


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 8 от « 25 » июня 20 20 г.

Согласовано:  
Председатель УМК института

Зав. кафедрой  / Балапанов М.Х.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

дисциплина «ФП Молекулярная физика»

(наименование дисциплины)

**Б1.Б.09.02, базовая часть**

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

**программа бакалавриата**

Направление подготовки

**03.03.01 Прикладные математика и физика**

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность подготовки


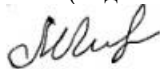

**Моделирование физических процессов и технологий**

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

**Бакалавр**

(указывается квалификация)

|   |  |
|---|--|
| <p>Разработчики (составители)<br/><u>старший преподаватель</u><br/>(должность, ученая степень, ученое звание)</p> <p><u>к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики</u><br/>(должность, ученая степень, ученое звание)</p> <p><u>к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики</u><br/>(должность, ученая степень, ученое звание)</p> | <p> / <u>Шафеев Р.Р.</u><br/>(подпись, Фамилия И.О.)</p> <p> / <u>Гирфанова Ф.М.</u><br/>(подпись, Фамилия И.О.)</p> <p> / <u>Заманова Г.И.</u><br/>(подпись, Фамилия И.О.)</p> |
|---|--|

Для приема: 2020

Уфа 2020 г.

Составители: старший преподаватель Шафеев Р.Р.,  
доцент Гирфанова Ф.М.,  
доцент Заманова Г.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики «25»  
июня 2020 г. протокол № 8

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на  
заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на  
заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на  
заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на  
заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

## Список документов и материалов

|  |    |
|--|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы  | 4  |
| 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы   | 6  |
| 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)  | 6  |
| 4. Фонд оценочных средств по дисциплине  | 7  |
| 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания  | 7  |
| 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | 11 |
| 4.3. Рейтинг-план дисциплины   | 19 |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины   | 20 |
| 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины  | 20 |
| 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины  | 20 |
| 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине   | 22 |
| Приложение 1   | 24 |

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «ФП Молекулярная физика» направлен на формирование следующих компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 03.03.01 «Прикладные математика и физика» (квалификации «Бакалавр»):

Выпускник, освоивший программу, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК) и профессиональными компетенциями (ПК):

- способностью понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации (ОПК-3);
- готовностью выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3);
- способностью критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4).

| Результаты обучения |  | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Примечание |
|---------------------|--|--|------------|
| Знания              | Знать:<br>– основные понятия, законы, модели и методы изучаемых дисциплин;<br>– концепции, лежащие в основе современных физических и математических теорий;<br>– границы применимости различных физических понятий, законов и теорий;<br>– границы применимости математического аппарата и методов.  | ОПК-3                                      |            |
|                     | Знать:<br>– основные теоретические и экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– основные математические методы решения задач в предметной области.   | ПК-3                                       |            |
|                     | Знать:<br>– основные экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– математические методы решения прикладных задач;<br>– основы языков программирования и технологии программирования;<br>– этапы решения задач на компьютере;<br>– принципы использования программных пакетов для решения научных и прикладных задач. | ПК-4                                       |            |
| Умения              | Уметь:<br>– понимать, излагать и применять основные понятия и концепции современных естественно-научных теорий при решении   | ОПК-3                                      |            |

|  |   |       |  |
|--|---|-------|--|
|  | теоретических и практических задач.   |       |  |
|  | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять основные инструменты и методы теоретических и экспериментальных исследований при решении задач;</li> <li>– использовать математический аппарат для решения задач в избранной предметной области.</li> </ul>  | ПК-3  |  |
|  | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составлять математические модели физических процессов;</li> <li>– оценивать применимость средств и методов применяемых для решения прикладных задач в предметной области;</li> <li>– осуществлять анализ и интерпретацию результатов исследования, рассчитать погрешность результатов и оценить степень их достоверности;</li> <li>– применять современные программные средства для решения научных и прикладных задач.</li> </ul> | ПК-4  |  |
| Владения<br>(навыки /<br>опыт<br>деятельности) | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– понятийным аппаратом и методами решения профессиональных задач;</li> <li>– ключевыми аспектами физических и математических теорий.</li> </ul>  | ОПК-3 |  |
|  | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способами решения задач в предметной области;</li> <li>– методами обработки результатов теоретических и экспериментальных исследований;</li> <li>– способностью выбирать и применять подходящие для решения задач оборудование и инструменты.</li> </ul>   | ПК-3  |  |
|  | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проведения физического эксперимента;</li> <li>– методами оценки погрешности измерений;</li> <li>– навыками разработки программ на языках программирования высокого уровня с использованием различных методологий;</li> <li>– навыками применения математического аппарата для решения физических задач;</li> <li>– навыками компьютерного моделирования в пакетах прикладных программ.</li> </ul>                       | ПК-4  |  |

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «ФП Молекулярная физика» относится к базовой части и входит в модуль «Общий физпрактикум».

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Целью учебной дисциплины «ФП Молекулярная физика» являются: изучение основных физических явлений и законов физики, методов физического исследования; формирование правильного понимания границ применимости различных физических понятий, законов, теорий, умение оценить достоверность результатов, полученных с помощью экспериментальных методов исследования; выработка у студентов приемов и навыков решения конкретных задач из разных областей физики.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математический анализ и аналитическая геометрия. А именно: владеть основами дифференциального и интегрального исчисления, решать простейшие дифференциальные уравнения; вычислять производные и определенные и неопределенные интегралы от основных математических функций, использовать свойства векторов, уметь делать геометрические построения и вести расчеты по этим чертежам.

По окончании изучения дисциплины «ФП Молекулярная физика» студент должен знать основные физические явления и законы: молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Студент должен уметь: решать физические задачи по всем темам; проводить экспериментальные исследования различных физических явлений, оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных методов исследований, проводить оценку погрешностей измерений.

Объем дисциплины «ФП Молекулярная физика» составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе 48.2 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем. Итоговая форма контроля: зачет (по всей дисциплине).

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении 1

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции **ОПК-3**

– способность понимать ключевые аспекты и концепции в области их специализации.

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения  |  |
|-------------------------------------|---|---|--|
|                                     |   | «Не зачтено»<br>Студент набрал от 0 –до 59 баллов   | «Зачтено»<br>Студент набрал от 60 – до 100 баллов  |
| Первый этап (знания)                | Знать:<br>– основные понятия, законы, модели и методы изучаемых дисциплин;<br>– концепции, лежащие в основе современных физических и математических теорий;<br>– границы применимости различных физических понятий, законов и теорий;<br>– границы применимости математического аппарата и методов. | Студент не знает или знает с грубыми ошибками:<br>– основные понятия, законы, модели и методы изучаемых дисциплин;<br>– концепции, лежащие в основе современных физических и математических теорий;<br>– границы применимости различных физических понятий, законов и теорий;<br>– границы применимости математического аппарата и методов. | Студент знает или знает с незначительными ошибками:<br>– основные понятия, законы, модели и методы изучаемых дисциплин;<br>– концепции, лежащие в основе современных физических и математических теорий;<br>– границы применимости различных физических понятий, законов и теорий;<br>– границы применимости математического аппарата и методов. |
| Второй этап (умения)                | Уметь:<br>– понимать, излагать и применять основные понятия и концепции современных естественно-научных теорий при решении теоретических и практических задач.  | Студент не умеет или умеет с грубыми ошибками:<br>– понимать, излагать и применять основные понятия и концепции современных естественно-научных теорий при решении теоретических и практических задач.  | Студент умеет или умеет с незначительными ошибками:<br>– понимать, излагать и применять основные понятия и концепции современных естественно-научных теорий при решении теоретических и практических задач.  |

|                                |  |  |   |
|--------------------------------|--|--|---|
| Третий этап (владеет навыками) | Владеть:<br>– понятийным аппаратом и методами решения профессиональных задач;<br>– ключевыми аспектами физических и математических теорий. | Студент не владеет или владеет с грубыми ошибками:<br>– понятийным аппаратом и методами решения профессиональных задач;<br>– ключевыми аспектами физических и математических теорий. | Студент владеет или владеет с незначительными ошибками:<br>– понятийным аппаратом и методами решения профессиональных задач;<br>– ключевыми аспектами физических и математических теорий. |
|--------------------------------|--|--|---|

Код и формулировка компетенции **ПК-3**

– готовность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  | Критерии оценивания результатов обучения   |   |
|-------------------------------------|--|--|---|
|                                     |  | «Не зачтено»<br>Студент набрал от 0 – до 59 баллов   | «Зачтено»<br>Студент набрал от 60 – до 100 баллов   |
| Первый этап (знания)                | Знать:<br>– основные теоретические и экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– основные математические методы решения задач в предметной области.                               | Студент не знает или знает с грубыми ошибками:<br>– основные теоретические и экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– основные математические методы решения задач в предметной области.                               | Студент знает или знает с незначительными ошибками:<br>– основные теоретические и экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– основные математические методы решения задач в предметной области.                               |
| Второй этап (умения)                | Уметь:<br>– применять основные инструменты и методы теоретических и экспериментальных исследований при решении задач;<br>– использовать математический аппарат для решения задач в избранной предметной области. | Студент не умеет или умеет с грубыми ошибками:<br>– применять основные инструменты и методы теоретических и экспериментальных исследований при решении задач;<br>– использовать математический аппарат для решения задач в избранной предметной области. | Студент умеет или умеет с незначительными ошибками:<br>– применять основные инструменты и методы теоретических и экспериментальных исследований при решении задач;<br>– использовать математический аппарат для решения задач в избранной предметной области. |



|                                  |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Третий этап (владеение навыками) | Владеть:<br>– способами решения задач в предметной области;<br>– методами обработки результатов теоретических и экспериментальных исследований;<br>– способностью выбирать и применять подходящие для решения задач оборудование и инструменты. | Студент не владеет или владеет с грубыми ошибками:<br>– способами решения задач в предметной области;<br>– методами обработки результатов теоретических и экспериментальных исследований;<br>– способностью выбирать и применять подходящие для решения задач оборудование и инструменты. | Студент владеет или владеет с незначительными ошибками:<br>– способами решения задач в предметной области;<br>– методами обработки результатов теоретических и экспериментальных исследований;<br>– способностью выбирать и применять подходящие для решения задач оборудование и инструменты. |
|----------------------------------|---|---|--|

Код и формулировка компетенции **ПК-4**

– способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов.

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  | Критерии оценивания результатов обучения   |   |
|-------------------------------------|--|--|---|
|                                     |  | «Не зачтено»<br>Студент набрал от 0 – до 59 баллов   | «Зачтено»<br>Студент набрал от 60 – до 100 баллов   |
| Первый этап (знания)                | Знать:<br>– основные экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– математические методы решения прикладных задач;<br>– основы языков программирования и технологии программирования;<br>– этапы решения задач на компьютере;<br>– принципы использования программных пакетов для решения научных и прикладных задач. | Студент не знает или знает с грубыми ошибками:<br>– основные экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– математические методы решения прикладных задач;<br>– основы языков программирования и технологии программирования;<br>– этапы решения задач на компьютере;<br>– принципы использования программных пакетов для решения научных и прикладных задач. | Студент знает или знает с незначительными ошибками:<br>– основные экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– математические методы решения прикладных задач;<br>– основы языков программирования и технологии программирования;<br>– этапы решения задач на компьютере;<br>– принципы использования программных пакетов для решения научных и прикладных задач. |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p>Второй этап (умения)</p>            | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составлять математические модели физических процессов;</li> <li>– оценивать применимость средств и методов применяемых для решения прикладных задач в предметной области;</li> <li>– осуществлять анализ и интерпретацию результатов исследования, рассчитать погрешность результатов и оценить степень их достоверности;</li> <li>– применять современные программные средства для решения научных и прикладных задач.</li> </ul> | <p>Студент не умеет или умеет с грубыми ошибками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составлять математические модели физических процессов;</li> <li>– оценивать применимость средств и методов применяемых для решения прикладных задач в предметной области;</li> <li>– осуществлять анализ и интерпретацию результатов исследования, рассчитать погрешность результатов и оценить степень их достоверности;</li> <li>– применять современные программные средства для решения научных и прикладных задач.</li> </ul> | <p>Студент умеет или умеет с незначительными ошибками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составлять математические модели физических процессов;</li> <li>– оценивать применимость средств и методов применяемых для решения прикладных задач в предметной области;</li> <li>– осуществлять анализ и интерпретацию результатов исследования, рассчитать погрешность результатов и оценить степень их достоверности;</li> <li>– применять современные программные средства для решения научных и прикладных задач.</li> </ul> |
| <p>Третий этап (владение навыками)</p> | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проведения физического эксперимента;</li> <li>– методами оценки погрешности измерений;</li> <li>– навыками разработки программ на языках программирования высокого уровня с использованием различных методологий;</li> <li>– навыками применения математического аппарата для решения физических задач;</li> <li>– навыками компьютерного моделирования в пакетах прикладных программ.</li> </ul>                       | <p>Студент не владеет или владеет с грубыми ошибками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проведения физического эксперимента;</li> <li>– методами оценки погрешности измерений;</li> <li>– навыками разработки программ на языках программирования высокого уровня с использованием различных методологий;</li> <li>– навыками применения математического аппарата для решения физических задач;</li> <li>– навыками компьютерного моделирования в пакетах прикладных программ.</li> </ul>                     | <p>Студент владеет или владеет с незначительными ошибками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проведения физического эксперимента;</li> <li>– методами оценки погрешности измерений;</li> <li>– навыками разработки программ на языках программирования высокого уровня с использованием различных методологий;</li> <li>– навыками применения математического аппарата для решения физических задач;</li> <li>– навыками компьютерного моделирования в пакетах прикладных программ.</li> </ul>                     |

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

| Этапы освоения     | Результаты обучения  | Компетенция | Оценочные средства   |
|--------------------|--|-------------|--|
| 1-й этап<br>Знания | Знать:<br>– основные понятия, законы, модели и методы изучаемых дисциплин;<br>– концепции, лежащие в основе современных физических и математических теорий;<br>– границы применимости различных физических понятий, законов и теорий;<br>– границы применимости математического аппарата и методов.  | ОПК-3       | Проверка на соответствие требованиям обработки результатов измерений и оформления отчета. Защита лабораторной работы (устный опрос). |
|                    | Знать:<br>– основные теоретические и экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– основные математические методы решения задач в предметной области.   | ПК-3        |  |
|                    | Знать:<br>– основные экспериментальные методы исследования физических процессов и законов;<br>– математические методы решения прикладных задач;<br>– основы языков программирования и технологии программирования;<br>– этапы решения задач на компьютере;<br>– принципы использования программных пакетов для решения научных и прикладных задач. | ПК-4        |  |
| 2-й этап<br>Умения | Уметь:<br>– понимать, излагать и применять основные понятия и концепции современных естественно-научных теорий при решении теоретических и практических задач.   | ОПК-3       | Проверка на соответствие требованиям обработки результатов измерений и оформления отчета. Защита лабораторной работы (устный опрос). |
|                    | Уметь:<br>– применять основные инструменты и методы теоретических и экспериментальных исследований при решении задач;<br>– использовать математический аппарат для решения задач в избранной предметной области.   | ПК-3        |  |

|                                  |   |       |   |
|----------------------------------|---|-------|---|
|                                  | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– составлять математические модели физических процессов;</li> <li>– оценивать применимость средств и методов применяемых для решения прикладных задач в предметной области;</li> <li>– осуществлять анализ и интерпретацию результатов исследования, рассчитать погрешность результатов и оценить степень их достоверности;</li> <li>– применять современные программные средства для решения научных и прикладных задач.</li> </ul> | ПК-4  |   |
| 3-й этап<br><br>Владеть навыками | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– понятийным аппаратом и методами решения профессиональных задач;</li> <li>– ключевыми аспектами физических и математических теорий.</li> </ul>  | ОПК-3 | <p>Проверка на соответствие требованиям обработки результатов измерений и оформления отчета.<br/>Защита лабораторной работы (устный опрос).</p> |
|                                  | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способами решения задач в предметной области;</li> <li>– методами обработки результатов теоретических и экспериментальных исследований;</li> <li>– способностью выбирать и применять подходящие для решения задач оборудование и инструменты.</li> </ul>   | ПК-3  |   |
|                                  | <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проведения физического эксперимента;</li> <li>– методами оценки погрешности измерений;</li> <li>– навыками разработки программ на языках программирования высокого уровня с использованием различных методологий;</li> <li>– навыками применения математического аппарата для решения физических задач;</li> <li>– навыками компьютерного моделирования в пакетах прикладных программ.</li> </ul>                       | ПК-4  |   |

## **Лабораторные работы**

### **Структура лабораторных работ**

Студент выполняет за отведенное время по учебному плану минимум 10 лабораторных работ. Учебно-методические пособия в лаборатории по каждой лабораторной работе имеется. На выполнение одной лабораторной работы студент должен потратить не менее 4 часов и не более 5 часов аудиторной работы. Под выполнением лабораторной работы понимается: получение допуска к измерениям (наличие конспекта в тетради и знание устройства и принципа работы лабораторной установки); выполнение измерений; выполнение письменного отчета в тетради, защита лабораторной работы (ответы на вопросы в конце учебно-методического пособия).

### **Тематика лабораторных работ**

#### **Молекулярная физика (ауд. №308)**

- №1. Определение коэффициента вязкости воздуха капиллярным методом.
- №2. Определение отношения удельных теплоемкостей газов методом Клемана и Дезорма.
- №3. Определение коэффициента теплопроводности методом нагретой нити.
- №4. Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния.
- №5. Определение средней длины свободного пробега молекул воздуха.
- №6. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объёме.
- №7. Определение коэффициента объёмного расширения жидкости по методу Дюлонга и Пти.
- №8. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости в капиллярных трубках.
- №9. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения раствора от концентрации и температуры.
- №10. Определение коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса.
- №11. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.
- №12. Определение скорости звука в воздухе и отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны.
- №13. Определение теплоемкости твёрдых тел.
- №14. Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара.
- №15. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объёме резонансным методом.
- №16. Определение теплоты парообразования воды.
- №18. Определение теплоты плавления металла и приращения энтропии.

Выполнение 10 лабораторных работ студентом – является условием получения зачета по дисциплине.

**Образец выполнения обработки результатов измерений и оформления отчета**  
(на примере лабораторной работы №1 по механике)

**1. Обработка результатов прямых измерений**

1. Результаты измерений записать в таблицу 1:

Таблица 1.

| №<br>п/п     | $x_i$<br>(мм) | $\Delta x_i$<br>(мм) | $(\Delta x_i)^2$<br>(мм) <sup>2</sup> | $y_i$<br>(мм) | $\Delta y_i$<br>(мм) | $(\Delta y_i)^2$<br>(мм) <sup>2</sup> | $z_i$<br>(мм) | $\Delta z_i$<br>(мм) | $(\Delta z_i)^2$<br>(мм) <sup>2</sup> |
|--------------|---------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1            | 8             | 0,6                  | 0,36                                  | 12            | 0,2                  | 0,04                                  | 35            | 0,4                  | 0,16                                  |
| 2            | 9             | -0,4                 | 0,16                                  | 12            | 0,2                  | 0,04                                  | 36            | -0,6                 | 0,36                                  |
| 3            | 8             | 0,6                  | 0,36                                  | 13            | -0,8                 | 0,64                                  | 36            | -0,6                 | 0,36                                  |
| 4            | 9             | -0,4                 | 0,16                                  | 12            | 0,2                  | 0,04                                  | 35            | 0,4                  | 0,16                                  |
| 5            | 9             | -0,4                 | 0,16                                  | 12            | 0,2                  | 0,04                                  | 35            | 0,4                  | 0,16                                  |
| Ср.<br>знач. | 8,6           | 0                    | $\Sigma=1,2$                          | 12,2          | 0                    | $\Sigma=0,8$                          | 35,4          | 0                    | $\Sigma=1,2$                          |

2. Вычислить среднее значение из n измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{8+9+8+9+9}{5} = \frac{43}{5} = 8,6 \text{ мм};$$

$$\bar{y} = \frac{12+12+13+12+12}{5} = \frac{61}{5} = 12,2 \text{ мм};$$

$$\bar{z} = \frac{35+36+36+35+35}{5} = \frac{177}{5} = 35,4 \text{ мм}.$$

Результаты средних значений записать в таблицу 1.

3. Найти погрешности отдельных измерений:

$$\Delta x_1 = 8,6 - 8 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\Delta x_2 = 8,6 - 9 = -0,4 \text{ мм};$$

$$\Delta x_3 = 8,6 - 8 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\Delta x_4 = 8,6 - 9 = -0,4 \text{ мм};$$

$$\Delta x_5 = 8,6 - 9 = -0,4 \text{ мм}.$$

Аналогично определяем  $\Delta y_i$ ,  $\Delta z_i$ . Результаты заносим в таблицу 1.

4. Вычислить квадраты погрешностей отдельных измерений  $(\Delta x_i)^2$ ,  $(\Delta y_i)^2$ ,  $(\Delta z_i)^2$ :

$$(\Delta x_1)^2 = (0,6)^2 = 0,36 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_2)^2 = (-0,4)^2 = 0,16 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_3)^2 = (0,6)^2 = 0,36 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_4)^2 = (-0,4)^2 = 0,16 \text{ мм}^2;$$

$$(\Delta x_5)^2 = (-0,4)^2 = 0,16 \text{ мм}^2.$$

Аналогично определяем  $(\Delta y_i)^2$ ,  $(\Delta z_i)^2$ . Результаты заносим в таблицу 1.

5. Найти сумму квадратов погрешностей отдельных измерений:

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta x_i)^2 = 0,36 + 0,16 + 0,36 + 0,16 + 0,16 = 1,2 \text{ мм}^2;$$

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta y_i)^2 = 0,04 + 0,04 + 0,64 + 0,04 + 0,04 = 0,8 \text{ мм}^2;$$

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta z_i)^2 = 0,16 + 0,36 + 0,36 + 0,16 + 0,16 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

Значения записать в таблицу 1.

6. Определить выборочную дисперсию среднего арифметического:

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}$$

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{1,2}{20} = 0,06;$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{0,8}{20} = 0,04;$$

$$S_{\bar{z}}^2 = \frac{1,2}{20} = 0,06.$$

7. Задать значение доверительной вероятности  $\alpha = 0,95$ .

8. Определить по таблице 2 значения коэффициентов Стьюдента (при  $n = 5$  и  $n = \infty$  измерениях  $t_{\alpha, n} = 2,8$  и  $t_{\alpha\infty} = 2,0$ ).

9. Найти доверительный интервал (абсолютную погрешность измерения) по формуле:

$$\Delta x = \sqrt{S_{\bar{x}}^2 (t_{\alpha n})^2 + \left(\frac{t_{\alpha\infty}}{3}\right)^2 \cdot \delta^2},$$

где  $\delta$  – приборная погрешность ( для линейки она равна  $\delta = 0,5$ ).

Таблица 2

| $n$      | Значение $\alpha$ |     |     |     |      |      |      |       |
|----------|-------------------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
|          | 0,5               | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,999 |
| 2        | 1                 | 2   | 3,1 | 6,3 | 12,7 | 31,8 | 63,7 | 636,6 |
| 3        | 0,82              | 1,3 | 1,9 | 2,9 | 4,1  | 7,0  | 9,9  | 31,6  |
| 4        | 0,77              | 1,3 | 1,6 | 2,9 | 3,2  | 4,5  | 5,8  | 12,9  |
| 5        | 0,74              | 1,2 | 1,5 | 2,1 | 2,8  | 3,7  | 4,6  | 8,6   |
| 6        | 0,73              | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 2,6  | 3,4  | 4,0  | 6,9   |
| 7        | 0,72              | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 2,4  | 3,1  | 3,7  | 6,0   |
| 8        | 0,71              | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 2,4  | 3,0  | 3,5  | 5,4   |
| 9        | 0,71              | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 2,3  | 2,9  | 3,4  | 5,0   |
| 10       | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,3  | 1,8  | 3,3  | 4,8   |
| 11       | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2  | 2,8  | 3,2  | 4,6   |
| 12       | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2  | 2,7  | 3,1  | 4,5   |
| 13       | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2  | 2,7  | 3,1  | 4,3   |
| 14       | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,2  | 2,7  | 3,0  | 4,2   |
| 15       | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,8 | 2,1  | 2,6  | 3,0  | 4,1   |
| $\infty$ | 0,70              | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 2,0  | 2,3  | 2,6  | 3,3   |

$$\Delta x = \sqrt{0,06 \cdot (2,8)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \cdot (0,5)^2} = \sqrt{0,47 + 0,11} = \sqrt{0,58} = 0,8 \text{ мм};$$

$$\Delta y = \sqrt{0,04 \cdot (2,8)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \cdot (0,5)^2} = \sqrt{0,31 + 0,11} = \sqrt{0,42} = 0,7 \text{ мм};$$

$$\Delta z = \sqrt{0,06 \cdot (2,8)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \cdot (0,5)^2} = \sqrt{0,47 + 0,11} = \sqrt{0,58} = 0,8 \text{ мм}.$$

10. Оценить относительную погрешность измерения:

$$\varepsilon_{\bar{x}} = \frac{\Delta x}{\bar{x}}; \quad \varepsilon_x = \frac{0,76}{8,6} = 0,088; \quad \varepsilon_y = \frac{0,65}{12,2} = 0,053; \quad \varepsilon_z = \frac{0,76}{35,4} = 0,021.$$

11. Окончательный результат записать в виде:

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \text{ мм}; \quad x = (8,6 \pm 0,8) \text{ мм}; \quad y = (12,2 \pm 0,7) \text{ мм}; \quad z = (35,4 \pm 0,8) \text{ мм}.$$

## 2. Обработка результатов косвенных измерений

(на примере определения объема тела)

Для косвенных измерений предлагается следующий порядок обработки результатов:

1. Вычисляется среднее значение функции: ( $\bar{U} = f(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \dots)$ ).

2. Для каждой конкретной лабораторной работы выводится формула косвенной погрешности:

$$\Delta U = \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots}$$

где  $\frac{\partial U}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial U}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial U}{\partial z}$ , частные производные по одной переменной  $x, y, z$  соответственно, другие

переменные при этом считаются постоянными величинами. В большинстве случаев удобнее пользоваться формулой для относительной погрешности:

$$\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{\bar{U}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots}}{\bar{U}} = \sqrt{\left(\frac{\frac{\partial U}{\partial x} \Delta x}{\bar{U}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial y} \Delta y}{\bar{U}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial z} \Delta z}{\bar{U}}\right)^2 + \dots}$$

3. Вычислив  $\bar{U}$  и  $\varepsilon_U$ , нужно найти абсолютную погрешность:

$$\Delta U = \varepsilon_U \cdot \bar{U}.$$

4. Окончательный результат записывается в виде:  $U = \bar{U} \pm \Delta U$ .

Выше были даны общие формулы, которые будут использованы в дальнейшем при обработке результатов косвенных измерений. Ниже показан пример обработки результатов косвенных измерений.

1. Найти среднее значение объема тела:

$$\bar{V} = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z}$$

$$\bar{V} = 8,6 \cdot 12,2 \cdot 35,4 = 3714,17 \text{ мм}^3$$

2. Найти относительную погрешность  $\varepsilon_V$  объема:

$$\varepsilon_V = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\bar{y}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta z}{\bar{z}}\right)^2} = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2};$$

$$\varepsilon_V = \sqrt{(0,088)^2 + (0,053)^2 + (0,021)^2} = \sqrt{0,0077 + 0,0028 + 0,000044} = 0,10.$$

3. Определить абсолютную погрешность определения объема тела:

$$\Delta V = \bar{V} \cdot \varepsilon_V;$$

$$\Delta V = 3714,17 \cdot 0,10 = 371,4 \text{ мм}^3.$$

Результат измерений представляет собой приближенное число, точность которого определяется погрешностью. Приближенное число принято записывать так, чтобы погрешность последней цифры не превышала десяти единиц соответствующего разряда.

При такой записи все цифры числа, кроме последней, будут верными. Последняя цифра числа называется сомнительной, все цифры правее сомнительной – неверными. В приближенном числе сохраняют одну неверную цифру. Например, если результат измерений равен 1, 2763, а абсолютная погрешность – 0,02, то окончательный результат будет (1,28 ± 0,02), где отброшены две неверные цифры, оставлены две верные и одна сомнительная.

4. Округлить результаты измерений и записать окончательный результат:

$$V = (\bar{V} \pm \Delta V), \quad V = (3714,2 \pm 371,4) \text{ мм}^3. \quad \varepsilon_V = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\%, \quad \varepsilon_V = 10\%.$$



После завершения обработки результатов прямых и косвенных измерений, исходя из цели лабораторной работы и анализа полученных результатов, пишется вывод.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **3 балла** выставляется студенту, если отчет выполнен по всем требованиям, аккуратно и без ошибок;
- **1-2 балла** выставляется студенту, если отчет выполнен по требованиям, но неаккуратно и допущены ошибки;
- **0 баллов** выставляется студенту, если отчет не выполнен.

**Защита лабораторной работы (устный опрос)**

**Структура устного опроса:**

Устный опрос состоит из четырех теоретических вопросов, на которые студент должен в течение 60 минут дать в устном виде или в письменном виде развернутый ответ.

**Примерные вопросы для проведения устного опроса:**

1. Макросистемы. Статистический и термодинамический методы.
2. Основные понятия молекулярной физики Массы атомов и молекул.
3. Состояние термодинамической системы. Процесс.
4. Внутренняя энергия системы. Работа при изменениях объема.
5. Температура. Первое начало термодинамики.
6. Газообразное состояние. Уравнение состояния идеального газа.
7. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа.
8. Изопроцессы. Политропические процессы.
9. Гипотеза о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
10. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
11. Ван-дер-Ваальсовский газ. Внутренняя энергия Ван-дер-ваальсовского газа.
12. Некоторые сведения из теории вероятностей. Вероятность макросостояния. Флуктуации.
13. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла). Характерные скорости распределения Максвелла.
14. Распределение Больцмана.
15. Средняя энергия столба жидкости в поле сил тяжести (задача).
16. Барометрическая формула. Подъемная сила.
17. Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории (опыт Штерна, опыт Ламмерта, опытное определение постоянной Авогадро).
18. Явления переноса. Кинетические характеристики молекулярного движения.
19. Частота ударов молекул о стенку. Поперечное сечение.
20. Средняя длина свободного пробега. Частота столкновений.
21. Экспериментальное определение средней длины свободного пробега и поперечного сечения столкновений.
22. Процессы переноса: теплопроводность, диффузия, вязкость.
23. Процессы переноса в газах. Связь между коэффициентами, характеризующими процессы переноса.
24. Явления в разреженных газах. Вакуум и методы его получения.
25. Теплопередача, диффузия и трение при малых давлениях.
26. Реальные газы. Фазы с межмолекулярным взаимодействием.
27. Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная связь. Ковалентная связь.
28. Сила Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.
29. Экспериментальные изотермы. Критическое состояние. Область двухфазовых состояний.

30. Насыщенный пар. Правило рычага. Свойства критического состояния.
31. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Отклонение свойств газов от идеальных.
32. Физический смысл постоянных, входящих в уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
33. Эффект Джоуля-Томсона. Физическая сущность эффекта.
34. Первое начало термодинамики.
35. Обратимые процессы. Циклические процессы.
36. Работа цикла. Коэффициент полезного действия. Цикл Карно. Цикл Отто.
37. Второе начало термодинамики. Формулировки Кельвина и Клаузиуса второго начала термодинамики и эквивалентность этих формулировок.
38. Холодильная машина и тепловой двигатель.
39. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Формулировка начала термодинамики с помощью энтропии.
40. Статистический характер второго начала термодинамики.
41. Изменение энтропии в необратимых процессах. Определение энтропии идеального газа. Физический смысл энтропии.
42. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа.
43. Термодинамические потенциалы. Жидкое состояние.
44. Поверхностное натяжение. Свободная поверхностная энергия.
45. Условие равновесия на границе на границе жидкость-твердое тело.
46. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. ПАВы.
47. Фазовые равновесия и фазовые превращения. Испарение и кипение жидкостей.
48. Сущность динамического равновесия на границе пар-жидкость. Свойства системы пар-жидкость.
49. Кипение. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
50. Метастабильные состояния. Перегретая жидкость.
51. Пузырьковые камеры. Переохлажденный пар. Камера Вильсона.
52. Кристаллизация и плавление.
53. Кристаллизация и сублимация. Полиморфизм.
54. Фазовые переходы первого и второго рода.

***Критерии оценки (в баллах):***

– **18-20 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на вопросы, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы;

– **13-17 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

– **7-12 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос;

– **1-6 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

#### ФП Молекулярная физика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность: 03.03.01 Прикладные математика и физика,

курс 1, семестр 2

| Виды учебной деятельности студентов                                    | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы       |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
|  |                            |                          | Минимальный | Максимальный |
| <b>Модуль 1. Основы молекулярной физики</b>                            |                            |                          | <b>0</b>    | <b>40</b>    |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             |              |
| 1. Получение допуска (выполнение конспекта)                            | 0-1                        | 5                        | 0           | 5            |
| 2. Выполнение измерений  | 0-1                        | 5                        | 0           | 5            |
| 3. Обработка результатов измерений и оформление отчета.                | 0-3                        | 5                        | 0           | 15           |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Защита лабораторной работы   | 0-3                        | 5                        | 0           | 15           |
| <b>Модуль 2. Основы термодинамики</b>                                  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>40</b>    |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             |              |
| 1. Получение допуска (выполнение конспекта)                            | 0-1                        | 5                        | 0           | 5            |
| 2. Выполнение измерений  | 0-1                        | 5                        | 0           | 5            |
| 3. Обработка результатов измерений и оформление отчета.                | 0-3                        | 5                        | 0           | 15           |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Защита лабораторной работы   | 0-3                        | 5                        | 0           | 15           |
| <b>Поощрительные баллы</b>   |                            |                          |             |              |
| Студенческая олимпиада   | 0-10                       | 1                        | <b>0</b>    | <b>10</b>    |
| <b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b> |                            |                          |             |              |
| Посещение лабораторных занятий   |                            |                          | <b>0</b>    | <b>-10</b>   |
| <b>Итоговый контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Зачет (устный опрос)   | 0-5                        | 4                        | <b>0</b>    | <b>20</b>    |

Перевод оценки из 100-балльной производится следующим образом:

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- не зачтено – от 0 до 59 баллов (включая 10 поощрительных баллов).

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**Основная литература:**

1. Иродов И.Е. Физика макросистем.: основные законы / Изд. 2-е, доп. М.: 2006. [В библ. БашГУ имеется 180 экз. Имеются года: 2001, 2003, 2006, 2013]
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: 2010. [В библ. БашГУ имеется 191 экз. Имеются года: 1981, 2006, 2010]
3. Иродов И.Е. / Задачи по общей физике. – Изд. 8-е. – СПб.: Лань. , 2007. – 432 с. [В библ. БашГУ имеется 107 экз. Имеются года: 2007, 2009, 2010, 2012, 2014]

**Дополнительная литература:**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: т.2. Термодинамика и молекулярная физика – М.: Физматлит, 2005. – 529 с. [В библ. БашГУ имеется 166 экз. Имеются года: 1975, 1979, 1990, 2005, 2006]
2. Савельев И.В. Курс общей физики: т. 1: Механика. Молекулярная физика и термодинамика. – М.: КНОРУС, 2012. – 528 с. [В библ. БашГУ имеется 217 экз. Имеются года: 1975, 1989, 1991, 1998, 2008]
3. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Курс физики с примерами решения задач: т. 1.: учебник / М.: КНОРУС, 2015 . – 584 с. [В библ. БашГУ имеется 140 экз. Имеются года: 2001, 2003, 2004, 2007, 2013]

**5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. – Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань». – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

**Дополнительная литература в ЭБС БашГУ:**

*Методические указания к лабораторным работам*

1. Определение коэффициента объемного расширения жидкости по методу Дюлонга и ПТИ [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике №7 / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova\\_Shafeev\\_sost\\_lab\\_7\\_mu\\_2015.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_lab_7_mu_2015.pdf)>.

2. Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике № 6 / Ф. М.

Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova\\_Shafeev\\_sost\\_Opred\\_otnoshenija\\_teploemkostej\\_Lab\\_6\\_mu\\_2019.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_Opred_otnoshenija_teploemkostej_Lab_6_mu_2019.pdf)>.

3. Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния [Электронный ресурс]: лабораторная работа № 4 по молекулярной физике / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova\\_Shafeev\\_sost\\_Opred\\_univers\\_gaz\\_postojannoј\\_Lab\\_4\\_mu\\_2019.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_Opred_univers_gaz_postojannoј_Lab_4_mu_2019.pdf)>.

4. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения раствора от концентрации и температуры [Электронный ресурс]: лабораторная работа по молекулярной физике №9 / Ф.М. Гирфанова; Р.Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova\\_Shafeev\\_sost\\_lab\\_9\\_mu\\_2015.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Girfanova_Shafeev_sost_lab_9_mu_2015.pdf)>.

#### *Учебные пособия для подготовки к олимпиадам*

1. Олимпиадные задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Н. Назаров, Р.Р. Шафеев, И.Р. Каюмов; – Уфа: БашГУ, 2011. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/read/Olimp-2011.pdf>>.

2. Олимпиадные задачи по общей физике (15 апреля 2011) [Электронный ресурс] / В.Н. Назаров, Р.Р. Шафеев, И.Р. Каюмов; – Уфа: БашГУ, 2011. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-15.04.2011.pdf>>.

3. Олимпиадные задачи по общей физике (2011-2012 г.г.) [Электронный ресурс]: методическое руководство по решению физических задач / В.Н. Назаров [и др.]; – Уфа: БашГУ, 2012. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-2012.pdf>>.

4. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2012-2013 гг. [Электронный ресурс]: методическое руководство по решению физических задач / В.Н. Назаров [и др.]; – Уфа: БашГУ, 2013. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-2013.pdf>>.

5. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2013-2014 гг. [Электронный ресурс]: методическое руководство по решению физических задач / Р.Р. Шафеев, Ф.К. Закирьянов, А.Т. Харисов; – Уфа: БашГУ, 2014. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Olimp-2014.pdf>>.

6. Сборник олимпиадных задач по общей физике 2009 – 2016 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Н. Назаров [и др.]. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Nazarov\\_i\\_dr\\_Sbornik\\_olimpiadnyh\\_zadach\\_po\\_fizike\\_2009-16\\_up\\_2017.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/corp/Nazarov_i_dr_Sbornik_olimpiadnyh_zadach_po_fizike_2009-16_up_2017.pdf)>.

#### *Учебные пособия*

1. Общая физика: Раздел «Механика. Молекулярная физика. Электричество и магнетизм» [Электронный ресурс]: учебное пособие для самостоятельной работы студентов / Р.Р. Шафеев, Г.И. Заманова – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Shafeev\\_Zamanova\\_Obzchaja\\_fizika\\_up\\_2019.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Shafeev_Zamanova_Obzchaja_fizika_up_2019.pdf)>.

2. Механика и молекулярная физика: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.И. Заманова, Р.Р. Шафеев. – М.: Директ-Медиа, 2015 – 52 с. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova\\_Shafeev\\_Mekhanika\\_i\\_molekularnaja\\_fizika\\_2015.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova_Shafeev_Mekhanika_i_molekularnaja_fizika_2015.pdf)>.

3. Теория погрешностей. Задачи и тесты по механике и молекулярной физике. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.И. Заманова, Р.Р. Шафеев; – Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova\\_Shafeev\\_Teorija\\_pogreshnostej\\_Zadachi\\_up\\_2016.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/read/Zamanova_Shafeev_Teorija_pogreshnostej_Zadachi_up_2016.pdf)>.

4. Методические указания по решению задач. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: для студ. химического факультета / Г. И. Заманова; Р. Р. Шафеев. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013 – 54 с. – Электрон. версия печ. публикации. – <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/corp/ZamanovaShafeevMetUkazReshZadachMehMolekPhiz.pdf>>.

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

| <i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i> | <i>Вид занятий</i>  | <i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>  |
|--|---------------------|---|
| <i>1</i>   | <i>2</i>            | <i>3</i>  |
| Лаборатория молекулярной физики 308 (физмат корпус)                      | Лабораторные работы | <p>Установка к ЛР №1 «Определение коэффициента вязкости воздуха капиллярным методом» ФПТ1-1 – 1 шт. (инв. 210042060)</p> <p>Насос Комовского к ЛР №2 «Определение отношения удельных теплоёмкостей газов методом Клемана и Дезорма»</p> <p>Установка к ЛР №3 «Определение коэффициента теплопроводности методом нагретой нити» ФПТ1-3 – 1 шт. (инв.2101042059)</p> <p>Установка к ЛР №4 «Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния» ФПТ1-12 – 1 шт.</p> <p>Барометр-анероид – 1 шт., трехходовой кран – 1 шт. к ЛР №4 «Определение универсальной газовой постоянной методом изотермического изменения состояния»</p> <p>Установка к ЛР №5 «Определение средней длины свободного пробега молекул воздуха» – 1 шт., аспиратор – 1 шт., мензурка – 1 шт.</p> <p>Установка к ЛР №6 «Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме» ФПТ1-6 – 1 шт. (инв.2101042063)</p> <p>Установка к ЛР №7 «Определение коэффициента объёмного расширения жидкости по методу Дюлонга и Пти» – 1 шт.</p> <p>Катетометр – 1 шт. инв. 11010409772, набор капиллярных трубок с держателем – 1 шт. к ЛР №8 «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости в капиллярных трубках»</p> <p>Прибор Кантора-Ребиндера – 1 шт. к ЛР №9 «Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения раствора от концентрации и температуры»</p> <p>Кольцо на подвесе – 1 шт., штангенциркуль – 1 шт., набор гирь – 1 шт. к ЛР №11 «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца»</p> <p>Генератор – 1 шт., осциллограф – 1 шт., резонатор с микрофоном и динамиком – 1 шт. к ЛР №12 «Определение скорости звука в воздухе и</p> |

|   |                        |   |
|---|------------------------|---|
|   |                        | <p>отношения удельных теплоемкостей методом стоячей волны»</p> <p>Установка к ЛР №13 «Определение теплоемкости твердого тела» ФПТ1-8 – 1 шт. (инв.2101042065)</p> <p>Установка к ЛР №14 «Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара» ФПТ1-4 – 1 шт. (инв.2101042056)</p> <p>Установка к ЛР №15 «Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянных давлении и объеме резонансным методом» ФПТ1-7 – 1 шт. (инв.2101042062)</p> <p>Установка к ЛР №16 «Определение теплоты парообразования воды» ФПТ1-10 – 1 шт.</p> <p>Тигельная печь с оловом – 1 шт., термопара – 1 шт., штатив – 1 шт., гальванометр – 1 шт. к ЛР № 18 «Определение теплоты плавления металла и приращения энтропии»</p> <p>Жидкостные манометры – 4 шт. к ЛР №2, к ЛР №4, к ЛР №5, к ЛР №9</p> <p>Термостаты – 5 шт.</p> <p>Столы дер. покраш. белые 120*60 – 12 шт.</p> <p>Столы дер.покр.бел.гол.ножки 1.23*54-2 шт.</p> <p>Доска ауд.-1 шт. инв.2101067123</p> <p>Мет.шкаф 2двер 1,70*1,00 – 1шт.</p> <p>Мет.шкаф 2двер 1,90*1,00 – 1шт.</p> <p>Мет.шкафы с 4мя выдвиж. полками 49*52 – 8 шт.</p> <p>Мет.сейф 1дверью – 3 шт.</p> <p>Аквадистиллятор – 1шт.</p> <p>Доска информ. пробковая – 1 шт.</p> <p>Стулья – 33шт.</p> <p>Жалюзи – 4шт.</p> |
| Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж) | Самостоятельная работа | <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p>  |
| Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж) | Самостоятельная работа | <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p>  |
| Читальный зал №4 (корпус биофака, 4 этаж) | Самостоятельная работа | <p>Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 60.</p>  |

## Приложение 1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «ФП Молекулярная физика» на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

дневная

форма обучения

| Вид работы  | Объем дисциплины |
|---|------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)   | 3 / 108          |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:  | 48.2             |
| лабораторных  | 48               |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 0.2              |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)  | 59.8             |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)   | 0                |

Форма(ы) контроля:  
зачет второй семестр



| №<br>п/п                           | Тема и содержание  | Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах) |    | Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)   | Задания по самостоятельной работе студентов | Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|------------------------------------|--|--|----|--|---|---|
|                                    |  | ЛР   | СР |  |   |   |
| 1                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   |
| <b>Модуль 1.</b>                   |  |  |    |  |   |   |
| <b>Основы молекулярной физики.</b> |  |  |    |  |   |   |
| 1.                                 | Предмет молекулярной физики. Методы исследования свойств макросистем. Физические величины и их измерение. Системы единиц физических величин. Состояние системы. Процессы.  | 6  | 7  | Осн. литер.<br>1. Введение.<br>2. Введение<br>Доп. литер.<br>1. Гл.2 (§§ 1-2), гл.3 (§§1-7)  | Осн. литер.<br>3. 6.1 – 6.24                | отчет к лаб. работам №1; 3  |
| 2.                                 | Внутренняя энергия. Теплоемкость идеального газа. Политропические процессы. Молекулярно-кинетическая теория. Гипотеза о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Газ Ван-дер-Ваальса.  | 6  | 7  | Осн. литер.<br>1. §§ 1.2. -1.7.<br>2. 19-20<br>Доп. литер.<br>1. Гл.5 (§§ 1-7), гл.11 (§§ 1-5,7)<br>2. Гл.1 (§§ 1-5), гл.2 (§§ 1-5). | Осн. литер.<br>3. 6.25 – 6.65               | отчет к лаб. работам №4; 5  |
| 3.                                 | Математические понятия. Вероятность. Средние значения. Функция распределения вероятностей. Среднее число частиц в объеме. Относительная величина флуктуаций. Кинематические характеристики молекулярного движения. Давление. Температура. Опытная проверка закона распределения Максвелла. | 6  | 7  | Осн. литер.<br>1. §§ 2.1.–2.4.<br>2. §§ 1-12<br>Доп. литер.<br>1. Гл.8 (§§ 1-5), гл.9 (§§ 1-7).<br>Гл.10 (§§ 1-3), Гл.12 (§§         | Осн. литер.<br>3. 6.66 – 6.101              | отчет к лаб. работам №6; 12   |

|                              |  |   |   |  |                                 |                              |
|------------------------------|--|---|---|--|---------------------------------|------------------------------|
|                              | Барометрическая формула. Атмосфера планет. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Подъемная сила.   |   |   | 1-6).<br>2. Гл.2 (§§ 1-2).<br>Гл.3 (§§ 2-5).<br>Гл.4 (§§ 1-7),<br>Гл.9 (§§ 1,2,7).   |                                 |                              |
| 4.                           | Модель Максвелла-Больцмана. Неразличимость частиц. Распределение различных между собой частиц по энергиям. Расчет движения броуновской частицы. Вращательное броуновское движение. | 6 | 9 | Осн. литер.<br>1. §§ 2.4.<br>2. §§ 13-14<br>Доп. литер.<br>1. Гл.12 (§ 2).<br>2. Гл.3 (§§ 1-4), гл.14 (§§ 1-3).                        | Осн. литер.<br>3. 6.101 – 6.136 | Устный опрос                 |
| <b>Модуль 2.</b>             |  |   |   |  |                                 |                              |
| <b>Основы термодинамики.</b> |  |   |   |  |                                 |                              |
| 5.                           | Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Статист. характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах.   | 6 | 7 | Осн. литер.<br>1. §§ 3.1.-3.5..<br>2. §§ 27<br>Доп. литер.<br>1. Гл.4 (§§ 1-4), гл.13 (§§ 1-4), гл.14 (§§ 1-5).<br>2. Гл.5 (§§ 2,4,5). | Осн. литер.<br>3. 6.137 – 6.153 | отчет к лаб. работам №2; 7   |
| 6.                           | Свободная энергия. Энтальпия. Функция Гиббса. Соотношения Максвелла. Формулы для теплоемкостей. Основной критерий т/д устойчивости.  | 6 | 7 | Осн. литер.<br>1. §§ 3.5.<br>2. §§ 28<br>Доп. литер.<br>1. Гл.4 (§ 4), гл.10 (§§ 2,3).<br>2. Гл.5 (§§ 1-5), Гл.6 (§ 2).                | Осн. литер.<br>3. 6.154 – 6.190 | отчет к лаб. работам №8; 9   |
| 7.                           | Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поверхностное натяжение. Структура жидкостей. Химический потенциал и условия равновесия фаз. Структуры ЖК. Степень      | 6 | 7 | Осн. литер.<br>1. §§ 5.1.-5.2.<br>2. §§ 29-33, 36<br>Доп. литер.   | Осн. литер.<br>3. 6.295 – 6.362 | отчет к лаб. работам №11; 18 |

|    |   |    |      |  |                                 |              |
|----|---|----|------|--|---------------------------------|--------------|
|    | упорядоченности в жидких кристаллах. Фазовые переходы. Свойства и анизотропия свойств ЖК.   |    |      | 1. Гл.15 (§§ 1-9), гл.16 (§§ 1-5), гл.15 (§§ 1-5).<br>Гл.21 (§§ 1-5), гл.23 (§§ 1-2, 4), гл.24 (§§ 1-2), гл.25 (§§ 1-3).<br>2. Гл.7 (§§ 1-8).<br>Гл.10 (§§ 4-6), гл.11 (§§ 1-4), гл.12 (§§ 1-8), гл.13 (§§ 1-5). |                                 |              |
| 8. | Виды процессов переноса. Процессы переноса в газах. Физические явления в разреженных газах. Явления переноса в твердых телах и жидкостях. | 6  | 8.8  | Основ. литер.<br>1. 6.1.-6.3.<br>2. §§49-55  | Осн. литер.<br>3. 6.191 – 6.227 | Устный опрос |
|    | <b>Всего часов:</b>   | 48 | 59.8 |  |                                 |              |

