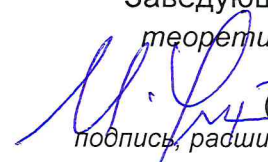


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
теоретической физики

 (Фролов М.В.)
подпись, расшифровка подписи

02.07.2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 – Термодинамика и статистическая физика

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.03.02 Ядерная физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация: Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0802 – теоретической физики

6. Составители программы: Чуракова Татьяна Алексеевна

ФИО

к.ф.-м.н.

доцент

ученая степень

ученое звание

kurgalin@bk.ru

физический

e-mail

факультет

теоретической физики

кафедра

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 27.06.2018г. протокол №6

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2021-2022

Семестр(-ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель – сформировать у студентов знания об основных идеях и математических методах равновесной и неравновесной термодинамики и статистической физики, а также выработать навык использования этих методов для решения конкретных задач. Задачи курса: познакомить студентов с основными моделями макроскопических систем, используемых в рамках термодинамики и статистической физики, продемонстрировать действие физических законов, а также показать эффективность методов термодинамического и статистического описания равновесных и неравновесных процессов в макроскопических системах на примерах различных моделей.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Входит в модуль "Вариативная часть". Студенты должны освоить программы курсов общей физики, математического анализа и предшествующих дисциплин раздела «Теоретическая физика».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОК-1	владеть культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;	<p>знать: основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;</p> <p>уметь: выделить конкретное «теоретико-физическое» содержание в прикладных задачах будущей специализации, проводить анализ полученных теоретических результатов, ставить и решать конкретные, с учётом особенностей специализации, задачи;</p> <p>владеть (иметь навык(и)): владеть методами статистической физики, способами преобразования физических величин, иметь навыки решения типовых задач.</p>
ОК-2	уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь;	
ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;	
ПК-2	способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) – экзамен.**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		7 сем.		
Аудиторные занятия	72	72		
в том числе: лекции	36	36		
практические	36	36		
лабораторные				
контроль	36	36		
Самостоятельная работа	36	36		
Форма промежуточной аттестации	<i>экзамен</i>	<i>экзамен</i>		
Итого:	144	144		

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение	Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем. Макроскопическое и микроскопическое описание физических систем. Два способа описания макросистем. Соотношение между термодинамикой и статистической физикой.
2	Основные понятия и законы термодинамики	Постулаты термодинамики. Термодинамические системы.
3	и приложения термодинамики	Методы термодинамики (метод круговых процессов, метод термодинамических потенциалов). Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Термодинамические неравенства. Механическое и статистическое описание макросистем. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Эргодическая проблема. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Свойства параметров канонического распределения.
4	Основные представления статистической физики	Связь энтропии с вероятностью. Вероятностный смысл второго начала термодинамики. Функция распределения для энергии. Связь канонического и микроканонического распределений. Идеальный изотермический газ. Парадокс Гиббса.
5	Классическая статистическая физика равновесных систем	Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Классическая теория теплоемкости твердого тела. Одночастичные распределения. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
6	Квантовая статистическая физика	Квантовое каноническое и большое каноническое распределения. Квантовая теория теплоемкости твердых тел. Квантовые распределения для идеальных газов.

		Распределения Бозе–Эйнштейна и Ферми–Дирака. Условие вырождения идеальных газов. Уравнение состояния квантовых газов. Слабое вырождение бозе- и ферми-газов. Сильновырожденный бозе-газ. Бозе–Эйнштейновская конденсация. Применение статистики Бозе–Эйнштейна к тепловому равновесному излучению. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость металлов.
7	Основы кинетики неравновесных процессов	Основы теории неравновесных процессов. Элементы физической кинетики. Кинетическое уравнение Больцмана в приближении релаксации.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоят. работа	Контроль самостоятельной работы	
1	Введение	2					2
2	Основные понятия и законы термодинамики	2	2		2	2	8
3	Методы и приложения термодинамики	6	6		6	6	24
4	Основные представления статистической физики	4	6		6	6	22
5	Классическая статистическая физика равновесных систем	8	8		8	8	32
6	Квантовая статистическая физика	10	10		10	10	40
8	Основы кинетики неравновесных процессов	4	4		4	4	16
	Итого:	36	36		36	36	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

При освоении лекционного материала обучающимся необходимо понимать связь каждой лекции с предыдущими, ее место и роль в текущей главе; на занятиях рекомендуется задавать уточняющие вопросы преподавателю, домашние задания следует систематически выполнять.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернета, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 427 с. —

	URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=692
2	Калашников, Н.П. Графические методы решения задач по молекулярно-кинетической теории и термодинамике идеальных газов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.П. Калашников, В.П. Красин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 190 с. — URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=672
3	Кикоин, А.К. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 482 с. — URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=185
4	Леонтович, М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 420 с. — URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=226
5	Миронова, Г.А. Молекулярная физика и термодинамика в вопросах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 475 с. — URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=3718
6	Савельев, И.В. Курс физики. В 3-х тт. Т.1. Механика. Молекулярная физика. [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 352 с. — URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=509
7	Телеснин, В.Р. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 361 с. — URL:http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=391

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
8	Базаров И.П. Термодинамика / И.П. Базаров. — М.: Высш. шк., 1991. — 376 с.
9	Ландау Л.Д. Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Наука, 2001. — 613 с.
10	Румер Ю.Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. — Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 2000. — 608 с.
11	Терлецкий Я.П. Статистическая физика / Я.П. Терлецкий. — М.: Высш. шк., 1994. — 350 с.
12	Сборник задач по теоретической физике / Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков, О.Ф. Томасевич и др. — М.: Высш. шк., 1972. — 336 с.
13	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем. Термодинамика / И.А. Квасников. — М.: Едиториал УРСС, 2002. — 240 с.
14	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 2: Теория равновесных систем. Статистическая физика / И.А. Квасников. — М.: Едиториал УРСС, 2002. — 432 с.
15	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 3: Теория неравновесных систем / И.А. Квасников. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 448 с.
16	Кубо Р. Статистическая механика / Р. Кубо. — М.: Мир, 1967. — 452 с.
17	Серова Ф.Г. Сборник задач по теоретической физике / Серова Ф.Г., А.А. Янкина. — М.: Наука, 1979. — 192 с.
18	Копытин И.В., Алмалиев А.Н., Чуракова Т.А. Термодинамика и статистическая физика. Основные положения, примеры и задачи. Часть I. — Воронеж, 2003. — 60 с.
19	Алмалиев А.Н., Копытин И.В., Корнев А.С., Чуракова Т.А. Термодинамика и статистическая физика. Часть II. — Воронеж, 2001. — 79 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
20	Термодинамика и классическая статистическая физика [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : [для студентов 4 курса днев. отд-ния физ. фак. ВГУ / А.Н. Алмалиев, И.В. Копытин, С.И. Мармо, Т.А. Чуракова. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. — URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-114.pdf

21	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-205.pdf
22	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/feb05041.pdf
23	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-227.pdf

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	<i>Термодинамика и классическая статистическая физика : учебное пособие для вузов : [для студентов 4 курса днев. отд-ния физ. фак. ВГУ / А.Н. Алмалиев, И.В. Копытин, С.И. Мармо, Т.А. Чуракова. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. — 71 с.</i>

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Лекционная аудитория, аудитории для лабораторных работ, доска (мел, маркеры), электронные средства презентации.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОК-1 - владеть культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения. ОК-2 - уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь. ОПК-1 - способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического	Знать: основные положения и методы статистической физики	Разделы 1-2	Текущая аттестация №1 (собеседование)
	Уметь: выделить конкретное «теоретико-физическое» содержание в прикладных задачах будущей специализации, проводить анализ полученных теоретических результатов, ставить и решать конкретные, с учётом особенностей специализации, задачи;	Разделы 3-4	Текущая аттестация №2 (собеседование)
	Владеть: методами статистической физики, способами преобразования физических величин, иметь навыки решения	Разделы 5-8	Практическое задание

анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. ПК-2 - способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.	типовых задач.		
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

В результате изучения курса студенты должны знать фундаментальные понятия, физические модели, принципы и математические методы формализма статистической физики, а также границы их применимости и связь с прикладными науками. Уметь выделить конкретное «теоретико-физическое» содержание в прикладных задачах будущей специализации, проводить анализ полученных теоретических результатов, ставить и решать конкретные, с учётом особенностей специализации, задачи статистической физики. Владеть методами статистической физики, основанными на законах сохранения, изменения и преобразования физических величин с приложениями к решению типовых задач.

Критерии оценок:

Отлично – знание и понимание всех уравнений и доказательств теорем курса.

Хорошо – понимание основных формул и определений курса, ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками.

Удовлетворительно – понимание большинства уравнений курса, ответы на поставленные вопросы с подсказками преподавателя.

Неудовлетворительно – непонимание уравнений и теорем курса, неспособность ответить на вопросы, даже используя конспекты.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Знание и понимание всех уравнений и доказательств теорем курса, безошибочные ответы на вопросы.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Понимание основных формул и определений курса, ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Понимание большинства уравнений курса, ответы на вопросы КИМа с подсказками преподавателя</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Непонимание уравнений и теорем курса, неспособность ответить на вопросы КИМа, используя конспекты</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Термодинамика и статистическая физика как теория макроскопических систем.
2. Термодинамические системы. Состояние термодинамического равновесия. Равновесные и неравновесные процессы.
3. Абсолютная температура. Уравнение состояния.
4. Работа, количество теплоты, внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Границы применимости второго начала.
5. Третье начало термодинамики.
6. Метод циклов.
7. Метод термодинамических потенциалов.
8. Механическое и статистическое описание системы.
9. Статистические ансамбли и функции распределения.
10. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.
11. Микроканоническое распределение.
12. Статистический вес и энтропия. Вывод и истолкование основного уравнения термодинамики.
13. Каноническое распределение Гиббса.
14. Интеграл состояний и свободная энергия. Распределение по энергии. Связь канонического распределения с микроканоническим.
15. Идеальный газ, парадокс Гиббса.
16. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.
17. Теорема о вириале.
18. Квантовое каноническое распределение.
19. Квантовый осциллятор.
20. Постулат Нернста. Недостижимость абсолютного нуля температуры.
21. Системы с переменным числом частиц. Химический потенциал. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал.
22. Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.
23. Флуктуации основных термодинамических величин.
24. Распределение Гаусса.
25. Использование метода корреляций функции.

19.3.2 Перечень практических заданий

1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?
2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа A над газом. Чему равно количество теплоты Q , полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?
3. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?
4. Дайте геометрическое толкование количества теплоты, подтвердив его законами термодинамики.

5. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты Q_1 , отдал холодильнику количество теплоты Q_2 , совершил работу A и возвратился в исходное состояние. Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?
6. В каком процессе объем газа линейно увеличивается с ростом температуры?
7. Напишите квантовое распределение Гиббса и условие нормировки для него.
8. Как найти энтропию изотермической системы с постоянным числом частиц?
9. Какое из фазовых распределений описывает изотермическую систему с переменным числом частиц? Поясните смысл обозначений.
10. Напишите выражение для функции Гамильтона находящегося во внешнем поле идеального одноатомного газа, состоящего из N частиц.
11. Объясните смысл множителя $1/(2\pi\hbar)^{Nf}$ в выражении для фазового объема.
12. Дайте определение относительной флуктуации.
13. Сформулируйте теорему Лиувилля.
14. Напишите условие нормировки большого канонического распределения.
15. Что является основной расчетной характеристикой адиабатически изолированной системы и почему?

19.3.4 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

Вариант 1

Задача 1. Найти связь между теплоемкостями C_P и C_V для идеального газа.

Задача 2. Для изотермической системы N невзаимодействующих линейных гармонических осцилляторов, помещенной в однородное электрическое поле напряженности E , рассчитать свободную энергию (частоты и заряды осцилляторов одинаковы и равны w и e соответственно).

Вариант 2

Задача 1. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?

Задача 2. При изотермическом сжатии идеального газа внешними силами совершена работа A над газом. Чему равно количество теплоты Q , полученное газом в этом процессе, и изменение внутренней энергии газа?

Вариант 3

Задача 1. Получает или отдает теплоту газ, если при уменьшении его внутренней энергии на 100 Дж над ним совершили работу 300 Дж? Чему равно это количество теплоты?

Задача 2. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты Q_1 , отдал холодильнику количество теплоты Q_2 , совершил работу A и возвратился в исходное состояние. Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?

Вариант 4

Задача 1. При температуре 27°C средняя квадратичная скорость молекул идеального газа была равна 300 м/с . Какой станет средняя квадратичная скорость молекул этого газа при повышении температуры на 900°C ?

Задача 2. За один цикл идеальный газ получил от нагревателя количество теплоты Q_1 , отдал холодильнику количество теплоты Q_2 , совершил работу A и возвратился в исходное состояние. Чему равно изменение внутренней энергии газа в результате этих процессов?

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): **устного опроса (индивидуальный опрос); письменных работ (контрольные)**; Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень умения решать практические задачи. Критерии оценивания приведены выше.