

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВА-
ТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ Ф.Д. Кодзоева
« ___ » _____ 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б.1.В.ДВ.01.01. ТЕРМОДИНАМИКА КОНДЕНСИРОВАН-
НЫХ СРЕД

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки (*магистратура*)
03.04.02. Физика

Направленность (*профиль подготовки*)
Физика полупроводников

Квалификация выпускника
магистр

Форма обучения - очная

Магас, 2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является изучение основ Б.1.В.ДВ.01.01. Термодинамики конденсированных сред для 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.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

1. поведение термодинамических величин при воздействии различных внешних факторов.
2. поведение материалов в различных условиях, что дает возможность избежать ошибок, связанных с незнанием термодинамических факторов.
3. степень протекания химической реакции, рассчитать концентрацию дефектов.

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

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	A	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	A/01.6	6
				Воспитательная деятельность	A/02.6	6
				Развивающая деятельность	A/03.6	6
	B	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	B/03.6	6
01.003 Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и взрослых	A	Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам.	6	Организация деятельности обучающихся, направленной на освоение дополнительной общеобразовательной программы	A.01.6	6.1
				Организация досуговой деятельности обучающихся в процессе реализации дополнительной общеобразователь-	A.02.6	6.1

				ной программы		
				Обеспечение взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся, осваивающих дополнительную общеобразовательную программу, при решении задач обучения и воспитания	A.03.6	6.1
				Педагогический контроль и оценка дополнительной общеобразовательной программы	A.04.6	6.1
				Разработка программно-методического обеспечения реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.05.6	6.2
	Б	Организационно-методическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация и проведение исследований рынка услуг дополнительного образования детей и взрослых	B/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	B/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	B/03.6	6.3
	С	Организационно-педагогическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация дополнительного образования детей и взрослых по одному или нескольким направлениям деятельности	C/03.6	6.3

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Термодинамика конденсированных сред» входит в пакет дисциплин блока 1, формирующих фундаментальное образование магистров по направлению 03.04.02 Физика. Профиль «Физика полупроводников». В табл. 2.1 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Термодинамика конденсированных сред».

Дисциплина «Термодинамика конденсированных сред» является основной для изучения дисциплин: «Физики полупроводников», «Физические основы вакуумной техники», «Основы физико-химического анализа», «Физика полупроводниковых приборов», которые читаются параллельно или позже.

В табл. 2.1, 2.2 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Термодинамика конденсированных сред».

Связь дисциплины «Физика» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения	
Таблица 2.1	
	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Термодинамика конденсированных сред»
1	Вузовский курс физики
2	Вузовский математики

Связь дисциплины «Термодинамика конденсированных сред» со смежными дисциплинами	
Таблица 2.2	
Дисциплина	Разделы, знание которых необходимо при изучении дисциплины
Физика конденсированного состояния	Основные постулаты и положения квантовой теории; туннельный эффект; строение атома и связь с периодической системой элементов Менделеева; высокотемпературная сверхпроводимость и простейшие устройства на ее основе
Физические Основы вакуума	Основы физики вакуума, тела; принципы и методы его получения.
Физика полупроводников	Теоретические основы физики полупроводников, квантовые объяснения всех процессов происходящих в них при внешних воздействиях. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока
Основы физико-химического анализа	Методы экспериментального получения и исследования параметров и характеристик материалов, твердотельной, наноэлектроники. Технология изготовления элементов электронной техники. Основные тенденции развития электронной компонентной базы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕРМОДИНАМИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Таблица 3.1.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
ОПК-1	Информационно-коммуникативная грамотность при решении профессиональных задач	ИДК ОПК1. Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин.	<p>Знает основные закономерности химической термодинамики; химическое равновесие; закономерности химической кинетики; способы выражения состава растворов;</p> <p>Умеет прогнозировать результаты физико-химических процессов, протекающих в неживых системах, опираясь на теоретические положения; научно обосновывать наблюдаемые явления; производить физико-химические измерения; представлять данные экспериментальных исследований в виде графиков и таблиц; производить наблюдения за протеканием химических реакций и делать обоснованные выводы; представлять результаты экспериментов и наблюдений в виде окончательного протокола исследования;</p>
		ИДК ОПК1-2. Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.	
ОПК-1	<p>ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-4 Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности</p>	ИДК ОПК4-1 Владеет навыками брать ответственность за последствия своих решений, касающихся профессиональной деятельности Умеет принимать решения в сфере своей профессиональной деятельности, высказывать, обосновывать и отстаивать свою позицию по вопросам, касающимся профессиональной деятельности. Применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно орга-	<p>Знает основные закономерности химической термодинамики; химическое равновесие; закономерности химической кинетики; способы выражения состава растворов;</p> <p>Умеет прогнозировать результаты физико-химических процессов, протекающих в неживых системах, опираясь на теоретические положения; научно обосновывать наблюдаемые явления; производить физико-химические измерения; представлять данные экспериментальных исследований в виде графиков и таблиц; производить наблюдения за протеканием химических реакций и делать обоснованные выводы; представлять результаты экспериментов и наблюдений в виде окончательного протокола исследования;</p>

сти

низовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива
ИДК ОПК4-2

к абстрактному мышлению, анализу, синтезу ; готов к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала для решения задач профессиональной деятельности; способен использовать в профессиональной деятельности углубленные фундаментальные знания, полученные в области физики.

ИДК ОПК4-3

Способен выбирать цели своей деятельности и пути их достижения, прогнозировать последствия научной, производственной и социальной деятельности, применять современные методы анализа, обработки и представления информации в сфере профессиональной деятельности, ставить и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создать новое знание -

ИДК ОПК4-1

Владеет навыками брать ответственность за последствия своих решений, касающихся профессиональной деятельности

Умеет принимать решения в сфере своей профессиональной деятельности, высказывать, обосновывать и отстаивать свою позицию по вопросам, касающимся профессиональной деятельности. Способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива

ИДК ОПК4-2

выывать наблюдаемые явления; производить физико-химические измерения; представлять данные экспериментальных исследований в виде графиков и таблиц; производить наблюдения за протеканием химических реакций и делать обоснованные выводы; представлять результаты экспериментов и наблюдений в виде окончательного протокола исследования;

	Способен к абстрактному мышлению, анализу, синтезу ; готов к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала для решения задач профессиональной деятельности; способен использовать в профессиональной деятельности углубленные фундаментальные знания, полученные в области физики.
--	---

Таблица 3.1.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся:
			Владеет теоретической подготовкой для планирования и проведения природоохранных мероприятий; основными методами исследований современной экологии; основными закономерностями физико-химических процессов.
<i>ПК-1</i>	Научно-исследовательская деятельность	ИДК _{ПК1.1} Умеет самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической и экспериментальной физики; подбирать математический аппарат и самостоятельно решать различные задачи научных исследований, используя стандартные алгоритмы решения; объяснять (выявлять и строить) типичные модели решения поставленной задачи исследования; оценивать изменения в выбранной области исследования в связи с новыми данными, полученными из различных источников	Знает базовый математический аппарат, используемый для формализации прикладных задач физики; методы и приемы решения прикладных задач по расчету основных параметров кристаллических тел; Умеет применять математические методы в формализации решения прикладных задач физики; работать с современной научной аппаратурой, проводить измерения основных физических параметров кристаллов; Владеет навыками формализации прикладной задачи физики; навыками расчета наносистем; фундамен-

			тальными понятиями, законами и теориями современной теории кристаллов, а также методами тензорного описания физических свойств кристаллов.
--	--	--	--

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебной работы	Всего час/зач. ед.
Контактная работа (всего)	64/1,8
Лекции (Л)	32/0,9
Практические занятия (ПЗ)	32/0,9
Самостоятельная работа (всего)	40/1,1
Подготовка к практическим занятиям	40/1,1
Контроль самостоятельной работы	2
Вид отчетности	экзамен
Общая трудоёмкость	108/2,9

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ В СЕМЕСТРЕ	Лекции, (часы)	Практические занятия (ПЗ), час	СРС единицы (часы)	
				Всего, час
			3	5
РАЗДЕЛ I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ	10	16	18	44
1.1 Понятие теплоты	2	2		4
1.1. Термодинамические величины. Теплоемкость.	4	4		8
1.2. I, II, III начала термодинамики	4	4		8
РАЗДЕЛ II. РАСТВОРЫ	16	16	16	48
2.1. Понятие растворов.	2	2		
2.2. Типы растворов: газообразные, жидкие и твердые	2	2		
2.3. Состав растворов: двух компонентных, трех компонентных и много компонентных. Концентрация растворов.	6	6		12
2.4. Идеальные регулярные и концентрированные растворы	6	6		12

РАЗДЕЛ III. ДЕФЕКТЫ	6	4	6	14
Дефекты кристаллов и их типы	2	2		4
Контроль дефектов	2	2		4
Итого	32	32	40	106

5.2. Лекционные занятия

Таблица 5.1

№ п/п	Номер лекции	Наименование раздела и темы дисциплины
1	2	3
РАЗДЕЛ I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ		
1	1	Тема 1.1. Предмет термодинамики конденсированных сред. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа и твердого тела. Энтальпия и ее физический смысл
		Тема 1.2. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме .
2	2	Тема 1.3. Обратимые и необратимые, самопроизвольные и несамопроизвольные термодинамические процессы. Формулировка второго начала термодинамики
		Тема 1.4. Изменение энтропии при фазовых превращениях. Энтропия при необратимом процессе
3	3	Тема 1.5. Свободная энергия системы при постоянном объеме и давлении. Соотношения между некоторыми термодинамическими величинами
		Тема 1.6. Статистическая интерпретация энтропии. Энтропия смешения растворов (конфигурационная). Энтропия колебательного движения
4	4	Тема 7. Экспериментальное определение энтальпии и энтропии. Третье начало термодинамики
		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
5	5	Тема 9. Химический потенциал. Химическое равновесие. Константы химического равновесия
		Тема 10. Понятие термодинамического сродства. Мера сродства по Гиббсу и Гельмгольцу. Вычисление парциальных мольных величин.
РАЗДЕЛ II. РАСТВОРЫ		
6	6	Тема 1. Идеальные растворы. Неидеальные разбавленные растворы.
		Тема 2. Концентрационные растворы. Избыточные термодинамические величины. Квазихимическая трактовка растворов
7	7	Тема 3. Применение квазихимической теории к идеальным и регулярным растворам. Фазовые равновесия
		Тема 4. Энтропия плавления полупроводников. Диаграмма энергии Гиббса – состав для двух компонентных систем
8	8	Тема 5. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). Правило фаз Гиббса
9	9	Тема 6. Эвтектическая реакция. Перетектическая реакция. Эвтетоидная диаграмма. Диаграмма для конгруэнтного и инконгруэнтного плавления

		Метастабильная фаза. Эмпирические соотношения, характеризующие эвтектическую точку
10	10	Тема 7. Уравнение кривой ликвидуса для идеального раствора. Расчет кривой ликвидуса. Растворимость компонента в разных фазах
		Тема 8. Бинарные системы элементов III и V групп. Свободная энергия бинарных систем. Сравнение диаграмм состояния различного типа
11	11	Тема 9. Применение диаграмм состояния для получения монокристаллов и тонких пленок твердых растворов. Влияние подложки и материала растворителя на процесс жидкостной эпитаксии

Продолжение Таблицы 5.1		
1	2	3
РАЗДЕЛ III. ДЕФЕКТЫ		
12	12	Тема 10. Дефекты в кристаллах. Закон действующих масс и эффективные параметры констант равновесия. Константы равновесия с учетом процесса ионизации
13	13	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 полупроводниках германия и кремния
14	14	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
15	15	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
16	16	ОБЗОРНАЯ ЛЕКЦИЯ

5.3 Практические занятия

4-ой семестр		Таблица 5.2
№ п/п	Номер занятия	Наименование раздела
		РАЗДЕЛ I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ
1	1	Решение задач: 1.1, 1.2, 1.3
2	2	Решение задач: 1.4, 1.5, 1.6
3	3	Решение задач: 1.7, 1.8, 1.9
4	4	Решение задач: 1.10, 1.11, 1.12
5	5	Решение задач: 1.13, 1.14, 1.15
6	6	Решение задач: 1.16, 1.17, 1.18, 1.19
19	7	Решение задач: 1.20, 1.21, 1.22
8	8	Решение задач: 1.23, 1.24, 1.25, 1.26
9	9	Решение задач: 1.27, 1.28, 1.29
		РАЗДЕЛ II. РАСТВОРЫ
10	10	Решение задач: 2.1, 2.2, 2.3

11	11	Решение задач: 2.4, 2.5, 2.6
12	12	Решение задач: 2.7, 2.8, 2.9, 2.10
		РАЗДЕЛ III. ДЕФЕКТЫ
13	13	Решение задачи: 3.1.
14	14	Решение задачи: 3.2.
15	15	Продолжение решения задачи 3.1
16	16	Зачетное занятие
		Общее число часов 32

6. Образовательные технологии

1. А.Х. Матиев. Термодинамика полупроводникового материаловедения. Учебное пособие магистров специальности «Физика». - Магас:, ИнГГУ, 2021 223 с.: ил.66.
<https://disk.yandex.ru/i/FBafHQC11tGn7A>

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Некоторые темы выносятся на самостоятельное изучение. Изучение этих вопросов возможно с использованием электронный курс дисциплины, написанного самим автором (А.Х Матиев).

Перечень тем, выносимый для самостоятельной работы представлен в таблице 7.1.

7.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Энтропия колебательного движения	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
2	Химический потенциал. Химическое равновесие. Константы химического равновесия.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
3	Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
3	Уравнение кривой ликвидуса для идеального раствора.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
4	Энергия Ферми – химический потенциал электронов в твердых телах.	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4
5	Ассоциация дефектов, их комплексы в элементар-	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС	4

	ных полупроводниках германия и кремния			(А.Х Матиев).	
--	--	--	--	---------------	--

7.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студент, используя электронное учебное пособие, а также вузовский учебник по Молекулярной физике и термодинамике изучает данный материал и составляет конспекты в домашних условиях.

7.3. Контроль освоения компетенций

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ I. Основные понятия термодинамики	<i>УК-1</i>
2	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ II. Растворы	<i>ОПК-1, ПК-1</i>
3	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ III. Дефекты	<i>ОПК-1, ПК-1</i>

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

8.1. Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа и твердого тела. Энтальпия и ее физический смысл.
2. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.
3. Обратимые и необратимые, самопроизвольные и не самопроизвольные термодинамические процессы. Формулировка второго начала термодинамики.
4. Изменение энтропии при фазовых превращениях. Энтропия при необратимом процессе.
5. Свободная энергия системы при постоянном объеме и давлении.
6. Соотношения между некоторыми термодинамическими величинами.
7. Статистическая интерпретация энтропии. Энтропия смешения растворов (конфигурационная).
8. Энтропия колебательного движения.
9. Экспериментальное определение энтальпии и энтропии.
10. Третье начало термодинамики.
11. Термодинамические потенциалы и равновесия в закрытых и открытых системах.
12. Постулат Планка и следствия третьего начала термодинамики.
13. Термодинамические потенциалы. Связь между ними, их производные.
14. Химический потенциал. Химическое равновесие. Константы химического равновесия.
15. Понятие термодинамического сродства. Мера сродства по Гиббсу и Гельмгольцу
16. Вычисление парциальных мольных величин.
17. Идеальные растворы. Неидеальные разбавленные растворы.
18. Концентрационные растворы. Избыточные термодинамические величины.
19. Квазихимическая трактовка растворов.

20. Применение квазихимической теории к идеальным и регулярным растворам.
21. Фазовые равновесия.
22. Энтропия плавления полупроводников. Диаграмма энергии Гиббса – состав для двух компонентных систем.
23. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода.
24. Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). Правило фаз Гиббса.
25. Эвтектическая реакция. Перетектическая реакция. Эвтетоидная диаграмма.
26. Диаграмма для конгруэнтного и incongruentного плавления. Метастабильная фаза.
27. Эмпирические соотношения, характеризующие эвтектическую точку.
28. Уравнение кривой ликвидуса для идеального раствора.
29. Расчет кривой ликвидуса.
30. Растворимость компонента в разных фазах.
31. Бинарные системы элементов III и V групп. Свободная энергия бинарных систем.
32. Сравнение диаграмм состояния различного типа.
33. Применение диаграмм состояния для получения монокристаллов и тонких пленок твердых растворов.
34. Влияние подложки и материала растворителя на процесс жидкостной эпитаксии.
35. Дефекты в кристаллах.
36. Закон действующих масс и эффективные параметры констант равновесия.
37. Константы равновесия с учетом процесса ионизации.
38. Энергия Ферми – химический потенциал электронов в твердых телах.
39. Условия электронейтральности. Доноры и акцепторы.
40. Зависимость концентрации примеси от температуры.
41. Ассоциация дефектов, их комплексы в элементарных полупроводниках германия и кремния.
42. Закон действующих масс для комплексов. Расчет концентрации комплексов без учета ионизации.
43. Дефекты в германии и кремнии. Нарушения стехиометрии. Дефекты.
44. Общее уравнение, описывающее зависимость равновесной концентрации дефектов нестехиометрии в кристалле от температуры и давления.
45. Отображение нарушения стехиометрии на диаграммах состояния.
46. Термодинамика поверхности раздела.
47. Элементы теории поверхности раздела. Уравнение адсорбции Гиббса.
48. Влияние дислокаций на растворимость примесных атомов. Внешнее и внутреннее геттерирование.
49. Две схемы формирования внутреннего геттера. Преципитаты.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 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 мало учебников 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.

8.2. 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.

VI. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

2. А.Х. Матиев. Термодинамика полупроводникового материаловедения. Учебное пособие магистров специальности «Физика». - Магас:, ИнГГУ, 2021 223 с.: ил.66.
<https://disk.yandex.ru/i/FBafHQC11tGn7A>
3. В.И. Зиненко, В.П. Сорокин, П.П. Турчин. Основы физики твердого тела. Изд-во ФМ, Москва 2009, 335 с.
4. Р.Х. Дадашев Термодинамика поверхностных явлений. Изд-во ФМ, Москва 2008, 278 с.
5. Ч. Пул, Ф.Оуэнс, —Нанотехнологии, М., «Техносфера», 2008.
6. «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).
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).

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика конденсированных сред» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика полупроводников, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «7» августа 2020 г. № 920.

Программу составила:

Д.ф.м.н профессор

Матиева А.Х

(Ф.И.О.,

должность,

подпись)

Программа одобрена на заседании кафедры Общей физики.

Протокол № 10 от «23» июня 2021 года

Зав. кафедрой [подпись] / Тюрихоева В.С.
(подпись) (Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой _____

[подпись] / Тюрихоева В.С.
(наименование кафедры) (подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена Учебно-методическим советом _____ факультета/института

протокол № 10 от «23» июня 2021 года

Председатель Учебно-методического совета факультета [подпись] / Соловьева И.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

Председатель Учебно-методического совета университета [подпись] / Соловьева И.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой