

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.П.**  
**Астафьева**  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Кафедра физики и методики обучения физике

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА**

Направление подготовки:  
*44.03.05 Педагогическое образование*

Профиль/название программы:  
*«Физика и технология»*

квалификация (степень):  
*Бакалавр*

Красноярск 2018

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная физика»

составлена доцентом кафедры физики и методики обучения физике В.А. Орловым  
(должность и ФИО преподавателя)

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры физики и методики обучения физике протокол № 7 от «20» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой

Тесленко В.И.



(ф.и.о., подпись)

Одобрено учебно-методическим советом специальностей (направлений подготовки) Института математики, физики, информатики 44.03.01 Педагогическое образование, 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), 44.04.01 Педагогическое образование, 44.06.01 Образование и педагогические науки

(указать наименование совета и направление)

« 23 » мая 2018 г.

Председатель

Бортновский С.В.



(ф.и.о., подпись)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 1. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Настоящая рабочая программа дисциплины (далее программа) разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09 февраля 2016 г. № 91 (зарегистрирован в Минюсте России 02 марта 2016 г. № 41305), с учетом профессиональных стандартов 01.001 Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель), утвержденного приказом Минтруда России от 18.10.2013 № 544н (с изм. от 25.12.2014) (зарегистрирован в Минюсте России 06 декабря 2013 г. № 30550), 01.003 Педагог дополнительного образования детей и взрослых, утвержденного приказом Минтруда России от 08.09.2015 № 613н (зарегистрирован в Минюсте России 24 сентября 2015 г. № 38994), согласно учебного плана подготовки бакалавров по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование» (5 лет), профиль «Физика и технология».

Дисциплина *Б1.В.ОД.20 Молекулярная физика* является обязательной дисциплиной вариативной части учебного плана и изучается в 6,7 семестрах.

2. Трудоемкость дисциплины включает в себя общий объем времени, отведенный на изучение дисциплины и составляет 7 з.е. (252 часа). Количество часов, отведенных на контактную работу (различные формы аудиторной работы) с преподавателем составляет 116 часов, на самостоятельную работу студента отводится 136 часов.

### 3. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины – формирование у обучающихся представлений о современной физической картине мира, как части естественнонаучной картины мира, и умений их использовать в образовательной деятельности.

### 4. Планируемые результаты обучения.

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОК-3 – способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве; ОПК-3 – готовность к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса; ОПК-5 – владеть основами профессиональной этики и речевой культуры;

ПК-2 – способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики;

ПК-4 – способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов;

ПК-7 – способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности;

ПК-11 – готовность использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования.

Таблица 1. «Планируемые результаты обучения»

| Задачи освоения дисциплины | Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы) | Код результата обучения (компетенция) |
|----------------------------|---|---------------------------------------|
|----------------------------|---|---------------------------------------|

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p>1. Знакомство с распространенными физическими теориями и явлениями в области молекулярной физики</p> <p>2. Развитие познавательной потребности у студентов</p> <p>3. Формирование умения проектировать физический эксперимент в области молекулярной физики и термодинамики</p> <p>4. Формирование умения решать физические задачи расчетные и качественные в области молекулярной физики и термодинамики</p> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные типы моделей физических молекулярных систем,</li> <li>- законы термодинамики и молекулярной физики</li> <li>- принципы проектирования физического эксперимента,</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проектировать физический эксперимент,</li> <li>- анализировать адекватность допускаемых модельных приближений,</li> <li>- решать учебные расчетные и качественные задачи</li> <li>- аргументировать научную позицию при анализе псевдонаучной и лженаучной информации</li> <li>- получать, хранить и перерабатывать информацию с использованием информационно-коммуникационных технологий и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приемами решения учебных задач,</li> <li>- методикой образовательной и культурно-просветительской деятельности в области физики</li> </ul> | <p>ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11</p> |
|  |   |  |

5. Контроль результатов освоения дисциплины.

Методы текущего контроля успеваемости:

- посещение занятий;
- защита лабораторных работ;
- защита задач.

Форма итогового контроля по дисциплине – зачет, экзамен.

Оценочные средства результатов освоения дисциплины, критерии оценки выполнения заданий представлены в разделе «Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся».

6. Перечень образовательных технологий, используемых при освоении дисциплины.

В рамках учебного процесса по дисциплине используются технологии современного традиционного обучения (лекционно-лабораторная-зачетная система).

После изучения дисциплины студент может принять участие в научных конференциях, посвященных проблемам термодинамики.

### 3.1.1. Технологическая карта обучения дисциплине

Молекулярная физика

(наименование дисциплины)

**Для обучающихся образовательной программы**

Уровень бакалавриата, 44.03.05 Педагогическое образование

(указать уровень, шифр и наименование направления подготовки.)

Физика, очная форма

(указать профиль/ название программы и форму обучения)

(общая трудоемкость дисциплины 4 з.е.)

| Модули. Наименование разделов и тем   | Всего часов | Аудиторных часов |              | Внеаудиторных часов | Результаты обучения и воспитания  |   | Формы и методы контроля   |
|---|-------------|------------------|--------------|---------------------|---|---|---|
|   |             | Лекции           | Лабораторных |                     | Знания, умения, навыки  | компетенции                                 |   |
| <b>Модуль 1</b><br>«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики» | <b>56</b>   | <b>14</b>        | <b>26</b>    | <b>36</b>           | Системный подход к анализу литературы.<br>Навыки поиска информации в сети интернет и каталогизация.<br>Умение решать учебные качественные задачи<br>МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11 | Защита лабораторных работ.<br><br>Защита самостоятельно решенных задач. |
| Учебный элемент 1.1<br>«Молекулы. Тепловое равновесие»                        | 28          | 6                | 14           | 12                  | Умение решать учебные качественные задачи<br>МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием.<br>Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов                                      | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11 | Защита лабораторных работ.<br><br>Защита самостоятельно решенных задач. |
| Учебный элемент 1.2<br>«Идеальный газ. Первое                                 | 28          | 8                | 12           | 14                  | Умение решать учебные   | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5,                         | Защита  |

|  |           |           |           |           |  |   |  |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|--|---|--|
| начало термодинамики»  |           |           |           |           | качественные задачи<br>МКТ. Овладение<br>навыками работы с<br>измерительным<br>оборудованием.<br>Овладение методами<br>оценки достоверности<br>получаемых результатов                          | ПК-2, ПК-4, ПК-7,<br>ПК-11                        | лабораторных<br>работ.<br><br>Защита<br>самостоятельно<br>решенных<br>задач.           |
| <b>Модуль 2</b><br>«Вероятностный<br>подход в описании<br>макросистем» | <b>32</b> | <b>12</b> | <b>4</b>  | <b>36</b> | Умение решать учебные<br>качественные задачи<br>МКТ. Овладение<br>навыками работы с<br>измерительным<br>оборудованием.<br>Овладение методами<br>оценки достоверности<br>получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5,<br>ПК-2, ПК-4, ПК-7,<br>ПК-11 | Защита<br>лабораторных<br>работ.<br><br>Защита<br>самостоятельно<br>решенных<br>задач. |
| Учебный элемент 2.1<br>«Второе начало<br>термодинамики»                | 18        | 6         | 4         | 18        | Умение решать учебные<br>качественные задачи<br>МКТ. Овладение<br>навыками работы с<br>измерительным<br>оборудованием.<br>Овладение методами<br>оценки достоверности<br>получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5,<br>ПК-2, ПК-4, ПК-7,<br>ПК-11 | Защита<br>лабораторных<br>работ.<br><br>Защита<br>самостоятельно<br>решенных задач.    |
| Учебный элемент 2.2<br>«Вероятные и невероятные<br>состояния»          | 14        | 6         |           | 18        | Умение решать учебные<br>качественные задачи<br>МКТ. Овладение<br>навыками работы с<br>измерительным<br>оборудованием.<br>Овладение методами<br>оценки достоверности<br>получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5,<br>ПК-2, ПК-4, ПК-7,<br>ПК-11 | Защита<br>лабораторных<br>работ.<br><br>Защита<br>самостоятельно<br>решенных задач.    |
| <b>Модуль 3.</b>   | <b>78</b> | <b>18</b> | <b>36</b> | <b>36</b> | Умение решать учебные<br>качественные задачи   | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5,<br>ПК-2, ПК-4, ПК-7,          | Защита<br>лабораторных   |

|  |           |          |    |           |   |   |   |
|--|-----------|----------|----|-----------|---|---|---|
| «Агрегатные состояния»   |           |          |    |           | МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов  | ПК-11                                       | работ.<br><br>Защита самостоятельно решенных задач.                     |
| Учебный элемент 3.1<br>«Газы»                                  | 26        | 6        | 12 | 18        | Умение решать учебные качественные задачи<br>МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11 | Защита лабораторных работ.<br><br>Защита самостоятельно решенных задач. |
| Учебный элемент 3.2<br>«Жидкости»                              | 24        | 6        | 10 | 9         | Умение решать учебные качественные задачи<br>МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11 | Защита лабораторных работ.<br><br>Защита самостоятельно решенных задач. |
| Учебный элемент 3.3<br>«Твердые тела»                          | 28        | 6        | 14 | 9         | Умение решать учебные качественные задачи<br>МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11 | Защита лабораторных работ.<br><br>Защита самостоятельно решенных задач. |
| <b>Модуль 4.</b><br>«Элементы статистического описания систем» | <b>14</b> | <b>6</b> |    | <b>28</b> | Умение решать учебные качественные задачи<br>МКТ. Владение  | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7,       | Защита лабораторных работ.  |

|  |            |           |           |            |  |   |                                       |
|--|------------|-----------|-----------|------------|--|---|---------------------------------------|
|  |            |           |           |            | навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов  | ПК-11                                       | Защита самостоятельно решенных задач. |
| Учебный элемент 4.1 «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории» | 14         | 6         |           | 28         | Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов | ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-11 | Зачет. Экзамен.                       |
| <b>Итого</b>   | <b>252</b> | <b>50</b> | <b>66</b> | <b>136</b> |  |   |                                       |

### 3.1.2. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Модуль 1. «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»

##### **Учебный элемент 1.1** «Молекулы. Тепловое равновесие»

Содержание учебного элемента:

атомы, молекулы, закон Авогадро,  
основы молекулярно-кинетической теории,  
экспериментальные средства молекулярной физики,  
движение и взаимодействие молекул,  
виды теплового равновесия.

##### **Учебный элемент 1.2** «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»

Содержание учебного элемента:

уравнение состояния идеального газа (классический и квантовый подход),  
молекулярные потоки, явления переноса,  
понятия внутренней энергии, работы, количества теплоты,  
первое начало термодинамики,  
адиабатический процесс,  
тепловые машины, циклы, КПД.

#### Модуль 2 «Вероятностный подход в описании макросистем»

##### **Учебный элемент 2.1** «Второе начало термодинамики»

Содержание учебного элемента:

обратимые и необратимые тепловые машины,  
энтропия, второе начало термодинамики,  
теорема Карно,  
энтропия и виды хаоса,

##### **Учебный элемент 2.2** «Вероятные и невероятные состояния»

Содержание учебного элемента:

понятие вероятности, вероятность термодинамического состояния,  
дискретные и непрерывные случайные величины,  
центральная предельная теорема,  
связь вероятности и энтропии,  
распределение Больцмана, барометрическая формула.

#### Модуль 3. «Агрегатные состояния»

##### **Учебный элемент 3.1** «Газы»

Содержание учебного элемента:

эффект Джоуля-Томсона,  
уравнение состояния реального газа,  
изотермы Ван-дер-Ваальса,  
насыщенный пар.

##### **Учебный элемент 3.2** «Жидкости»

Содержание учебного элемента

фазовый переход «газ-жидкость»,  
критическая температура,  
диаграммы состояния,  
уравнение Клапейрона-Клаузиуса,  
понятия влажности, конвективная устойчивость атмосферы,  
свойства поверхности жидкостей (капиллярные явления, поверхностное натяжение),

##### **Учебный элемент 3.3** «Твердые тела»

Содержание учебного элемента:

кристаллическая структура,

тепловые свойства кристаллов (классическое и квантовое описание), фазовый переход «жидкость-твердое тело», механические свойства твердых тел (упругая и пластическая деформация, закон Гука, дислокации), свойства полимеров.

**Модуль 4.** «Элементы статистического описания систем»

**Учебный элемент 4.1** «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»

Содержание учебного элемента:

квантовые состояния спиновые систем, взаимодействующие квантовые системы, распределение тепловой энергии, ультрафиолетовая катастрофа, теория равновесного излучения Планка.

**Темы лекций**

| № | Модуль, учебный элемент  | Темы лекций   |
|---|--|---|
| 1 | <b>Модуль 1.</b><br>«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики» |   |
|   | Учебный элемент 1.1<br>«Молекулы. Тепловое равновесие»                         | Лекция 1. «Молекулярно-кинетическая теория»<br>Лекция 2. «Распределения молекул по скоростям»<br>Лекция 3. «Тепловое равновесия»                                    |
|   | Учебный элемент 1.2<br>«Идеальный газ. Первое начало термодинамики»            | Лекция 4. «Уравнение состояния идеального газа»<br>Лекция 5. «Закон сохранения энергии в тепловых процессах»<br>Лекция 6. «Применение первого начала термодинамики» |
| 2 | <b>Модуль 2</b><br>«Вероятностный подход в описании макросистем»               |   |
|   | Учебный элемент 2.1<br>«Второе начало термодинамики»                           | Лекция 7. «Второе начало термодинамики. Энтропия»<br>Лекция 8. «Энтропия как мера беспорядка»<br>Лекция 9. «Виды беспорядка»  |
|   | Учебный элемент 2.2<br>«Вероятные и невероятные состояния»                     | Лекция 10. «Вероятность»<br>Лекция 11. «Распределение Больцмана»<br>Лекция 12. «Частные вопросы вероятностных распределений».                                       |
| 3 | <b>Модуль 3.</b><br>«Агрегатные состояния»                                     |   |
|   | Учебный элемент 3.1<br>«Газы»  | Лекция 13. «Реальные газы»<br>Лекция 14. «Изотермы Ван-дер-Ваальса. Диаграммы состояния»<br>Лекция 15. «Фазовые переходы»   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | Учебный элемент 3.2<br>«Жидкости»   | Лекция 16. «Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение»<br>Лекция 17. «Осмоз»  |
|   | Учебный элемент 3.3<br>«Твердые тела»   | Лекция 18. «Механические и тепловые свойства твердых тел»<br>Лекция 19. «Пластическая деформация. Полимерные цепочки»<br>Лекция 20. «Механическая обработка материалов. Дефекты в кристаллах» |
| 4 | <b>Модуль 4.</b><br>«Элементы статистического описания систем»                            |   |
|   | Учебный элемент 4.1<br>«Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории» | Лекция 21. «Основные положения статистической механики»<br>Лекция 22. «Равновесное излучение»<br>Лекция 23. «Причины несостоятельности классического подхода к некоторым явлениям».           |

Примечание: Тексты лекций практически полностью изложены в учебном пособии [1].

### Темы лабораторных работ

| № | Модуль, учебный элемент  | Темы практических и лабораторных занятий   |
|---|--|--|
| 1 | <b>Модуль 1.</b><br>«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики» |  |
|   | Учебный элемент 1.1<br>«Молекулы. Тепловое равновесие»                         | - Правила техники безопасности. Элементы теории погрешностей. Измерительные приборы.<br>- Определение средней квадратичной скорости молекул воздуха, универсальной газовой постоянной и плотности воздуха методом откачки. |
|   | Учебный элемент 1.2<br>«Идеальный газ. Первое начало термодинамики»            | 3.1. Температура и способы ее измерения. Термометры сопротивления.*<br>3.2. Определение коэффициентов динамической вязкости воздуха.<br>3.3. Измерение универсальной газовой постоянной.                                   |
| 2 | <b>Модуль 2</b><br>«Вероятностный подход в описании макросистем»               |  |
|   | Учебный элемент 2.1<br>«Второе начало термодинамики»                           |  |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | Учебный элемент 2.2<br>«Вероятные и невероятные состояния»                                | 1. Экспериментальное исследование распределения термоэлектронов по скоростям.*   |
| 3 | <b>Модуль 3.</b><br>«Агрегатные состояния»  |  |
|   | Учебный элемент 3.1<br>«Газы»   | 1. Определение $C_p/C_v$ по скорости звука в газе методом стоячих волн.<br>2. Определение показателя адиабаты воздуха методом Клемана-Дезорма.<br>3. Определение удельной теплоты перехода воды в пар при температуре кипения.   |
|   | Учебный элемент 3.2<br>«Жидкости»   | 6. Измерение отношения $C_p/C_v$ для жидкости методом дифракции света на ультразвуковой решетке.<br>7. Измерение относительной влажности воздуха.<br>8. Изучение зависимости давления насыщенных паров от температуры.*<br>9. Определение коэффициента объемного расширения жидкости.<br>10. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры и концентрации раствора методом максимального давления в пузырьке.<br>11. Измерение вязкости жидкости методом Стокса |
|   | Учебный элемент 3.3<br>«Твердые тела»   | 1. Определение коэффициента теплопроводности металла.*<br>2. Кристаллизация сплавов и растворов.<br>3. Тепловое расширение твердого тела.<br>4. Измерение температуры и теплоты плавления припоя.*<br>5. Изучение фазового перехода кристаллизации гипосульфита натрия.<br>6. Измерение модуля Юнга.   |
| 4 | <b>Модуль 4.</b><br>«Элементы статистического описания систем»                            |  |
|   | Учебный элемент 4.1<br>«Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории» |  |

Примечания:

1. Описание установок экспериментальные задания и контрольные вопросы изложены

в пособии [3].

2. Часть аудиторного времени в составе лабораторных работ и индивидуальных занятий используется для практикума по решению задач. Задачи дифференцированы по уровню сложности и представлены в пособии [2].
3. В части лабораторных работ используется ЭВМ для обработки результатов измерений и представления отчета (такие работы в таблице отмечены символом «\*»). Используется программное обеспечение, созданное авторами данной программы и частично компоненты пакета MS Office (Электронные таблицы).

### 3.1.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности. Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и студентов, участвующих в процессе изучения дисциплины.

#### **Виды самостоятельной работы и их объем**

Учебным планом дисциплины на самостоятельную работу студенту отведено 136 часов. В самостоятельную входят следующие виды работ:

- Решение задач.
- Знакомство с историей открытия изучаемых физических явлений.
- Подготовка устных докладов и рефератов по некоторым проблемам изучаемого раздела физики.

Порядок выполнения видов самостоятельной работы указан в приложении.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ.** Из полного списка задач (см. приложение) преподавателем отбирается часть для самостоятельного решения (уровень задач определяется по уровню подготовки студентов). Решенные задачи студенты защищают в произвольной форме преподавателю. Необходимо выполнить минимум по количеству задач, как компонент для получения зачета по дисциплине. Задачи для аудиторного решения должны отражать важнейшую суть изучаемых явлений и законов.

**ЗНАКОМСТВО С ИСТОРИЕЙ ОТКРЫТИЯ ИЗУЧАЕМЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ.** Эта часть самостоятельной деятельности представляет собой плотную работу с литературой по поиску исторических фактов о научном поиске как отдельных ученых, так и исследовательских групп.

**ПОДГОТОВКА УСТНЫХ ДОКЛАДОВ И РЕФЕРАТОВ ПО НЕКОТОРЫМ ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧАЕМОГО РАЗДЕЛА ФИЗИКИ.** Деятельность студента в этом разделе - подготовка рефератов и устных докладов по освещению явлений и законов, которые (за не имением времени) оказались за рамками стандарта данной учебной дисциплины. Главный источник информации – литература, Интернет. Очень приветствуется работа в глобальной сети, так как обширная информация научного толка содержится на официальных сайтах научно-исследовательских институтов. Для моделирования некоторых явлений в распоряжении студентов находятся мастерские факультета и компьютерная техника лаборатории Атомной физики и Молекулярной физики.

#### **ПРИМЕРНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ.**

В конце каждого изучаемого модуля рекомендуется проводить контрольное занятие. Контрольные вопросы отражают степень усвоения основных понятий и явлений, изученные в данном модуле и способность студентов применить эти знания при практическом решении задач. Ниже приведены пример трех контрольных тестов для каждого из трех модулей дисциплины.

#### **Рекомендации для студентов по работе с РПД**

Студенты должны иметь свободный доступ к материалам комплекса в электронном или печатном варианте (электронный предпочтительней). В университетской сети РПД “Квантовая физика” находится на диске “public” и доступно для скачивания. Следует обратить особое внимание студентов на следующие разделы комплекса:

- Правила техники безопасности в лаборатории
- Задачи для самостоятельного решения
- Списки рекомендованной литературы

### Содержание лекционного курса.

Несмотря на обязательное знакомство с правилами безопасности на первом аудиторном занятии, каждый студент должен иметь их копию в тетради по отчету за выполненные работы.

То же касается списка задач для самостоятельного и аудиторного решения. Этот список доступен как в электронном виде (в составе этого РПД), так и виде печатного издания (более полного).

Следует обратить внимание студентов на необходимость регулярной работы с литературой из рекомендованного списка. Проработка лекций на основе рекомендованных изданий должна быть обязательной – это является залогом успеха в освоении материала, который лишь вскользь затрагивается на лекциях.

Доступ студентов к плану лекций так же крайне желательным, поскольку позволяет наиболее способным из них с опережением знакомиться с изучаемым материалом. В этом случае эффективность лекционных занятий повышается, а это способствует более быстрому и глубокому усвоению даже относительно сложного материала.

### Рекомендации для студентов по МРС

Каждый студент должен быть ознакомлен со структурой модулей дисциплины и правилами начислений баллов за разные виды учебной деятельности.

Обязательными для ознакомления являются:

Технологическая карта дисциплины

Приложения к журналу рейтинга

## 4. СООТВЕТСТВИЕ РЕЙТИНГОВЫХ БАЛЛОВ И АКАДЕМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

| <i>Общее количество набранных баллов</i> | <i>Академическая оценка</i>  |
|--|------------------------------|
| <b>60 – 72</b>                           | <b>3 (удовлетворительно)</b> |
| <b>73 – 86</b>                           | <b>4 (хорошо)</b>            |
| <b>87 – 100</b>                          | <b>5 (отлично)</b>           |

Любые другие виды учебной деятельности (в т.ч. творческие), не упомянутые в технологической карте, но способствующие усвоению материала приветствуются и соответственно оцениваются. Например: изготовление самодельных приборов и установок, разработка оригинальных задач, решение экспериментальных задач, научная деятельность...

### Входной и выходной контроль.

Для обеспечения контроля за качеством учебного процесса проводятся контрольные письменные срезы в начале и в конце обучения. Задания состоят из качественных вопросов и количественных задач разного уровня сложности. Тексты задач содержатся в сборнике, специально изданным для этой учебной дисциплины.

Продолжительность среза 2 академических часа (1 лента). Форма представления результатов свободная.

Не рекомендуется в ходе изучения дисциплины рассматривать задания этого блока на практических или лекционных занятиях. Разбор решений данной контрольной следует произвести сразу после выходного контролирующего занятия, отметив при этом, что часть материала войдет в состав экзаменационных вопросов.

## Модуль 1.

«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»

### Учебный элемент 1.1

«Молекулы. Тепловое равновесие»

#### Лекция 1

«Молекулярно-кинетическая теория»

##### Рассматриваемые вопросы:

1. Молекулы, их размеры, взаимодействие и характер движения.
2. Экспериментальные средства наблюдения.

##### Ключевые слова:

Молекула, атом, парное взаимодействие, селектор скоростей, ионный проектор, электронограмма, рентгенограмма, закон Авогадро, потенциал Ленарда-Джонса.

#### Лекция 2

«Распределения молекул по скоростям»

##### Рассматриваемые вопросы:

1. Вероятностные закономерности в характере движения молекул газа.
2. Экспериментальные средства наблюдения.

##### Ключевые слова:

Распределение Максвелла, распределение по проекциям скоростей.

#### Лекция 3

«Тепловое равновесие»

##### Рассматриваемые вопросы:

8. Механизм наступления теплового равновесия.
9. Шкалы температур.

##### Ключевые слова:

Броуновское движение, процессы переноса, теплоемкость, абсолютная шкала температур, длина свободного пробега молекул, диффузия, самодиффузия.

### Учебный элемент 1.2

«Идеальный газ. Первое начало термодинамики»

#### Лекция 4

«Уравнение состояния идеального газа»

##### Рассматриваемые вопросы:

в Модель идеального газа.

в Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ). Уравнение состояния идеального газа.

в Изопроцессы.

##### Ключевые слова:

молекулярные потоки, осмотическое давление, закон Дальтона, уравнение Вант-Гоффа, радиометрический эффект, изотерма, изобара, изохора.

#### Лекция 5

«Закон сохранения энергии в тепловых процессах»

##### Рассматриваемые вопросы:

в Понятия: «внутренняя энергия», «работа», «теплота».

в Теплоемкости идеального газа. Адиабатический процесс.

##### Ключевые слова:

Первое начало термодинамики, показатель адиабаты, степень свободы молекулы,

теплоемкость, дифференциальное и интегральное уравнения адиабаты.

### **Лекция 6**

«Применение первого начала термодинамики»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

и Экспериментальные средства измерения теплоемкостей.  
и Экспериментальные средства измерения показателя адиабаты.  
и Циклические процессы и коэффициент полезного действия цикла.

#### **Ключевые слова:**

Метод Жоли, метод Клемана-Дезорма, метод Реньо, цикл, КПД.

## **Модуль 2.**

«Вероятностный подход в описании макросистем»

### **Учебный элемент 2.1**

«Второе начало термодинамики»

### **Лекция 7**

«Второе начало термодинамики. Энтропия»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

и Тепловые машины. Обратимые и необратимые процессы.  
и Направление протекания тепловых процессов.  
и Теорема Карно.

#### **Ключевые слова:**

Циклы, энтропия, КПД, обратимость, «физическое никогда».

### **Лекции 8, 9**

«Энтропия как мера беспорядка», «Виды беспорядка»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

3. Свойства энтропии.
4. Динамический и пространственный беспорядок.

#### **Ключевые слова:**

Энтропия, вероятность состояния, функция состояния, равновесное состояние.

### **Учебный элемент 2.2**

«Вероятные и невероятные состояния»

### **Лекция 10**

«Вероятность»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

7. Сложные и элементарные события. Распределения вероятностей.
8. Нормальное приближение. Средние значения случайной величины.
9. Центральная предельная теорема.

#### **Ключевые слова:**

Поле событий, Гауссово распределение, дискретные и непрерывные случайные величины.

### **Лекция 11**

«Распределение Больцмана»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

13. Связь вероятности и энтропии.
14. Барометрическая формула.

#### **Ключевые слова:**

Распределение Больцмана, вероятность, энтропия.

## Лекция 12

«Частные вопросы вероятностных распределений»

### Рассматриваемые вопросы:

1. Частные случаи применения биномиального распределения.
2. Вероятностные законы в других отраслях знаний

### Ключевые слова:

Распределения Пуассона, Гаусса.

## Модуль 3.

«Агрегатные состояния»

### Учебный элемент 3.1

«Газы»

## Лекция 13

«Реальные газы»

### Рассматриваемые вопросы:

15. Взаимодействие между молекулами.
16. Уравнение реального газа.

### Ключевые слова:

Закон парного взаимодействия, эффект Джоуля-Томсона, уравнение Ван-дер-Ваальса.

## Лекция 14

«Изотермы Ван-дер-Ваальса. Диаграммы состояния»

### Рассматриваемые вопросы:

2. Реальные изотермы. Свойства насыщенного пара.
3. Диаграммы состояния. Признаки фазового перехода.

### Ключевые слова:

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса, критическая температура, тройная точка, фазовый переход, принцип Ле Шателье-Брауна.

## Лекция 15

«Фазовые переходы»

### Рассматриваемые вопросы:

1. Свойства насыщенного пара.
2. Влажность и ее влияние на устойчивость конвективную атмосферу.

### Ключевые слова:

Принцип Ле Шателье-Брауна, критический температурный градиент.

### Учебный элемент 3.2

«Жидкости»

## Лекция 16

«Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение.»

### Рассматриваемые вопросы:

6. Свойства поверхности жидкости. Смачивание. Капиллярность.
7. Влияние формы поверхности на фазовые переходы.

### Ключевые слова:

Коэффициент поверхностного натяжения, краевой угол, кривизна поверхности, давление Лапласа, этапы кипения.

## Лекция 17

«Осмоз.»

### Рассматриваемые вопросы:

1. Свойства растворов.

2. Явление осмоса. Давление растворов.

**Ключевые слова:**

Осмотическое давление.

### **Учебный элемент 3.3**

«Твердые тела»

#### **Лекция 18**

«Механические и тепловые свойства твердых тел»

**Рассматриваемые вопросы:**

8. Виды кристаллических структур.
9. Тепловые свойства кристаллов.
10. Механические свойства. Закон Гука.

**Ключевые слова:**

Кристаллическая решетка, плоскость спайности, теплоемкость кристалла, теория теплоемкости Эйнштейна, плавление, кристаллизация, скрытая теплота, деформация.

#### **Лекция 19**

«Пластическая деформация. Полимерные цепочки.»

**Рассматриваемые вопросы:**

10. Проблема Френкеля. Упрочнение материалов.
11. Аномальное поведение полимеров.

**Ключевые слова:**

Прочность, пластичность, текучесть, дислокация, дефект, квантовая цепочка.

#### **Лекция 20**

«Механическая обработка материалов. Дефекты в кристаллах.»

**Рассматриваемые вопросы:**

- Упрочнение материалов.
- Виды дефектов решетки

**Ключевые слова:**

Прочность, пластичность, текучесть, дислокация, дефект, квантовая цепочка.

## Модуль 4.

«Элементы статистического описания систем»

### Учебный элемент 4.1

«Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»

#### Лекция 21

«Основные положения статистической механики»

##### Рассматриваемые вопросы:

15. Квантовые состояния системы частиц со спином  $\frac{1}{2}$ .
16. Распределение вероятности по состояниям взаимодействующих систем.

##### Ключевые слова:

Спиновая цепочка, доступное состояние, газ квантовых частиц, каноническое распределение.

#### Лекция 22

«Равновесное излучение»

##### Рассматриваемые вопросы:

19. Проблема распределения тепловой энергии.
20. Квантовая теория равновесного излучения Планка.

##### Ключевые слова:

Ультрафиолетовая катастрофа, плотность излучения, формула Планка, закон Стефана-Больцмана.

#### Лекция 23

«Причины несостоятельности классического подхода к некоторым явлениям»

##### Рассматриваемые вопросы:

1. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
2. Примеры явлений, не объяснимых с точки зрения классической теории молекулярного строения веществ.

##### Ключевые слова:

Теплоемкость, третий закон термодинамики.

### Управление самостоятельной работой.

В этом разделе кратко представлен материал, который может быть вынесен на самостоятельное изучение студентами с обязательным и регулярным контролем со стороны преподавателя. Важно отметить, что на выходном модуле (экзамен) данные темы представлены равноправно с тематикой аудиторных занятий и требования по глубине усвоения данных тем должны быть не ниже, чем к вопросам, рассматриваемым подробно на лекциях. Качественные и расчетные задачи, вынесенные на самостоятельное решение представлены в пособии [2]. К каждому модулю прилагается список задач для самостоятельного решения, которые защищаются студентами на лабораторных занятиях и консультациях наравне с лабораторными работами. Отчет по самостоятельной работе студенты обязаны предоставлять после изучения каждого модуля дисциплины.

Итак, здесь освещены темы, которые могут быть изучены в следующих видах деятельности:

- Самостоятельное изучение с последующим отчетом в виде ответов на контрольные вопросы преподавателя.
- Самостоятельное решение задач и их защита.
- Реферат, с последующим выступлением на лабораторно-практическом занятии.
- Преподаватель дает творческие задания, в перспективе перерастающие в курсовые и/или дипломные работы.
- Прочие виды самостоятельной деятельности студентов.

## Модуль 1.

«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»

### Вопросы для самостоятельного изучения:

- Становление представлений об атомах и молекулах.
- Закон Авогадро и история его открытия.
- Методы измерения скоростей молекул.
- Шкалы температур. История создания.
- Квантовый вывод уравнения состояния идеального газа.
- Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.
- Методы измерения низких давлений.
- Оригинальные методы измерения теплоемкостей.
- Виды тепловых машин.

## Модуль 2.

«Вероятностный подход в описании макросистем»

### Вопросы для самостоятельного изучения:

- Проекты идеальных тепловых машин.
- «Парадоксы» энтропии.
- Тепловой насос. Устройство «бытовых тепловых насосов».
- Центральная предельная теорема, ее приложения.

## Модуль 3.

«Агрегатные состояния»

### Вопросы для самостоятельного изучения:

- Уравнения реального газа (кроме Ван-дер-Ваальса).
- Простые опыты с насыщенным паром.
- Температурный градиент и конвективная устойчивость атмосфер планет Солнечной системы.
- Оригинальные методы измерения влажности.
- Применение капиллярных явлений в технике и других областях.
- Фуллерены.
- Структурные фазовые переходы. Модификации кристаллических решеток.

## Модуль 4.

«Элементы статистического описания систем»

### Вопросы для самостоятельного изучения:

- История построения теории равновесного излучения.
- Термодинамика магнитных систем.
- Статистическая сумма.

Дисциплина «Молекулярная физика» изучается в течение двух семестров.

Основными видами учебной деятельности при изучении данной дисциплины являются: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Лекции являются одним из основных видов учебной деятельности в вузе, на которых преподавателем излагается содержание теоретического курса дисциплины. Рекомендуется конспектировать материал лекций.

На лабораторных работах студенты частично планируют и выполняют физические эксперименты под руководством преподавателя. Студенты должны решить

ряд задач. Посещение студентами лекционных и лабораторных занятий является обязательным.

С содержанием лекционных и практических занятий можно познакомиться в *Рабочей программе дисциплины*, а с трудоемкостью каждой темы и практического занятия

– в *Технологической карте обучения дисциплине*.

Внеаудиторная самостоятельная работа студента направлена на самостоятельное изучение рекомендованной литературы, подготовку к выполнению лабораторных работ, решение задач для самостоятельной работы, содержащихся в документе *Задачи для самостоятельного решения*.

Список основной и дополнительной литературы, рекомендованной для самостоятельного изучения по дисциплине, приведен в *Карте литературного обеспечения дисциплины*.

Образовательный процесс по дисциплине организован в соответствии с модульно-рейтинговой системой подготовки студентов, принятой в университете<sup>1</sup>.

Модульно-рейтинговая системой (МРС) – система организации процесса освоения дисциплин, основанная на модульном построении учебного процесса. При этом осуществляется структурирование содержания каждой учебной дисциплины на дисциплинарные модули (разделы) и проводится регулярная оценка знаний и умений студентов с помощью контроля результатов обучения по каждому дисциплинарному модулю (разделу) и дисциплине в целом.

Результаты всех видов учебной деятельности студентов оцениваются рейтинговыми баллами. Формы текущей работы и рейтинг-контроля в каждом дисциплинарном модуле (разделе), количество баллов как по дисциплине в целом, так и по отдельным формам работы и рейтинг-контроля указаны в *Технологической карте рейтинга дисциплины*. В каждом модуле (разделе) определено минимальное и максимальное количество баллов. Сумма максимальных баллов по всем модулям (разделам) равняется 100%-ному усвоению материала. Минимальное количество баллов в каждом модуле (разделе) является обязательным и не может быть заменено набором баллов в других модулях (разделах), за исключением ситуации, когда минимальное количество баллов по модулю (разделу) определено как нулевое. В этом случае модуль (раздел) является необязательным для изучения и общее количество баллов может быть набрано за счет других модулей (разделов). Дисциплинарный модуль (раздел) считается изученным, если студент набрал количество баллов в рамках установленного диапазона. Для получения оценки «зачтено» необходимо набрать не менее 60 баллов, предусмотренных по дисциплине (при условии набора всех обязательных минимальных баллов по каждому дисциплинарному модулю (разделу)).

Рейтинг по дисциплине – это интегральная оценка результатов всех видов учебной деятельности студента по дисциплине, включающей:

- рейтинг-контроль текущей работы;
- промежуточный рейтинг-контроль;
- итоговый рейтинг-контроль.

Рейтинг-контроль текущей работы выполняется в ходе аудиторных занятий по текущему базовому модулю (разделу) в следующих формах: защита решений задач, написание рефератов, выступление с докладами по темам, изучаемым самостоятельно.

Промежуточный рейтинг-контроль – это проверка полноты знаний по освоенному материалу текущего базового модуля (раздела). Он проводится в конце изучения каждого базового модуля (раздела) в форме контрольных заданий без прерывания учебного процесса по другим дисциплинам.

Итоговый рейтинг-контроль является промежуточной аттестацией по дисциплине, которая проводится в рамках итогового модуля (раздела) в форме зачета в конце семестра до начала сессии. Для подготовки к зачету используйте *Вопросы к зачету*. Зачет может проводиться в виде теста.

<sup>1</sup> Далее приведены выдержки и Стандарта модульно-рейтинговой системы подготовки студентов в КГПУ им. В.П. Астафьева (утвержден Ученым советом университета 28.06.2006 г., протокол № 6).

Преподаватель имеет право по своему усмотрению добавлять студенту определенное количество баллов (но не более 5 % от общего количества), в каждом дисциплинарном модуле (разделе):

- за активность на занятиях;
- за выступление с докладом на научной конференции;
- за научную публикацию;
- за иные учебные или научные достижения.

Студент, не набравший минимального количества баллов по текущей и промежуточной аттестациям в пределах первого базового модуля (раздела), допускается к изучению следующего базового модуля (раздела). Ему предоставляется возможность добора баллов в течение двух последующих недель (следующих за промежуточным рейтинг-контролем) на ликвидацию задолженностей.

Студентам, которые не смогли набрать промежуточный рейтинг или рейтинг по дисциплине в общеустановленные сроки по болезни или по другим уважительным причинам (документально подтвержденным соответствующим учреждением), декан факультета устанавливает индивидуальные сроки сдачи.

Если после этого срока задолженность по неуважительным причинам сохраняется, то назначается комиссия по приему академических задолженностей с обязательным участием заведующего кафедрой и декана (его заместителя). По решению комиссии неуспевающие студенты по представлению декана отчисляются приказом ректора из университета за невыполнение учебного графика.

В особых случаях декан имеет право установить другие сроки ликвидации студентами академических задолженностей.

Неявка студента на итоговый или промежуточный рейтинг-контроль отмечается в рейтинг-листе записью «не явился». Если неявка произошла по уважительной причине (подтверждена документально), деканат имеет право разрешить прохождение рейтинг-контроля в другие сроки. При неуважительной причине неявки в статистических данных деканата проставляется «0» баллов, и студент считается задолжником по данной дисциплине.

### **3.1.4. ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ**

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РЕЙТИНГА ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование дисциплины/курса   | Уровень/ступень образования (бакалавриат, магистратура) | Статус дисциплины в рабочем учебном плане (А, В, С) | Количество зачетных единиц/кредитов |
|---|---|---|-------------------------------------|
| Молекулярная физика   | Бакалавр  | А   | 6 кредитов (ЗЕТ)                    |
| Смежные дисциплины по учебному плану  |   |   |                                     |
| Предшествующие: Математика, Информатика, Теория вероятностей, Механика, Оптика, Электродинамика |   |   |                                     |
| Последующие: Квантовая физика, Физика твердого тела, Статистическая физика                      |   |   |                                     |

| МОДУЛЬ № 1                     |   |                   |            |
|--------------------------------|---|-------------------|------------|
|                                | Форма работы                              | Количество баллов |            |
|                                |   | min               | max        |
| Текущая работа                 | Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл) | <b>0</b>          | <b>6</b>   |
|                                | Решение задач, 1 задача – 1 балл          | <b>0</b>          | <b>5</b>   |
|                                | Реферат                                   | <b>5</b>          | <b>10</b>  |
|                                | Активность                                | <b>10</b>         | <b>14</b>  |
|                                | Решения задач для самостоятельной работы  | <b>15</b>         | <b>20</b>  |
|                                | Защита лабораторных работ                 | <b>20</b>         | <b>25</b>  |
| Промежуточный рейтинг-контроль | Контрольная работа                        | <b>10</b>         | <b>20</b>  |
| <b>Итого</b>                   |   | <b>60</b>         | <b>100</b> |

| МОДУЛЬ № 2                     |   |                   |            |
|--------------------------------|---|-------------------|------------|
|                                | Форма работы                              | Количество баллов |            |
|                                |   | min               | max        |
| Текущая работа                 | Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл) | <b>0</b>          | <b>6</b>   |
|                                | Решение задач, 1 задача – 1 балл          | <b>0</b>          | <b>5</b>   |
|                                | Реферат                                   | <b>5</b>          | <b>10</b>  |
|                                | Активность                                | <b>10</b>         | <b>14</b>  |
|                                | Решения задач для самостоятельной работы  | <b>15</b>         | <b>20</b>  |
|                                | Защита лабораторных работ                 | <b>20</b>         | <b>25</b>  |
| Промежуточный рейтинг-контроль | Контрольная работа                        | <b>10</b>         | <b>20</b>  |
| <b>Итого</b>                   |   | <b>60</b>         | <b>100</b> |

|                   |
|-------------------|
| <b>МОДУЛЬ № 3</b> |
|-------------------|

|                                | Форма работы                              | Количество баллов |            |
|--------------------------------|---|-------------------|------------|
|                                |   | Min               | max        |
| Текущая работа                 | Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл) | <b>0</b>          | <b>6</b>   |
|                                | Решение задач, 1 задача – 1 балл          | <b>0</b>          | <b>5</b>   |
|                                | Реферат                                   | <b>5</b>          | <b>10</b>  |
|                                | Активность                                | <b>10</b>         | <b>14</b>  |
|                                | Решения задач для самостоятельной работы  | <b>15</b>         | <b>20</b>  |
|                                | Защита лабораторных работ                 | <b>20</b>         | <b>25</b>  |
| Промежуточный рейтинг-контроль | Контрольная работа                        | <b>10</b>         | <b>20</b>  |
| <b>Итого</b>                   |   | <b>60</b>         | <b>100</b> |

| МОДУЛЬ № 4     |  |                    |            |
|----------------|--|--------------------|------------|
|                | Форма работы                             | Количество баллов  |            |
|                |  | min                | max        |
| Текущая работа | Посещаемость (1 занятие – 1 балл)        | <b>0</b>           | <b>4</b>   |
|                | Решение задач, 1 задача – 1 балл         | <b>5</b>           | <b>12</b>  |
|                | Реферат                                  | <b>10</b>          | <b>20</b>  |
|                | Активность                               | <b>15</b>          | <b>20</b>  |
|                | Решения задач для самостоятельной работы | <b>20</b>          | <b>24</b>  |
|                | Промежуточный рейтинг-контроль           | Контрольная работа | <b>10</b>  |
| <b>Итого</b>   |  | <b>60</b>          | <b>100</b> |

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Красноярский государственный педагогический  
университет им. В.П. Астафьева»**  
Институт математики, физики, информатики  
(наименование института/факультета)  
Кафедра физики и методики обучения физике  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕНО  
на заседании кафедры  
Протокол № 03  
от «20» мая 2018 г.

ОДОБРЕНО  
на заседании научно-методического совета  
специальности (направления подготовки)  
Протокол № 8  
от «23» мая 2018 г.



**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации  
обучающихся  
Молекулярная физика  
(наименование дисциплины/модуля/вида практики)  
44.03.05 Педагогическое образование  
(код и наименование направления подготовки)  
«Физика и технология»  
(наименование профиля подготовки/наименование магистерской программы)  
*Бакалавр*  
(квалификация (степень) выпускника)

Составитель: Орлов В.А., доцент кафедры физики и методики обучения физике

## 1. Назначение фонда оценочных средств

1.1. Целью создания ФОС дисциплины *Молекулярная физика* является установление соответствия учебных достижений запланированным результатам обучения и требованиям основной профессиональной образовательной программы, рабочей программы дисциплины.

1.2. ФОС по дисциплине решает **задачи**:

- управление процессом приобретения обучающимися необходимых знаний, умений, навыков и формирования компетенций, определенных в образовательных стандартах по соответствующему направлению подготовки (специальности);

- управление процессом достижения реализации образовательных программ, определенных в виде набора компетенций выпускников;

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины определением положительных/отрицательных результатов и планирование предупреждающих/корректирующих мероприятий;

- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс университета;

- совершенствование самоподготовки и самоконтроля обучающихся.

1.3. ФОС разработан на основании нормативных документов:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки *44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (уровень бакалавриата)*;

- образовательной программы высшего образования по направлению подготовки *44.03.05 Педагогическое образование, профили (направленность) «Физика и технология» (уровень бакалавриата)*;

- Положения о формировании фонда оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева» и его филиалах.

## 2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе изучения дисциплины

2.1. Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины: ОК-3 – способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве; ОПК-3 – готовность к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса; ОПК-5 – владеть основами профессиональной этики и речевой культуры;

ПК-2 – способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики;

ПК-4 – способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемых учебных предметов;

ПК-7 – способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности

ПК-11 – готовность использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования.

### 3. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

- 3.1. Фонды оценочных средств включают: *Вопросы к Экзамену.*  
 3.2. Оценочное средство *Вопросы к зачету*  
 3.3. Критерии оценивания

| Формируемые компетенции                            | Высокий уровень сформированности компетенций   | Продвинутый уровень сформированности компетенций   | Базовый уровень сформированности компетенций   |
|--|--|--|--|
|  | (87-100 баллов)<br>отлично/зачтено   | (73-86 баллов)<br>хорошо/зачтено   | (60-72 баллов)<br>удовлетворительно/зачтено  |
| ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-10, ПК-11 | Ответ на вопрос полный, правильный, показывает, что обучающийся правильно и исчерпывающе раскрывает содержание вопроса, конкретизирует его фактическим материалом. | Ответ на вопрос удовлетворяет уже названным требованиям, но есть неточности в изложении фактов, определении понятий, объяснении взаимосвязей. Однако, обучающийся может легко устранить неточности по дополнительным и наводящим вопросам преподавателя. | Ответ на вопрос в целом правильный, но нечетко формулируются понятия, имеют место затруднения в самостоятельном объяснении взаимосвязей, непоследовательно излагается материал |

\* Менее 60 баллов – компетенция не сформирована.

#### 3.2.2. Оценочное средство *Тест*

Критерии оценивания по оценочному средству *Тест*

| Формируемые компетенции                            | Высокий уровень сформированности компетенций | Продвинутый уровень сформированности компетенций | Базовый уровень сформированности компетенций |
|--|--|--|--|
|  | (87-100 баллов)<br>отлично/зачтено           | (73-86 баллов)<br>хорошо/зачтено                 | (60-72 баллов)<br>удовлетворительно/зачтено  |
| ОК-3, ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-4, ПК-7, ПК-10, ПК-11 | 18 – 20 верных ответов                       | 15 – 17 верных ответов                           | 10 – 14 верных ответов                       |

\* Менее 60 баллов – компетенция не сформирована.

### 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости

- 4.1. Фонды оценочных средств включают: *Перечень вопросов для самостоятельной работы и подготовки докладов, Примерная тематика рефератов,*

*Задачи для самостоятельного решения* (в соответствии с Технологической картой рейтинга дисциплины Рабочей программы дисциплины).

4.2.1. Критерии оценивания по оценочному средству *Перечень вопросов для самостоятельной работы и подготовки докладов*

| Критерии оценивания   | Количество баллов (вклад в рейтинг) |
|---|-------------------------------------|
| Выступающий с докладом свободно владеет содержанием, ясно и грамотно излагает материал, четко отвечает на вопросы                     | 2                                   |
| Выступающий с докладом хорошо владеет содержанием, последовательно излагает материал, затрудняется ответить на некоторые вопросы      | 1                                   |
| Выступающий с докладом плохо владеет содержанием, излагает материал не последовательно, затрудняется ответить на большинство вопросов | 0                                   |
| Наличие презентации к докладу   | +1                                  |
| Максимальный балл в 2 модулях (разделах)  | 6                                   |

4.2.2. Критерии оценивания по оценочному средству *Примерная тематика рефератов*

| Критерии оценивания  | Количество баллов (вклад в рейтинг) |
|--|-------------------------------------|
| В реферате обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, соблюдены требования к внешнему оформлению в соответствии с ГОСТ | 2                                   |
| В реферате имеются неточности в изложении материала, отсутствует логическая последовательность в суждениях, имеются упущения в оформлении  | 1                                   |
| В реферате имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично, допущены фактические ошибки в содержании реферата, оформлении не соответствует ГОСТ   | 0                                   |
| Максимальный балл в 2 модулях (разделах)   | 4                                   |

4.2.3. Критерии оценивания по оценочному средству *Задачи для самостоятельного решения*

| Критерии оценивания   | Количество баллов (вклад в рейтинг) |
|---|-------------------------------------|
| Задача решена полностью без консультации с Преподавателем   | 2                                   |
| Задача решена полностью после консультации с Преподавателем | 1                                   |
| Задача решена не верно                                      | 0                                   |
| Максимальный балл за все задачи (20 задач)                  | 40                                  |

## Экзаменационные задания

В каждом экзаменационном билете содержится по 9 заданий и представлены практически все учебные элементы модулей. На подготовку отводится 1 час. Разрешается свободно пользоваться литературой. Выполненные (частично выполненные) задания студент защищает в устном ответе преподавателю. Беседа с каждым студентом длится не более 15 минут.

При такой форме экзаменационного испытания студент не полагается на случай, а вынужден при подготовке к экзамену в равной степени уделить внимание всем модулям дисциплины. Итоговая оценка определяется по рейтинговой системе, в которой учтены все виды деятельности студента на протяжении семестра, в том числе качество прохождения промежуточного контроля по модулям. Итоговую оценку можно повысить выполнив и отчитаться по дополнительным заданиям.

## 5. ВОПРОСЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО ТЕСТА ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

### 1. Взаимодействие молекул. Измерения скоростей. Распределения скоростей

1.1 Из каких макроскопических измерений можно получить данные о размерах молекул? Охарактеризуйте точность определения размеров предложенных вами способов.

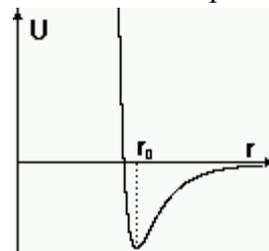
1.2 Во сколько, примерно, раз отличаются средние расстояния между молекулами в твердом и газообразном (газ при атмосферном давлении и комнатной температуре) состоянии?

1.3 Какие экспериментальные способы изучения молекулярного строения веществ вам известны? В чем они состоят?

1.4 Какова идея опыта Перрена по определению числа Авогадро?

1.5 Чем отличаются взаимодействия молекул воды во льде и в водяном паре?

1.6 График зависимости потенциальной энергии взаимодействия двух молекул  $U(r)$  имеет вид, изображенный на рисунке. Укажите область значений расстояний между молекулами где молекулы отталкиваются... Притягиваются. По графику  $U(r)$  постройте график зависимости силы взаимодействия молекул от расстояния.



1.7 Что такое селектор скоростей? Как он действует? Для каких целей он может быть использован?

1.8 Как действует установка Штерна с вращающимися цилиндрами для измерения скоростей молекул газа? Как определяют скорость молекул с ее помощью?

1.9 Объясните, почему изображение щели в установке Штерна с вращающимися цилиндрами оказывается размытым. Как можно использовать информацию о законе размытия изображения для нахождения распределения молекул по скоростям?

1.10 Для измерения скорости частицы необходимо измерить ее перемещение и время, за которое было совершено это перемещение. Как измеряется время при измерении скоростей молекул с помощью установки Штерна с вращающимся цилиндром?

1.11 Два состояния одного и того же идеального газа лежат на одной изотерме. В каком состоянии - с большим или меньшим объемом внутренняя энергия газа больше? Как изменится ответ, если учитывать взаимодействие молекул?

1.12 Изобразите примерный вид плотности распределения молекул по проекциям скоростей. Какой параметр характеризует распределение. Как изменяется вид плотности распределения молекул по проекциям скоростей при понижении температуры?

1.13 Что больше наивероятнейшее или среднее значение модуля скорости молекул? Ответ аргументируйте.

1.14 Как используя распределения молекул по проекциям скоростей найти распределение молекул по модулю скорости?

1.15 Как оценить среднюю длину пробега молекул? Можно ли считать, что средняя длина свободного пробега равна среднему расстоянию между молекулами в газе? Объясните, почему средняя длина свободного пробега растет с повышением температуры.

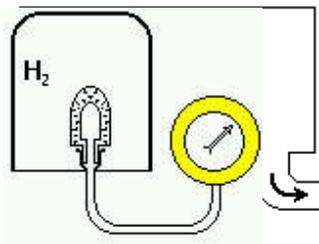
1.16 Маленький тонкостенный стеклянный сосуд с гелием погрузили в огромный баллон с азотом при атмосферном давлении. Стекло слабо проницаемо для гелия, но непроницаемо для азота. Каким будет состояние системы после установления равновесия?

## 2. Температура. Давление газа

2.1 В состоянии теплового равновесия температуры в каждой точке тела одинаковы. В термодинамике, то есть науке о тепловых явлениях, которая не основана на молекулярных представлениях, температура является первичным понятием и определяется перечислением свойств. Перечислите свойства температуры, которые определяют ее как физическую величину. Что такое термометрические параметры? Приведите примеры термометрических параметров.

2.2 Проведите рассуждения, показывающие, что средняя кинетическая энергия молекул газа обладает всеми свойствами температуры, а поэтому ее можно использовать в качестве термометрического параметра.

2.3 Большой сосуд заполнен водородом  $H_2$ . В него вводят небольшой сосуд с перегородками, содержащими мелкие поры, и соединенный с манометром, как показано на рисунке. Опишите, что будет происходить при этом. Дайте объяснение происходящему.



2.4 Выберите правильные ответы.

А. Каковы размерности:

- |   |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|
| а) концентрации молекул $n$ ?             | 1) Дж/ кг;           | 2) Па;               |
| 3) $m^3$ ;                                |                      |                      |
| б) молярной массы $\mu$ ?                 | 4) $m^{-3}$ ;        | 5) К;                |
| в) числа Авогадро $N_A$ ?                 | 6) г/ моль;          | 7) моль $^{-1}$ ;    |
| г) плотности газа $\rho$ ?                | 8) кг/ $m^3$ ;       | 9) Дж;               |
| д) абсолютной температуры $T$ ?           | 10) Дж/К $\mu$ моль; | 11) кг/К $\mu$ моль; |
| е) постоянной Больцмана $k_B$ ?           | 12) К $^{-1}$ ;      | 13) $cm^{-3}$ ;      |
| ж) универсальной газовой постоянной $R$ ? | 14) г/ $cm^3$ ;      | 15) Н/ $m^2$ ;       |
| з) произведения $P\mu V$ ?                | 16) $m^2/ c^2$ ;     | 17) Н $\mu$ м; 18)   |

Н/м;

В. Выберите из предложенных формул подходящие для вычисления давления идеального газа.

- |  |                                   |  |
|--|-----------------------------------|--|
| 1) $P = \frac{2}{3} n \mu e \mu$ ;         | 2) $P = \frac{3}{2} k_{\phi} T$ ; | 3) $P = \frac{1}{3} n \mu m \mu u^2 \mu$ ; |
| 4) $P = \frac{2}{3} n \mu m \mu u^2 \mu$ ; | 5) $P = T \mu k_{\phi} \mu n$ ;   | 6) $P = \frac{N}{V} \mu k_{\phi} \mu T$ .  |

2.5 Найдите верные формулы для вычисления параметров:

- концентрации молекул  $n$ ?
- молярной массы  $\mu$ ;
- числа Авогадро  $N_A$ ;
- плотности газа  $\rho$ ;
- абсолютной температуры  $T$ ;
- постоянной Больцмана  $k_B$ ;
- универсальной газовой постоянной  $R$ ;
- произведения  $P\mu V$ :

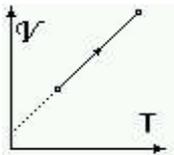
$$\begin{aligned}
& 1) n = \frac{P}{k_{\zeta} T}; \quad 2) n = \frac{M}{V}; \quad 3) k_{\zeta} = \frac{2}{3} \frac{[e]}{T}; \quad 4) n = \frac{N}{V}; \\
& 5) N_A = \frac{M}{m_0}; \quad 6) \rho = N_A m_0; \quad 7) \rho = \frac{N_A m_0}{V}; \quad 8) \rho = \frac{M}{V}; \\
& 9) m = N_A m_0; \quad 10) T = \frac{2}{3} \frac{[e]}{k_{\zeta}}; \quad 11) R = k_{\zeta} N; \quad 12) R = \frac{k_{\zeta}}{T}; \\
& 13) P V = k_{\zeta} T; \quad 14) R = k_{\zeta} N_A; \quad 15) P V = \nu R T; \quad 16) T = \frac{P V}{\nu R}; \\
& 17) k_{\zeta} = [e]; \quad 18) N_A = \frac{R}{k_{\zeta}}.
\end{aligned}$$

2.6 Во сколько раз изменится давление газа на стенку тотчас после того, как вдруг десятая часть молекул, ударяющихся о стенку, начнет поглощаться ею?

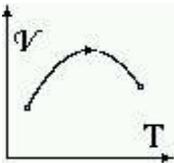
2.7 В чем заключается радиометрический эффект? Какова его природа?

2.8 Каков механизм установления теплового равновесия в идеальном газе, заключенном в сосуд некоторого объема  $V$ ?

2.9 На  $VT$ -диаграмме отрезком прямой изображен процесс, в котором участвует идеальный газ. Увеличивается или уменьшается давление газа в данном процессе? Дайте объяснения.



2.10 На  $VT$ -диаграмме дугой параболы изображен процесс, в котором участвует идеальный газ. Увеличивается или уменьшается давление газа в данном процессе? Как выглядит этот процесс на  $PV$ -диаграмме? Дайте объяснения.



2.11 Объясните происхождение тройки в знаменателе численного коэффициента, возникающего при классическом (и при квантовом) выводе

основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа:  $P = \frac{2}{3} N [e]$ .

2.12 Дайте молекулярно-кинетическое объяснение тому, что при медленном движении тела в газе оно испытывает силу трения пропорциональную скорости

2.13 Предположим, что в тепловом равновесии модули скоростей всех молекул одинаковы, а все направления равновероятны. Как в таком случае будет выглядеть основное уравнение молекулярно-кинетической теории?

2.14 Дайте молекулярно-кинетическое объяснение тому, что при медленном сжатии газа в теплоизолированном сосуде его температура увеличивается.

2.15 Газ под давлением  $P_0$  содержится в сосуде, в одной из стенок которого имеется маленькое отверстие площади  $S$ . Какую реактивную силу создает истекающий из отверстия газ?

2.16 При исследовании распределений молекул по скоростям приготавливают пучки молекул, истекающие из отверстия. Объясните, почему требуется, чтобы размер отверстия был меньше длины свободного пробега молекул.

2.17 Как давление газа зависит от его плотности?

### 3. Закон сохранения энергии в тепловых процессах

3.1 Килограмм льда или килограмм жидкой воды при  $\theta \ll C$  имеет большую внутреннюю энергию? На сколько?

3.2 Поясните, что означает утверждение: "Внутренняя энергия является функцией состояния". Приведите примеры других функций состояния. Почему работа и теплота не являются функциями состояния?

3.3 а) Чему равна молярная теплоемкость  $C_V$  одноатомного газа при постоянном объеме  $V$ ?

б) Чему равна молярная теплоемкость  $C_p$  одноатомного газа при постоянном давлении  $P$ ? Почему  $C_p > C_v$ ?

в) Чему равна молярная теплоемкость  $C_v$  двухатомного газа при постоянном объеме?

г) Чему равна молярная теплоемкость  $C_p$  двухатомного газа при постоянном давлении?

3.4 Расскажите об экспериментальном способе измерения теплоемкости газа при постоянном объеме.

3.5 Расскажите об экспериментальном способе измерения теплоемкости газа при постоянном давлении.

3.6 Выведите дифференциальное уравнение адиабаты. Почему оно так называется?

3.7 Какие способы экспериментального измерения показателя адиабаты вы знаете? Опишите один из них.

3.8 При адиабатическом расширении газ совершает работу. За счет чего она совершается? Одноатомный газ, находясь под давлением  $P$  и занимая объем  $V$ , расширился до объема  $\delta V$ . Какую работу он при этом совершил?

3.9 При выполнении каких физических условий возможно изотермическое сжатие разреженного газа? Расширение? Приведите пример физической ситуации, в которой возможно изотермическое сжатие. При сжатии газа над ним совершается работа. Внутренняя энергия при изотермическом процессе не изменяется. На что идет работа при этом?

3.10 Почему сухой холодный воздух, скатываясь с гор и, попадая в область повышенного давления, нагревается? Оцените на сколько повышается температура потока воздуха с горы (фен), если давление наверху составляет 50% от давления у подножия горы.

3.11 Получите выражение внутренней энергии идеального газа через давление и объем.

3.12 Рассмотрите два способа попадания идеального газа в равновесное состояние  $A$ , в котором газ занимает объем  $V_A$  при давлении  $P_A$ :

- по квазистатической траектории;

- при неквазистатическом процессе.

Чем отличается квазистатический процесс от неквазистатического? При первом или втором способе попадания в состояние  $A$  внутренняя энергия газа больше?

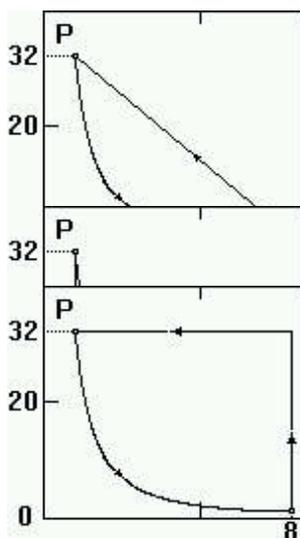
3.13 Воздух в двадцатилитровом баллоне при начальном давлении  $10^5 \text{ Па}$  и начальной температуре  $20^\circ \text{C}$  нагрели до температуры  $50^\circ \text{C}$ . Какое количество теплоты было передано воздуху?

3.14 В теплоизолированный цилиндр с поршнем закачали газ. При сжатии оказалось, что давление газа изменялось по закону  $P = \frac{V_0^{5/3}}{V^{5/3}} P_0$ , где  $V_0$  и  $P_0$  - начальные значения объема и давления. Из скольких атомов состоит молекула газа?

3.15 Литр одноатомного идеального газа, находившийся под давлением  $32 \cdot 10^5 \text{ Па}$  адиабатически расширился до 8 литров. Затем вернулся в исходное состояние так, что давление росло по линейному закону. Положительную или отрицательную работу совершило рабочее тело машины за один цикл? Покажите на графике эту работу.

3.16 Литр одноатомного идеального газа, находившийся под давлением  $32 \cdot 10^5 \text{ Па}$  адиабатически расширился до 8 литров. Затем его вернули в исходное состояние в два этапа. Вначале изобарически сжали до первоначального объема, потом изохорически нагрели так, что давление возросло до первоначального значения. Положительную или отрицательную работу совершило рабочее тело машины за один цикл? Покажите на графике эту работу.

3.17 Литр одноатомного идеального газа, находившийся под



давлением  $32 \cdot 10^5 \text{ Па}$  адиабатически расширился до 8 литров. Затем его вернули в исходное состояние в два этапа. Вначале изохорически нагрели так, что давление возросло до первоначального значения, а потом изобарически сжали до первоначального объема. Положительную или отрицательную работу совершило рабочее тело машины за один цикл? Покажите на графике эту работу.

#### 4. Тепловые машины. Второе начало термодинамики

4.1 Опишите энергетическую схему устройства и работы теплового двигателя.

4.2 За счет чего тепловой двигатель совершает работу? На примере теплового двигателя, в котором в качестве рабочего тела используется газ, разъясните почему нельзя обойтись без холодного теплового резервуара?

4.3 Дайте определение термического коэффициента полезного действия (*КПД*). Укажите пути повышения *КПД* тепловых двигателей.

4.4 Чем отличаются обратимая и необратимая тепловые машины?

4.5 Что собой представляет цикл Карно? После совершения главного этапа цикла, на котором за счет подводимого от нагревателя тепла газ совершает работу, его приходится охлаждать. Чтобы при охлаждении газа тепло зря не сбрасывалось в охладитель, можно использовать регенератор, накапливающий тепловую энергию. В какой части тепловой машины хранится энергия, высвобождающаяся при охлаждении газа, если используется цикл Карно?

4.6 Тепловая энергия, получаемая газом в тепловой машине от нагревателя, это кинетическая энергия молекул. Допустим, что, совершая работу, тепловой двигатель раскручивает маховик. Так что результатом действия тепловой машины также является кинетическая энергия. В чем главное отличие указанных выше кинетических энергий.

4.7 Сформулируйте и докажите теорему Карно.

4.8 Медный кубик массой 64 г остыл от  $100^\circ\text{C}$  до температуры воздуха в комнате  $20^\circ\text{C}$ . Как и на сколько изменилась энтропия всего мира при этом?

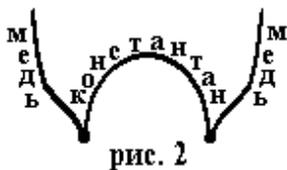
4.9 Докажите, что обратимая тепловая машина имеет наибольший *КПД* из всех машин, работающих между заданными нагревателем и холодильником.

4.10 Электрическая печь мощностью 1 кВт поддерживает в комнате температуру  $17^\circ\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-13^\circ\text{C}$ . Какая минимальная мощность потребовалась бы для теплового насоса, работающего по циклу Карно, для поддержания той же температуры в комнате?

4.11 Определите увеличение энтропии 200 г льда, растаявшего при  $0^\circ\text{C}$ . Удельная теплота плавления льда равна  $2,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ .

4.12 Чему равен *КПД* идеальной тепловой машины, работающей между нагревателем при температуре  $T_1$  и холодильником при температуре  $T_2$ ? Выведите формулу *КПД* идеальной тепловой машины.

4.13 Термопара представляет собой два соединенных спая разнородных металлических проволок, например, меди и константана. Если спаи поддерживать при разных температурах, то термопара действует как источник тока. На концах проволоки возникает ЭДС. Один спай термопары поместили в теплоизолированный контейнер с 1 кг льда, другой спай находится в комнате при постоянной температуре  $27^\circ\text{C}$ . Термопару подключили к кипятильнику, опущенному в стакан с 200 г воды. Оцените, на сколько нагреет кипятильник воду, пока



в контейнере не растает весь лед. Удельная теплота плавления льда равна  $2,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ .

4.14 В расчетах изменения энтропии всего мира при работе тепловой машины не учитывается изменение энтропии рабочего тела. Не совершается ли ошибка при этом? Ответ аргументируйте.

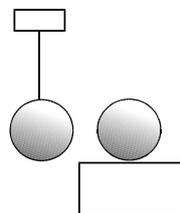
4.15 Сосуд объемом 2V разделен перегородкой пополам. В одной половине 1 моль идеального газа, а в другой — вакуум. Перегородку резко убрали, позволив газу

расшириться. Найдите изменение энтропии газа после установления теплового равновесия. Сосуд теплоизолирован.

4.16 Один моль идеального одноатомного газа изотермически расширился от объема  $V_1$  до объема  $V_2$  при температуре  $T$ . Увеличилась или уменьшилась энтропия газа при этом? На сколько?

4.17 Не противоречит ли результат действия теплового двигателя  превращение энергии хаотического движения молекул нагревателя в энергию упорядоченного движения молекул поршня  утверждению о том, что любой процесс в конце концов ведет к увеличению беспорядка, хаоса, к увеличению энтропии?

4.18 К двум совершенно одинаковым шарикам, один из которых висит на нетеплопроводной нити, а другой лежит на нетеплопроводной поверхности, подвели одинаковые количества теплоты при одной и той же температуре. Одинаково ли изменится энтропия шариков? Какие дополнительные данные надо иметь, чтобы количественно ответить на вопрос задачи?



### 5. Изменения энтропии и повышение теплового беспорядка

5.1 При адиабатическом расширении газа его температура уменьшается, значит динамический беспорядок уменьшается. Как же это можно связать с утверждением о том, что энтропия в адиабатическом процессе не изменяется?

5.2 Если энтропия является мерой беспорядка, то почему она возрастает при изотермическом расширении газа? Ведь при этом температура остается постоянной и динамический беспорядок не растет.

5.3 Одной из характеристик термодинамического состояния является число способов, которыми может быть осуществлено данное состояние. Разным состояниям отвечают разные числа способов. Какая характеристика состояния является показателем беспорядка?

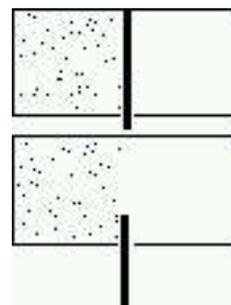
5.4 Почему состояние, обладающее большим беспорядком, наиболее вероятно?

5.5 Во сколько раз вероятность превышения плотности воздуха в два раза над наивероятнейшим значением в объемчике  $0,1 \text{ мм}^3$  меньше вероятности самого вероятного состояния? Полагайте, что  $P=10^5 \text{ Па}$ ,  $T=293 \text{ К}$ .

5.6 Как на языке вероятностей можно переформулировать утверждение: "Любая замкнутая термодинамическая система самопроизвольно переходит из состояния с меньшей энтропией в состояние с большей энтропией?". Как вероятность состояния связана с энтропией состояния?

5.7 Вещество, состоящее из молекул, имеющих магнитные моменты, помещено в магнитное поле и находится в состоянии теплового равновесия. Затем вещество защитили адиабатической оболочкой и выключили магнитное поле. Что при этом произойдет? Объясните происходящее.

5.8 Один из методов получения сверхнизких температур заключается в следующем. Парамагнитное вещество охлаждается в магнитном поле до возможно низкой температуры. Затем обеспечивают достаточно хорошую теплоизоляцию и выключают магнитное поле. При этом температура понижается. были достигнуты температуры  $10^{-4} \text{ К}$ . Объясните принцип данного способа охлаждения.



5.9 Рассмотрим сосуд с газом, разделенный пополам перегородкой. В одной половине газ, в другой - вакуум. Перегородку выдернули, предоставив газу распространяться по всему объему. Очевидно, что в первые мгновения после удаления перегородки вероятность того, что все молекулы будут находиться в одной половине сосуда близка к единице. С другой стороны, расчет

вероятности такого состояния дает  $P=2^{-N}$ , где  $N$  - число молекул в сосуде. Оказывается, что система находится в маловероятном состоянии с гораздо большей вероятностью. Объясните это противоречие.

5.10 Можно ли перевести систему из более вероятного в менее вероятное состояние? Если нельзя, то почему? Если можно, то каким способом?

5.11 Как выражается через разность энтропий двух состояний отношение вероятностей пребывания в этих состояниях при тепловом равновесии?

5.12 Какую работу надо совершить над системой, чтобы при температуре  $300\text{ K}$  перевести ее в  $e^{1000}$  раз менее вероятное состояние?

5.13 Частица со спином  $1/2$  и магнитным моментом  $9,28 \cdot 10^{-24}\text{ Дж/Тл}$  находится в магнитном поле индукции  $B=2,23\text{ Тл}$ . В каком отношении находятся времена пребывания частицы с магнитным моментом направленным по и против направления магнитной индукции? (Справка:  $e^{-x} \approx 1-x$  при  $x \ll 1$ ).

5.14 Поясните в терминах вероятных и невероятных состояний отличие обратимых от необратимых процессов.

5.15 Разъясните идею опытов Перрена по определению числа Авогадро.

5.16 Что такое шкала высоты? В каком отношении находятся шкалы высот гелия и молекулярного водорода? Одинаковые или нет шкалы высот одного и того же газа на Земле и на Марсе?

5.17 В тонкой взвеси концентрация частиц плавно убывает с высотой. Однако, если частицы взвеси достаточно крупные, то они оседают на дно, и никакого плавного распределения не наблюдается. Дайте этому объяснение.

## 6. Взаимодействие молекул и фазовые переходы

6.1 В чем состоит явление Джоуля-Томсона. Дайте качественное пояснение эффекту Джоуля-Томсона, исходя из представлений о взаимодействии молекул между собой. Какие изменения в эффекте следует ожидать при переходе от низких к высоким давлениям в газе? В чем физический недостаток модельной поправки на собственный объем?

6.2 Определите, сколько процентов от значения, предсказываемого уравнением состояния идеального газа составляет поправка для плотности азота, находящегося при комнатной температуре и атмосферном давлении. Тяжелее или легче "идеального" "реальный" азот? Для азота  $a=0,139\text{ Н}\cdot\text{м}^4\cdot\text{моль}^{-2}$ ,  $b=0,391\cdot 10^{-4}\text{ м}^3\cdot\text{моль}^{-1}$ .

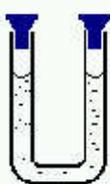
6.3 Какие физические свойства газа отражают поправки Ван-дер-Ваальса?

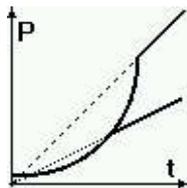
6.4 Какую долю от глубины потенциальной ямы парного взаимодействия двух молекул воды составляет средняя кинетическая энергия молекулы воды при комнатной температуре. Удельная теплоемкость льда  $1,5\cdot 10^3\text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ , удельная теплоемкость жидкой воды  $4,2\cdot 10^3\text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ , удельная теплота плавления льда  $3,32\cdot 10^5\text{ Дж/кг}$ , удельная теплота парообразования  $2,26\cdot 10^6\text{ Дж/кг}$ .

6.5 При каких температурах на изотермах газа Ван-дер-Ваальса имеются участки неустойчивости? Что собой представляют эти участки? Поясните, в чем заключается неустойчивость состояния газа на них?

6.6 На участках изотерм Ван-дер-Ваальса с положительным наклоном газ не может находиться в состоянии равновесия. Каким физическим состояниям отвечают участки непосредственно примыкающие к участкам неустойчивости? При каких условиях вещество можно наблюдать в этих состояниях?

6.7 В герметически закрытой U-образной трубке налита жидкость. Между пробками и жидкостью имеется свободное пространство. Как, не открывая трубку, узнать, есть ли в свободном пространстве помимо насыщенного пара воздух? Какое свойство насыщенных паров демонстрирует данное устройство?





6.8 Два графика зависимости давления паров в закрытом сосуде от времени изображены на рисунке. Одно и то же вещество или нет испарялось в обоих случаях? Объясните ход кривых (смену характера зависимости) и различие кривых.

6.9 Температура кипения соленой воды выше, чем температура кипения несоленой воды. Больше, меньше или равна плотность насыщенных паров над кипящей соленой водой, чем над несоленой? В чем состоит молекулярный механизм повышения температуры кипения при подсаливании воды?

6.10 Удельная теплота парообразования воды значительно больше, чем серного эфира. Почему же эфир, налитый на руку, производит значительно большее охлаждение, чем вода?

6.11 Почему приготовление пищи в горах требует значительно большего времени, чем при обычных условиях?

6.12 Кривая сосуществования лед-жидкая вода при давлении около  $2000 \text{ атм}$  изменяет свой наклон с отрицательного на положительный и идет вертикально. Что произойдет с системой лед-жидкая вода при переходе давления  $2000 \text{ атм}$ ?

6.13 Твердый галлий плавает в своем расплаве. Как зависит температура плавления галлия от давления?

6.14 Твердое железо тонет в своем расплаве. Как зависит температура плавления железа от давления?

6.15 На горизонтальную плоскость в вершины равностороннего треугольника положили три одинаковые капли ртути радиуса  $1 \text{ мм}$ . Сверху положили пластинку с грузом общей массы  $3 \text{ кг}$ . Чему равен зазор между пластинками в равновесии? Коэффициент поверхностного натяжения ртути  $\sigma = 0,515 \text{ Дж/м}^2$ .

6.16 При каких условиях можно получить перегретую жидкость? Объясните природу перегретого состояния. Что собой представляет пузырьковая камера?

6.17 Как можно получить переохлажденный пар? Объясните природу переохлажденного состояния. Что собой представляет камера Вильсона?

6.18 Над выпуклой или вогнутой поверхностью давление равновесных паров выше? Объясните причину.

6.19 Гейзер представляет собой расположенную на большой глубине полость в твердых породах, заполняющаяся грунтовыми водами. Полость нагревается геотермальным теплом. В результате через канал, соединяющий полость с поверхностью Земли, происходит периодическое выбрасывание смеси кипятка с паром. Объясните механизм действия гейзера.

## 7. Материал для самостоятельного изучения

7.1 В помещение нужно подать  $V = 10^4 \text{ м}^3$  воздуха при температуре  $t_1 = 18^\circ \text{C}$  и относительной влажности  $\phi = 50\%$ , забирая его с улицы при  $t_2 = 10^\circ \text{C}$  и относительной влажности  $\phi = 60\%$ . Сколько воды следует дополнительно испарить в подаваемый воздух? Давление насыщенного пара при  $t_1$  равно  $P_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Па}$ , а при  $t_2$  равно  $P_2 = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Па}$ .

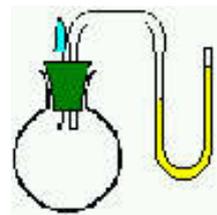
7.2 При какой максимальной относительной влажности воздуха на кухне бутылка молока, вынутая из холодильника, не будет запотевать? Температура в холодильнике  $t_1 = 5^\circ \text{C}$ , в комнате  $t_2 = 25^\circ \text{C}$ . Давление насыщенных паров воды при  $t_1$  равно  $P_1 = 866 \text{ Па}$ , при  $t_2$  равно  $P_2 = 3192 \text{ Па}$ .

7.3 В воздухе объемом  $60 \text{ м}^3$  при температуре  $15^\circ \text{C}$  относительная влажность составляла  $80\%$ . Определите массу воды, которая может испариться в комнате при повышении температуры до  $25^\circ \text{C}$ .

7.4 В русской парной одним из основных элементов является печь-каменка, заполненная раскаленными камнями. Температуру в парной увеличивают, выплескивая маленькие порции воды на камни. Почему, когда подбрасывают воду на раскаленные камни печи, в парной становится суше?

7.5 Для каких целей коробочка гигрометра вставляется в оправу из полированного колечка, теплоизолированного от коробочки? Каков главный источник ошибки определения относительной влажности с помощью гигрометра?

7.6 Метод дефицита влажности состоит в следующем. Сухую колбу продувают исследуемым воздухом. Затем колбу затыкают пробкой с двумя выводами: в одном выводе пипетка с водой, другой соединен с водяным манометром. В колбу капают некоторое количество капель воды. Наблюдается повышение давления внутри колбы. Объясните принцип определения абсолютной и относительной влажности данным методом. Для чего следует предварительно продувать колбу?



7.7 Что такое адиабатическая атмосфера? Чем обусловлена ее конвективная устойчивость? Что такое критический градиент температуры?

7.8 Объясните, почему при повышении влажности воздуха конвективная устойчивость атмосферы нарушается?

7.9 В предгорных областях наблюдается погодное явление именуемое фенотом. Скатывающиеся с гор массы воздуха являются очень сухими и теплыми. Фен оказывает иссушающее действие на растительность. Дайте физическое объяснение возникновения фена и его сухости.

7.10 Чем отличается пластическая деформация от упругой? Дайте словесный портрет зависимости напряжения от деформации в кристаллах.

7.11 Что собой представляет дислокация. Как представления о дислокациях объясняют низкий предел текучести?

7.12 Почему кованый клинок обладает большой прочностью?

7.18 Объясните зуб текучести.

7.19 Почему резиновый жгут сжимается при нагревании?

## 8. Тепловые и механические свойства твердых тел

8.1 Почему кристаллы раскалываются по плоскостям спайности? Как проходит плоскость спайности в гранецентрированном кристалле?

8.2 Как изучают молекулярное строение кристаллов? Объясните, почему успехи в изучении устройства сложных органических молекул (или даже вирусов) связаны с получением кристаллов из данных молекул?

8.3 Как можно оценить отношение среднего размаха тепловых колебаний молекулы в кристалле к среднему расстоянию между ближайшими соседями?

8.4 Как на основе молекулярных представлений объяснить закон Гука? Почему только при малых деформациях кристалла работает закон Гука?

8.5 В таблицах значений температур и удельных теплот плавления нет данных о стекле. Почему? С какими свойствами стекла связан этот факт?

8.6 Что такое полиморфизм? Какими специфическими чертами обладает полиморфный переход?

8.7 При  $13^{\circ}\text{C}$  происходит полиморфный переход олова. При этом оловянный образец может рассыпаться в песок (оловянная чума). Что можно сказать о параметрах кристаллических структур соседствующих модификаций олова? Почему происходит разрушение образца при переходе?

8.8 Как из данных о теплотах плавления и парообразования оценить глубину потенциальной ямы потенциала парного взаимодействия молекул?

8.9 Что можно сказать о наклоне кривой сосуществования жидкой и кристаллической фазы галлия, если твердый галлий плавает в своем расплаве?

8.10 Что можно сказать о наклоне кривой сосуществования жидкой и кристаллической фазы свинца, если твердый свинец тонет в своем расплаве?

8.11 Объясните, почему почти все металлы при комнатной температуре имеют одинаковую молярную теплоемкость. Чему она равна?

8.12 Почти все металлы в кристаллическом состоянии при комнатной температуре имеют одинаковую молярную теплоемкость, а вот кристалл алмаза имеет заметно меньшее значение молярной теплоемкости. С чем это связано?

8.13 В чем состоит основная идея Эйнштейна качественного объяснения уменьшения теплоемкости кристаллов при понижении температуры?

8.15 Гипосульфит плавится при температуре  $48^{\circ}\text{C}$ . Если расплав тщательно отфильтровать и залить в чистую посуду с полированными стенками, то расплав можно остудить до  $20^{\circ}\text{C}$ , и при этом он не закристаллизуется. Объясните, почему такое возможно.

8.16 Почему кристаллические тела расширяются при нагревании?

8.17 Как связано с видом потенциала парного взаимодействия явление теплового расширения кристаллов?

## 9. Основные статистические понятия. Равновесное излучение

9.1 Рассмотрим произвольную макроскопическую систему в тепловом равновесии при комнатной температуре. Воспользовавшись определением термодинамической температуры, найдите процентное увеличение числа состояний, доступных системе, при увеличении ее энергии на  $10^{-3}$  эВ.

9.2 Рассмотрим произвольную макроскопическую систему в тепловом равновесии при комнатной температуре. Предположим, что данная система поглотила единичный фотон видимого света (имеющего длину волны  $5 \cdot 10^{-7}$  м). Во сколько раз увеличилось число доступных системе состояний?

9.3 Система состоит из  $N$  частиц, слабо взаимодействующих друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . Не проводя точных вычислений, начертите график примерного хода средней энергии  $\langle E \rangle$  системы в зависимости от ее термодинамической температуры  $T$ .

9.4  $N$  частиц, слабо взаимодействуют друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . Не проводя точных вычислений, определите, чему равно значение средней энергии  $\langle E \rangle$  в пределах малой и большой температуры?

9.5 Система состоит из  $N$  частиц, слабо взаимодействующих друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . В какой области значений температуры происходит переход от низкотемпературного до высокотемпературного предельного значения средней энергии  $\langle E \rangle$ ?

9.6 Система состоит из  $N$  частиц, слабо взаимодействующих друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . Получите выражение средней энергии системы. Проведите качественный анализ результата.

9.7 Используя статистическую сумму, рассчитайте среднее значение энергии квантового осциллятора в состоянии теплового равновесия при температуре  $T$ .

9.8 Почему обмен энергией между излучением и веществом должен тормозить тепловое движение молекул?

9.9 Что такое спектральная плотность излучения? Какую спектральную плотность предсказывает теория Рэля-Джинса? В чем причина этого?

9.10 В виде плана изложите основные идеи теории равновесного излучения Рэля-Джинса.

9.11 Объясните, почему классическое рассмотрение теплового равновесия излучения и вещества приводит к несуразному результату - вся энергия должна быть сосредоточена в излучении.

9.12 Объясните, почему средняя энергия высокочастотной моды в состоянии теплового равновесия с веществом гораздо меньше, чем  $kBT$ .

9.13 Почему при повышении температуры раскаленного тела его цвет изменяется от красного к голубому? Почему раскаленные тела не бывают фиолетовыми?

9.14 Как, на ваш взгляд, с повышением температуры изменяется число электромагнитных мод, участвующих в теплообмене?

9.15 Как зависит от температуры излучательный вклад в теплоемкость?

9.16 В раскаленном цилиндре с поршнем, находящемся при постоянной температуре, нет ничего кроме излучения. Поршень вдвигают, уменьшая объем. Как изменяется при этом давление излучения? На что идет работа при уменьшении объема полости при этом?

9.17 Стенки полости объемом  $1\text{ л}$  нагреты до температуры  $1000\text{ К}$ . Какого цвета свет, выходящий из полости через отверстие?

9.18 Стенки полости объемом  $1\text{ л}$  нагреты до температуры  $1000\text{ К}$ . Определите энергию фотонов частоты, соответствующей максимуму спектральной плотности, в единицах  $kBT$ . Как изменится ответ, если температуру удвоить?

9.19 Объясните, почему фотоэлемент, выставленный на свет проекционной лампы накаливания, дает переменный сигнал с частотой  $100\text{ Гц}$ .

**4. Контрольно-измерительные материалы по формам текущей деятельности**  
(Номера заданий из источника [2] списка основной литературы)

| Модуль   | Формы работы  |   |                               |   |
|----------|---|---|-------------------------------|---|
|          | Решение задач   | Решение задач для самостоят. работы                     | Контрольн ые работы           | Примеры тем рефератов   |
| <b>1</b> | 1.1-1.5, 2.2-2.7, 3.1-3.5, 4.3-4.8, 5.1-5.10          | 1.6-1.19, 2.1, 2.3-2.18, 3.6-3.15, 4.10-4.20, 5.11-5.13 | 1.17, 2.16, 3.11, 4.12, 5.12  | 1. Становление представлений об атомах и молекулах<br>2. История формирования понятий “идеальный газ”, “реальный газ”.                                  |
| <b>2</b> | 6.1-6.5, 7.1-7.5, 8.1-8.5, 9.1-9.5                    | 6.6-6.15, 7.6-7.10, 8.6-8.12, 9.6-9.11                  | 6.12, 7.8, 8.9, 9.8           | 1. Случайные процессы в природе<br>2. Приложения теории случайных блужданий   |
| <b>3</b> | 10.1-10.5, 11.1-11.5, 12.1-12.5, 13.1-13.5, 14.1-14.4 | 10.6-10.9, 11.6-11.15, 12.6-12.13, 13.6-13.9, 14.6-14.8 | 10.7, 11.12, 12.9, 13.8, 14.7 | 1. Методы исследования явлений диффузии и самодиффузии<br>2. Методы исследования броуновского движения<br>3. Анизотропия физических свойств твердых тел |
| <b>4</b> | 15.1-15.5   | 15.6, 15.7  | 15.4-15.6                     | 1. Становление представлений о квантовой теории теплоемкости и излучения  |
|          |   |   |                               |   |

## **5. Правила техники безопасности**

При постановке всех физических опытов студенты должны соблюдать правила техники безопасности.

Неаккуратность, невнимательность, недостаточное знакомство с приборами ведут к несчастному случаю.

К любой работе можно приступать только в том случае, если все её этапы понятны и не вызывают никаких сомнений. При возникновении каких-либо неясностей следует немедленно обратиться к руководителю. Перед выполнением незнакомых операций, а также перед работой с новыми приборами каждый студент должен получить подробный инструктаж.

### ***РАБОТА С НАГРЕВАТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ***

Нагревательные приборы нельзя ставить на крышку стола, их нужно ставить на асбестовый картон или основание штатива.

По современным требованиям техники безопасности пользование плитками с открытой спиралью запрещено.

### ***РАБОТА С РЕАКТИВАМИ***

1. При составлении растворов кислоты запрещается наливать воду в кислоту.

2. При разбавлении концентрированной кислоты следует пользоваться только стеклянной посудой; при растворении щелочей – керамической, стеклянной или чугунной посудой.

3. Работу с растворами производить только в кювете.

4. Нельзя низко наклоняться над сосудами, в которые наливается раствор, т. к. капли могут попасть на лицо, в глаза.

5. Категорически запрещается выбрасывать в раковины несмешивающиеся с водой жидкости и твёрдые вещества, а также сильные яды.

### ***РАБОТА С РТУТЬЮ***

Металлическая ртуть и соединения весьма токсичны. Особую опасность представляют пары металлической ртути, поскольку они бесцветны, не имеют запаха, и, в то же время, поступая в организм в течение длительного периода даже в ничтожных концентрациях, приводят к тяжелейшим хроническим отравлениям.

В настоящее время в лабораториях, кроме специально оборудованных, запрещено использование приборов с открытой поверхностью ртути. В повседневной работе основными источниками опасности являются мелкие приборы, в которых ртуть хорошо изолирована, например ртутные манометры для измерения остаточного давления и ртутные термометры, при поломке которых пролитая ртуть может отравить помещение.

В случае попадания ртути на мебель, на приборы или на пол, следует немедленно сообщить об этом руководителю и организовать самую тщательную уборку всего помещения. Следует учитывать, что металлическая ртуть очень подвижна, и мельчайшие ее шарики могут разбегаться далеко, попадая в щели, трещины и прочие труднодоступные места. Прежде всего, следует тщательно собрать все видимые капли ртути, сметая их волосяной кисточкой в «фунтики» из гладкой бумаги, как в совок. Собранную ртуть помещают в толстостенные банки с водой. НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕЛЬЗЯ ВЫБРАСЫВАТЬ РТУТЬ В РАКОВИНЫ ИЛИ МУСОРНЫЕ ВЕДРА.

### ***РАБОТА С ОГНЕОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ***

Хотя гореть или поддерживать горение может большинство веществ и материалов, наибольшую опасность в пожарном отношении представляют легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) и горючие жидкости (ГЖ).

ЛВЖ и ГЖ занимают среди огнеопасных веществ особое место: они широко используются во многих лабораториях; их пары даже при комнатной температуре легко образуют с воздухом огнеопасные и взрывоопасные смеси. Максимальную осторожность следует проявлять при работе с диэтиловым эфиром. Его пары тяжелее воздуха и обладают свойством "растекаться" по поверхности лабораторного стола. Поэтому наличие огня, искрящего электрооборудования, раскалённых предметов и т. п. Даже на расстоянии

3-5 метров от места работы с эфиром может вызвать его вспышку. **ВОСПРЕЩАЕТСЯ РАБОТАТЬ С ОГНЕОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВБЛИЗИ ВКЛЮЧЕННЫХ ГОРЕЛОК ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ** — для воспламенения воздушно-газовой смеси достаточно искры, возникающей при пользовании электрическими выключателями, штепселями, и т. д.

Если случайно разольётся значительное количество горючих жидкостей, необходимо немедленно обесточить комнату общим рубильником, погасить огонь во всех источниках его, а место пролива засыпать песком, который затем надо собрать и вынести в место слива отходов ЛВЖ.

Залогом успешной ликвидации местных возгораний является оперативность и правильное применение средств огнетушения.

Применение **ПЕННЫХ ОГNETУШИТЕЛЕЙ** в лабораторных условиях неизбежно приводит к порче оборудования и может принести больше вреда, чем сама вспышка. Поэтому пенные огнетушители рекомендуют применять лишь для тушения крупных очагов пламени, когда другие средства мало эффективны.

Водой нельзя тушить не смешивающиеся с ней жидкости, например, бензин, петролейный эфир и др.

Небольшие очаги пламени иногда легко ликвидировать, засыпав их песком, накрыв асбестовым одеялом или мокрой тряпкой. Вместо песка часто используют сухие порошковые огнетушители. Наиболее предпочтительным средством огнетушения в условиях лабораторий является **УГЛЕКИСЛОТНЫЕ ОГNETУШИТЕЛИ**. Имеющийся в них диоксид углерода не содержит воды и не причиняет вреда оборудованию. Углекислотные огнетушители весьма удобны и эффективны для тушения практически любых вспышек и пожаров на небольшой площади. Ими нельзя пользоваться при горении одежды на человеке. В этом случае незаменимы асбестовые или **ВОЙЛОЧНЫЕ ОДЕЯЛА**.

При возникновении вспышки очень важно ликвидировать ее в самом начале. Если этого не удалось сделать в первые несколько секунд и горение усиливается, следует немедленно позвать на помощь товарищей и вызвать пожарную команду, не прекращая борьбы с огнем. От участка загорания необходимо удалить все горючие материалы, выключить вентиляцию, газ, нагревательные приборы.

При воспламенении электрических приборов или проводов следует в первую очередь отключить электричество общим рубильником, затем потушить огонь углекислотным огнетушителем или песком.

#### ***РАБОТА СО СТЕКЛОМ***

Стекло – хрупкий материал и выдерживает лишь незначительные механические нагрузки. Применение физической силы при работе со стеклянным оборудованием не допускается.

Существует много способов разъединения заклинившихся шлифов – осторожное нагревание муфты пламенем спиртовки, смачивание шлифа растворителями (например, спиртом), легкое постукивание по муфте деревянным молоточком и т. п.

Большую осторожность следует проявлять при монтаже приборов из стекла. Все металлические лапки должны иметь мягкую прокладку на соприкасающихся со стеклом поверхностях.

Внутренний диаметр резиновых шлангов, предназначенных для соединения отдельных частей прибора, должен быть лишь ненамного меньше диаметра соединяемых стеклянных трубок. При надевании шланга трубку держат как можно ближе к концу, шланг слегка поворачивают. Для уменьшения трения рекомендуется слегка смазать надеваемый конец трубки глицерином или вазелиновым маслом.

**ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПОСУДУ, ИМЕЮЩУЮ ТРЕЩИНЫ, КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.**

Осколки разбитой посуды убирают только с помощью щетки и совка, но ни в коем случае не руками.

При вскрытии ампул и разрезании стеклянной трубки небольшого диаметра необходимо обернуть их полотенцем, слегка надпилить в нужном месте гранью

напильника или специальным резцом (без нажима) и, упираясь в трубку большим пальцем с противоположной надпилу стороны, резко растянуть части трубки в разные стороны, слегка сводя их под углом. Если легкого усилия окажется недостаточно, следует углубить надпил и повторить описанный прием. **РАЗЛАМЫВАТЬ ТРУБКИ, НЕ ОБЕРНУВ ИХ ПРИ ЭТОМ ПОЛОТЕНЦЕМ, КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.**

Рекомендуется также прикоснуться к надпилу раскаленным гвоздем или стеклянной палочкой и сразу же смочить это место каплей воды. Края разрезанной трубки следует немедленно оплавить.

Стеклянные приборы и посуду больших размеров можно переносить только двумя руками.

Стекло не выдерживает резких перепадов температур. Процессы, требующие нагревания выше 100°С, рекомендуется проводить в посуде из термостойкого стекла. Особенно следует оберегать от неравномерного нагревания толстостенные стеклянные изделия- эксикаторы, колбы Бунзена, мерные цилиндры, массивные стеклянные краны и т. п. Их нельзя мыть очень горячей водой, помещать в разогретый сушильный шкаф, наливать в них горячие жидкости. В пробирках из термостойкого стекла наиболее уязвимы места спаев. При резком перепаде температур они могут дать трещину.

#### ***РАБОТА С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.***

- Не включать источник электропитания без проверки схемы преподавателем или лаборантом.

- Не прикасаться к проводкам, находящимся под напряжением.

- Перед включением прибора надо убедиться, соответствует ли напряжение, на которое рассчитан прибор, напряжению сети.

- Нельзя пользоваться для включения прибора голыми концами проводов.

- Не прикасаться одновременно к токоведущим частям и мокрой стенке или металлической конструкции.

- При регулировании силы тока реостатом необходимо начинать питание прибора при минимальном токе, увеличивая его постепенно до требуемой величины.

- При окончании работы отключить источник питания.

#### **Первая помощь при поражении электрическим током.**

В случае поражения электрическим током, прежде всего, необходимо сухими предметами, палками или другими непроводящими электрический ток предметами отделить пострадавшего от токонесущей части. Категорически воспрещается дотрагиваться голый рукой до находящегося под напряжением человека. Действовать нужно одной рукой.

Если пострадавший потерял сознание, необходимо срочно вызвать врача, а до его прихода делать искусственное дыхание. Пострадавшего следует уложить на чистом воздухе, расстегнуть одежду, дать понюхать нашатырного спирта, обрызгать водой, растереть и согреть тело.

Зав. Кафедрой:  
Инженер по ТБ:

### **3.2.3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ И ПЕРЕЧЕНЬ КОРРЕКТИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Этот раздел заполняется по мере необходимости, но не реже, чем 1 раз в 3 – 4 года.

После окончания изучения обучающимися учебной дисциплины ежегодно осуществляются следующие мероприятия:

- анализ результатов обучения обучающихся дисциплине на основе данных промежуточного и итогового контроля;
- рассмотрение, при необходимости, возможностей внесения изменений в соответствующие документы РПД, в том числе с учетом пожеланий заказчиков;
- формирование перечня рекомендаций и корректирующих мероприятий по оптимизации трехстороннего взаимодействия между обучающимися, преподавателями и потребителями выпускников профиля;
- рекомендации и мероприятия по корректированию образовательного процесса; заполняется специальная форма «Лист внесения изменений».

### 3.3.1. Карта литературного обеспечения дисциплины (включая электронные ресурсы)

Молекулярная физика

(наименование дисциплины)

**Для обучающихся образовательной программы**  
Уровень бакалавриата, 44.03.05 Педагогическое образование

(указать уровень, шифр и наименование направления подготовки.)

Физика и технология, очная форма

(указать профиль/ название программы и форму обучения)

| № п/п | Наименование   | Наличие место/ (кол-во экз.) | Потребность | Примечания |
|-------|--|------------------------------|-------------|------------|
|       | Обязательная литература  |                              |             |            |
|       | <b>Модуль 1</b>  |                              |             |            |
| 1     | Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.          | Библ, каф., /2               | 5           |            |
| 2     | А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.  | Библ. /1                     | 50          |            |
| 3     | В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..                                    | Библ., Каф., /20             | 20          |            |
| 4     | В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.           | Библ., Каф., /20             | 20          |            |
| 5     | Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с. | Библ., Каф., /10             | 15          |            |
| 6     | Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.   | Библ., Каф., Лаборатория /10 | 15          |            |
|       |  |                              |             |            |
|       | <b>Модуль 2</b>  |                              |             |            |
| 1     | Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.          | Библ, каф., /2               | 15          |            |
| 2     | А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.  | Библ. /1                     | 50          |            |
| 3     | В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..                                    | Библ., Каф., /20             | 20          |            |
| 4     | В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.           | Библ., Каф., /20             | 20          |            |
| 5     | Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук.                         | Библ., Каф., /10             | 15          |            |

|                 |   |                              |    |  |
|-----------------|---|------------------------------|----|--|
|                 | М.: Мир, 1967. – 264 с.   |                              |    |  |
| 6               | Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.  | Библ., Каф., Лаборатория /10 | 15 |  |
| <b>Модуль 3</b> |   |                              |    |  |
| 1               | Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.   | Библ, каф., /2               | 15 |  |
| 2               | А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.   | Библ. /1                     | 50 |  |
| 3               | В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..   | Библ., Каф., /20             | 20 |  |
| 4               | В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.  | Библ., Каф., /20             | 20 |  |
| 5               | Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.  | Библ., Каф., /10             | 15 |  |
| 6               | Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.  | Библ., Каф., Лаборатория /10 | 15 |  |
| 7               | И.В. Савельев, Курс общей физики: Молекулярная физика и термодинамика. М.: Наука, ФизМатЛит, 1998   | Библ., /10                   | 15 |  |
| 8               | А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. и др. Физические величины. Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с. | Библ., Каф., /2              | 15 |  |
| 9               | Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. Т. 2. М.: Наука, 1990. – 592 с.   | Библ., Каф., /10             | 15 |  |
| <b>Модуль 4</b> |   |                              |    |  |
| 1               | Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.   | Библ, каф., /2               | 15 |  |
| 2               | А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.   | Библ. /1                     | 50 |  |
| 3               | В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..   | Библ., Каф., /20             | 20 |  |
| 4               | Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.  | Библ., Каф., /10             | 15 |  |
| 5               | И.В. Савельев, Курс общей физики: Молекулярная физика и термодинамика. М.: Наука, ФизМатЛит, 1998   | Библ., /10                   | 15 |  |
| 6               | А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. и др. Физические величины. Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с. | Библ., Каф., /2              | 15 |  |
| 7               | Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. Т. 2. М.: Наука, 1990. – 592 с.   | Библ., Каф., /10             | 15 |  |
| 8               | Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. т. 8-9 М.: Мир, 1978. - 544 с.   | Библ, каф., /2               | 15 |  |

### 3.3.2. Карта материально-технической базы дисциплины

Молекулярная физика

(наименование дисциплины)

**Для обучающихся образовательной программы**

**Уровень бакалавриата, 44.03.05 Педагогическое образование**

(указать уровень, шифр и наименование направления подготовки,)

Физика и технология, очная форма

(указать профиль/ название программы и форму обучения)

| № п/п | Наименование   | Кол-во | Форма использования  | Ответственный |
|-------|--|--------|--|---------------|
|       | <b>Лаборатория молекулярной и атомной физики</b>                   |        |  |               |
| 1     | Наглядные пособия и демонстрационные материалы                     | 1      | Демонстрация на лекциях и лабораторных занятиях                                    | Зав. Лаборат. |
| 2     | Компьютеры   | 4      | Обеспечение автоматической обработки измерений при проведении лабораторных занятий | Зав. Лаборат. |
| 3     | Лабораторное стекло  | -      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |
| 4     | Электроизмерительные приборы (мультиметры, амперметры, вольтметры) | -      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |
| 5     | Блоки питания  | 6      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |
| 6     | Термопары и термометры сопротивления                               | -      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |
| 7     | Набор химических реактивов   | -      | Расходный материал для лабораторных работ  | Зав. Лаборат. |
| 8     | Штативы и крепеж   | -      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |
| 9     | Инструмент   | -      | Для монтажа установок  | Зав. Лаборат. |
| 10    | Комплект справочной литературы                                     | -      |  | Зав. Лаборат. |
| 11    | Осциллографы   | 2      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |
| 12    | Насосы   | 5      | В составе лабораторных установок   | Зав. Лаборат. |

|    |  |   |                                  |               |
|----|--|---|----------------------------------|---------------|
| 13 | Лазеры                                       | 1 | В составе лабораторных установок | Зав. Лаборат. |
| 14 | Реостаты                                     | - | В составе лабораторных установок | Зав. Лаборат. |
| 15 | Реохордный мост                              | 1 | В составе лабораторных установок | Зав. Лаборат. |
| 16 | Измеритель L-C                               | 1 | В составе лабораторных установок | Зав. Лаборат. |
| 17 | Цифровая измерительная лаборатория "L-micro" | 1 |                                  | Зав. Лаборат. |
| 18 | Цифровая измерительная лаборатория "Архимед" | 1 |                                  | Зав. Лаборат. |

## Лист внесения изменений

Дополнения и изменения в учебной программе на 2018 / 2019 учебный год

В учебную программу вносятся следующие изменения:

1. Список литературы обновлен учебными и учебно-методическими изданиями, электронными образовательными ресурсами. Обновлен перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем.

2. Обновлен перечень лицензионного программного обеспечения.

3. В фонд оценочных средств внесены изменения в соответствии приказом «Об утверждении Положения о фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой (государственной итоговой) аттестации» от 28.04.2018 №297 (п)

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

"20" мая 2018 г., протокол № 7

Внесенные изменения утверждаю

Заведующий кафедрой

 (Тселенко В.В.)

Декан факультета (директор института)



" 20 " мая 2018 г.