МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
«4» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.01.01 Фазовое равновесие. Теория и практика

Направление подготовки/специальность 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) / специализация Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент и дидактика)

Форма обучения очная

Квалификация магистр

Краснодар 2021

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.01 Фазовое равновесие. Теория и практика составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.04.02 Физика

Программу составил(и):
А.В. Скачедуб, доцент кафедры теор. физики и комп. технологий, кандидат физ.-мат. наук

_____
подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.01.01 Фазовое равновесие. Теория и практика утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий
протокол № 8 «16» апреля 2021 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) Исаев В.А. _____
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол № 13 «16» апреля 2021 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М. _____
подпись

Рецензенты:
Г.Ф. Копытов, заведующий кафедры радиофизики и нанотехнологий КубГУ, доктор физико-математических наук, профессор

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО ПНФ «Мезон»
кандидат физико-математических наук

1 Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины «Фазовое равновесие. Теория и практика» заключается в усвоении магистрантами закономерностей, возникающих при фазовых переходах, знакомство с основными явлениями, сопровождающими фазовые переходы, причинами, вызывающими эти явления, параметрами, характеризующими фазовые переходы и моделями, применяемыми для их описания.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи изучения дисциплины – сформировать у магистрантов представление о фазовом переходе как об универсальном физическом явлении, имеющем общие черты для самых разнообразных систем, познакомить со способами описания упорядоченных и неупорядоченных систем, общими закономерностями фазовых переходов, методам их описания, развить навыки решения подобных задач, с современным состоянием проблемы исследования фазовых переходов.

1.3 Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Дисциплина «Фазовое равновесие. Теория и практика» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана 03.04.02 Физика направленности «Физика конденсированного состояния вещества» и ориентирована при подготовке магистрантов на усвоение магистрантами закономерностей, возникающих при фазовых переходах. Дисциплина находится в логической и содержательно-методологической взаимосвязи с другими частями ООП и базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины «Термодинамика, статистическая физика». Знания, полученные в процессе обучения, необходимы для успешного прохождения производственной и преддипломной практики.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональной и профессиональной компетенций (ОПК-4, ПК-1)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1.	ОПК-4	способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности	экспериментальное исследование и практическое использование теории фазовых переходов	использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники	навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач
2.	ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новей-	основные законы, идеи и принципы теории фазовых переходов, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание	осмысливать и интерпретировать основные положения теории фазовых переходов, оценивать порядки физических величин	четкими представлениями о современных научных концепциях теории фазовых переходов

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
		шего российского и зарубежного опыта			

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице *(для магистров ОФО)*.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			3			
Контактная работа, в том числе:		**16,2**	**16,2**			
Аудиторные занятия (всего):		**16**	**16**			
Занятия лекционного типа		8	8			
Лабораторные занятия		8	8			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-			
Иная контактная работа:		**0,2**	**0,2**			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2			
Самостоятельная работа, в том числе:		**55,8**	**55,8**			
Проработка учебного (теоретического) материала		25,8	25,8			
Подготовка к текущему контролю		30	30			
Контроль:		-	-			
Подготовка к экзамену		-	-			
Общая трудоемкость	**час.**	**72**	**72**			
	в том числе контактная работа	**16,2**	**16,2**			
	зач. ед.	**2**	**2**			

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре *(очная форма)*.

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в теорию фазовых переходов.	9,6	1	-	-	8,6
2.	Модельное описание фазовых переходов.	13	1	-	2	10
3.	Теория Ландау и ее обобщение – теория среднего поля.	9,6	1	-	-	8,6
4.	Корреляционная теория фазовых переходов.	13	1	-	2	10
5.	Общие теоремы о фазовых переходах.	10,6	2	-	-	8,6

6.	Исследование фазовых переходов с помощью двумерной модели Изинга.	16	2	-	4	10
	Итого по дисциплине:		8	-	8	55,8

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение в теорию фазовых переходов.	Обзор видов фазовых переходов. Критические индексы, их определение. Конкретные системы, в которых возникают фазовые переходы: ферромагнетики, антиферромагнетики, сверхтекучесть, сверхпроводимость, фазовые переходы в кристаллической решетке.	Коллоквиум
2.	Модельное описание фазовых переходов.	Теоретические модели, применяемые для описания фазовых переходов (модели Изинга – решеточная и непрерывная, модель Гейзенберга и ее обобщения, неидеальный бозе-газ, другие модели).	Коллоквиум, Защита ЛР №1
3.	Теория Ландау и ее обобщение – теория среднего поля	Теория Ландау фазовых переходов 2-го рода. Явление спонтанного нарушения симметрии, его связь с фазовым переходом. Теория среднего поля. Критические индексы в теории среднего поля.	Коллоквиум
4.	Корреляционная теория фазовых переходов	Корреляционная функция, ее определение и свойства, связь с функцией Грина. Методы расчета корреляционной функции (на примере системы без взаимодействия). Корреляционные функции в теории среднего поля. Поведение радиуса корреляции в окрестности точки фазового перехода	Коллоквиум, Защита ЛР №2
5.	Общие теоремы о фазовых переходах.	Общие теоремы о фазовых переходах. Теория Янга-Ли. Анализ точно решаемых моделей как метод теоретического исследования фазовых переходов.	Коллоквиум
6.	Исследование фазовых переходов с помощью двумерной модели Изинга.	Двумерная модель Изинга: формулировка и выражение для трансфер-матрицы. Статистическая сумма, свободная и внутренняя энергия в термодинамическом пределе. Теплоемкость.	Коллоквиум, Защита ЛР №3

2.3.2 Занятия семинарского типа

Практические задания в аудитории по данному курсу согласно учебному плану не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия

№ ЛР	Наименование лабораторной работы	Тематика лабораторной работы	Форма текущего контроля
1.	Моделирование фазовых переходов первого и второго рода	Простейшие идеальные модели фазовых равновесий и фазовых переходов. Внутренняя энергия. Химический потенциал.	Защита ЛР № 1
2.	Исследование корреляции фазовых переходов	Сопоставление моделей фазовых переходов.	Защита ЛР № 2
3.	Исследование фазовых переходов с помощью двумерной модели Изинга	Одномерные и двумерные модели Изинга.	Защита ЛР № 3

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	СР	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка учебного (теоретического) материала	Методические указания по организации аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г.
2.	Подготовка к текущему контролю	

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В преподавании курса используются современные образовательные технологии:

1. Метод работы в малых группах;
2. Интерактивная лекция (лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций).

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью ООП, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе должен составлять не менее 10 процентов от общего объема аудиторных занятий.

Используемые интерактивные образовательные технологии по семестрам и видам занятий

на *очной форме обучения*

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
В	*Л*	Интерактивная лекция.	3
	ЛР	Метод работы в малых группах.	5
Итого:			8

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

– усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых посредством изучения рекомендуемой литературы и путем выполнения лабораторных работ.

Большая часть лекций и лабораторные занятия проводятся с использованием современных справочных материалов, наглядных моделей и приборов, помогающих студенту понять структуру исследуемого вещества.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Текущий контроль: проверка выполнения лабораторных работ, коллоквиум, сдача докладов.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Классификация фазовых переходов.
2. Критические индексы.
3. Модели, применяемые для описания фазовых переходов.
4. Модель Изинга.
5. Модель Гейзенберга.
6. Теория Ландау фазовых переходов 2-го рода.
7. Спонтанное нарушения симметрии.
8. Теория среднего поля.
9. Двумерная модель Изинга: формулировка и выражение для трансфер-матрицы.
10. Двумерная модель Изинга: статистическая сумма, свободная и внутренняя энергия в термодинамическом пределе. Теплоемкость.
11. Поведение термодинамических функций модели Изинга в окрестности критической точки.
12. Особенности фазового перехода в системах с непрерывной симметрией.
13. Модель Гейзенберга в двух измерениях.
14. Ренормализационная группа.
15. Метод Каданова.
16. s-разложение.

Темы докладов:

1. Модельное описание фазовых переходов.
2. Теория Ландау, теория среднего поля. Корреляционная теория фазовых переходов.
3. Общие теоремы о фазовых переходах. Отсутствие фазовых переходов в одномерных системах.
4. Исследование фазовых переходов с помощью двумерной модели Изинга.
5. Корреляционная функция, ее определение и свойства, связь с функцией Грина.

6. Корреляционные функции в теории среднего поля. Поведение радиуса корреляции в окрестности точки фазового перехода.

7. Применение функционального интегрирования для расчетов в физике фазовых переходов.

8. Фазовые переходы при наличии непрерывной симметрии системы. Модель Гейзенберга.

9. Ренормализационная группа как группа масштабной инвариантности физической системы. Асимптотическая свобода.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Перечень вопросов, выносимых на зачет:

1. Сверхпроводимость, сверхтекучесть, магнитные и сегнетоэлектрические явления. Классификация фазовых переходов. Примеры фазовых переходов 1-го и 2-го рода.
2. Обзор видов фазовых переходов.
3. Фазовые переходы в жидком гелии и сверхпроводнике. Критические индексы
4. Теоретические модели, применяемые для описания фазовых переходов.
5. Модели Изинга – на решетке и непрерывная.
6. Модель Гейзенберга и ее обобщения..
7. Теория Ландау фазовых переходов 2-го рода.
8. Термодинамические функции в теории Ландау фазовых переходов.
9. Явление спонтанного нарушения симметрии.
10. Теория среднего поля. Корреляционная функция в теории среднего поля. Физический смысл корреляционной функции.
11. Критические индексы в теории среднего поля (теории Ландау).
12. Общие теоремы о фазовых переходах (теория Янга-Ли). Понятие о термодинамическом предельном переходе.
13. Двумерная модель Изинга: формулировка и выражение для трансфер матрицы
14. Двумерная модель Изинга: диагонализация трансфер-матрицы при помощи преобразований Иордана-Вигнера и Боголюбова.
15. Модель Изинга: вычисление критической температуры из закона дисперсии элементарных возбуждений и из выражения для намагниченности.
16. Двумерная модель Изинга: статистическая сумма, свободная внутренняя энергия в термодинамическом пределе. Теплоемкость.
17. Поведение термодинамических функций в окрестности критической точки в двумерной модели Изинга.
18. Корреляционная функция в модели Изинга. Радиус корреляции, его температурная зависимость. Критические индексы для намагниченности.
19. Сопоставление различных теоретических моделей, описывающих фазовые переходы с экспериментальными данными.
20. ХГ-модель в двух измерениях. Особенности фазового перехода в системах с непрерывной симметрией. Фазовые переходы Березинского-Костерлица-Таулеса.
21. Модель Гейзенберга в двух измерениях. Масштабная инвариантность. Ренормализационная группа.
22. Метод Каданова.
23. Гауссова модель, s-разложение.

Итоговый контроль: Зачёт.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература

1. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук; под ред. Н.К. Мышкина. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309.

2. Матухин В.Л. Физика твердого тела / В.Л Матухин, В.Л. Ермаков. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 224 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/262.

5.2 Дополнительная литература:

1. Фомин Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела / Д.В. Фомин. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2014. - 186 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074.

2. Гордиенко А.Б. Физика конденсированного состояния. Решение задач / А.Б. Гордиенко, А.В. Кособуцкий, Д.В. Корабельников. - 2-е изд., доп. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2011. - 92 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232487.

3. Тумаев Е.Н. Процессы переноса энергии электронного возбуждения в конденсированных средах: монография / Е.Н. Тумаев. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2013.

4. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская и др. - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 93 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427849.

5. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах: учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская и др. - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 168 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427846.

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

№	Ссылка	Пояснение
1.	http://www.book.ru	BOOK.ru – электронная библиотечная система (ЭБС)

		современной учебной и научной литературы. Библиотека BOOK.ru содержит актуальную литературу по всем отраслям знаний, коллекция пополняется электронными книгами раньше издания печатной версии.
2.	http://www.ibooks.ru	Айбукс.ру – электронная библиотечная система учебной и научной литературы. В электронную коллекцию включены современные учебники и пособия ведущих издательств России.
3.	http://www.sciencedirect.com	Платформа ScienceDirect обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки, предоставляя доступ к более чем 2500 наименований журналов и более 11000 книг из коллекции издательства «Эльзевир».
4.	http://www.scopus.com	База данных Scopus индексирует более 18 тыс. наименований журналов от 5 тыс. международных издательств, включая более 300 российских журналов.
5.	http://www.elibrary.ru	Научная электронная библиотека (НЭБ) содержит полнотекстовые версии научных изданий ведущих зарубежных и отечественных издательств.

7 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На самостоятельную работу магистрантов отводится более 50% времени от общей трудоемкости дисциплины. Сопровождение самостоятельной работы магистрантов организовано в следующих формах:

1. Выполнение теоретических заданий по изучаемому разделу дисциплины.
2. Проверка знаний магистранта основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов дисциплины.
3. Выполнение домашних заданий по лабораторным занятиям.
4. Усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых посредством изучения рекомендуемой литературы.
5. Консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень информационных технологий

1. Проверка заданий и консультирование посредством электронной почты.

8.2 Перечень программного обеспечения

Программный продукт	Договор/лицензия
Операционная система MS Windows 8, 10	№73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018
Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus	№73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018
Математический пакет «Mathcad»	№127-АЭФ/2014 от 29.07.2014

8.3 Перечень информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://biblioclub.ru.
2. Электронная библиотечная система издательства "Лань" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://e.lanbook.com.
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (http://www.elibrary.ru).

9 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и текущего контроля и промежуточной аттестации; оснащенность: Комплект учебной мебели; доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №318С
2.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	
3.	Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; оснащенность: комплект учебной мебели; доска учебная магнитно-маркерная; комплект плакатов «Теория групп», «Физические свойства кристаллов»; компьютерное оснащение ПЭВМ 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №320С
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций; оснащенность: комплект учебной мебели с учебными ПЭВМ; 1 ПЭВМ администратора (преподавательский); доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 212С, 207С
5.	Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы; оснащенность: комплект учебной мебели, компьютерное оснащение ПЭВМ с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 208С