

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Авторы-составители: **Рихтер Татьяна Васильевна**

Рабочая программа дисциплины
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА
Код УМК 102125

Утверждено
Протокол №№3
от «20» ноября 2024 г.

Пермь, 2024

1. Наименование дисциплины

Молекулярная физика и термодинамика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **44.03.05** Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
направленность Математика и Физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Молекулярная физика и термодинамика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (направленность : Математика и Физика)

УК.13 Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма и противодействовать им в профессиональной деятельности

Индикаторы

УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности

ОПК.2 способен осуществлять профессиональную деятельность в соответствии с нормативными правовыми актами в сфере образования и нормами профессиональной этики

Индикаторы

ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (направленность: Математика и Физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7,8
Объем дисциплины (з.е.)	6
Объем дисциплины (ак.час.)	216
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	84
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	132
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (4)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр) Экзамен (8 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Элементы статистической физики

Элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона, распределение Гаусса, нормировка функции распределения). Распределение Максвелла. Вывод распределения Максвелла из закона о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения. Распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределение Максвелла по энергиям. Среднее число ударов молекул, сталкивающихся в единицу времени с единичной площадкой. Средняя энергия молекул, вылетающих в вакуум через малое отверстие в сосуде. Область применимости распределения Максвелла. Распределение Больцмана. Зависимость концентрации газа от высоты в постоянном поле, случай смеси нескольких газов и учет влияния формы сосуда. Барометрическая формула. Теплоемкость и потенциальная энергия газа в гравитационном поле. Обобщенное распределение Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. Микросостояние и макросостояние системы. Фазовое пространство. Фазовый объем и вероятность состояния. Принцип тождественности частиц, статистический фактор и термодинамическая вероятность. Принцип неопределенностей и естественный объем элементарной ячейки. Законы сохранения числа частиц и полной энергии в системе. Распределение Гиббса. Статистический вес макросостояния. Статистическая сумма и её использование для нахождения внутренней энергии. Энергия, теплоемкость, энтропия газа, молекулы которого имеют два дискретных энергетических уровня. Статистическое определение энтропии. Аддитивность энтропии. Закон возрастания энтропии. Статистическая температура. Энтропия смеси двух различных идеальных газов. Парадокс Гиббса. Флуктуации. Относительная и абсолютная величина флуктуаций. Флуктуации аддитивных физических величин. Флуктуации энергии, среднее значение и дисперсия энергии частицы. Разложение энтропии вблизи положения равновесия. Распределение Гаусса и энтропия в состоянии термодинамического равновесия. Расчет флуктуации температуры в малом выделенном объеме по разложению энтропии вблизи равновесия. Флуктуация объема в изотермическом и адиабатическом процессах. Расчет флуктуации объема газа в сосуде с поршнем в изотермическом случае через рассмотрение действующих на поршень сил. Вероятность попадания частицы в заданный объем и среднее число частиц в заданном объеме. Флуктуации числа частиц в выделенном объеме. Зависимость флуктуаций от числа частиц, составляющих систему. Влияние флуктуаций на чувствительность измерительных приборов.

Законы термодинамики

Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, квазистатические, обратимые и необратимые термодинамические процессы. Энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, метод термодинамических потенциалов, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, теплоемкость водорода, активация вращательных и колебательных степеней свободы, конденсация и диссоциация водорода, политропные процессы, изохора, изобара, изотерма и адиабата, звук в газах, скорость звука в изотропной среде и идеальном газе, длина звуковой волны и частота звука, адиабатичность процесса распространения звука, истечение газа через отверстие, уравнение Бернулли и удельная энтальпия, скорость истечения газа через сопло, изменение температуры газа при истечении в вакуум. Циклы. PV -диаграмма циклических процессов. Тепловая машина. КПД тепловой машины. Цикл Карно на PV -диаграмме и его КПД. Рабочее вещество, холодильник и нагреватель. Понятие приведенной теплоты. Великая теорема Карно (цикл Карно как процесс с максимально возможным КПД, зависящим только от температур резервуаров). Холодильная машина. Эффективность холодильной машины. Тепловой

насос. Эффективность теплового насоса, работающего по циклу Карно. Связь между коэффициентами эффективности теплового насоса и холодильной машины. Процессы с одним тепловым резервуаром. Вечный двигатель первого рода. Невозможность тепловой машины с одним тепловым резервуаром. Пример кругового процесса на одном тепловом резервуаре с отрицательным КПД. Энтропия. Равновесный круговой процесс как совокупность бесконечно малых циклов Карно. Энтропия как приведенная теплота, её основные свойства и выражение для энтропии идеального газа. Неравенство Клаузиуса. Количество теплоты в необратимом круговом процессе. Неравенство Клаузиуса в дифференциальной и интегральной формах. Изменение энтропии при расширении газа в вакуум. Флуктуации энтропии и равновесие. Закон возрастания энтропии. Связь термодинамического и статистического понятий энтропии. Второе начало термодинамики. Объединенное уравнение первого и второго начал термодинамики. Термодинамическая система при абсолютном нуле температур. Теорема Нернста. Кристаллические и аморфные тела. Изменение энтропии и теплоёмкости при приближении температуры к абсолютному нулю.

Фазовые превращения

Агрегатные состояния вещества. Фаза. Интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах. Примеры двухфазных переходов. Химический потенциал и удельный термодинамический потенциал. Термодинамические условия равновесия фаз. Кривая фазового равновесия. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Диаграмма состояния двухфазной системы «жидкость–пар». Первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе. Теплота фазового перехода. Зависимость теплоты фазового перехода от температуры. Критическая точка. Тройная точка. Диаграмма состояния «лёд–вода–пар». Метастабильные состояния. Перегретая жидкость и переохлаждённый пар. Возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. Определение фазовых переходов первого и второго рода по Эрнфесту. Переходы проводник–сверхпроводник и парамагнетик–ферромагнетик. Реальные газы. Процесс парообразования. Вычисление теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара. Взаимодействие молекул реального газа. Потенциал Ленарда-Джонса. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса как модели реального газа. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Уравнение адиабаты газа Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла и правило рычага. Критические параметры и приведенное уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона. Адиабатическое расширение, дросселирование. Изменение температуры при адиабатически обратимом расширении. Изменение энтропии в эффекте Джоуля-Томсона.

Поверхностные явления

Термодинамика поверхности. Свободная энергия поверхности. Энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, основные соотношения. Коэффициент поверхностного натяжения. Внутренняя энергия поверхностной пленки. Лапласовское давление. Мыльный пузырь и антипузыри. Формула Лапласа в общем случае. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Кипение. Роль зародышей при образовании новой фазы. Краевой угол. Смачивающая и несмачивающая жидкости. Жидкость между двумя пластинками. Капиллярный подъем жидкости.

Теория теплоемкости

Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей. Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные. Температурная зависимость теплоемкости, характеристические температуры активации

степеней свободы. Подсчет числа степеней свободы. Закон равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы. Теплоемкость кристаллов (закон Дюлонга-Пти). Модель газа квантовых осцилляторов. Осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре. Формула Планка. Квантовая теория теплоемкости. Расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур.

Элементы физической кинетики

Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение. Длина свободного пробега. Приближение парных классических столкновений. Число столкновений молекул между собой. Вывод выражения для длины свободного пробега и его характерная величина. Закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры. Рассеяние потока частиц в среде. Вероятность рассеяния. Относительная флуктуация длины свободного пробега. Распределение молекул по длинам свободного пробега. Явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия. Коэффициенты переноса в газах. Диффузия как процесс случайных блужданий. Самодиффузия. Самодиффузия в трубе. Плотность потока частиц. Первый закон Фика. Второй закон Фика для нестационарной диффузии. Вычисление коэффициента диффузии методами физической кинетики. Зависимость коэффициента диффузии от параметров. Диффузия заряженных частиц. Дрейфовая скорость частиц в постоянном электрическом поле. Подвижности заряженной и незаряженной частиц. Дрейфовый и диффузионные потоки. Вывод равновесного распределения концентрации из условия компенсации дрейфового и диффузионного потоков. Теплопроводность. Одномерное уравнение теплопроводности. Закон Фурье и коэффициент теплопроводности. Вычисление коэффициента теплопроводности методами физической кинетики. Зависимость коэффициента теплопроводности от параметров. Время выравнивания, оценка времени выравнивания температуры. Вывод нестационарного уравнения теплопроводности. Уравнения теплопроводности с источниками в сферически симметричном и цилиндрически симметричном случае. Вязкость. Формула Ньютона для силы вязкого трения. Вывод коэффициента вязкости методами физической кинетики, его зависимость от параметров и характерные значения. Вязкость жидкостей. Броуновское движение. Броуновская частица в вязкой среде. Формула Стокса, подвижность и уравнение Ланжевена. Закон Эйнштейна-Смолуховского. Связь подвижности частицы и коэффициента диффузии. Явления переноса в разреженных газах. Физический вакуум. Низкий, средний и глубокий вакуум. Равенство потоков как условие равновесия. Молекулярная диффузия. Течение разреженного газа через прямолинейную трубу. Формула Пуазейля для течения вязкого идеального газа. Формула Кнудсена для потока диффузии. Изотермическая диффузия.

Основы описания неравновесных процессов

Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов. Уравнение баланса энтропии. Производство энтропии. Энтропия в термодинамике неравновесных процессов. Эффективная нелинейная диссипация. Открытые системы. Неравновесные фазовые переходы. Диссипативные структуры. Плазма. Определение плазмы. Плазма – четвертое состояние вещества. Место плазмы в природе. Генерация плазмы. Коллективные явления и взаимодействия между частицами. Критерии для определения плазмы (квазинейтральность, дебаевское экранирование, плазменная частота). Виды плазмы в лаборатории и природе. Столкновения в плазме. Флуктуации электромагнитного поля. Волны в плазме. Основы кинетики плазмы. Пылевая плазма.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

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

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Замураев, В. П. Молекулярная физика. Задачи : учебное пособие для вузов / В. П. Замураев, А. П. Калинина. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 189 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08229-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/541212>

2. Белов, Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов / Г. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 524 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20064-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/557515>

Дополнительная:

1. Прошкин, С. С. Механика, термодинамика и молекулярная физика. Сборник задач : учебное пособие для академического бакалавриата / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Нименский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 467 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04772-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/444957>

2. Дырдин, В. В. Физика. Механика. Молекулярная физика и термодинамика : учебное пособие / В. В. Дырдин, С. А. Шепелева, Т. Л. Ким. — Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. — 245 с. — ISBN 978-5-00137-294-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/128415>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

window.edu.ru Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

www.iprbookshop.ru Электронная библиотечная система

elibrary.ru Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

www.antiplagiat.ru Система Антиплагиат

www.solgpi.ru Электронная Библиотечная Система

elibrary.ru Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

www.antiplagiat.ru Система Антиплагиат

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Молекулярная физика и термодинамика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: Используется офисный пакет приложений Microsoft Office. Студентам предоставлен доступ к сети Интернет и Единой телеинформационной системе (ЕТИС) ФГБОУ ВО ПГНИУ (etis.psu.ru), ЭБС с помощью браузеров Google Chrome или Yandex.Browser, или Internet Explorer (Microsoft EDGE). Специального программного обеспечения не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения учебных занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

– учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные учебной мебелью, доской, мультимедийным оборудованием (стационарным или переносным);

– аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой, обеспечивающая возможность выхода в сеть Интернет и локальную сеть института. Библиотека СГПИ филиал ПГНИУ.

Помещение библиотеки СГПИ филиал ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся оснащено:

компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду ПГНИУ (ЕТИС (student.psu.ru)).

Библиотека оборудована: специализированной мебелью, меловой доской, проектором, экраном, компьютерами, ноутбуками, телевизором.

Все компьютеры, установленные в помещении библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice;

Kaspersky Endpoint Security for Business;

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»;

Яндекс.Браузер (свободно распространяемое ПО).

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Молекулярная физика и термодинамика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

УК.13

Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма и противодействовать им в профессиональной деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности	Знать: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциация водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. Уметь: работать с методом термодинамических потенциалов, теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением Бернулли и удельной энтальпией. Владеть навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса.	Неудовлетворительно Не знает: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциация водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. Не умеет: работать с методом термодинамических потенциалов, теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением Бернулли и удельной энтальпией. Не владеет навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса. Удовлетворительно Знает: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциация водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. В основном умеет: работать с методом термодинамических потенциалов, теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Удовлетворительно Бернулли и удельной энтальпией. Частично владеет навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса. Хорошо Знает: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциация водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. Умеет: работать с методом термодинамических потенциалов, теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением Бернулли и удельной энтальпией. В основном владеет навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса. Отлично Знает: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциация водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. Умеет: работать с методом термодинамических потенциалов,

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением Бернулли и удельной энтальпией. Владеет навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса.
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности	Знать: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Уметь: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости. Владеть навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения.	Неудовлетворительно Не знает: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Не умеет: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости. Не владеет навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения. Удовлетворительно Знает: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. В основном умеет: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости. Частично владеет навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения. Хорошо Знает: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Хорошо пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Умеет: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости. В основном владеет навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения. Отлично Знает: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Умеет: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости. Владеет навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения.
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности	Знать: Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии. Уметь: рассчитать длину свободного пробега, вывести выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики. Владеть навыками: относительного расчёта числа	Неудовлетворительно Не знает: Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии. Не умеет: рассчитать длину свободного пробега, вывести выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики. Не владеет навыками: относительного расчёта числа столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости коэффициента диффузии от параметров. Удовлетворительно Знает: Столкновения. Эффективное

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости коэффициента диффузии от параметров.	Удовлетворительно газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии. В основном умеет: рассчитать длину свободного пробега, выводить выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики. Частично владеет навыками: относительного расчёта числа столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости коэффициента диффузии от параметров. Хорошо Знает: Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии. Умеет: рассчитать длину свободного пробега, выводить выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики. В основном владеет навыками: относительного расчёта числа столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости коэффициента диффузии от параметров. Отлично Знает: Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии. Умеет: рассчитать длину свободного пробега, выводить выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики. Владеет навыками: относительного расчёта числа столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости коэффициента диффузии от параметров.
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности	Знать: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества. Уметь: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами. Владеть навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация.	Неудовлетворительно Не знает: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества. Не умеет: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами. Не владеет навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация. Удовлетворительно Знает: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества. В основном умеет: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами. Частично владеет навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация. Хорошо Знает: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Хорошо переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества. Умеет: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами. В основном владеет навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация. Отлично Знает: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества. Умеет: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами. Владеет навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация.

ОПК.2

способен осуществлять профессиональную деятельность в соответствии с нормативными правовыми актами в сфере образования и нормами профессиональной этики

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Знать: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая	Неудовлетворительно Не знает: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения Максвелла из закона о равнораспределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла. Уметь: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. Владеть навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределение Максвелла, работы с распределение Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы.	Неудовлетворительно Максвелла из закона о равнораспределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла. Не умеет: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. Не владеет навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределение Максвелла, работы с распределение Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы. Удовлетворительно Знает: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Удовлетворительно Максвелла из закона о равномерном распределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла. В основном умеет: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. Частично владеет навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределением Максвелла, работы с распределением Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы. Хорошо Знает: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Хорошо Максвелла из закона о равномерном распределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла. Умеет: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. В основном владеет навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределением Максвелла, работы с распределением Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы. Отлично Знает: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично Максвелла из закона о равномерном распределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла. Умеет: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. Владеет навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределением Максвелла, работы с распределением Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы.
ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Знать: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. Уметь: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмму состояния «лёд-вода-	Неудовлетворительно Не знает: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. Не умеет: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмму состояния «лёд-вода-пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эйнштейну. Не владеет навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эрнфесту. Владеть навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара.	Неудовлетворительно теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара. Удовлетворительно Знает: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. В основном умеет: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмма состояния «лёд-вода-пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эрнфесту. Частично владеет навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара. Хорошо Знает: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. Умеет: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмма состояния «лёд-вода-пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эрнфесту. В основном владеет навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара. Отлично

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично Знает: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. Умеет: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмму состояния «лёд-вода-пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эрнфесту. Владеет навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара.
ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Знать: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости. Уметь: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур. Владеть навыками: подсчета	Неудовлетворительно Не знает: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости. Не умеет: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур. Не владеет навыками: подсчета числа степеней свободы, работы с формулой Планка. Удовлетворительно Знает: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	числа степеней свободы, работы с формулой Планка.	Удовлетворительно колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости. В основном умеет: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур. Частично владеет навыками: подсчета числа степеней свободы, работы с формулой Планка. Хорошо Знает: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости. Умеет: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур. В основном владеет навыками: подсчета числа степеней свободы, работы с формулой Планка. Отлично Знает: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости. Умеет: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур. Владеет навыками: подсчета числа степеней свободы, работы с формулой Планка.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
------------------------------------	--	---

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Элементы статистической физики Входное тестирование	Знать: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения Максвелла из закона о равнораспределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла. Уметь: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям. Владеть навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределение Максвелла, работы с распределение Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы.
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Законы термодинамики Письменное контрольное мероприятие	Знать: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциация водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. Уметь: работать с методом термодинамических потенциалов, теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением Бернулли и удельной энтальпией. Владеть навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Фазовые превращения Письменное контрольное мероприятие	Знать: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки. Уметь: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмму состояния «лёд-вода-пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эрнфесту. Владеть навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара.
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Поверхностные явления Итоговое контрольное мероприятие	Знать: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Уметь: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости. Владеть навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Элементы статистической физики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Основные понятия термодинамики и молекулярной физики, предмет термодинамики и молекулярной физики, Термодинамическая система (изолированная, открытая и закрытая термодинамические системы. Тепловая машина как пример термодинамической системы), стремление системы к состоянию термодинамического равновесия, идеальный и неидеальный газы, модель идеального газа, температуру и энергию кинетического движения, первое начало термодинамики, элементы теории вероятностей (случайная физическая величина, ее среднее значение, дисперсия, функция распределения вероятности, биномиальный закон распределения, распределение Пуассона. распределение Гаусса, нормировка функции распределения), вывод распределения Максвелла из закона о равнораспределении энергии по степеням свободы, распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости, доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей, область применимости распределения Максвелла.	4
Владеть навыками: анализа состояний системы (микроскопическое и макроскопическое описания системы), применения, уравнения состояния идеального газа, применения абсолютной шкалы температур Кельвина, работы с распределением Максвелла, работы с распределением Максвелла по энергиям, использования барометрической формулы.	3
Уметь: решать задачи на термодинамическое равновесие, просчитывать давление идеального газа на поршень, применять закон Джоуля о внутренней энергии идеального газа, решать часто встречающиеся в задачах на распределение Максвелла математические соотношения, находить наиболее вероятные, средние и среднеквадратичные скорости, решать задачи обобщенных распределений Максвелла-Больцмана по координатам и скоростям.	3

Законы термодинамики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Термодинамические параметры, равновесные и неравновесные состояния, энтальпия и ее связь с теплоемкостью при постоянном объеме, температурная зависимость теплоемкости молекулярного водорода, конденсацию и диссоциацию водорода, циклы. PV-диаграмма циклических процессов, Тепловая машина, КПД тепловой машины. .	10
Владеть навыками: работы с квазистатическими, обратимые и необратимые термодинамические процессами, работы с различными политропными процессами: Изохора, изобара, изотерма и адиабата, изменения температуры газа при истечении в вакуум, определения эффективности теплового насоса.	10
Уметь: работать с методом термодинамических потенциалов, теплоемкость водорода, работать с активацией вращательных и колебательных степеней свободы, работать с уравнением Бернулли и удельной энтальпией.	10

Фазовые превращения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Агрегатные состояния вещества. Фаза, интенсивные и экстенсивные параметры при равновесных фазовых переходах, химический потенциал и удельный термодинамический потенциал, первое начало термодинамики для фазового перехода в двухфазной системе, теплота фазового перехода, возможность кругового изотермического процесса вблизи тройной точки.	10
Владеть навыками: работы с уравнением Клапейрона–Клаузиуса, определения метастабильных состояний, вычисления теплоемкости двухфазной системы, состоящей из жидкости и пара.	10
Уметь: работать с термодинамическими условиями равновесия фаз, составлять диаграммы состояния двухфазной системы «жидкость-пар», составлять диаграмму состояния «лёд-вода-пар», определять фазовые переходы первого и второго рода по Эрнфесту.	10

Поверхностные явления

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Термодинамика поверхности, свободная энергия поверхности, энтропия и теплота образования единицы поверхности пленки, Лапласовское давление, мыльный пузырь и антипузыри, зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости.	15
Уметь: работать с основными соотношениями поверхностных явлений, вычислять внутренностную энергию поверхностной пленки, работать с формулой Лапласа в общем случае, реализации капиллярного подъема жидкости.	15
Владеть навыками: расчёта коэффициента поверхностного натяжения.	10

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
----------------------------	----------------------------------	---

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Теория теплоемкости Письменное контрольное мероприятие	Знать: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости. Уметь: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур. Владеть навыками: подсчета числа степеней свободы, работы с формулой Планка.
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Элементы физической кинетики Письменное контрольное мероприятие	Знать: Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии. Уметь: рассчитать длину свободного пробега, выводить выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики. Владеть навыками: относительного расчёта числа столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости коэффициента диффузии от параметров.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
УК.13.1 Определяет основные признаки экстремистской и террористической деятельности ОПК.2.1 осуществляет профессиональную деятельность в соответствии с нормативными документами в сфере образования	Основы описания неравновесных процессов Итоговое контрольное мероприятие	Знать: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества. Уметь: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами. Владеть навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Теория теплоемкости

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Теплоемкость. Классическая теория теплоемкостей, Степени свободы: вращательные, поступательные и колебательные, температурная зависимость теплоемкости, закон Дюлонга-Пти, осциллятор, его энергетический спектр и среднее значение энергии осциллятора при заданной температуре, квантовая теория теплоемкости.	10
Владеть навыками: подсчета числа степеней свободы, работы с формулой Планка.	10
Уметь: работать с законом равномерного распределения энергии теплового движения по степеням свободы, работать с моделями газа квантовых осцилляторов, совершать расчет колебательного и вращательного вкладов в теплоемкость, предельные случаи высоких (классический) и низких (квантовый) температур.	10

Элементы физической кинетики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение, приближение парных классических столкновений, закон Сазерленда зависимости длины свободного пробега от температуры, рассеяние потока частиц в среде, явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия, коэффициенты переноса в газах, первый закон Фика, второй закон Фика для нестационарной диффузии.	10
Владеть навыками: относительного расчёта числа столкновений молекул между собой, расчёта относительной флуктуация длины свободного пробега, анализа зависимости	10

коэффициента диффузии от параметров.	
Уметь: рассчитать длину свободного пробега, выводить выражения для длины свободного пробега и его характерная величина, вычислять коэффициент диффузии методами физической кинетики.	10

Основы описания неравновесных процессов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знать: Термодинамическое описание обратимых и необратимых процессов, производство энтропии, энтропия в термодинамике неравновесных процессов, открытые системы, неравновесные фазовые переходы, Плазма., определение плазмы, плазма – четвертое состояние вещества.	15
Уметь: работать с уравнение баланса энтропии, работать с диссипативные структурами.	15
Владеть навыками: расчёта эффективной нелинейной диссипация.	10