

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра общей физики

Авторы-составители: **Банников Михаил Владимирович
Колчанов Николай Викторович
Бабушкин Игорь Аркадьевич
Глухов Александр Федорович**

Рабочая программа дисциплины
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА
Код УМК 95722

Утверждено
Протокол №
от «19» мая 2020 г.

Пермь, 2020

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: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	2
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	42
Самостоятельная работа (ак.час.)	132
Формы текущего контроля	Письменное контрольное мероприятие (4)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (2 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Молекулярная физика и термодинамика.

"Молекулярная физика и термодинамика" это раздел курса общей физики, читаемый после курса "Механика".

Основное внимание в этом курсе уделяется описанию систем, состоящих из большого числа частиц. Динамический подход на базе законов механики в этом случае не годится, и преподаватель должен уделить большое внимание статистическому подходу и физическим моделям, например, модели идеального газа или газа Ван-дер-Ваальса.

Вторая часть курса базируется на термодинамическом методе описания систем и содержит описание законов термодинамики и фазовых переходов. Также описаны физические особенности жидкостей и твердых тел.

Термодинамические системы.

В разделе излагаются основные положения МКТ. Дается определение и примеры термодинамических систем. Перечисляются основные физические величины, определяющие состояние термодинамической системы.

Динамический, статистический, термодинамический методы описания систем из многих частиц.

Показывается, что динамическое описание систем из большого числа частиц невозможно. Поэтому применяются статистический и термодинамический методы описания.

Основные положения молекулярно-кинетической теории.

В разделе излагаются основные положения МКТ.

Агрегатные состояния вещества. Масса и размеры молекул. Взаимодействие молекул.

Обсуждаются понятия - молярная масса, число Авогадро, взаимодействие молекул, энергия взаимодействия

Физические величины, определяющие состояние термодинамической системы.

Перечисляются основные физические величины, определяющие состояние термодинамической системы.

Температура. Приборы для измерения температуры: термоскоп, термометр.

Дается определение температуры. Излагаются способы и особенности измерения температуры.

Давление. Приборы для измерения давления: барометр, манометр, вакууметр и др.

Дается определение давления. Излагаются способы и особенности измерения давления.

Идеальный газ. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла

Выводится основное уравнение МКТ - $p = nkT$ и показывается, что такие понятия как температура и давление связаны с тепловым движением молекул с их средней энергией

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Опытные газовые законы.

Прослеживается связь опытных газовых законов с идеями МКТ

Газ в силовом поле Земли. Барометрическая формула и следствия из нее.

Рассмотрен первый пример силового воздействия на газ.

Распределение молекул в силовом поле (распределение Больцмана)

Показывается, как распределяются молекулы в силовом поле

Распределение молекул по скоростям (Максвелла). Характерные скорости молекул.

Начинается рассмотрение закона нормального распределения с распределения молекул по компонентам скоростей. Далее производится обобщение до распределения Максвелла.

Экспериментальное обоснование молекулярно кинетической теории

Важно показать, что МКТ хорошо подтверждена прямыми экспериментами.

Броуновское движение. Опыты Перрена по определению числа Авогадро.

Рассматривается первый пример наблюдения за движением молекул, через тепловое движение броуновских частиц.

Измерение скоростей молекул (опыт Штерна, опыт Ламмерт, опыт Штерна-Истермана-Симпсона)

Показано, как качество эксперимента росло от простого наблюдения до прямого подтверждения распределения Максвелла.

Столкновения молекул газа. Явления переноса в газах.

Показано, что длина свободного пробега молекулы не константа, а случайная величина, имеющая экспоненциальное распределение

Средняя длина свободного пробега молекул, ее зависимость от давления и температуры.

Показано, как средняя длина свободного пробега молекул зависит от давления и температуры

Теплопроводность газов. Уравнение теплопроводности (закон Фурье)

Важно показать, что природа явлений переноса едина (теплопроводность, вязкость, диффузия) и связана с тепловым движением и столкновениями молекул.

Внутреннее трение в газах. Уравнение силы внутреннего трения.

Важно показать, что природа явлений переноса едина (теплопроводность, вязкость, диффузия) и связана с тепловым движением и столкновениями молекул.

Диффузия в газах. Уравнение диффузии (закон Фика).

Важно показать, что природа явлений переноса едина (теплопроводность, вязкость, диффузия) и связана с тепловым движением и столкновениями молекул.

Первое начало термодинамики.

Начало раздела, где главным является термодинамический подход к описанию систем из большого числа частиц

Внутренняя энергия термодинамической системы. Работа. Количество теплоты.

Надо опираться на понятия, введенные в МКТ (средняя энергия молекулы, число Авогадро и т.п.) и в механике (работа силы)

Теплоемкость идеального газа C_v и C_p . Уравнение Майера.

Важно акцентировать изложение на причинах разницы между C_v и C_p , и на физическом смысле универсальной газовой постоянной.

Политропические процессы.

Описываются политропические процессы, выводится уравнение политропы и приводятся частные примеры.

Второе начало термодинамики. Тепловые двигатели.

Важно подчеркнуть, что речь идет не о технических устройствах, а о фундаментальном законе природы

Идеальный тепловой двигатель. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Холодильная машина.

Важно подчеркнуть, что формула для КПД цикла Карно, совсем не является универсальной, а применима только для идеального цикла. Еще важно, отметить, что в изотермическом процессе ВСЁ тепло превращается в работу, но 1 раз, а мы хотим непрерывный, циклический процесс превращения тепла в работу.

Термодинамическая температурная шкала. Практическая температурная шкала МПТШ-90.

Термодинамическая температурная шкала имеет одну реперную точку, а практически договорились пользоваться целой серией реперных точек (либо температура тройных точек веществ, либо температура фазовых переходов)

Энтропия термодинамической системы.

Вводится понятие энтропии. Приводятся примеры применения энтропии при решении термодинамических задач.

Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Модель газа, учитывающая взаимодействие молекул.

Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Критические параметры.

Важно рассмотреть критическое состояние, как состояние с качественно иными физическими свойствами, чем у газа и у жидкости

Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Опыт Джоуля.

Пример того, как взаимодействие молекул проявляется при манипуляциях с сильно сжатым газом

Фазовые переходы первого и второго рода.

Важно показать, что фазовый переход первого рода происходит при постоянной температуре и сопровождается скачком плотности и фазового объема, и связан с выделением, либо поглощением тепла

Термодинамические функции. Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, термодинамический потенциал.

Термодинамические функции облегчают общий анализ термодинамических систем. В нашем случае, мы используем их для вывода уравнения Клапейрона-Клаузиуса

Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода.

Уравнение Клапейрона - Клаузиуса выводится с использованием понятия термодинамический потенциал

Жидкости. Особенности жидкого состояния.

Следует рассмотреть особенности жидкостей, отличающие их от газов

Поверхностная энергия молекул. Поверхностное натяжение.

Показаны энергетический и силовой подходы к описанию поверхности жидкости.

Жидкость на границе с другой жидкостью и твердым телом. Смачивание. Краевой угол.

Надо показать, что важно не только поверхностное натяжение жидкости, но и то, с какими другими

веществами она контактирует.

Давление под искривленной поверхностью жидкости, формула Лапласа. Капиллярные явления.

Пример практического проявления поверхностного натяжения. Не лишним будет сообщить о роли так называемых капиллярных затворов (капилляр переменного сечения) в добыче нефти. Почему половина нефти остается в пластах.

Твердые тела. Аморфные и кристаллические вещества

Прояснить разницу между аморфными (например, стекло) и кристаллическими (например, кварц) веществами

Теплоемкость кристаллических тел. Закон Дюлонга и Пти. Закон Джоуля - Коппа.

Важно показать разницу между молекулой газа, которая свободна и молекулой кристалла, которая совершает тепловые колебания в узлах решетки.

Понятие о квантовой теории теплоемкости кристаллов. Фононы

Пример того, как МКТ не смогла объяснить температурную зависимость теплоемкости, а квантовая теория смогла.

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. Звездина, Н. А. Молекулярная физика. Термодинамика : учебно-методическое пособие по выполнению индивидуальных домашних заданий по физике / Н. А. Звездина, Н. Б. Пушкарёва, Г. В. Сакун. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 44 с. — ISBN 978-5-7996-1394-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/68260.html>

Дополнительная:

1. Иродов И. Е. Физика макросистем. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. — 4-е изд. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 207 с. : ил. — ISBN 978-5-9963-0004-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт]. <https://bibliotech.psu.ru/Reader/Book/8636>

2. Сборник задач по общему курсу физики. в 5 кн..-Москва:ФИЗМАТЛИТ : Лань,2006.Кн.
2.Термодинамика и молекулярная физика/В. Л. Гинзбург [и др.] ; ред. Д. В. Сивухин.-2006.-176, ISBN 5-9221-0603-1

3. Иродов И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. — 8-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 431 с. : ил. — ISBN 978-5-9963-0280-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт]. <https://bibliotech.psu.ru/Reader/Book/8678>

4. Сивухин Д. В.Общий курс физики.учебное пособие для физических специальностей вузов Т.
2.Термодинамика и молекулярная физика/Д. В. Сивухин.-5-е изд., испр..-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2006, ISBN 5-9221-0601-5.-544

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://lectoriy.mipt.ru/course/Physics-Thermodynamics-09L> Курс "Термодинамика и молекулярная физика"

<https://lectoriy.mipt.ru/collection/Physics-Thermodynamisc-15D/lectures> Демонстрации.

Термодинамика и молекулярная физика

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:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Программное обеспечение:

- открытая операционная система "Альт Образование"
- офисный пакет приложений "LibreOffice";
- приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов;
- программы демонстрации видео материалов;
- программы просмотра интернет контента.

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

1. Лекционные занятия.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия).

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Групповые (индивидуальные) консультации.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

4. Текущий контроль.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

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

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

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p>	<p>ЗНАТЬ: основные понятия и законы молекулярной физики и термодинамики. ВЛАДЕТЬ: методами решения задач из области молекулярной физики и термодинамики.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител Не знает основные понятия и утверждения молекулярной физики и термодинамики. Не владеет методами решения задач в области молекулярной физики и термодинамики.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн Имеет общие, но не структурированные знания основных понятий молекулярной физики и термодинамики. Показывает фрагментарное умение в решении задач по молекулярной физике и термодинамике, приводящее к серьёзным ошибкам при решении задач.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо Имеет сформированные, но содержащие отдельные пробелы в знаниях основных понятий молекулярной физики и термодинамики. В целом успешно применяет основные методы решения задач, но допускает математические ошибки в вычислениях.</p> <p style="text-align: center;">Отлично Имеет отличные систематизированные знания основных понятий молекулярной физики и термодинамики. Эффективно использует основные методы решения задач и контролирует правильность вычислений.</p>
<p>ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной</p>	<p>УМЕТЬ: использовать данные знания для решения профессиональных задач, производить теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках,</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител Не умеет производить теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
деятельности	<p>давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений.</p> <p>ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом молекулярной физики и термодинамики</p>	<p>Неудовлетворител Демонстрирует незнание понятийного аппарата в области молекулярной физики и термодинамики.</p> <p>Удовлетворительн Демонстрирует частично сформированное умение производить теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений. Показывает фрагментарное умение пользоваться понятийным аппаратом молекулярной физики и термодинамики.</p> <p>Хорошо В целом успешно производит теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках, но даёт не полную интерпретацию результатов вычислений. Владеет основным понятийным аппаратом молекулярной физики и термодинамики.</p> <p>Отлично Уверенно производит теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках, даёт содержательную интерпретацию результатов вычислений, самостоятельно получает новое знание. Владеет основным понятийным аппаратом молекулярной физики и термодинамики.</p>

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 49 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 49 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Политропические процессы. Письменное контрольное мероприятие	Основные положения МКТ, идеальный газ, распределения Максвелла и Больцмана, скорости молекул, явления переноса в газе
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Энтропия термодинамической системы. Письменное контрольное мероприятие	Умение решать физические задачи по следующим темам: основы МКТ идеального газа; температура, давление и способы их измерений; барометрическая формула; распределение Больцмана; распределение Максвелла; первое начало термодинамики; теплоёмкость и политропические процессы.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Понятие о квантовой теории теплоемкости кристаллов. Фононы Письменное контрольное мероприятие	Умение решать физические задачи по следующим темам: второе начало термодинамики и тепловые машины; энтропия и её изменение в термодинамических процессах; реальные газы и их уравнения состояния; поверхностное натяжение, смачивание поверхностей и давление под искривлённой поверхностью жидкости.
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике ОПК.3.1 Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Понятие о квантовой теории теплоемкости кристаллов. Фононы Письменное контрольное мероприятие	Первое и второе начало термодинамики; реальный газ; уравнение Ван-дер-Ваальса; фазовые переходы первого и второго рода; особенности жидкого состояния; аморфные и кристаллические вещества.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Политропические процессы.

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Дан развернутый ответ на один из 17 вопросов списка вопросов к экзамену. Ответ содержит текстовое описание явления, закона или эксперимента, а не только набор формул. Ответ снабжен рисунком (при необходимости) все элементы которого обозначены, названы и пояснены.	10
Решена простая задача по теме вопроса. Решение содержит текстовый комментарий, обнаруживающий понимание студентом темы	6
Все используемые в формулах физические величины обозначены, названы и указаны их размерности	4

Энтропия термодинамической системы.

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Решена задача по теме "Теплоёмкость и политропические процессы". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Барометрическая формула, распределение Больцмана и Максвелла". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Первое начало термодинамики". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Основы МКТ и уравнение состояния идеального газа". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Температура, давление и способы их измерений". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении	5

приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	

Понятие о квантовой теории теплоемкости кристаллов. Фононы

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Решена задача по теме "Второе начало термодинамики и тепловые машины". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Энтропия и её изменение в термодинамических процессах". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Реальные газы и их уравнения состояния." Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5
Решена задача по теме "Поверхностное натяжение, смачивание поверхностей и давление под искривлённой поверхностью жидкости". Задача считается решённой, если правильно выполнены и описаны основные пункты решения: 1) приведены общие законы и закономерности; 2) сделан вывод конкретных закономерностей из условий задачи (составлена система уравнений, тождество, интеграл); 3) проведены все необходимые вычисления и получен правильный результат. Наличие ошибок в решении приводит к снижению балла за задачу. Если совершена одна ошибка, то задача оценивается в 4 балла. Если совершено две ошибки, то задача оценивается в 3 балла. Если совершено более двух	5

ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	

Понятие о квантовой теории теплоемкости кристаллов. Фононы

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **35**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Дан развернутый ответ на один из 20 вопросов из списка вопросов к экзамену. Ответ содержит текстовое описание явления, закона или эксперимента, а не просто набор формул. Ответ содержит поясняющий рисунок (при необходимости) с обозначением, описанием его элементов.	18
Решена одна или две простые задачи по теме вопроса. Решение снабжается поясняющим текстом, который демонстрирует понимание студентом соответствующей темы	12
Все использованные физические величины названы, описаны и указана их размерность	5