

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра физики

Рабочая программа дисциплины

**ТЕРМОДИНАМИКА. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА.
ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):

Геофизика

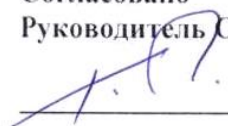
Уровень:

Бакалавриат

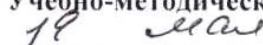
Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

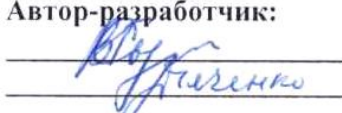
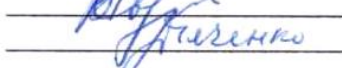
 Бобровский А.П.

Председатель УМС
 И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
13 апреля 2021 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Бобровский А.П.

Автор-разработчик:
 Сыромятников В.Г.
 Дьяченко Н.В.

Санкт-Петербург 2021

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на ____/____
учебный год без изменений*

Протокол заседания кафедры _____ от __.__.20__ №__

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на ____/____
учебный год с изменениями (см. лист изменений)**

Протокол заседания кафедры _____ от __.__.20__ №__

*Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены изменения

** Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё внесены изменения

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» является формирование у студентов углубленных теоретических знаний и практических навыков в области теоретической физики, необходимых для выработки правильного представления о явлениях и закономерностях природы, для создания базы освоения общих и специальных дисциплин и всей последующей деятельности после университета.

Основные задачи дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»:

- освоение студентами теоретических основ и методов научных знаний в области термодинамики и статистической физики;
- формирование навыков применения теоретических подходов при решении задач, а также при анализе физического смысла полученных решений;

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» для направления «03.03.02 – Физика» относится к обязательным дисциплинам цикла Б1, входит в состав модуля «Теоретическая физика» и изучается в шестом семестре после изучения дисциплин «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред» и «Электродинамика». Она дает теоретическую основу для освоения как курсов данного модуля – «Физика конденсированного состояния», «Квантовая теория», так и специальных дисциплин – «Теория колебаний и волн», «Теория переноса электромагнитных волн в газах», «Фотохимические процессы в атмосфере» и др.

Курс рассчитан на студентов-физиков, освоивших курсы «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм. Оптика», «Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функции комплексного переменного», «Теория вероятностей и математическая статистика».

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции ОПК-1.

Таблица 2.

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ОПК-1 Способен применять базовые знания в области математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p> | <p>ОПК-1.1 Применяет основные законы математических и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.2 Выявляет взаимосвязь основных законов естественных наук, общие подходы и концепции</p> | <p>Знать:</p> <p>фундаментальные разделы математики, линейной алгебры, методов математической физики, применяемые в статистической физике, термодинамике и физической кинетике;</p> <p>взаимосвязь статистической физики, термодинамики и физической кинетики с другими разделами физики и естественными науками;</p> <p>основные понятия, определения и законы равновесной термодинамики, как метода исследования макроскопических систем;</p> <p>методологические основы описания макроскопических систем, процессов, с учетом их взаимосвязи и взаимодействия, как с феноменологической, так и с теоретической точки зрения;</p> <p>основы термодинамического подхода при решении научно-исследовательских и практических задач;</p> <p>приближенные и точные методы решения задач статистической физики, термодинамики и физической кинетики.</p> <p>Уметь:</p> <p>объяснить статистические явления и эффекты с позиций статистической физики и указать, какими законами описывается данное явление или эффект;</p> <p>использовать методы равновесной термодинамики для изучения термодинамических свойств макроскопических систем, находящихся под воздействием внешних факторов (давление и температура);</p> <p>использовать методы адекватного физико-математического</p> |

| | | |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>моделирования и анализа к решению конкретных статистических задач;</p> <p>описывать простейшие статистические системы при помощи термодинамических потенциалов;</p> <p>формулировать цели исследования и принципы функционирования равновесных термодинамических систем;</p> <p>выполнять оценку характеристических функций и основных параметров при исследовании термодинамических систем;</p> <p>Владеть:</p> <p>специальными математическими навыками решения задач статистической физики, термодинамики и физической кинетики, анализа полученных решений с учетом границ применимости моделей;</p> <p>навыками использования классических и квантовых функций распределения для простейших систем и анализа физического смысла полученных решений;</p> <p>навыками истолковывать смысл статистических физических величин и понятий;</p> <p>навыками самостоятельного решения профессиональных задач с применением статистической физики, термодинамики и физической кинетики;</p> <p>навыками определения характеристик систем с помощью классических и квантовых функций распределения</p> |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов

Таблица 3.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

| Объём дисциплины | Всего часов |
|------------------|-------------|
|------------------|-------------|

| | Очная форма обучения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Объем дисциплины | 180 |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего: | 70 |
| в том числе: | |
| лекции | 28 |
| занятия семинарского типа: | |
| практические занятия | 42 |
| лабораторные занятия | |
| Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего: | 110 |
| в том числе: | |
| курсовая работа | |
| контрольная работа | |
| Вид промежуточной аттестации | Экзамен (6 семестр) |

4.1. Структура дисциплины

| № п/п | Раздел дисциплины | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час. | | | Формы текущего контроля успеваемости | Формируемые компетенции | Индикаторы достижения |
|-------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | | | |
| 1 | Феноменологическая термодинамика | 4 | 6 | 16 | устный опрос, проверка домашнего задания | ОПК-1 | ОПК-1.1 ОПК-1.2 |
| 2 | Термодинамика открытых систем | 4 | 6 | 14 | устный опрос, проверка домашнего задания | ОПК-1 | ОПК-1.1 ОПК-1.2 |
| 3 | Квантовые и классические функции распределения | 4 | 6 | 16 | устный опрос, проверка домашнего задания | ОПК-1 | ОПК-1.1 ОПК-1.2 |
| 4 | Теория идеальных систем | 4 | 6 | 16 | устный опрос, проверка домашнего задания, реферат | ОПК-1 | ОПК-1.1 ОПК-1.2 |
| 5 | Статистическая теория неидеальных систем | 4 | 6 | 16 | устный опрос, проверка домашнего задания | ОПК-1 | ОПК-1.1 ОПК-1.2 |
| 6 | Теория флуктуаций | 4 | 6 | 16 | устный опрос, | ОПК-1 | ОПК-1.1 |

| № п/п | Раздел дисци- плины | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студен- тов, час. | | | Формы текущего контроля успеваемости | Формируемые компетен- ции | Индикаторы достижения |
|----------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практи- ческие заня- тия | Самосто- ятельная рабо- та | | | |
| | | | | | проверка домаш- него задания | | ОПК-1.2 |
| 7 | Неравновесная тер- модинамика. Физи- ческая кинетика | 4 | 6 | 16 | устный опрос, проверка домаш- него задания, тест | ОПК-1 | ОПК-1.1 ОПК-1.2 |
| | Итого: | 28 | 42 | 110 | | | |

4.2. Лекционные занятия, их содержание

| Наименование раз- делов и тем | Содержание |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Феноменологическая термодинамика | <p>Характер термодинамических законов. Основные определения и понятия термодинамического описания системы (изолированная система, замкнутая система, тепловое равновесие). Интенсивные и экстенсивные параметры. Количество теплоты и работа. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Уравнение состояния. Типы процессов (равновесный, неравновесный, обратимый и необратимый). Изопроцессы. Уравнения и графики этих процессов в случае идеального газа. Понятие об искусственных и естественных процессах. Второе начало термодинамики в формулировках Карно и Клаузиуса. Схема действия тепловой машины. КПД тепловой машины. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Понятие о термодинамической шкале температур. Определение энтропии. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при обратимых и необратимых процессах. Возрастание энтропии в изолированной системе. Термодинамические потенциалы. Уравнения Гиббса-Дюгема. Общие условия устойчивости термодинамического равновесия. Максимальная работа процессов.</p> <p>Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Уравнения Эренфеста-Кеезома.</p> |

| Наименование разделов и тем | Содержание |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Термодинамика открытых систем | <p>Открытые системы. Формулы изменения характеристических функций открытых систем. Зависимость характеристических функций от числа частиц. Выражения для химического потенциала через производные от числа частиц характеристических функций. Химический потенциал, как свободная энергия Гиббса, приходящаяся на одну частицу. Задачи применения термодинамики к расчету равновесий при химических реакциях. Условие равновесия, выраженное через химические потенциалы веществ, участвующих в реакциях. Зависимость констант равновесия химических реакций от температуры. Принцип Ле – Шателье. Примеры применения этого принципа в природе. Зависимость констант равновесия химических реакций от температуры в свете принципа Ле – Шателье.</p> |
| Квантовые и классические функции распределения | <p>Общие вопросы теории. Законы статистической физики. Возможности и ограничения использования классического описания молекулярных систем. Необходимость двойственной формулировки основных положений статистической физики – квантовой и классической (квазиклассической). Задача вычислений средних значений физических величин как одна из главных задач статистической физики. Понятия фазового пространства, плотности вероятности в классической статистической физике, вероятности состояния, матрицы плотности в квантовой статистической физике. Ансамбли в статистической физике. Среднее по времени и среднее по ансамблю. Эргодическая гипотеза. Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение в квантовом и классическом случаях. Число состояний в квазиклассическом случае. Канонические распределения (распределение Гиббса). Вывод канонического распределения. Запись формул канонического распределения для классического и квантового случая. Статистическая сумма. Выражения для статистической суммы в квантовом и классическом случаях. Первое начало термодинамики с точки зрения статистической физики. Выражение для энтропии через вероятности и через число состояний. Третье начало термодинамики с точки зрения статистической физики. Выражение свободной энергии Гельмгольца через статистическую сумму. Значение этого выражения в практических применениях статистической физики.</p> |

| Наименование разделов и тем | Содержание |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Статистическая теория идеальных систем | <p>Понятие идеального газа в молекулярно – кинетической теории, применение канонического распределения к идеальному газу. Распределение молекул по координатам и по скоростям как следствие применения канонического распределения к идеальному газу. Применение распределения Максвелла для расчета средних скоростей молекул. Распределение молекул в поле силы тяжести. Теорема о распределении кинетической энергии молекул по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости идеального газа и ее недостатки.</p> <p>Применение методов статистической физики к задаче расчета термодинамических функций идеального газа. Выражение статистической суммы идеального газа через статистическую сумму молекул. Колебательные, вращательные и электронные уровни энергии молекул. Представление статистической суммы молекул в виде произведения поступательной, вращательной, колебательной и электронной статистических сумм. Возможность классического расчета поступательной статистической суммы, формулы для поступательной статистической суммы. Расчет колебательной статистической суммы молекул в гармоническом приближении. Задача расчета вращательной статистической суммы и выражения для вращательной статистической суммы двухатомных молекул. Задача расчета электронной статистической суммы. Формула для энтропии одноатомного идеального газа. Выражения для констант равновесия химических газовых реакций через молекулярные статистические суммы. Применение этих формул для расчетов степени ионизации газов. Формула Саха.</p> |
| Статистическая теория неидеальных систем | <p>Проблема учета взаимодействия молекул при расчете термодинамических функций неидеального газа. Общий характер зависимости потенциальной энергии молекул от расстояния между центрами молекул. Формула Леннарда–Джонса. Случаи парных и непарных (специфических) взаимодействий молекул. Конфигурационный интеграл, как сомножитель в выражении статистической суммы, отражающий взаимодействие молекул. Метод Майера разложения конфигурационного интеграла в ряд. Термодинамические величины классической плазмы. Уравнения самосогласованного электрического поля электронов и ионов. Метод Дебая – Хюккеля. Дебаевский радиус. Метод корреляционных функций.</p> <p>Статистическая физика открытых систем. Большое каноническое распределение и большая статистическая сумма. Применение большого канонического распределения для определения среднего числа частиц в открытой системе. Выражение давления в открытой системе через большую статистическую сумму. Квантовый идеальный газ. Распределение Больцмана для числа частиц в данном квантовом состоянии. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Понятие о вырожденном и невырожденном газе.</p> |

| Наименование разделов и тем | Содержание |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Теория флуктуаций | <p>Флуктуации. Общая формула для вероятности флуктуации в изолированной системе. Понятие о мере (средней величине) флуктуации и относительной флуктуации. Теорема о зависимости относительной флуктуации от числа независимых частей системы. Распределение Гаусса для одной или нескольких величин. Флуктуация в системе, находящейся в термостате. Флуктуации основных физических величин. Связь флуктуации энергии и теплоемкости. Особенности флуктуации энергии при фазовых переходах и при низких температурах. Флуктуация плотности. Флуктуации в открытой системе. Формула для величины флуктуации числа частиц. Формула Пуассона.</p> |
| Неравновесная термодинамика. Физическая кинетика | <p>Задачи неравновесной термодинамики. Понятие о сильной и слабой неравновесности. Локальное равновесие. Производство энтропии в неравновесных процессах. Термодинамические потоки и силы. Кинетические коэффициенты. Выражение для производства энтропии через термодинамические потоки и силы. Принцип минимума производства энтропии Пригожина – Гленсдорфа. Приложение этого принципа к случаю слабой неравновесности. Модификация принципа для общего случая и проблемы, возникающие при этом. Образование структур в неравновесных условиях.</p> <p>Основные задачи физической кинетики. Теорема Лиувилля в кинетике и уравнение Лиувилля для классической функции распределения. Квантовые уравнения Лиувилля. Системы с сильными и слабыми межчастичными взаимодействиями. Особенности неравновесных состояний газов. Локальное распределение Максвелла. Одночастичная функция распределения. Выражение физических величин через одночастичную функцию распределения. Вид кинетического уравнения Больцмана, его значение и область применения. H-теорема Больцмана. Применение кинетического уравнения для расчета коэффициентов переноса в системах нейтральных частиц и в электронном газе. Приближение самосогласованного поля и кинетическое уравнение Власова. Плазменные колебания и затухание Ландау. Принцип детального равновесия. Понятие о марковских и немарковских процессах. Случайные стационарные марковские процессы. Функция вероятностей перехода между двумя состояниями. Уравнение Смолуховского. Связь функции вероятности перехода с одночастичной функцией распределения. Уравнение Фоккера – Планка. Диффузионный поток. Броуновские частицы. Характер движения броуновских частиц. Формулы Эйнштейна для дисперсии импульса и дисперсии смещения броуновских частиц. Квантовые переходы под влиянием электрического поля. Коэффициенты Эйнштейна. Тепловые шумы и формулы Найквиста.</p> |

4.3. Практические занятия, их содержание

| п/п | № раздела дисциплины | Количество часов | Наименование темы практического занятия |
|-------|--------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-3 | Феноменологическая термодинамика | 6 | Основные законы термодинамики |
| 4-6 | Термодинамика открытых систем | 6 | Дифференциальные уравнения связи термодинамических функций и потенциалов. |
| 7-9 | Квантовые и классические функции распределения | 6 | Решение задач по темам: Вычисление средних значений физических величин. Микроканонический ансамбль и микроканоническое распределение в квантовом и классическом случаях. Канонические распределения (распределение Гиббса). Статистическая сумма. Выражения для статистической суммы в квантовом и классическом случаях. Первое начало термодинамики с точки зрения статистической физики. Выражение для энтропии через вероятности и через число состояний. Выражение свободной энергии Гельмгольца через статистическую сумму.. |
| 10-12 | Статистическая теория идеальных систем | 6 | Решение типовых задач на расчет статистических характеристик идеального газа |
| 13-15 | Статистическая теория неидеальных систем | 6 | Решение задач по темам: Общий характер зависимости потенциальной энергии молекул от расстояния между центрами молекул. Формула Леннарда-Джонса. Статистическая физика открытых систем. Большое каноническое распределение и большая статистическая сумма. Применение большого канонического распределения для определения среднего числа частиц в открытой системе. Выражение давления в открытой системе через большую статистическую сумму. Квантовый идеальный газ. Распределение Больцмана для числа частиц в данном квантовом состоянии. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. |
| 16-18 | Теория флуктуаций | 6 | Решение задач по темам: Распределение Гаусса для одной или нескольких величин. Флуктуация в системе, находящейся в термостате. Флуктуации основных физических величин. Типовые законы вероятностных распределений. |
| 19-21 | Неравновесная термодинамика. Физическая кинетика | 6 | Типовые задачи на расчет кинетических коэффициентов |

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубления полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, экзаменам.

Самостоятельная работа предусматривает, как правило, выполнение вычислительных работ, графических заданий к лабораторным работам, подготовку к практическим заданиям, контрольных работ.

Работа с литературой предусматривает самостоятельное изучение теоретического материала, разработку рефератов и других творческих заданий.

При самостоятельной работе над разделами дисциплины, при выполнении практических работ, при подготовке к тестам, опросам и к промежуточному контролю студент должен изучить соответствующие разделы основной и вспомогательной литературы по дисциплине, а также использовать указанные в перечне интернет-ресурсы.

В процессе самостоятельной учебной деятельности формируются умения: анализировать свои познавательные возможности и планировать свою познавательную деятельность; работать с источниками информации: текстами, таблицами, схемами; анализировать полученную учебную информацию, делать выводы; анализировать и контролировать свои учебные действия; самостоятельно контролировать полученные знания.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 60;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **Экзамен после 6-го семестра.**

Форма проведения экзамена: устно по билетам

а). Образцы тестовых заданий текущего контроля

Пример тестового задания по курсу «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»

Раздел 1

Феноменологическая термодинамика

Задание 1. Выберите из приведенных суждений первое начало термодинамики

А. Если физическая система изолирована, то температура во всех частях этой системы

становится одинаковой с течением времени ;

В. Теплота не может самопроизвольно переходить от более холодного к более нагретому телу;

С. Сумма изменений энтропии системы и внешней среды не может убывать.

Д. Когда система претерпевает превращение, алгебраическая сумма различных изменений энергии (теплоты, работы и т.д.) не зависит от способа превращения. Она зависит только от начального и конечного состояний.

Правильный ответ: D. ____

Раздел 2

Термодинамика открытых систем

Задание 2. Скорость химической реакции - это

А. Количество превращений в секунду;

В. Число актов реакции за секунду в единичном объеме;

С. Отношение концентраций продуктов до и после реакции

Правильный ответ: ____ В ____

Раздел 3

Квантовые и классические функции распределения

Задание 3. Вид микроканонического распределения

А.
$$f(q, p) = A \ln \left[\frac{E(q, p)}{E_0} \right]$$

В.
$$f(q, p) = A \exp \left[-\frac{p^2}{2mkT} \right]$$

С.
$$f(q, p) = A \delta [E(q, p) - E_0],$$

Д.
$$f(q, p) = A \exp \left[-\frac{E(q, p)}{kT} \right],$$

где $\{q, p\}$ совокупность всех обобщённых координат и импульсов системы, A - постоянная нормировки, $E(q, p)$ - энергия системы

Правильный ответ: _____ С _____

Раздел 4

Теория идеальных систем

Задание 4. Статистическая сумма идеального газа в квантовомеханическом представлении

- A. $Z = \frac{V}{N!} \left(\frac{2\pi mkT}{h^2} \right)^{\frac{3N}{2}}$
- B. $Z = \int \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) dpdq$
- C. $Z = \sum_n \exp\left(-\frac{E_n}{kT}\right)$

Правильный ответ: _____ С _____

Раздел 5

Статистическая теория неидеальных систем

Задание 5. Дебаевский радиус- это

- A. Характерное расстояние, на которое в плазме, электролите или полупроводнике распространяется действие электрического поля отдельного заряда;
- B. Характерное расстояние, на котором кулоновская энергия взаимодействия электрона и дырки равна kT ;
- C. Половина межъядерного расстояния между ближайшими одноимёнными атомами.

Правильный ответ: _____ А _____

Раздел 6

Теория флуктуаций

Задание 6. Согласно теории Рэлея рассеяние света в атмосфере связано с

- A. Наличием в атмосфере капель воды
- B. Наличием в атмосфере частиц пыли
- C. Наличием в атмосфере флуктуаций плотности аэрозолей
- D. Наличием флуктуаций плотности газов атмосферы

Правильный ответ: _____D_____

Раздел 7

Неравновесная термодинамика. Физическая кинетика

Задание 7. Теорема Онсагера

- А. Устанавливает связь между кинетическими коэффициентами, определяющими интенсивность перекрёстных процессов переноса теплоты, массы, химического потенциала и др.;
- В. Стационарному состоянию системы (в условиях, препятствующих достижению равновесного состояния) соответствует минимальное производство энтропий.
- С. Необратимые процессы в природе есть процессы перехода из менее вероятного состояния в более вероятное

Правильный ответ: _____А_____

б) Примерный перечень вопросов для опроса на лекциях и практических занятиях по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»

Раздел 1

Феноменологическая термодинамика

1. Приведите примеры обратимых и необратимых процессов.
2. Напишите основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов.
3. Приведите примеры величин, не являющихся функциями состояния системы.
4. Какие системы называют термостатами?

Раздел 2

Термодинамика открытых систем

5. Приведите примеры параметров порядка при фазовых переходах второго рода.
6. Напишите условие химического равновесия для реакции горения водорода.

Раздел 3

Квантовые и классические функции распределения

7. Как выглядит большое каноническое распределение для двухкомпонентной системы?
8. Чему равно значение $f(\varepsilon)$ на уровне Ферми?

Раздел 4

Теория идеальных систем

9. Как рассчитать средние скорости (квадратичную, арифметическую) молекул с помощью распределения Максвелла?
10. Как выглядит распределение молекул в поле силы тяжести.

Раздел 5

Статистическая теория неидеальных систем

11. Что означает приближение парных взаимодействий?
12. Как выглядит конфигурационный интеграл для идеального газа во внешнем силовом поле?
13. Найдите вириальные коэффициенты газа Ван-дер-Ваальса.

Раздел 6

Теория флуктуаций

14. Напишите распределение Гаусса для одной или нескольких величин.
15. Напишите формулу Эйнштейна для вероятности флуктуации в замкнутой системе и поясните ее.

Раздел 7

Неравновесная термодинамика. Физическая кинетика

16. Что такое время корреляции?
17. Дайте определение кинетических коэффициентов.
18. Сформулируйте H -теорему Больцмана.
19. Какого рода системы описываются уравнениями Власова?

в) примеры задач для домашних работ по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика»

1. Найти фазовую траекторию а) свободной материальной частицы; б) частицы, свободно падающей с высоты h . Как изменится траектория (а) при учете сопротивления движению со стороны среды? (б) при учете неупругости соударения частицы с поверхностью Земли?
2. Две одинаковые частицы совершают одномерное движение в «ящике» длиной L , испытывая абсолютно упругие соударения друг с другом и со стенками. Пусть в начальный момент времени частицы расположены у противоположных стенок, а их скорости v_1 и v_2 направлены навстречу друг другу. Нарисовать фазовую траекторию одной из частиц для нескольких значений отношения v_1/v_2 .
3. Пусть $g = CE^N$, где C – константа. Найти энергию как функцию температуры.

4. Доказать, что пересечение двух квазистатических адиабат невозможно, так как это приводит к нарушению принципа Томсона.
5. Показать, что следующие процессы необратимы: а) свободное адиабатическое расширение газа, б) процесс Джоуля-Томсона, то есть адиабатическое расширение газа из состояния с давлением p до $p + dp$ ($dp < 0$).
6. Найти работу, производимую над идеальным газом, и количество теплоты, получаемое им, когда газ совершает круговой процесс, состоящий из: а) двух изохорных и двух изобарных процессов, б) двух изохор и двух изотерм, в) двух изотерм и двух адиабат, г) двух изобар и двух изотерм, д) двух изобар и двух адиабат.
7. Вычислить большую статистическую сумму для идеального газа в классическом режиме. Найти большой термодинамический потенциал, энтропию, среднее число частиц и давление газа. Показать, что число частиц распределено по закону Пуассона.
8. Найти распределение вероятностей для кинетической энергии молекулы идеального газа. Вычислить среднее и наиболее вероятное значения кинетической энергии.
9. Найти второй и третий вириальный коэффициенты газа, состоящего из жестких сфер диаметра a .
10. Представить химический потенциал в виде ряда по степеням плотности; по степеням давления.
11. Найти температурную зависимость давления насыщенного пара над твердым телом (пар рассматривать как идеальный газ, теплоемкости газа и твердого тела постоянные). Энергия связи молекул в твердом теле равна ϵ_0 .
12. Найти средний квадрат флуктуации числа частиц в заданном объеме; рассмотреть случай идеального газа.
13. Вычислить электропроводность вырожденного электронного газа.

г) примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Темы рефератов должны соответствовать дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика».

Также возможны дополнительные темы рефератов.

1. Борьба между корпускулярной гипотезой о природе теплоты и теорией теплорода.
2. Зарождение термодинамики.
3. Границы применимости второго начала термодинамики и его вероятностное истолкование.
4. Абсолютная температура как интегрирующий делитель. Теорема Шиллера-Каратеодори.

5. Термодинамика излучения. Закон Стефана–Больцмана.
6. Информационный смысл энтропии.
7. Термодинамика звезд.
8. Термодинамика гальванического элемента.
9. Термодинамика химических реакций в газах.
10. Каноническое распределение и термодинамические величины.
11. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и ее приложения.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы (6 семестр)

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы | Баллы |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Посещение лекционных занятий | 0-10 |
| Устный опрос | 0-3 |
| Тест | 0-5 |
| Реферат | 0-7 |
| Выполнение домашнего задания № 1-8 Задание не выполнено -0 Выполнено менее половины заданий -1 Выполнено все, но с ошибками – 2 Выполнено в полном объеме без значимых ошибок - 3 | 0-3 за каждое задание |
| Промежуточная аттестация | 0-30 |
| ИТОГО | 0-100 |

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене (6 семестр)

| Оценка | Баллы |
|----------------------|--------|
| отлично | 85-100 |
| хорошо | 65-84 |
| удовлетворительно | 40-64 |
| Не удовлетворительно | 0-39 |

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика».

| | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента |
|---------------------|-----------------------------------|

| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции | В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки основных дефиниций, законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. |
| Внеаудиторная работа | Представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает: <ul style="list-style-type: none"> – самостоятельное изучение разделов дисциплины; выполнение вычислительных и графических заданий подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач; – выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий; – подготовку рефератов, сообщений и докладов. |
| Подготовка к экзамену | Экзамен имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ. Подготовка к экзамену предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. *Ансельм А.И.*. Основы статистической физики и термодинамики. / СПб.: Лань, 2007. - 427 с.
2. *Базаров И.П.*. Термодинамика. М., 1983.
3. *Васильев А.М.*. Введение в статистическую физику. /М., ВШ, 1980, 272 с.
4. *Залевски К.*. Феноменологическая и статистическая термодинамика. Краткий курс лекций./М.«Мир», 1973, 167 с.
5. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.*. Теоретическая физика: уч. пособие – В 10-ти т. – Т. 5. – Ч. 1. – Статистическая физика. – М.: Физматлит, 2005. –616 с.
6. *Леонтович М. А.*. Введение в термодинамику. Статистическая физика : учеб. пособие/ СПб.: Лань, 2008. - 432 с.:
7. *Мостеллер Ф.*. Пятьдесят занимательных вероятностных задач с решениями./М., Наука, 1971, 103 с.
8. *Ноздрёв В.Ф., Сенкевич А.А.*. Курс статистической физики./М., ВШ, 1969, 288 с
9. *Пригожин И., Кондепуди Д.*. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ.-М.:Мир, 2002. -461 С.
10. *Ферми Э.* Термодинамика. /Харьков, 1969, 139 с.

б) дополнительная литература:

11. *Вайсберг Дж.* Погода на Земле. Метеорология./Л., Гидрометеиздат, 1980, 244 с.
12. *Леше А.* Физика молекул./М., Мир, 1987, 228 с.
13. *Хачкурузов Г.А.* Основы общей и химической термодинамики./М. ВШ. 1979, 268 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Пакет MS Office, образовательные ресурсы Интернета.

1. <http://pskgu.ru/ebooks/okfizikc.html> Учебные пособия по общей физике.
2. <http://lectoriy.mipt.ru/lecture?category=Physics&lecturer> Видеолекции и открытые образовательные материалы ФизТеха. Лекции по Физике.
3. <http://feynmanlectures.caltech.edu/>- The Feynman Lectures on Physics
4. <http://pskgu.ru/ebooks/tf.html> . Теоретическая Физика.
5. <http://physics.nad.ru/> - физика в анимациях
6. <http://dmitryukts.narod.ru/kopilka/video.html>- опыты по физике.
7. <https://sites.google.com/site/rggmustud/> Актуальная информация для студентов, проходящих обучение физике в РГГМУ.
8. <http://www.alleng.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких

обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.