

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

*Батиев З.В.* Ф.И.О.

*М.В.* 2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Термодинамика конденсированных сред

(наименование дисциплины)

Основной профессиональной образовательной программы

магистратуры

(академического (ой)/прикладного (ой) бакалавриата/магистратуры)

03.04.02 «Физика»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

«Физика полупроводников»

(наименование профиля подготовки (при наличии))

**Квалификация выпускника**

магистр

**Форма обучения**

очная

(очная, заочная)

МАГАС, 2018 г.

Составители рабочей программы

профессор Д.Ф.И

(должность, уч. степень, звание)

А.Х. Мадиев

(подпись)

А.Х. Мадиев

(Ф. И. О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей физики

Протокол заседания № 8 от « 23 » апреля 2018 г.

Заведующий кафедрой

И.И.И

(подпись)

Борщикова З.Р.

(Ф. И. О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом физико-математического факультета.

Протокол заседания № 4 от « 4 » мая 2018 г.

Председатель учебно-методического совета

Ураев

(подпись)

Ткацкий У.А.

(Ф. И. О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом физико математического факультета

Протокол заседания № 4 от « 4 » мая 2018 г.

Председатель учебно-методического совета

Ураев

(подпись)

Ткацкий У.А.

(Ф. И. О.)

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № 9 от « 23 » мая 2018 г.

Председатель Учебно-методического совета университета

У.А.Ураев

(подпись)

Рамазанов М.Б.

(Ф. И. О.)

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цель преподавания дисциплины

1. Целью курса является изучение основ Термодинамики конденсированных сред с целью использования полученных знаний в высоких технологиях. Здесь рассматриваются основные закономерности, вытекающие из I, II и III законов термодинамики. Лекционный курс и практические занятия помогут установить связь между термодинамическими величинами. Особое внимание акцентируется на некоторых термодинамических расчетах, концентрации дефектов в твердых телах, а также на информации, полученной из диаграмм состояния.

2. В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

3. поведение термодинамических величин при воздействии различных внешних факторов.

4. поведение материалов в различных условиях, что дает возможность избежать ошибок, связанных с незнанием термодинамических факторов.

5. степень протекания химической реакции, рассчитать концентрацию дефектов.

Излагаемый курс дает возможность комбинировать методы классической термодинамики и статистической физики, что является перспективным средством исследования кристаллов.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

К задачам изучения дисциплины относится получение знаний по основным направлениям развития нанотехнологий, умение применять данные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения, овладение методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нанoeлектроники.

### 1.2.1. Задачи профессиональной деятельности магистра, реализуемые при изучении дисциплины

**А.** Изучение физико-химических методов получения новых полупроводниковых материалов для потребностей твердотельной нанoeлектроники.

**Б. Научно-исследовательская деятельность.** Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований. Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи. Разработка методики, проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов. Разработка физических и математических

моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере. Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований. Фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.

### **1.2.2. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины и на основе предварительно изученных дисциплин студент должен **знать**:

- физические процессы протекающие при взаимодействии компонентов, приводящие к образованию как химических соединений, так и образованию твердых растворов;
- какие фазовые превращения происходят при этих взаимодействиях;
- влияние количества компонентов на образования дефектов в полупроводящих материалах;
- как использовать полученные знания для нужд полупроводниковой нанотехнологии..

#### **Уметь:**

- оценивать состояние различных направлений развития нанотехнологий;
- использовать современные информационные и компьютерные технологии для моделирования фазовых процессов с целью построения фазовых диаграмм состояния изучаемых систем;
- формулировать задачи исследования на этапе экспериментального создания твердотельной среды с требуемыми свойствами;
- разрабатывать технологический алгоритм формирования твердотельной среды для получения электронного устройства;
- решать экологические задачи при создании наноразмерных сред;
- приобретать навыки работы в творческом коллективе;
- отстаивать публично свою точку зрения;
- готовить материалы к докладам и публикациям.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Курс «Термодинамика конденсированных сред» входит в учебный план подготовки магистров по магистерской программе 02.04.03 – «Физика. Физика полупроводников. Микроэлектроника» Б1.В.ДВ.1. Он изучается магистрами 3-го курса на кафедре «Общая физика».

Термодинамика конденсированных сред представляет огромный интерес для фундаментальной науки и практических приложений. Изучение нанотехнологии не возможно без основ Термодинамики конденсированных сред, как одним из наиболее приоритетных направлений в инновационном развитии страны. Практически во всех развитых странах в данной области существуют крупные национальные проекты. Для современных ученых и специалистов, в какой бы области они не работали, знание Термодинамики конденсированных сред становится необходимым элементом общей эрудиции и квалификации. Для ученых это также важный фактор эффек-

тивности их работы. В связи с этим, настоящий курс является важной частью общепрофессиональной подготовки магистров в области физики.

**Таблица 2.1.**

**Связь дисциплины «Современные проблемы науки и производства» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Современные проблемы науки и производства»	Семестр
Б1.В.ОД.3	Физические основы вакуума	2
Б1.В.ДВ.5	Физика полупроводников	2

**Таблица 2.2.**

**Связь дисциплины «Современные проблемы науки и производства» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Современные проблемы науки и производства»	Семестр

**Таблица 2.3.**

**Связь дисциплины «Современные проблемы науки и производства» со смежными дисциплинами**

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Современные проблемы науки и производства»	Семестр
Б1.В.ДВ.2	Физика полупроводниковых приборов	3

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Выпускник программы магистратуры должен обладать следующими компетенциями:

**научно-инновационная деятельность:**

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для

решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

**организационно-управленческая деятельность:**

способностью использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-5);

**Таблица 3.1**

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Этап (уровень) освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5
Первый этап (базовый, пороговый) (ПК-2)	Знать фундаментальные основы физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующие уровню магистра физики)	Фрагментарные знания фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)	Полностью сформированное и системное знание фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)
	Знать основные научные результаты, полученные в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	Фрагментарные знания основных научных результатов, полученных в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных научных результатов, полученных в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных научных результатов, полученных в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	Полностью сформированное и системное знание основных научных результатов, полученных в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях
	Знать основные и приоритетным направления научных исследований и разработок в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения	Фрагментарные знания основных и приоритетных направлений научных исследований и разработок в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных и приоритетных направлений научных исследований и разработок в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных и приоритетных направлений научных исследований и разработок в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения	Полностью сформированное и системное знание основных и приоритетных направлений научных исследований и разработок в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения
	Уметь применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Частично освоенное умение применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	В целом успешное, но не системное умение применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	Полностью сформированное умение применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

Уметь решать типовые и нестандартные задачи по выбранной направленности подготовки (физика конденсированного состояния, физическое материаловедение)	Частично освоенное умение решать типовые и нестандартные задачи по выбранной направленности подготовки (физика конденсированного состояния, физическое материаловедение)	В целом успешное, но не системное умение решать типовые и нестандартные задачи по выбранной направленности подготовки (физика конденсированного состояния, физическое материаловедение)	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые и нестандартные задачи по выбранной направленности подготовки (физика конденсированного состояния, физическое материаловедение)	Полностью сформированное умение решать типовые и нестандартные задачи по выбранной направленности подготовки (физика конденсированного состояния, физическое материаловедение)
Владеть базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме под научным руководством или в составе небольшой научной группы	Фрагментарное применение базовых навыков проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме под научным руководством или в составе небольшой группы	В целом успешное, но не систематическое применение базовых навыков проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме под научным руководством или в составе небольшой группы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение базовых навыков проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме под научным руководством или в составе небольшой группы	Успешное и систематическое применение базовых навыков проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме под научным руководством или в составе небольшой научной группы
Владеть общими знаниями в области физики и астрономии, а также общими знаниями в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	Фрагментарное применение общих знаний в области физики и астрономии, а также общих знаний в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	В целом успешное, но не систематическое применение общих знаний в области физики и астрономии, а также общих знаний в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение общих знаний в области физики и астрономии, а также общих знаний в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях	Успешное и систематическое применение общих знаний в области физики и астрономии, а также общих знаний в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях
Владеть углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	Фрагментарное применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки
Владеть базовыми навыками проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	Фрагментарное применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	В целом успешное, но не систематическое применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	Успешное и систематическое применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме

Этап (уровень) освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5

Первый этап (базовый, по- роговый) (ПК-5)	Знать правила оформления научных публикаций (статей и тезисов докладов)	Фрагментарные знания правил оформления научных публикаций (статей и тезисов докладов)	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание правил оформления научных публикаций (статей и тезисов докладов)	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание правил оформления научных публикаций (статей и тезисов докладов)	Полностью сформированное и системное знание правил оформления научных публикаций (статей и тезисов докладов)
	Знать нормативную документацию (ГОСТы) регламентирующие правила составления отчетов, аналитических обзоров и патентных исследований	Фрагментарные знания нормативной документации регламентирующей правила составления отчетов, аналитических обзоров и патентных исследований	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание нормативной документации регламентирующей правила составления отчетов, аналитических обзоров и патентных исследований	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание нормативной документации регламентирующей правила составления отчетов, аналитических обзоров и патентных исследований	Полностью сформированное и системное знание нормативной документации регламентирующей правила составления отчетов, аналитических обзоров и патентных исследований
	Уметь представлять результаты своих научных исследований в соответствии с предлагаемыми правилами академической традицией	Частично освоенное умение представлять результаты своих научных исследований в соответствии с предлагаемыми правилами академической традицией	В целом успешное, но не системное умение представлять результаты своих научных исследований в соответствии с предлагаемыми правилами академической традицией	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение представлять результаты своих научных исследований в соответствии с предлагаемыми правилами академической традицией	Полностью сформированное умение представлять результаты своих научных исследований в соответствии с предлагаемыми правилами академической традицией
	Уметь производить сбор и анализ библиографических источников информации	Частично освоенное умение производить сбор и анализ библиографических источников информации	В целом успешное, но не системное умение производить сбор и анализ библиографических источников информации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение производить сбор и анализ библиографических источников информации	Полностью сформированное умение производить сбор и анализ библиографических источников информации
	Уметь представлять полученные научнопрактические результаты в форме отчетов, оформленных в соответствии с требованиями действующей нормативной документации	Частично освоенное умение представлять полученные научнопрактические результаты в форме отчетов, оформленных в соответствии с требованиями действующей нормативной документации	В целом успешное, но не системное умение представлять полученные научнопрактические результаты в форме отчетов, оформленных в соответствии с требованиями действующей нормативной документации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение представлять полученные научнопрактические результаты в форме отчетов, оформленных в соответствии с требованиями действующей нормативной документации	Полностью сформированное умение представлять полученные научнопрактические результаты в форме отчетов, оформленных в соответствии с требованиями действующей нормативной документации
	Владеть навыками редакторской деятельности (представления обширного экспериментального материала в виде сжатого текста научной работы (статьи))	Фрагментарное применение навыков редакторской деятельности (представления обширного экспериментального материала в виде сжатого текста научной работы (статьи))	В целом успешное, но не систематическое применение навыков редакторской деятельности (представления обширного экспериментального материала в виде сжатого текста научной работы (статьи))	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков редакторской деятельности (представления обширного экспериментального материала в виде сжатого текста научной работы (статьи))	Успешное и систематическое применение навыков редакторской деятельности (представления обширного экспериментального материала в виде сжатого текста научной работы (статьи))



#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Объем дисциплины и виды учебной работы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид учебной работы	Объем дисциплины, часов/зачетных ед.
Общая трудоемкость дисциплины	144
Аудиторные занятия:	38
Лекции	18
Практические занятия (СЗ)	18
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Самостоятельная работа:	52
Вид итогового контроля -экзамен	
Зачетные единицы	4

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 3.1. Модули, темы, виды занятий по дисциплине и их объем в зачетных единицах/часах (тематический план занятий)

Тематический план занятий приведен в виде табл. 3.

№ п/п темы	Модуль и тема дисциплины	Лекции, зачетные единицы (часы)	ЛР, зачетные единицы (часы)	Самостоятельная работа, зачетные единицы (часы)	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
	<b>Модуль1. Основные понятия термодинамики</b>	0,25(9)	0,25(9)	0,72(27)	ПК-2, ПК-5
1	Тема 1. Предмет термодинамики конденсированных сред. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа и твердого тела. Энтальпия и ее физический смысл.	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
2	Тема 2. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме .	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	

3	Тема 3. Обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные термодинамические процессы. Формулировка 2-го начала термодинамики	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	ПК-2, ПК-5
	Тема 4. Изменение энтропии при фазовых превращениях. Энтропия при необратимом процессе	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
	Тема 5. Свободная энергия системы при постоянном объеме и давлении. Соотношения между некоторыми термодинамическими величинами	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
5	Тема 6. Статистическая интерпретация энтропии. Энтропия смешения растворов (конфигурационная). Энтропия колебательного движения	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
	Тема 7. Экспериментальное определение энтальпии и энтропии. Третье начало термодинамики	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
6	Тема 8. Термодинамические потенциалы и равновесия в закрытых и открытых системах. Постулат Планка и следствия третьего начала термодинамики. Термодинамические потенциалы. Связь между ними, их производные	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
	Тема 9. Химический потенциал. Химическое равновесие. Константы	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	

	химического равновесия				
	Тема 10. Понятие термодинамического сродства. Мера сродства по Гиббсу и Гельмгольцу. Вычисление парциальных мольных величин.	0,025 (0,9)	0,025 (0,9)	0,075(2,7)	
7	<b>Модуль 2. Растворы. Дефекты</b>	0,25(9)	0,25(9)	0,72(27)	ПК-2, ПК-5
	Тема 1. Идеальные растворы. Неидеальные разбавленные растворы.	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 2. Концентрационные растворы. Избыточные термодинамические величины. Квазихимическая трактовка растворов	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 3. Применение квазихимической теории к идеальным и регулярным растворам. Фазовые равновесия	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	ПК-2, ПК-5
	Тема 4. Энтропия плавления полупроводников. Диаграмма энергии Гиббса – состав для двух компонент-ных систем	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 5. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). Правило фаз Гиббса	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 6. Эвтектическая реакция. Перетектичная реакция. Эвтетоидная диаграмма. Диаграмма для конгруэнтного и инконгруэнтного плавления. Метастабильная фаза. Эм-	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	

	пирические соотношения, характеризующие эвтектическую точку				
	Тема 7. Уравнение кривой ликвидуса для идеального раствора. Расчет кривой ликвидуса. Растворимость компонента в разных фазах	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 8. Бинарные системы элементов III и V групп. Свободная энергия бинарных систем. Сравнение диаграмм состояния различного типа	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 9. Применение диаграмм состояния для получения монокристаллов и тонких пленок твердых растворов. Влияние подложки и материала растворителя на процесс жидкостной эпитаксии	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 10. Дефекты в кристаллах. Закон действующих масс и эффективные параметры констант равновесия. Константы равновесия с учетом процесса ионизации	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 11. Энергия Ферми – химический потенциал электронов в твердых телах. Условия электронейтральности. Доноры и акцепторы. Зависимость концентрации примеси от температуры. Ассоциации дефектов, их комплексы в элементарных полупроводни-	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
					ПК-2, ПК-5

	ках германия и кремния				
	Тема 12. Закон действующих масс для комплексов. Расчет концентрации комплексов без учета ионизации. Дефекты в германии и кремнии. Нарушения стехиометрии. Дефекты. Общее уравнение, описывающее зависимость равновесной концентрации дефектов нестехиометрии в кристалле от температуры и давления	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	
	Тема 13. Отображение нарушения стехиометрии на диаграммах состояния. Термодинамика поверхности раздела. Элементы теории поверхности раздела. Уравнение адсорбции Гиббса. Влияние дислокаций на растворимость примесных атомов. Внешнее и внутреннее геттерирование. Две схемы формирования внутреннего геттера. Преципитаты	0,019(0,7)	0,019(0,7)	0,055(2,0)	ПК-2, ПК-5
	ИТОГО	0,5(18)	0,5(18)	1,44(52)	

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Разделы дисциплины

#### 3.1. Основные понятия термодинамики

3.1.1. Предмет термодинамики конденсированных сред. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа и твердого тела. Энтальпия и ее физический смысл.

3.1.2. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.

3.1.3. Обратимы и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные термодинамические процессы. Формулировка второго начала термодинамики.

3.1.4. Изменение энтропии при фазовых превращениях. Энтропия при необратимом процессе.

3.1.5. Свободная энергия системы при постоянном объеме и давлении. Соотношения между некоторыми термодинамическими величинами.

3.1.6. Статистическая интерпретация энтропии. Энтропия смешения растворов (конфигурационная). Энтропия колебательного движения.

3.1.7. Экспериментальное определение энтальпии и энтропии. Третье начало термодинамики.

3.1.8. Термодинамические потенциалы и равновесия в закрытых и открытых системах. Постулат Планка и следствия третьего начала термодинамики. Термодинамические потенциалы. Связь между ними, их производные.

3.1.9. Химический потенциал. Химическое равновесие. Константы химического равновесия.

3.1.10. Понятие термодинамического сродства. Мера сродства по Гиббсу и Гельмгольцу. Вычисление парциальных мольных величин.

## 3.2. Растворы. Дефекты

3.2.1. Идеальные растворы. Неидеальные разбавленные растворы.

3.2.2. Концентрационные растворы. Избыточные термодинамические величины. Квазихимическая трактовка растворов.

3.2.3. Применение квазихимической теории к идеальным и регулярным растворам. Фазовые равновесия.

3.2.4. Энтропия плавления полупроводников. Диаграмма энергии Гиббса – состав для двух компонентных систем.

3.2.5. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). Правило фаз Гиббса.

3.2.6. Эвтектическая реакция. Перетектическая реакция. Эвтетоидная диаграмма. Диаграмма для конгруэнтного и инконгруэнтного плавления. Метастабильная фаза. Эмпирические соотношения, характеризующие эвтектическую точку.

3.2.7. Уравнение кривой ликвидуса для идеального раствора. Расчет кривой ликвидуса. Растворимость компонента в разных фазах.

3.2.8. Бинарные системы элементов III и V групп. Свободная энергия бинарных систем. Сравнение диаграмм состояния различного типа.

3.2.9. Применение диаграмм состояния для получения монокристаллов и тонких пленок твердых растворов. Влияние подложки и материала растворителя на процесс жидкостной эпитаксии.

3.2.10. Дефекты в кристаллах. Закон действующих масс и эффективные параметры констант равновесия. Константы равновесия с учетом процесса ионизации.

3.2.11. Энергия Ферми – химический потенциал электронов в твердых телах. Условия электронейтральности. Доноры и акцепторы. Зависимость концентрации примеси от температуры. Ассоциации дефектов, их комплексы в элементарных полупроводниках германия и кремния.

2.2.12. Закон действующих масс для комплексов. Расчет концентрации комплексов без учета ионизации. Дефекты в германии и кремнии. Нарушения стехиометрии. Дефекты. Общее уравнение, описывающее зависимость равновесной концентрации дефектов нестехиометрии в кристалле от температуры и давления.

3.2.13. Отображение нарушения стехиометрии на диаграммах состояния. Термодинамика поверхности раздела. Элементы теории поверхности раздела. Уравнение адсорбции Гиббса. Влияние дислокаций на растворимость примесных атомов. Внешнее и внутренне геттерирование. Две схемы формирования внутреннего геттера. Преципитаты.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации курса ТКС используются:

**Технологии:** концентрированного обучения, модульного обучения, развития личности и развивающего обучения, дифференцированного обучения.

**Формы:** лекции и практические занятия.

Занятия проводятся в виде лекций с использованием современных технических средств обучения (персонального компьютера и проектора) с демонстрацией практической работы программных продуктов, а также практические занятия с применением наглядного материала в виде реальных образцов (по возможности).

Применение информационных технологий позволяет:

- наполнить занятия новым содержанием;
- повысить мотивацию к обучению;
- развивать творческое восприятие окружающего мира;
- развивать интеллектуальные ресурсы учащихся;
- формировать элементы информационной культуры;

**Методы и цели:** традиционные и активные (групповые и индивиду-

альные);

три основные цели для успешного проведения урока с компьютерной поддержкой:

- Дидактическая (под дидактическим обеспечением понимаются учебные материалы, конкретная обучающая программа и аппаратура)
- Методическая (определение методов использования компьютера в преподавании темы, анализ учебных результатов и постановка следующей учебной цели)
- Организационная (эта задача состоит в том, чтобы выработать и закрепить у учащихся навыки работы с учебной программой, организовать работу, избегая перегрузки учащихся и нерациональной траты времени)

**• 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**Самостоятельная работа**

Общая трудоемкость 1,9 з. е./68 ч.

**Целью** самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Общее число часов между самостоятельной работой студентов и аудиторными занятиями делится поровну. Общий объем дисциплины «Современные проблемы в науке и производстве» составляет 144 ч (4 з. е.). На самостоятельную работу приходится 68 ч (1,9 з. е.).

Виды самостоятельной работы и их трудоемкость приведены в табл. 5.

Таблица 5

Условное обозначение	№ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, з. е./ч
ТО	1.1–2.4	Самостоятельное изучение теоретического материала	0,85 з. е./34 ч
СЗ	1.1–2.4	Подготовка к семинарским занятиям	0,885 з. е./ 34 ч
	<b>Итого:</b>		<b>1,9 з. е./68 ч</b>



## **Самостоятельное изучение теоретического материала**

Общая трудоемкость 0,85 з. е./34 ч.

Видом итогового контроля по дисциплине является сдача дифзачета по теоретическому курсу.

При подготовке к сдаче зачета по лекционному курсу необходимо в первую очередь воспользоваться курсом лекций по данной дисциплине. Теоретический курс поделен на два модуля. В первом модуле изложены различные технологии формирования микро- и наноструктур. Во втором – технологические аспекты создания устройств электроники и наноэлектроники на основе сформированных наноструктур.

При изучении первого модуля нужно обратить внимание на перечень всех технологических процессов, с помощью которых можно формировать среду для создания на ее основе приборов и устройств наноэлектроники; усвоить физические принципы, лежащие в основе каждого процесса; последовательность технологических операций и необходимых параметров создаваемой среды. Немаловажное значение имеет знание технологического оборудования.

Изучение второго модуля требует установления связи между формируемой средой и тем, что можно изготовить на ее основе. Необходимо четко знать требования к среде для создания устройства или прибора, – обратить внимание на повышение эксплуатационной устойчивости приборов. Всегда держать в поле зрения тенденции развития технологий как формирования среды, так и приборов на ее основе.

Для выяснения возникших вопросов или получения углубленных знаний по дисциплине воспользуйтесь перечнем библиографических ссылок, приведенных в конце каждой лекции курса лекций.

Магистрантам, которые должны самостоятельно отыскивать необходимые сведения из представленных литературных источников, целесообразно указывать номера страниц, поэтому авторы страницы не приводят.

Самоконтроль усвоенных знаний можно провести по вопросам, приведенным в конце каждой лекции.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Контрольно-измерительные материалы**

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине предназначены для проведения самоконтроля и итоговой аттестации.

Самоконтроль предполагается проводить в рамках самостоятельной работы студентов.

Итоговый контроль заключается в сдаче тестовых заданий на зачете в аттестационную неделю.

На промежуточную аттестацию по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» контрольно-измерительные материалы не разрабатываются.

### Текущий контроль

Для текущего контроля не создаются отдельные контрольно-измерительные материалы. Их формируют из вопросов для самопроверки.

Текущий контроль может быть представлен двумя типами контрольно-измерительных материалов:

вопросы для текущего контроля контроля;

Вопросы текущего контроля контроля (1–3 вопроса за лекцию) задаются студентам на лекциях для решения следующих задач:

контроль посещаемости;

контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о более углубленном изложении лекционного материала;

контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о проведении дополнительных занятий в рамках консультаций;

контроль базовых знаний и выдача рекомендаций преподавателям, ведущим дисциплины, обеспечивающим получение необходимых знаний и умений в рамках направления, для формирования междисциплинарной связи;

контроль усвоенных теоретических знаний – проверка остаточных знаний по дисциплине; развитие логического мышления.

**Вопросы** текущего контроля составляются из вопросов для самопроверки, которые представлены в конце каждой лекции в количестве не менее 10 штук в учебном пособии курса лекций.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ ОБЕ АТТЕСТАЦИИ И ЭКЗАМЕН

1. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа и твердого тела.
2. Энтальпия и ее физический смысл.
3. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.
4. Обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные термодинамические процессы. Формулировка Второго начала термодинамики.
5. Изменение энтропии при фазовых превращениях. Энтропия при необратимом процессе.
6. Свободная энергия системы при постоянном объеме и давлении.
7. Соотношения между некоторыми термодинамическими величинами.
8. Статистическая интерпретация энтропии. Энтропия смешения растворов (конфигурационная).
9. Энтропия колебательного движения.
10. Экспериментальное определение энтальпии и энтропии.
11. Третье начало термодинамики.

12. Термодинамические потенциалы и равновесия в закрытых и  
i. закрытых системах.
13. Постулат Планка и следствия третьего начала термодинамики.
14. Термодинамические потенциалы.
15. Связь между ними, их производные.
16. Химический потенциал. Химическое равновесие.
17. Константы химического равновесия.
18. Понятие термодинамического сродства. Мера сродства по  
19. Гиббсу и Гельмгольцу
20. Вычисление парциальных мольных величин.
21. Идеальные растворы. Неидеальные разбавленные растворы.
22. Концентрационные растворы. Избыточные термодинамические величины.
23. Квазихимическая трактовка растворов.
24. Применение квазихимической теории к идеальным и регулярным растворам.
25. Фазовые равновесия.
26. Энтропия плавления полупроводников. Диаграмма энергии Гиббса – состав для двух компонентных систем.
27. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода.
28. Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). Правило фаз Гиббса.
29. Эвтектическая реакция. Перетектическая реакция. Эвтектическая диаграмма.
30. Диаграмма для конгруэнтного и инконгруэнтного плавления Метастабильная фаза.
31. Эмпирические соотношения, характеризующие эвтектическую точку.
32. Уравнение кривой ликвидуса для идеального раствора.
33. Расчет кривой ликвидуса.
34. Растворимость компонента в разных фазах.
35. Бинарные системы элементов III и V групп. Свободная энергия бинарных систем.
36. Сравнение диаграмм состояния различного типа.
37. Применение диаграмм состояния для получения монокристаллов и тонких пленок твердых растворов.
38. Влияние подложки и материала растворителя на процесс жидкостной эпитаксии.
39. Дефекты в кристаллах.
40. Закон действующих масс и эффективные параметры констант равновесия.
41. Константы равновесия с учетом процесса ионизации.
42. Энергия Ферми – химический потенциал электронов в твердых телах.
43. Условия электронейтральности. Доноры и акцепторы.
44. Зависимость концентрации примеси от температуры.

47. Ассоциация дефектов, их комплексы в элементарных полупроводниках германия и кремния.
48. Закон действующих масс для комплексов. Расчет концентрации комплексов без учета ионизации.
49. Дефекты в германии и кремнии. Нарушения стехиометрии. Дефекты.
50. Общее уравнение, описывающее зависимость равновесной концентрации дефектов нестехиометрии в кристалле от температуры и давления.
51. Отображение нарушения стехиометрии на диаграммах состояния.
52. Термодинамика поверхности раздела.
53. Элементы теории поверхности раздела. Уравнение адсорбции Гиббса.
54. Влияние дислокаций на растворимость примесных атомов. Внешнее и внутренне геттерирование.
55. Две схемы формирования внутреннего геттера. Преципитаты.

Таблица 8.1

**Шкала и критерии оценки промежуточной аттестации в форме зачета**

Оценка (баллы)	Уровень сформированности компетенций	Общие требования к результатам аттестации в форме зачета
«Зачтено» (61-100)	Высокий уровень	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов или в целом, или большей частью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы или в основном сформированы, все или большинство предусмотренных рабочей программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки
	Базовый уровень	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.
	Минимальный уровень	Теоретическое содержание курса освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.
«Не за-»	компетенции,	Теоретическое содержание курса освоено

чтено» (менее 61)	закреплённые за дисципли- ной, ПК-2, ПК-5 <b>не сформиро- ваны</b>	частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.
-------------------------	--	---

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Методические рекомендации преподавателю

Термодинамика конденсированных сред представляет собой обширную, многодисциплинарную и довольно сложную область знаний. Поэтому, чтобы донести материал до студента, необходимо уделять особое внимание систематичности, наглядности и доступности изложения. В настоящее время фактически существует малоучебников и пособий по данной дисциплине. Поэтому основная нагрузка ложится на лекции. Для изучения студентами данного курса в принципе достаточно знание основ молекулярной физики, термодинамики, основных начал статистической физики и основ высшей математики.

### Методические рекомендации студентам

Для изучения студентами данного курса в принципе достаточно знание основ молекулярной физики, термодинамики, основных начал статистической физики и основ высшей математики.

Так как учебников и учебных пособий по данной дисциплине очень мало, то основная нагрузка ложится на лекции и их конспектирование. Для дополнительного изучения и самостоятельной работы предлагается использовать рекомендуемую литературу.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. В.И. Зиненко, В.П. Сорокин, П.П. Турчин. Основы физики твердого тела. Изд-во ФМ, Москва 2009, 335 с.
2. Р.Х. Дадашев Термодинамика поверхностных явлений. Изд-во ФМ, Москва 2008, 278 с.
3. Ч. Пул, Ф.Оуэнс, —Нанотехнологии, М., «Техносфера», 2008.
4. «Нанотехнологии в ближайшем десятилетии», под ред. М. Роко. М.. Мир. 2002.

### Дополнительная литература

1. Н.Г. Хлебцов, В.А. Богатырев, Л.А. Дыкман, Б.Н. Хлебцов, "Золотые наноструктуры с плазмонным резонансом для биомедицинских исследований", Российские нанотехнологии, т.2 (3-4), 2009 ([www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)).
2. S. Datta, —Electronic transport in mesoscopic systems, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 7 1995).
3. S. Datta, —Quantum transport: atom to transistor, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

**Таблица 10.1**

**Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

№	Название отдельной темы дисциплины (практического занятия или лабораторной работы), в которой используется ИТ	Перечень применяемой ИТ или ее частей	Цель применения	Перечень компетенций
	Модуль 5. Тема 5. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). Правило фаз Гиббса	Компьютер	Построение диаграмм фазовых превращений	ПК-2, ПК-5

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Перечень наглядных и других пособий, методических указаний и материалов к техническим средствам обучения**

**Таблица 12.1.**

**Перечень технических средств, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**(Пример)**

№	Перечень основного оборудования	Нумерация
---	---------------------------------	-----------

п/п		разделов/тем дисциплины
1.	Вакуумный стенд (1 шт.)	Модуль 5.Тема 5.
2.	Фолии (1 комплект.)	по всем модулям

**Лист изменений:**

Внесены изменения в части пунктов

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись)

(Ф. И. О.)

Изменения одобрены учебно-методическим советом

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/ факультета.  
(к которому относится кафедра-составитель)

Протокол заседания № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель учебно-методического совета

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись)

(Ф. И. О.)

Изменения одобрены учебно-методическим советом

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/ факультета  
(к которому относится данное направление подготовки/специальность)

Председатель учебно-методического совета

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись)

(Ф. И. О.)

Изменения одобрены Учебно-методическим советом университета

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель Учебно-методического совета университета \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись)

(Ф. И. О.)