

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

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

_____ Ф.Д. Кодзоева

« 30 » _____ июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.В.ДВ.01.01. ТЕРМОДИНАМИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

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

Направление подготовки - **Магистратура**

_____ **03.04.02 Физика**

(код, наименование)

Направленность

_____ **Физика полупроводников**

(наименование профиля, магистерской программы, специализации)

Квалификация выпускника – **магистр**

Форма обучения _____ **очная**

(очная, заочная, очно-заочная)

Магас, 2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Термодинамики конденсированных сред» являются приобретение студентами как фундаментальных знаний об основах описания равновесных и неравновесных систем на основе общих методов термодинамики, статистической механики и физической кинетики, так и навыки решения и исследования конкретных физических задач; 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)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

01.003 Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и взрослых	А	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 общеобразовательной программы	A.02.6	6.1
				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	В/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	В/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	В/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	С/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». Дисциплина изучается в 3 семестре.

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 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.	Знает основные закономерности химической термодинамики; химическое равновесие; закономерности химической кинетики; способы выражения состава растворов; Умеет прогнозировать результаты физико-химических процессов, протекающих в неживых системах, опираясь на теоретические положения; научно обосновывать наблюдаемые явления; производить физико-химические измерения;
		ИДК ОПК1-2. Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.	

			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;
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. Уметь 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</p> <p>ИДК ОПК4-2 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.</p> <p>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 информа-</p>	<p>Знает основные закономерности химической термодинамики; химическое равновесие; закономерности химической кинетики; способы выражения состава растворов; 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> <p>Владеет теоретической подготовкой для планирования и проведения природоохранных мероприятий; основными методами исследований современной экологии; основными закономерностями физико-химических процессов.</p>

		ции в сфере профессиональной деятельности, ставить и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создать новое знание.	
--	--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет _4_ зачетных единиц, _144_ часов.

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4.1	
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)	44/1,1
Подготовка к практическим занятиям	44/1,1
Контроль самостоятельной работы	36
Вид отчетности	экзамен
Общая трудоёмкость	144/4

4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 4.2				
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	18	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	8	14
Дефекты кристаллов и их типы	2	2		4
Контроль дефектов	2	2		4
Итого	32	32	44	144

Лекционные занятия

Таблица 4.3

№ п/п	Номер лекции	Наименование раздела и темы дисциплины
1	2	3
РАЗДЕЛ 1. 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

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

Практические занятия

3-ий семестр		Таблица 4.4
№ п/п	Номер занятия	Наименование раздела
		РАЗДЕЛ 1. 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
7	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

5.Образовательные технологии

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

6.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 6.1.

6.1. План самостоятельной работы студентов

Таблица 6.1					
№ 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 элементарных полупроводниках германия и кремния	Написание конспекта	изучить	Электронный курс ТКС (А.Х Матиев).	4

6.2. 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 конспект конспекты в домашних условиях.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

6.3.Контроль освоения компетенций

Таблица 8.1			
№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ I. Основные понятия термодинамики	ОПК-1, ОПК-4
2	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ II. Растворы	ОПК-1, ОПК-4
3	Проверка конспектов	РАЗДЕЛ III. Дефекты	ОПК-1, ОПК-4

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.

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) _«Физика фундаментальных взаимодействий»

Методические рекомендации преподавателю

Термодинамика конденсированных сред представляет собой обширную, много дисциплинарную 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.

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.

7.1. Учебная литература:

Основная литература

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>
2. В.И. Зиненко, В.П. Сорокин, П.П. Турчин. Основы физики твердого тела. Изд-во ФМ, Москва 2009, 335 с.
3. Р.Х. Дадашев Термодинамика поверхностных явлений. Изд-во ФМ, Москва 2008, 278 с.
4. Ч. Пул, Ф.Оуэнс, —Нанотехнологии, М., «Техносфера», 2008.
5. «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.nanorfu.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).

7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Консультант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.

7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

1. ФПЭ – 02 – модуль
2. МТ - мультиметр
3. РО - Осциллограф
4. ФПЭ-04 – модуль
5. ФПЭ-ИП – источник питания
6. ФПЭ-05 – модуль
7. PQ - генератор звуковой частоты
8. ФПЭ-06 - модуль
9. ФПЭ – 07 – модуль
10. ФПЭ-08– модуль
11. ФПЭ - МЕ – магазин емкостей
12. ФПЭ - МС – магазин сопротивлений
13. ФПЭ – 09 – модуль
14. ФПЭ-10 – модуль
15. ФПЭ – 11 – модуль
16. ФПЭ-12 – модуль
17. ФПЭ – 13 - модуль
18. ФПЭ-20

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика конденсированных сред» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 914.

Программу составил: д.ф-м.н., профессор кафедры «Физика» Матиев А. Х.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»
Протокол № 10 от «20» июня 2022 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 10 от «22» июня 2022 года

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета
Протокол № 10 от « 29 » июня 2022 г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедр ры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедр рой