника
Профиль Электронные приборы и устройства

1. Вектор трансляции, решетка, базис.
2. Акустические и оптические ветви колебаний для одномерных и трехмерных кристаллов. Акустические и оптические фононы.
3. Найдите положение уровня Ферми в невырожденном германии Ge, если известно: $p_i = N_V \cdot \exp\{(E_V - E_f)/kT\}$.

Заведующий кафедрой



/ Салихов Р.Б./