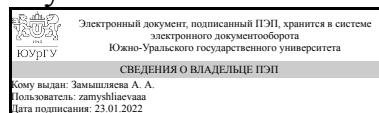


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт естественных и точных
наук



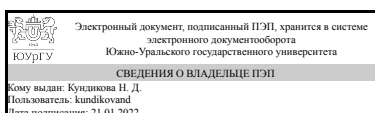
А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.24 Статистическая физика
для направления 03.03.01 Прикладные математика и физика
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Оптоинформатика

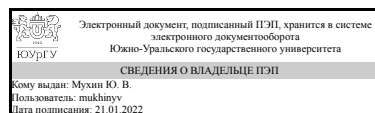
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 890

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

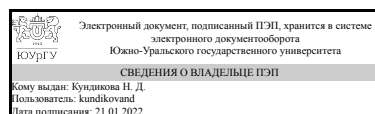
Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доцент



Ю. В. Мухин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

1. Цели и задачи дисциплины

Курс "Статистическая физика" -завершающий этап общего курса теоретической физики, преподаваемого на физическом факультете. В ходе изучения данного предмета студенты должны усвоить фундаментальные принципы статистической механики (классической и квантовой) и научиться применять их для описания и компьютерного моделирования различных систем многих частиц (конденсированные среды, наночастицы, экономические, экологические и социальные системы). Совокупность полученных в курсе «Статистическая физика» знаний и умений позволяет бакалавру решать различные профессиональные задачи в различных видах деятельности. Цель изучения дисциплины "Статистическая физика" состоит в профессиональном освоении одной из фундаментальных концепций естествознания – статистического описания динамических систем, состоящих из большого числа частиц, а также обучении студентов основным принципам теоретического описания свойств таких систем. Задачами обучения дисциплине являются овладение: принципами (постулатами) СФ и методикой их применения при постановке задач; основными методами статистической физики для решения задач макроскопической физики и определения термодинамических величин различных систем (классических и квантовых); навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с изучением физических свойств макроскопических объектов.

Краткое содержание дисциплины

В результате изучения студент приобретает как фундаментальные знания об основах описания равновесных систем на основе общих методов термодинамики и, статистической механики, так и навыки решения и исследования конкретных физических задач. В результате изучения дисциплины студент должен знать: понятия статистических ансамблей и распределение Гиббса как метод их описания; принципы описания статистических систем невзаимодействующих частиц (идеальных газов), в том числе квантовых; основные методы описания систем слабозаимодействующих частиц и свойств конденсированных сред; основы теории фазовых переходов 1 и 2 рода; В результате изучения дисциплины студент должен уметь: вычислять статистические суммы для идеального бoльцмановского газа, находить с их помощью свободную энергию и любые другие термодинамические величины, характеризующие газ; вычислять и строить зависимости основных термодинамических величин для идеальных кванто-вых газов от температуры и плотности; использовать теорию Ландау и флуктуационную теорию фазовых переходов второго рода для описания критических явлений около точки фазового перехода; применять преобразование Боголюбова для качественного описания изменения спектра возбуждений слабонеидеального бозе-газа и возникновения сверхтекучести. В результате изучения дисциплины студент должен владеть: - основными методами статистической физики для решения задач макроскопической физики и определения термодинамических величин различных систем; -навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с изучением физических свойств макроскопических объектов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	<p>Знает: основные математические модели и уравнения классической и квантовой статистической термодинамики; методы решения основных типов уравнений статистической физики; основы применения методов теории вероятностей и случайных процессов в задачах статистической физики.</p> <p>Умеет: применять теорию и методы математики (теория вероятностей и случайных процессов, уравнения математической физики) для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов, изучаемых статистической физикой.</p> <p>Имеет практический опыт: применения основных методов статистической термодинамики, позволяющими проводить расчеты физических свойств конденсированных и разреженных сред; математическими методами построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в рамках статистической физики и методов решения уравнений, которые данные модели описывают.</p>

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.22 Теория поля, 1.О.21 Теоретическая механика, 1.О.23 Квантовая механика	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.22 Теория поля	Владение базовыми принципами, умениям и навыкам в объеме курса теории поля. Умение работать с векторными и скалярными полями, быть знакомыми с простейшими решениями уравнения Пуассона и Лапласа.
1.О.21 Теоретическая механика	Знание и владение вариационными методами механики, уравнениями Лагранжа и Гамильтона.
1.О.23 Квантовая механика	Владение базовыми принципами, представлениями и методами квантовой механики. Владеть методом вторичного квантования, теорией момента, знать особенности фермионных и бозонных систем.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 90,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	80	80	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	48	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,5	53,5	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к экзамену	19,5	19,5	
Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам	18	18	
Изучение материалов лекций	16	16	
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в термодинамику и статистическую физику. Принципы статистической физики	8	4	4	0
2	Принципы статистической физики. Статистические ансамбли.	12	4	8	0
3	Идеальный газ Больцмана	10	4	6	0
4	Квантовая статистика идеальных систем	20	8	12	0
5	Неидеальный классический газ	6	2	4	0
6	Флуктуации термодинамических величин	8	2	6	0
7	Растворы. Равновесие в многокомпонентных системах.	10	4	6	0
8	Фазовые переходы I и II рода	2	2	0	0
9	Поверхностные явления	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные понятия и законы термодинамики. Термодинамика и статистическая физика.	2
2	1	Основное термодинамическое тождество. Термодинамические потенциалы. Соотношения Максвелла.	2
3	2	Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Микроканонический ансамбль и	2

		его функция распределения.	
4	2	Канонический ансамбль. Статистическая сумма и статистический интеграл. Большой канонический ансамбль. Большой статистический интеграл. Связь термодинамических характеристик большого канонического ансамбля с большим статинтегралом системы.	2
5	3	Расчет статистического интеграла для идеального одноатомного газа Больцмана. Понятие температуры вырождения. Формула Сакура-Тетроде.	2
6	3	Внутренние степени свободы молекул. Понятие о размораживании внутренних степеней свободы. Статистическая сумма для вращательных степеней свлбоды молекул. Вычисление статистической суммы для колебательных степеней свободы молекул.	2
7	4	Факторизация большой статистической суммы для идеальных квантовых газов. Статистики Ферми и Бозе. Основные соотношения для термодинамических характеристик идеальных квантовых газов. Явление Бозе-конденсации.	2
8	4	Идеальный Ферми-газ электронов в металлах. Парамагнитная восприимчивость и теплоемкость электронного газа в металлах.	2
9	4	Излучение черного тела. Статистика идеального газа фотонов. Формула Планка. Термодинамика идеального фотонного газа.	2
10	4	Колебания кристаллической решетки. Модели Эйнштейна и Дебая. Статистическая термодинамика фононного газа.	2
11	5	Неидеальный классический газ. Конфигурационный интеграл. Вириальное разложение. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса.	2
12	6	Вывод флуктуации энергии и числа частиц из статистического интеграла. Вывод распределения Гаусса для флуктуаций. Понятие работы создания флуктуации. Флуктуации Термодинамическая теория флуктуаций Ландау	2
13	7	Разбавленные растворы. Обобщение основных соотношений статистической термодинамики на случай многокомпонентных систем. Вычисление химпотенциалов разбавленного раствора.	2
14	7	Закон Рауля. Понятие идеального раствора. Основные типы бинарных фазовых диаграмм	2
15	8	Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Соотношение Эренфеста. Понятие переходов первого и второго рода. Фазовый переход второго рода как изменение симметрии атомного или магнитного порядка. Понятие порядка. Теория Ландау переходов второго рода.	2
16	9	Понятие о поверхностных термодинамических характеристиках. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Краевой угол. Избыточное давление.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Начала термодинамики. Понятие полного дифференциала в термодинамике. Термодинамические тождества.	2
2	1	Термодинамические потенциалы: U, H, F , потенциал Гиббса, большой термодинамический потенциал. Соотношения Максвелла.	2
3	2	Решение задач основанных на использовании микроканонического ансамбля.	2
4	2	Решение задач с использованием канонического ансамбля: вычисление характеристик одноатомного идеального больцмановского газа. Задачи с использованием канонического ансамбля в квантовом случае.	2
5	2	Задачи на использование большого канонического ансамбля.	2

6	2	Контрольная работа №1	2
7	3	Задачи на вычисление термодинамических характеристик многоатомных газов. Число степеней свободы, вращательные степени свободы.	2
8	3	Колебательные степени свободы молекул.	2
9	3	Контрольная работа №2	2
10	4	Идеальные системы бозонов и фермионов. Распределения Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака и распределение Больцмана. Конденсация Бозе-Эйнштейна.	2
11	4	Статистика фотонного газа. Формула Планка. Термодинамические характеристики фотонного газа.	2
12	4	Теплоемкость твердых тел. Упругие колебания и фононы. Формула Дебая.	2
13	4	Вырожденный электронный газ. Уровень Ферми, температура Ферми.	2
14	4	Теплоемкость вырожденного электронного газа. Парамагнетизм Паули. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.	2
15	4	Контрольная работа №3	2
16	5	Неидеальный классический газ. Коэффициенты вириального разложения.	2
17	5	Уравнение Ван-дер-Ваальса	2
18	6	Флуктуации энергии и числа частиц на основе статистических интегралов.	2
19	6	Работа создания флуктуации. Флуктуации и погрешность эксперимента.	2
20	6	Термодинамическая теория флуктуаций Ландау	2
21	7	Контрольная работа № 4	2
22	7	Разбавленные растворы	2
23	7	Основные виды фазовых диаграмм бинарных систем. Использование правила рычага.	2
24	9	Поверхностные явления.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	1. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики : учебн.пособие, (главы 1-10). 2. Леонтович, М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика Текст учеб. пособие М. А. Леонтович. - 2-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2008. - 416 с. (страницы 163 - 355) 3. Р. Кубо, Статистическая механика, (главы 1-4,6) (Библиотека ЮУрГУ, Термодинамика и статистическая физика Электронный ресурс 27 кн. в PDF-формате. - Б. м.: Регулярная и хаотическая динамика, 2004) 4 Караваев, Г. Ф. Основы термодинамики и статистической физики в задачах : с решениями [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности	6	19,5

	010701 "Физика" и по направлению ВПО 010700 "Физика" Г. Ф. Караваев, В. В. Герасимов. - Ростов н/Д: Феникс, 2012. - 174 (страницы 5-170)		
Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам	1. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики : учебн.пособие, (главы 1-10). 2. Караваев, Г. Ф. Основы термодинамики и статистической физики в задачах : с решениями. (страницы 5-170) 3. Методические пособия для самостоятельной работы студента: Еркович О.С., Морозов А.Н. Методические указания к решению задач по курсу «Статистическая физика» (страницы 10-25) 4 Р. Кубо, Статистическая механика, (главы 1-4,6) (Библиотека ЮУрГУ, Термодинамика и статистическая физика Электронный ресурс 27 кн. в PDF-формате. - Б. м.: Регулярная и хаотическая динамика, 2004)	6	18
Изучение материалов лекций	1. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/692 (главы 1-10) 2. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2001. — 616 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2230 — Загл. с экрана. (главы 1-6, 12)	6	16

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се- местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи- тыва- ется в ПА
1	6	Текущий контроль	Письменная контрольная работа №1	1	10	В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии	экзамен

						только верного решения начисляется один балл.	
2	6	Текущий контроль	Письменная контрольная работа №2	1	10	В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл.	экзамен
3	6	Текущий контроль	Письменная контрольная работа №3	1	10	В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл.	экзамен
4	6	Текущий контроль	Письменная контрольная работа №4	1	10	В контрольной работе 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Максимальный балл за контрольную работу 10. Каждая задача оценивается в 2 балла. Если приводится верное решение и верный ответ, тогда начисляется 2 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии только верного решения начисляется один балл.	экзамен
5	6	Бонус	Усердие в учёбе	-	15	Бонусы начисляются по усмотрению преподавателя за: активную работу на лекциях и семинарах; наличие полных конспектов лекций и семинаров; аккуратное исполнение всех заданий в срок; etc..	экзамен
6	6	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	20	Экзамен является обязательным контрольным мероприятием промежуточной аттестации. Экзамен является письменной работой. Максимальное количество баллов за мероприятие - 20. Вес мероприятия - 2. Работа включает 5 задач, покрывающих изучаемые разделы курса. Каждая из задач оценивается в 4 балла. Если приводится верное решение и верный полный ответ, тогда начисляется 4 балла. Если решение не приводится, или оно неверно, то начисляется 0 баллов независимо от ответа. При наличии	экзамен

						верного решения начисляются баллы от 2-х до 4-х в зависимости от полноты решения и от верности и полноты ответа: верное решение неверный ответ - 2 балла; верное решение и неполный ответ -3 балла; верное и полное решение и неточный ответ -3 балла; верное решение и полный верный ответ - 4 балла.	
--	--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен является обязательным контрольным мероприятием промежуточной аттестации. Экзамен является письменной работой.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ОПК-1	Знает: основные математические модели и уравнения классической и квантовой статистической термодинамики; методы решения основных типов уравнений статистической физики; основы применения методов теории вероятностей и случайных процессов в задачах статистической физики.	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Умеет: применять теорию и методы математики (теория вероятностей и случайных процессов, уравнения математической физики) для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов, изучаемых статистической физикой.	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Имеет практический опыт: применения основных методов статистической термодинамики, позволяющими проводить расчеты физических свойств конденсированных и разреженных сред; математическими методами построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в рамках статистической физики и методов решения уравнений, которые данные модели описывают.	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Леонтович, М. А. Введение в термодинамику. Статистическая физика [Текст] учеб. пособие М. А. Леонтович. - 2-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2008. - 416 с. ил.
2. Берклеевский курс физики [Текст] Т. 5 Статистическая физика / Ф. Рейф в 5 т.: пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1986. - 335, [1] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Куни, Ф. М. Статистическая физика и термодинамика Учеб. пособие для физ. спец. - М.: Наука, 1981. - 351 с. ил.

2. Воронцов, А. Г. Статистическая физика [Текст] учеб. пособие для бакалавров направления 03.03.01 "Приклад. математика и физика" А. Г. Воронцов, А. А. Мирзоев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физика наноразмерных систем ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2019. - 159, [1] с. ил. электрон. версия

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:
Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Р.Кубо, Статистическая механика. М.: Мир, 1967, 458с. (Библиотека ЮУрГУ, Термодинамика и статистическая физика Электронный ресурс 27 кн. в PDF-формате. - Б. м.: Регулярная и хаотическая динамика, 2004)

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Р.Кубо, Статистическая механика. М.: Мир, 1967, 458с. (Библиотека ЮУрГУ, Термодинамика и статистическая физика Электронный ресурс 27 кн. в PDF-формате. - Б. м.: Регулярная и хаотическая динамика, 2004)

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под редакцией Л. П. Питаевского. — 6-е изд., стереот. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 — Том 5 : Статистическая физика. В 2 ч. Ч. 1 — 2021. — 620 с. — ISBN 978-5-9221-1510-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/185665 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский ; под редакцией Г. С. Ландсберга. — 5-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 — Том 9 : Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния — 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-9221-1580-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/185699 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Физическая кинетика. Том X : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 2-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 536 с. — ISBN 5-9221-0125-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2692 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Методические	Электронно-	Белоусов, Ю. М. Задачи по теоретической физике: Учебное

пособия для самостоятельной работы студента	библиотечная система Znanium.com	пособие/Ю.М.Белоусов, С.Н.Бурмистров, А.И.Тернов - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 584 с. ISBN 978-5-91559-134-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/510284 . – Режим доступа: по подписке.
---	----------------------------------	--

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	507 (16)	проектор, компьютер, программное обеспечение PowerPoint
Лекции	507 (16)	проектор, компьютер, программное обеспечение PowerPoint