

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Физико-технологический институт

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Мещеряков
С.Г. Князев
«15» сентября 2018 г.




**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Рекомендована учебно-методическим советом Физико-технологического института
для направлений подготовки и специальностей:

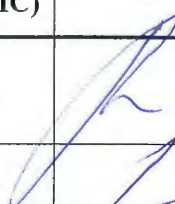
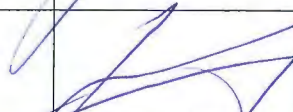
Код ОП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специа- лизации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
14.05.04/02.01	Электроника и авто- матика физических установок	Электроника и автоматика физических установок	5181	Б1.34

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Зенков Е.В.	к.ф.-м.н.	доцент	Теоретической физики и прикладной математики	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Кафедра Теоретической физики и прикладной математики (кафедра читающая)	10.10.18	№2	Мазуренко В.Г.	
2	Кафедра Экспериментальной физики (кафедра выпускающая)	12.10.18	№6	Иванов В.Ю.	

**Рекомендовано учебно-методическим советом
Физико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета
Протокол № 2 от 12.10.2018



С.В.Никифоров

Согласовано:

Дирекция образовательных программ



Р.Х.Токарева

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
14.05.04	Электроника и автоматика физических установок	11.08.2016	1014-дсп

1.1. Требования к результатам освоения дисциплины

- способность действовать в соответствии с Конституцией Российской Федерации, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма, (ОК-1);
- способность осуществлять свою деятельность в различных сферах общественной жизни с учетом принятых в обществе морально-нравственных и правовых норм, соблюдать принципы профессиональной этики (ОК-2);
- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения (ОПК-1);
- способность применять математический аппарат и вычислительную технику для решения профессиональных задач (ОПК-2);
- способность осуществлять поиск, изучение, обобщение и систематизацию научно-технической информации, нормативных и методических материалов в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-22);
- способность применять современные методы исследования процессов и объектов профессиональной деятельности, применять математический аппарат для формализации, анализа и выработки решения (ПК-23);

1.2. Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- постулаты (начала) термодинамики;
- условия термодинамического равновесия;
- основные положения теории фазовых переходов;
- принципы статистического описания классических и квантовых систем;
- основы теории ансамблей Гиббса;
- функции распределения в статистической физике;

Уметь:

- решать типовые задачи термодинамики классических равновесных систем
- вычислять статистические суммы и термодинамические потенциалы простых модельных систем

Демонстрировать навыки и опыт деятельности:

- в расчетах термодинамических процессов;
- в работе с математическим аппаратом функций распределения;
- навыками применения методов статистической физики в научно-исследовательской работе

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	Атомная физика, Квантовая механика, Электродинамика
2. Кореквизиты*	Ядерная физика
3. Постреквизиты*	Прикладная ядерная физика

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6 семестр
1.	Аудиторные занятия	51	51	51
2.	Лекции	51	51	51
3.	Практические занятия			
4.	Лабораторные работы			
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	39	7,65	39
6.	Промежуточная аттестация	18	2,33	Экзамен, 18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	60,98	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование представлений об основных методах статистического и термодинамического описания свойств равновесных и неравновесных макроскопических систем, состоящих из большого числа частиц, приобретение навыков решения задач термодинамики и статистической физики, выполнения асимптотических оценок в задачах статистической физики. Рассматриваются распределения Гиббса в классических и квантовых системах, приближение среднего поля элементы квантовой кинетики.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р 1	Введение	Предмет и метод физики многочастичных систем. Микро- и макро-описание. Флуктуации коллективных параметров в многочастичной системе; закон $1/\sqrt{N}$. Необходимость применения статистических методов.
Р 2	Феноменологическая термодинамика	Термодинамический метод описания физических свойств макроскопических систем. Внешние и внутренние параметры. Термодинамическое равновесие и понятие температуры. Уравнения состояния. Уравнения некоторых термодинамических процессов. Начала термодинамики. Абсолютная температура. Термодинамические потенциалы. Направление течения процессов в термодинамической системе. Неравенство Клаузиуса. Термодинамика сложных систем. Фазы и компоненты. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Поверхностная энергия. Метастабильные состояния. Бинодаль. Спинодаль. Критическая точка. Уравнения типа Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы второго рода. Соотношения Эренфеста. Теория Ландау. Критические показатели и точные соотношения между ними.
Р 3	Принципы статистического описания классических систем	Классическая гамильтонова динамика микросостояний системы. Фазовое пространство. Фазовая траектория. Разбегание фазовых траекторий. Модель бильярда Синая. Функция распределения. Эргодическая гипотеза. Теорема Лиувилля об инвариантности фазового объёма. Гидродинамика фазовой жидкости. Уравнение Лиувилля для функции распределения. Теорема возврата Пуанкаре.
Р 4	Классическая теория ансамблей Гиббса	<p>Понятие статистического ансамбля. Микроканоническое распределение Гиббса. Энтропия и статистический вес макросостояния изолированной системы.</p> <p>Каноническое распределение Гиббса для закрытой системы в термостате. Модуль распределения. Статистический интеграл (сумма). Свободная и внутренняя энергии. Соотношение Гиббса-Гельмгольца. Вычисление основных термодинамических величин в равновесной системе. Максвелловское распределение частиц по импульсам, скоростям и энергиям. Равномерность распределения энергии по степеням свободы в классической статистике.</p> <p>Большое каноническое распределение для системы с переменным числом частиц.</p>

		<p>Распределения Гиббса как наиболее вероятные распределения в равновесной системе. Закон возрастания энтропии.</p>
Р 5	<p>Классическая теория неидеального газа</p>	<p>Статистический интеграл системы попарно взаимодействующих частиц. Вириальное разложение. Второй вириальный коэффициент в модели короткодействующего потенциала с жесткой сердцевиной. Уравнение Ван-дер-Ваальса</p>
Р 6	<p>Классическая теория гауссовых флуктуаций</p>	<p>Дисперсия энергии и числа частиц в большом каноническом ансамбле. Термодинамическая эквивалентность микроканонического и большого канонического ансамбля. Общий подход к вычислению малых флуктуаций термодинамических параметров. Многомерное распределение Гаусса.</p>
Р 7	<p>Вторичное квантование</p>	<p>Ограниченность классического описания. Квантовый способ описания микросостояний. Критерии “квантовости” системы. Роль дискретности энергетического спектра. Тепловая длина волны де Бройля. Уменьшение числа возбужденных степеней свободы при понижении температуры.</p> <p>Принцип тождественности квантовых частиц. Симметризация многочастичных волновых функций. Разложение многочастичной волновой функции по базису. Числа заполнения одночастичных состояний. Матричные элементы одно- и двухчастичных операторов. Операторы рождения и уничтожения, их перестановочные соотношения. Полевые операторы. Основные физические операторы в представлении вторичного квантования.</p>
Р 8	<p>Основы статистической физики квантовых систем</p>	<p>Равновесный статистический оператор. Каноническое распределение в квантовом случае. Статистическая сумма. Обоснование третьего начала термодинамики.</p> <p>Теория теплоемкости кристалла в гармоническом приближении. Модели Эйнштейна и Дебая. Сравнение с классической теорией.</p> <p>Плавление кристалла. Критерий Линдемана.</p>
Р 9	<p>Вырожденный идеальный газ</p>	<p>Понятие квазичастицы. Возбужденное состояние квантовой системы как газ квазичастиц. Примеры из физики конденсированного состояния.</p> <p>Квантовый идеальный газ. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Классический предел. Переход к распределению Больцмана. Критерий вырождения, температура вырождения. Уравнение состояния квантового идеального газа. Квантовые поправки к уравнению Менделеева-Клапейрона.</p> <p>Вырожденный ферми-газ. Энергия Ферми. Ступенька Ферми. Внутренняя энергия и давление ферми-газа при абсолютном нуле температур. Ферми-</p>

		<p>евская функция при ненулевой температуре. Тепло- вой слой Ферми. Термодинамика вырожденного нереля- тивистского ферми-газа. Интегралы Зоммерфельда. Парамагнетизм Паули.</p> <p>Вырожденный идеальный газ бозонов. Каче- ственный анализ температурной зависимости химиче- ского потенциала вырожденного бозе-газа. Критиче- ская температура. Эйнштейновская “конденсация” идеального газа бозонов. Температурная зависимость числа частиц в конденсате. Термодинамика нереля- тивистского бозе-газа ниже точки конденсации.</p> <p>Применение статистики Бозе к равновесному тепло- вому излучению. Распределение Планка. Формула Планка для спектральной объёмной плотности энер- гии равновесного излучения. Предельные случаи Рэ- лея-Джинса и Вина. Закон смещения Вина. Закон Сте- фана-Больцмана. Термодинамика фотонного газа (температурная зависимость полного числа фотонов, внутренней энергии, теплоёмкости, давления и энтро- пии).</p>
Р 10	Приближение среднего поля	<p>Вариационные оценки для свободной энергии. Нера- венство Боголюбова. Общая идея метода самосогласо- ванного поля. Гайзенберговский магнетик в прибли- жении среднего поля; сравнение с термодинамиче- ской теорией Ландау. Вырожденный электронный газ в приближении Хартри и Хартри-Фока; кулоновская и обменная энергия. Модель Стонера.</p>
Р 11	Элементы физической кинетики	<p>Линейный отклик системы на механическое возмуще- ние. Итерационное решение уравнения Лиувилля воз- мущенной системы. Обобщенная восприимчивость и корреляционные функции. Микроскопический вывод закона Ома.</p>

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

3.1. Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 6	1

. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1.Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10-х т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; ред. Л.П. Питаевского. - 5-е изд., стер. - Москва : Физматлит, 2001. - Т. 5. Статистическая физика. - Ч. 1. - 612 с. - ISBN 978-5-9221-0054-10 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83401>(29.11.2018).
2. Самойлович, А.Г. Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие / А.Г. Самойлович. - Изд. 2-е. - Москва : Государственное технико-теоретическое изд-во, 1955. - 369 с. : ил., схем. - ISBN 978-5-4475-1938-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255755> (29.11.2018).
3. Ю.Л. Климонтович. Статистическая физика. М.:Наука, 1982.
4. Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории : учебное пособие / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. - Москва : Физматлит, 2007. - 254 с. - ISBN 978-5-9221-0876-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68401> (29.11.2018).
5. Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. - Москва : Физматлит, 2007. - 254 с. - ISBN 978-5-9221-0876-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68400> (29.11.2018).

7.1.2. Дополнительная литература

1. Румер, Ю.Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : Наука, 1977. - 552 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482845> (29.11.2018).
2. Задачи по термодинамике и статистической физике / под ред. П. Ландсберг ; пер. с англ. А.С. Шумовского. - Москва : Мир, 1974. - 639 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482853> (29.11.2018).
3. Белонучкин, В.Е. Курс общей физики. Основы физики: для вузов. В 2 т. Т. II. Квантовая и статистическая физика. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебник / В.Е. Белонучкин, Д.А. Заикин, Ю.М. Ципенюк. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2007. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2201>. — Загл. с экрана.

7.1.3. Методические разработки

Х.М. Биккин, И.И. Ляпилин. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика (в научно-образовательной серии “Физика конденсированных сред”). Издательство УрО РАН, Екатеринбург, 2009

7.2. Программное обеспечение

Программный пакет Mathematica7

7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы

7.4. Электронные образовательные ресурсы

Портал информационно-образовательных ресурсов: <http://study.urfu.ru>
Зональная научная библиотека УрФУ Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Рекомендации для студента

Обязательное посещение лекций ведущего преподавателя; лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов,	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации из-	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)

	в предсказуемо изменяющейся ситуации	вестных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Тестирование в рамках НТК не проводится

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий не предусмотрено

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

1. Вычислить количество теплоты, полученное системой в заданном термодинамическом процессе;
2. Вычислить коэффициент полезного действия тепловой машины в заданном процессе (дается уравнение состояния рабочего тела)
3. Вычислить среднюю тепловую скорость частицы классической системы с помощью распределения Максвелла;

8.3.3. Примерные контрольные кейсы

не предусмотрено

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

1. Сформулировать начала термодинамики.
2. Дать определение терминов: микросостояние, макросостояние, статистический вес, уравнение состояния.
3. Сформулировать общие условия термодинамического равновесия в системе из нескольких фаз.
4. Указать сходство и различие фазовых переходов первого и второго рода.
5. Что такое: фазовая траектория; ансамбль систем; принцип несжимаемости фазовой жидкости ?
6. Что такое: функция распределения ? статистическое усреднение ?
7. Записать и объяснить смысл функций распределения: микроканонического, канонического, большого канонического.
8. Как из гамильтониана системы частиц вычисляются ее термодинамические потенциалы и уравнение состояния ?
9. Сформулировать классическую теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
10. Энергия Ферми и температура Ферми. Её роль в физике металлов.

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

не предусмотрено

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

не используются

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

не используются

8.3.8. Интернет-тренажеры

не используются

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

1. Аудитории с мультимедийным комплексом: ФТ-201, ФТ-401, ФТ-349, ФТ-310(б), ФТ-414;
2. Аудитории с проектором: ФТ-422, ФТ-439;
3. Компьютерные классы: ФТ-323, ФТ-232, ФТ-230, ФТ-114, Т-508, ФТ-307, ФТ-437, ФТ-144.

