

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

**Физико-математический институт**

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

Рабочая программа дисциплины  
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**  
Код УМК 101611

Утверждено  
Протокол №1  
от «19» июня 2024 г.

Пермь, 2024

**1. Наименование дисциплины**

Молекулярная физика

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

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

Направление: **01.03.04** Прикладная математика

направленность Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

**01.03.04** Прикладная математика (направленность: Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект)

**ОПК.1** Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике

**Индикаторы**

**ОПК.1.2** Применяет фундаментальные знания, полученные в области естественных наук, и использует их в профессиональной деятельности

**ОПК.2** Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем

**Индикаторы**

**ОПК.2.1** Обоснованно выбирает, дорабатывает и применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели

**ОПК.2.2** Осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты, оценивает надежность и качество функционирования систем

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.04 Прикладная математика (направленность: Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ семестров, выделенных для изучения дисциплины</b>	2
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	8
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	288
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	112
<b>Проведение лекционных занятий</b>	42
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	42
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	176
<b>Формы текущего контроля</b>	Итоговое контрольное мероприятие (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (2 семестр)

## 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.

### **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

#### **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.

#### **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)**

Важно показать, как качество эксперимента росло. От простого наблюдения, что скорости у молекул

разные, до прямого подтверждения распределения Максвелла

### **Столкновения молекул газа. Явления переноса в газах.**

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

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

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

### **Теплопроводность газов. Уравнение теплопроводности (закон Фурье)**

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

### **Диффузия в газах. Уравнение диффузии (закон Фика).**

Важно показать, что природа явлений переноса одинакова (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.

### **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)

### **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.**

Важно показать как энергетический подход к описанию поверхности жидкости, так и силовой

### **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 аудиторские 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. Корзун, И. Н. Молекулярная физика. Часть 1 : учебное пособие / И. Н. Корзун. — Алматы : Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014. — 92 с. — ISBN 978-601-04-0461-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].  
<http://www.iprbookshop.ru/58713.html>
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. 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
4. Барсуков В. И. Молекулярная физика и начала термодинамики:Учебное пособие/Барсуков В. И..-Тамбов:Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ,2015, ISBN 978-5-8265-1390-3.-128. <http://www.iprbookshop.ru/63873.html>
5. Елканова Т. М. Практикум по молекулярной физике:Учебное пособие/Елканова Т. М..-Саратов:Ай Пи Эр Медиа,2018, ISBN 978-5-4486-0201-6.-146. <http://www.iprbookshop.ru/72811.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://psu.bibliotech.ru/Reader/Book/8636>
2. Звезда Н. А. Молекулярная физика. Термодинамика:Учебно-методическое пособие по выполнению индивидуальных домашних заданий по физике/Звезда Н. А..-Екатеринбург:Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ,2015, ISBN 978-5-7996-1394-5.-44. <http://www.iprbookshop.ru/68260.html>
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://psu.bibliotech.ru/Reader/Book/8678>
4. Лыков И. А. Механика и молекулярная физика:Практикум/Лыков И. А..-Екатеринбург:Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ,2016, ISBN 978-5-7996-1667-0.-104.  
<http://www.iprbookshop.ru/66554.html>

## 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** 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.).
- Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое 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](http://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 лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная: специализированной мебелью, специализированным оборудованием, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения семинарских (практических) занятий требуется аудитория, оснащенная: специализированной мебелью, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий – лаборатория механики и молекулярной физики, оснащенная специализированной мебелью, лабораторным оборудованием, меловой (и) или маркерной доской, экраном/телевизором со специализированным программным обеспечением.

Для групповых (индивидуальных) консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации аудитория, оснащенная: специализированной мебелью, ноутбуком/компьютером, меловой (и) или маркерной доской, проектором, экраном.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами

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**

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

**ОПК.1**

**Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания, полученные в области естественных наук, и использует их в профессиональной деятельности</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные понятия и законы молекулярной физики и термодинамики. <b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами решения задач из области молекулярной физики и термодинамики.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные понятия и утверждения молекулярной физики и термодинамики. Не владеет методами решения задач в области молекулярной физики и термодинамики.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>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 align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>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 align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Имеет отличные систематизированные знания основных понятий молекулярной физики и термодинамики. Эффективно использует основные методы решения задач и контролирует правильность вычислений.</p>

**ОПК.2**

**Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.2.1</b> Обоснованно выбирает, дорабатывает и применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели</p>	<p><b>УМЕТЬ:</b> использовать данные знания для решения профессиональных задач, производить теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений. <b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом молекулярной физики и термодинамики</p>	<p><b>Неудовлетворител</b> Не умеет производить теоретические преобразования и выводы в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений. Демонстрирует незнание понятийного аппарата в области молекулярной физики и термодинамики.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> 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><b>Хорошо</b> 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><b>Отлично</b> 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>
<p><b>ОПК.2.2</b> Осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты, оценивает надежность и качество функционирования систем</p>	<p>Способен к проведению научного исследования, с использованием знаний современных методов и экспериментального оборудования. Способен к проведению анализа полученных результатов и представлению их в виде отчета.</p>	<p><b>Неудовлетворител</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- не демонстрирует знание основного содержания дисциплины;</li> <li>- не владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей.;</li> <li>- не умеет выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой по лабораторным работам курса.</li> </ul>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- демонстрирует знание основного содержания курса</li> <li>- владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений и закономерностей при проведении лабораторных работ.;</li> <li>–показывает умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой по лабораторным работам курса;</li> <li>– выполняет расчеты с ошибками.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ответ по вопросу или заданию аргументированный, демонстрирующий знание основного содержания курса;</li> <li>демонстрирует понимание материала при отчете по теме выполненной лабораторной работы.</li> <li>владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей.;</li> <li>–в большей части показывает владение методологией проведения физического эксперимента, умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой;</li> <li>– выполняет расчеты с ошибками.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>показывает владение методологией физического эксперимента по курсу, умение выполнять типовые задания и задачи предусмотренные программой;</li> <li>выполняет расчеты без ошибок;</li> <li>демонстрирует способность творчески применять знание теории к решению профессиональных практических задач.</li> </ul>

## 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
<b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания, полученные в области естественных наук, и использует их в профессиональной деятельности	Диффузия в газах. Уравнение диффузии (закон Фика). <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Основные положения МКТ, идеальный газ, распределения Максвелла и Больцмана, скорости молекул, явления переноса в газе
<b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания, полученные в области естественных наук, и использует их в профессиональной деятельности	Теплоемкость идеального газа $C_v$ и $C_p$ . Уравнение Майера. <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	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.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания, полученные в области естественных наук, и использует их в профессиональной деятельности</p>	<p>Давление под искривленной поверхностью жидкости, формула Лапласа. Капиллярные явления. <b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>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.</p>
<p><b>ОПК.2.2</b> Осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты, оценивает надежность и качество функционирования систем <b>ОПК.2.1</b> Обоснованно выбирает, дорабатывает и применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели</p>	<p>Изучение основ термодинамики <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Отчет и методика выполнения лабораторных работ.</p>
<p><b>ОПК.2.2</b> Осуществляет проверку адекватности моделей, анализирует результаты, оценивает надежность и качество функционирования систем <b>ОПК.2.1</b> Обоснованно выбирает, дорабатывает и применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели</p>	<p>Изучение свойств жидкостей <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Отчет и методика выполнения лабораторных работ.</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания, полученные в области естественных наук, и использует их в профессиональной деятельности</p>	<p>Понятие о квантовой теории теплоемкости кристаллов. Фононы <b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Первое и второе начало термодинамики; реальный газ; уравнение Ван-дер-Ваальса; фазовые переходы первого и второго рода; особенности жидкого состояния; аморфные и кристаллические вещества.</p>



--	--	--

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Диффузия в газах. Уравнение диффузии (закон Фика).

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

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.	6
Решена простая задача по теме вопроса. Решение содержит текстовый комментарий, обнаруживающий понимание студентом темы	5
Все используемые в формулах физические величины обозначены, названы и указаны их размерности	4

#### Теплоемкость идеального газа $C_v$ и $C_p$ . Уравнение Майера.

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 "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.	4
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 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.	4

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.	4
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.	4
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.	4

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

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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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 "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 "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 "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 ошибок, то задача оценивается в 0 баллов.	5

## Изучение основ термодинамики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет проанализировать результаты и сделать выводы.	6
Умеет провести вывод и объяснить конечное выражение, используемое в работе.	6
Умеет выполнить физический эксперимент и провести необходимые расчеты. Контролирует правильность расчетов. Владеет методами обработки экспериментальных данных.	4
Умеет оформить отчет по выполнению лабораторных работ и знает основные физические закономерности используемые в работе.	4

## Изучение свойств жидкостей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

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

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

Проходной балл: **10**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет проанализировать результаты и сделать выводы.	6
Умеет провести вывод и объяснить конечное выражение, используемое в работе.	6
Умеет выполнить физический эксперимент и провести необходимые расчеты. Контролирует правильность расчетов. Владеет методами обработки экспериментальных данных.	4
Умеет оформить отчет по выполнению лабораторных работ и знает основные физические закономерности используемые в работе.	4

### **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: **25**

Проходной балл: **11**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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.	9
Решена одна или две простые задачи по теме вопроса. Решение снабжается поясняющим текстом, который демонстрирует понимание студентом соответствующей темы	8
Все использованные физические величины названы, описаны и указана их размерность	7