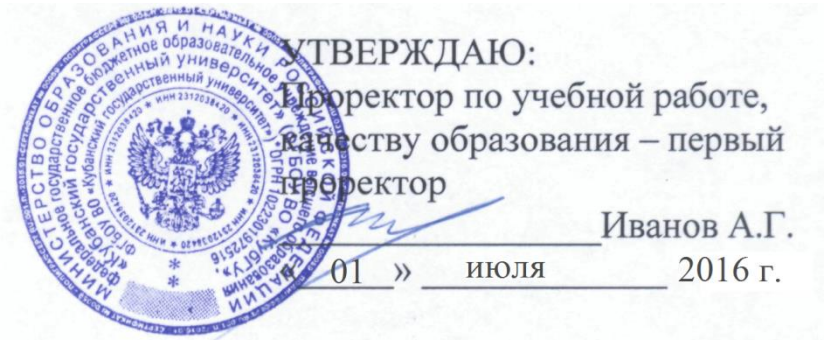
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»

Факультет физико-технический




# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Б1.Б.06.02 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Направление подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Направленность (профиль): Инженерное дело в медико-биологической практике

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

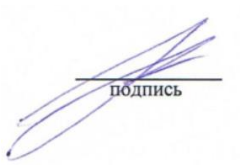
Краснодар 2016

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная физика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии.

Программу составил:
М.А. Жужа, доцент кафедры радиофизики
и нанотехнологий ФТФ КубГУ, канд. физ.-мат. наук


подпись

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная физика» утверждена
на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий
протокол № 9 2 марта 2016 г.
Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.
фамилия, инициалы


подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
физики и информационных систем
протокол № 17 23 мая 2016 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей) Богатов Н.М.
фамилия, инициалы


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии
физико-технического факультета
протокол № 5 23 мая 2016 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М.
фамилия, инициалы


подпись

Рецензенты:

Гаврилов А.И., доцент кафедры физики КубГТУ, канд. физ.-мат. наук

Исаев В.А., заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий КубГУ, д-р физ.-мат. наук

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины.

### 1.1 Цель освоения дисциплины.

Учебная дисциплина «Молекулярная физика» ставит своей целью сформировать у студентов базовые теоретические знания об основных явлениях, понятиях, моделях, законах и методах молекулярной физики, а также дать навыки решения задач.

### 1.2 Задачи дисциплины.

– изучение теоретических основ, понятий, законов и методов исследований молекулярной физики;

– ознакомление с границами применимости физических моделей и теорий, используемых для описания свойств веществ на молекулярном уровне;

– овладение навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики;

– приобретение умения использовать законы физики для решения естественнонаучных и технических задач.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Молекулярная физика» относится к базовой части Блока 1 модуля «Физика» учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания школьного курса физики и основ математического анализа. Освоение дисциплины необходимо для изучения других разделов физики, а также дисциплин: «Концепция современного естествознания», «Дополнительные главы по физике и математике», «Современные проблемы физики».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональной компетенции (ОПК):

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части) | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **знать** | **уметь** | **владеть** |
| 1 | ОПК-1 | способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук | теоретические основы, понятия, законы и методы исследований молекулярной физики; границы применимости физических моделей и теорий, используемых для описания свойств веществ на молекулярном уровне | применять законы физики для решения естественнонаучных и технических задач | навыками и методами решения задач по основным разделам молекулярной физики |

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. ед., (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы | | Всего часов | 1-й семестр (часы) |
|---|---|---|---|
| **Контактная работа, в том числе:** | | | |
| **Аудиторные занятия (всего):** | | **54** | **54** |
| Занятия лекционного типа | | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | | - | - |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) | | 36 | 36 |
| **Иная контактная работа:** | | | |
| Контроль самостоятельной работы (КСР) | | 2 | 2 |
| Промежуточная аттестация (ИКР) | | 0,3 | 0,3 |
| **Самостоятельная работа, в том числе:** | | | |
| Проработка учебного (теоретического) материала | | 10 | 10 |
| Выполнение творческих, конструкторских и исследовательских заданий, углубляющих и расширяющих лекционный материал | | 5 | 5 |
| Решение задач по молекулярной физике | | 10 | 10 |
| **Контроль:** | | | |
| Подготовка к экзамену | | 26,7 | 26,7 |
| **Общая трудоемкость** | **час.** | **108** | **108** |
| | **в том числе контактная работа** | **56,3** | **56,3** |
| | **зач. ед.** | **3** | **3** |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в _1-м_ семестре:

| № | Наименование разделов (тем) | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | Внеаудиторная работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР* | СРС |
| 1 | Идеальный газ | 23 | 6 | 10 | - | 7 |
| 2 | Явления переноса в газах | 13 | 2 | 6 | - | 5 |
| 3 | Термодинамика | 22 | 4 | 10 | - | 8 |
| 4 | Реальные газы, жидкости и твердые тела | 21 | 6 | 10 | - | 5 |
| | ***Итого по дисциплине:*** | | **18** | **36** | **-** | **25** |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.
(*) – «Физический практикум» (Б1.В.01) по молекулярной физике проводится одновременно в виде отдельной учебной дисциплины.

**2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:**

**2.3.1 Занятия лекционного типа.**

| № | Наименование раздела (темы) | Содержание раздела (темы) | Форма текущего контроля |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Идеальный газ | Молекулярно-кинетическая теория. Моль. Молярная масса. Число Авогадро. Изопроцессы. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Закон Дальтона. Молярная масса смеси. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. | Устный опрос, тестирование, проверка домашнего задания |
| 2 | | Барометрическая формула. Распределение Больцмана. | |
| 3 | | Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла). | |
| 4 | Явления переноса в газах | Эффективный диаметр и сечение молекулы. Средняя длина свободного пробега и число столкновений. Вакуум. Диффузия в газах. Закон Фика. Внутреннее трение. Формула Ньютона. Теплопроводность. Закон Фурье. | Устный опрос, тестирование, проверка домашнего задания |
| 5 | Термодинамика | Работа газа. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера. Адиабатический процесс. Политропический процесс. | Устный опрос, тестирование, проверка домашнего задания |
| 6 | | Энтропия. Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа, при нагревании и плавлении. Тепловая машина. Цикл Карно. Теоремы Карно. Холодильная машина. | |
| 7 | Реальные газы, жидкости и твердые тела | Реальные газы. Критическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля – Томсона. Энтальпия. | Устный опрос, проверка домашнего задания |
| 8 | | Жидкости. Свободная энергия. Поверхностное натяжение. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. Смачивание, несмачивание. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления. | |
| 9 | | Кристаллические твёрдые тела и их теплоёмкость. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма состояний. | |

**2.3.2 Занятия семинарского типа.**

| № | Наименование раздела (темы) | Тематика практических занятий (семинаров) | Форма текущего контроля |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Идеальный газ | Молекулярно-кинетическая теория. Моль. Молярная масса. Число Авогадро. Изопроцессы. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Закон Дальтона. Молярная масса смеси. | Устный опрос. Тестирование. Проверка домашнего задания |
| 2. | | Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Внутренняя энергия идеального газа. Средняя квадратичная скорость. | |
| 3. | | Барометрическая формула. Распределение Больцмана. | |
| 4. | | Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла). | |
| 5. | | Письменная контрольная работа. | |
| 6. | Явления переноса в газах | Эффективные диаметр и сечение молекулы. Средняя длина свободного пробега и число столкновений. Вакуум. | Устный опрос. Тестирование. Проверка домашнего задания |
| 7. | | Диффузия в газах. Закон Фика. Внутреннее трение. Формула Ньютона. Теплопроводность. Закон Фурье. | |
| 8. | | Письменная контрольная работа. | |
| 9. | Термодинамика | Работа газа. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера. | Устный опрос. Тестирование. Проверка домашнего задания |
| 10. | | Адиабатический процесс. Политропический процесс. | |
| 11. | | Энтропия. Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа (при постоянных P, V, T, Q), при нагревании и плавлении. | |
| 12. | | Цикл Карно. Теоремы Карно. Холодильная машина. Расчеты КПД различных циклов. | |
| 13. | | Письменная контрольная работа. | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14. | Реальные газы, жидкости и твердые тела | Реальные газы. Критическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса. | Устный опрос. Тестирование. Проверка домашнего задания |
| 15. | | Жидкости. Поверхностное натяжение. Поверхностно-активные вещества. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. | |
| 16. | | Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капилляры. | |
| 17. | | Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма состояний. | |
| 18. | | Итоговая письменная контрольная работа. | |

**2.3.3 Лабораторные занятия.**

В данной учебной дисциплине лабораторные занятия не предусмотрены. Однако, одновременно с лекциями и семинарскими занятиями по молекулярной физике проводится «Физический практикум» (Б1.В.01), который выделен как отдельная самостоятельная учебная дисциплина.

**2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).**

Курсовые работы – не предусмотрены.

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

| № | Вид СРС | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. | Проработка теоретического материала | Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. |
| 2. | Выполнение творческих, конструкторских и исследовательских заданий | 1. Жужа М.А. Молекулярная физика: тексты лекций (с заданиями по ТРИЗ) / М.А. Жужа. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011.<br>2. Материалы в электронном виде в среде модульного динамического обучения Moodle КубГУ на сайте http://moodle.kubsu.ru: информация по теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) для развития творческих способностей.<br>3. Методические указания к самостоятельной работе студента для выполнения творческих заданий по решению изобретательских задач, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. |
| 3. | Решение задач по молекулярной физике | 1. Методические указания для решения задач по физике, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.<br>2. Материалы в электронном виде в среде модульного динамического обучения Moodle КубГУ на сайте http://moodle.kubsu.ru: примеры решения задач и краткие рекомендации по их решению. |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Молекулярная физика» используются современные образовательные технологии:

– информационно-коммуникационные технологии;

– проблемное обучение.

На **лекции** выносится 80 % материала, изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. Часть лекционных занятий проводятся в специализированной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации с обсуждением. При объяснении нового материала используются проблемное изложение материала и поисковая беседа. По основным разделам дисциплины выпущено учебное издание «Молекулярная физика: тексты лекций», имеющееся в библиотеке КубГУ. Студентам учебный материал предъявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать демонстрационные опыты и наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и техники, разбирать конкретные проблемные ситуации и изобретательские задачи. Кроме того, в конце каждого лекционного занятия студентам предлагаются для выполнения творческие, конструкторские и исследовательские задания, углубляющие и расширяющие лекционный материал, развивающие инновационное мышление и фантазию, а также умение работать с привлечением современных информационных технологий для поиска учебных материалов в сети Интернет. Задания основаны на современной технологии творчества – теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), и результаты выполнения этих заданий обсуждаются на следующей лекции или семинарском занятии.

Информационно-коммуникационные технологии представлены также средой модульного динамического обучения Moodle. На сайте Moodle КубГУ создан электронный курс «Молекулярная физика для ФТФ» для обеспечения интернет-поддержки обучения. Студентам доступны следующие учебно-методические материалы в электронном виде: конспекты лекций, примеры решения задач, описания лабораторных работ с рекомендациями по их оформлению и защите, тест, перечни учебной литературы и экзаменационных вопросов, информация о рациональных приёмах запоминания учебного материала и быстрому конспектированию, материалы для развития творческих способностей.

На **практических (семинарских) занятиях** рассматриваются фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач, наиболее типичные, трудные и творческие задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на семинарах, студенты получают домашние задания в виде задач из соответствующих задачников.

**Лабораторные занятия** (выделенные в отдельную учебную дисциплину – «Физи-

ческий практикум») проводятся в специализированной лаборатории молекулярной физики на лабораторных установках ЛКТ группами студентов из 2 человек.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по **рейтинговой системе**.

В учебном процессе используются следующие **активные и интерактивные формы** проведения занятий: лекционные демонстрации с обсуждением, дискуссия, поисковая беседа, творческие инструменты ТРИЗ, разбор конкретных ситуаций, творческие задания, работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

## 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Текущий контроль:

– устный опрос по контрольным вопросам по разделам учебной программы;

– тестирование;

– контрольные работы по решению задач;

– домашние задания к семинарским и лекционным занятиям (для самостоятельной работы).

Промежуточная аттестация:

– экзамен.

### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации.

#### 4.1.1 Примеры контрольных вопросов для устного опроса по разделам учебной программы.

***Раздел 1.*** *Идеальный газ.*

Опишите простейшую модель вещества – идеальный газ.

Какие упрощения делались при выводе барометрической формулы?

Как можно приблизительно оценить высоту атмосферы?

Объясните физический смысл распределения Больцмана.

Каков физический смысл функции распределения молекул по скоростям?

***Раздел 2.*** *Явления переноса в газах.*

Приведите примеры использования вакуума в технических устройствах.

В чём сущность явлений переноса? Каковы они и при каких условиях возникают?

Почему диффузия жидкостей происходит значительно медленнее, чем диффузия газов?

Что называют коэффициентом диффузии (вязкости, теплопроводности)? От каких параметров он зависит для газов?

Как вязкость газов зависит от температуры?

***Раздел 3.*** *Термодинамика.*

Почему теплоёмкость $C_p$ больше теплоёмкости $C_v$?

Что происходит с температурой газа, если он расширяется при постоянном давлении?

Что происходит с температурой газа, если он расширяется адиабатически?

В дизельном двигателе воздух подвергается очень сильному и быстрому сжатию. Для чего это делается?

Какие конструкции «вечных двигателей» «созданы» по законам молекулярной физики?

***Раздел 4.*** *Реальные газы, жидкости и твердые тела.*

Объясните различие экспериментальных изотерм и изотерм, соответствующих уравнению Ван-дер-Ваальса.

Какую жидкость можно налить в стакан выше его краёв?

Почему у всех веществ поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры?

Жидкие лекарства часто отмеряют каплями. Является ли это достаточно точной мерой?

Что такое «биметалл» и где он применяется?

### 4.1.2 Пример тестового задания для семинарского занятия.

1. Оцените, во сколько раз увеличивается среднее расстояние между молекулами воды при переходе воды из твердого в газообразное состояние при нормальном давлении?

**(В 10 раз. В 100 раз. В 1000 раз. В 10 000 раз.)**

2. Как изменится давление насыщенного пара при изотермическом уменьшении его объема? (**Увеличится. Уменьшится. Не изменится**.)

3. При погружении в жидкость капиллярной стеклянной трубки уровень жидкости в ней поднялся на 4 мм над уровнем жидкости в сосуде. Какова высота подъема уровня той же жидкости в стеклянной трубке с отверстием в 2 раза большего диаметра?

**(0,5 мм. 1 мм. 2 мм. 4 мм. 8 мм.)**

4. 7 г азота изотермически расширяются от объема 2 л до объема 5,44 л. Найти прирост энтропии при этом процессе.

**(1 Дж/К. 2 Дж/К. 5 Дж/К. 11 Дж/К. 83 Дж/К.)**

5. Пользуясь законом Дюлонга и Пти, найти удельную теплоемкость железа (молярная масса железа равна M = 0,056 кг/моль).

**(130 Дж/(кг·К). 328 Дж/(кг·К). 445 Дж/(кг·К). 470 Дж/(кг·К). 520 Дж/(кг·К).)**

### 4.1.3 Пример контрольной работы для семинарского занятия.

1. Оцените, сколько молекул вы вдыхаете, если при одном вдохе получаете 1 л воздуха.

2. Молекулы газа распределены по объему в среднем равномерно. Известна концентрация молекул n. Оценить среднее расстояние $< r >$ между молекулами.

3. В сосуде объемом 1 м$^3$ при температуре 27 °С находится смесь двух идеальных газов: $10^{24}$ молекул кислорода и 2 моля водорода. Найти давление смеси газов.

4. Полагая температуру воздуха, молярную массу и ускорение свободного падения не зависящими от высоты, определить, на какой высоте над уровнем моря плотность воздуха меньше своего значения на уровне моря в 2 раза. Температуру воздуха принять равной 0 °С.

5. Какая средняя энергия $\langle \varepsilon \rangle$ приходится в состоянии термодинамического равновесия при температуре T, – в соответствии с классическим законом равнораспределения, – на одну: а) поступательную степень свободы; б) вращательную степень свободы; в) колебательную степень свободы?

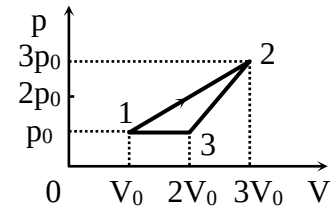
### 4.1.4 Примеры задач для домашней самостоятельной работы.

1. В баллоне, объём которого 0,25 м$^3$, находится газовая смесь, состоящая из углекислого газа и паров воды. Температура смеси 327 °С. Число молекул углекислого газа $N_1 = 6{,}6 \cdot 10^{21}$, число молекул паров воды $N_2 = 0{,}9 \cdot 10^{21}$. Вычислить давление и молярную массу газовой смеси.

2. Какая часть молекул сернистого ангидрида ($SO_2$) при температуре 200 °С обладает скоростями в пределах 420–430 м/с?

3. Определить количество теплоты, которое нужно передать 7 кг водорода для того, чтобы газ увеличил свой объем при постоянном давлении так, что его температура повысилась на 200 °С.

4. На рисунке показан цикл, проведённый с идеальным одноатомным газом. Найти КПД цикла.




5. При каком давлении должен находиться кислород в количестве 100 моль, чтобы при температуре T = 320 К он занимал объем 0,1 м$^3$? Задачу решить, рассматривая кислород как: а) идеальный газ; б) реальный газ, подчиняющийся уравнению Ван-дер-Ваальса. Поправки Ван-дер-Ваальса для кислорода равны: $a$ = 0,137 Н ·м$^4$/моль$^2$, $b = 3{,}17 \cdot 10^{-5}$ м$^3$/моль.

6. Теплоёмкость твердого тела при температуре T > 273 К может быть вычислена по эмпирической формуле $c = a + bT$. Для алюминия величины $a$ и $b$ равны: $a$ = 766 Дж/(кг·К), $b$ = 0,459 Дж/(кг·К$^2$). Найти изменение энтропии при нагревании алюминиевого бруска массой 8 кг от температуры 300 К до 900 К.

7. Спирт по каплям вытекает из сосуда через вертикальную трубку внутренним диаметром d = 2 мм. Капли отрываются через время Δt = 1 с одна после другой. Через какое время t вытечет масса m = 10 г спирта? Диаметр шейки капли в момент отрыва считать равным внутреннему диаметру трубки. Для спирта σ = 0,02 Н/м.

### 4.1.5 Примеры творческих заданий на основе ТРИЗ (конструкторской и технической направленности) для самостоятельной работы.

**1. Газ-работник.**

Обычно рабочий орган технических систем выполнен из твёрдого тела, например, у экскаватора – ковш, у трамвая – колесо. (Рабочий орган – это элемент, выполняющий главную полезную функцию технической системы и к которому в данной системе подводится энергия.) Приведите примеры устройств, в которых рабочим органом является газ. Каким законам развития техники соответствует рабочий орган из газа?

**2. Высота здания.**

Как измерить высоту здания с помощью барометра? Используя известный в ТРИЗ метод Робинзона Крузо, выявите скрытые (неочевидные, новые) свойства барометра и предложите 10 разных способов определения высоты здания.

**3. Приборы для измерения давления.**

В «сильных» изобретениях всегда применяются физические эффекты. Что такое «физический эффект»? В ТРИЗ существует специализированный указатель физических эффектов и явлений для изобретателей. По материалам сети Интернет изучите различные конструкции приборов для измерения давления: манометр, дифференциальный манометр, вакуумме́тр, барометр, датчики давления. Составьте список физических эффектов, на основе которых работают эти приборы.

**4. Вакуум в науке, технике и быту.**

Использование пустоты (вакуума) вместо вещества – это один из законов развития технических систем и один из изобретательских приёмов. Наберите в любой поисковой системе в Интернете слова «вакуумный», «вакуумная», «вакуумное» и составьте список технических устройств и технологий с использованием вакуума.

**5. Самодельный калориметр.**

Используя вещественно-полевые ресурсы (а именно надсистемные, «копеечные» ресурсы вещества), сконструируйте и изготовьте самодельный калориметр из пластиковой бутылки 1,5 л и алюминиевой банки из-под газированной воды объёмом 0,33 л.

**6. Состояния вещества.**

Используя известный в ТРИЗ «Метод числовой оси», разместите на оси известные агрегатные состояния вещества. По какому параметру они располагаются на оси? Возможно, у Вас будет несколько вариантов осей. Каким состояниям вещества соответствует «ноль», область отрицательных и максимально положительных значений?

**7. Микроскоп из капли воды.**

В обычном микроскопе линзы изготовлены из стекла. Придумайте, как изготовить микроскоп из капли воды? Позволяет ли увеличение такого микроскопа увидеть броуновское движение, например, частиц акварельной краски (туши) в воде? Какие недостатки имеет этот микроскоп и как их устранить? В ТРИЗ существует раздел о законах развития технических систем. Каким законам соответствует такой микроскоп?

**8. Вода в решете.**

Используя знания по молекулярной физике и изобретательские приёмы, известные из ТРИЗ, предложите 10–20 разных способов транспортировки воды в решете.

### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Перечень вопросов, выносимых на экзамен:

1. Законы идеального газа. Вывод уравнения Менделеева-Клапейрона. Закон Авогадро. Изопроцессы (формулы и графики). Вывод закона Дальтона. Молярная масса смеси.
2. Давление газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа. Формулы внутренней энергии идеального газа и средней квадратичной скорости. Распределение энергии по степеням свободы.
3. Вывод барометрической формулы. Вывод распределения Больцмана. Опыт Перрена по определению числа Авогадро.
4. Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла). Физический смысл функции распределения. Условие нормировки. Наиболее вероятная скорость и значение функции распределения при этой скорости. Функция распределения для относительной скорости. Условия существования атмосферы планет.
5. Эффективные диаметр и сечение молекулы. Вывод формул для средней длины свободного пробега и числа столкновений и оценка порядка этих величин. Вакуум.
6. Явления переноса. Диффузия в газах. Закон Фика. Расчет коэффициента самодиффузии.
7. Внутреннее трение. Формула Ньютона. Кинематическая и динамическая вязкости. Теплопроводность. Закон Фурье. Связь между коэффициентами переноса.
8. Внутренняя энергия как функция состояния. Первый закон термодинамики и его различные формулировки. Вывод формулы для работы газа. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.
9. Классическая теория теплоёмкости идеального газа. Молярная и удельная теплоёмкости и связь между ними. Теплоёмкости при постоянном давлении и объеме. Вывод уравнения Майера и показателя адиабаты. Физический смысл газовой постоянной R.
10. Адиабатический процесс. Вывод трех формул для адиабаты. Сравнение адиабатического и изотермического процессов. Вывод формул для работы газа при адиабатическом процессе.
11. Политропический процесс. Частные случаи. Вывод формулы политропы. Вывод частных формул из уравнения политропы.
12. Обратимые и необратимые процессы. Понятие энтропии термодинамической системы. Свойства энтропии. Второй закон термодинамики. Формула Больцмана. Порядок и беспорядок в природе. Третий закон термодинамики. Расчет количества теплоты через энтропию.

13. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа (при постоянных P, V, T, Q), при нагревании и плавлении.

14. Циклические процессы. Тепловая машина. Цикл Карно в координатах (P, V) и (T, S). Вывод формулы КПД. Теоремы Карно. Различные формулировки второго закона термодинамики. Холодильная машина.

15. Реальные газы. Изотермы реального газа. Насыщенный пар. Критическое состояние. Критические параметры.

16. Уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 моля и ν молей. Физический смысл постоянных Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.

17. Эффект Джоуля – Томсона. Физическая сущность. Дифференциальный коэффициент Джоуля – Томсона. Дифференциальный и интегральный эффект. Энтальпия. Температура инверсии.

18. Свободная энергия как функция состояния. Три формулировки для коэффициента поверхностного натяжения. Опыт Плато. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от ряда факторов. Поверхностно-активные вещества.

19. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкость – твердое тело. Краевой угол. Примеры смачивания и несмачивания.

20. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Вывод формулы Лапласа. Частные случаи. Капилляры. Вывод формулы поднятия жидкости в капилляре.

21. Симметрия кристаллов. 4 типа кристаллов. Дефекты в кристаллах. Классическая теория теплоемкости твердых тел: законы Дюлонга и Пти и Джоуля – Коппа.

22. Фаза. Фазовое равновесие. Фазовые переходы первого и второго рода. Полиморфизм. Условия кипения, плавления, сублимации. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Тройная точка. Диаграмма состояний.

Экзамен по дисциплине «Молекулярная физика» проводится в письменной форме по билетам, утвержденным в установленном порядке.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- незнание основных законов, формул, понятий и терминов учебной дисциплины;
- поверхностное знание теоретического материала.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объёме, необходимом для продолжения учебы и работы по профессии;
- в целом усвоили основную литературу;
- в ответах на экзаменационные вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса, приводят без математических выводов необходимые физические формулы;
- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;
- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;
- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«хорошо»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твёрдое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;
- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;
- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;
- не полностью приводят математические выводы для физических формул в письменных ответах;
- в устных ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка **«отлично»** ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);
- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;
- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;
- владеют научным стилем речи;
- делают математические выводы физических формул;
- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

### 5.1 Основная литература:


1. Жужа М.А. Молекулярная физика: тексты лекций / М.А. Жужа. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для инженерно-технических специальностей вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2014.
3. Савельев И.В. Курс физики (в 3 тт.). Том 1. Механика. Молекулярная физика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2017. – 356 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/95163.
4. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Молекулярная физика. [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – М.: Физматлит, 2016. – 312 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/91145.
5. Кикоин А.К. Молекулярная физика: учеб. пособие для студентов физических специальностей вузов / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. – СПб.: Лань, 2007.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань», «Юрайт», «Университетская библиотека ONLINE».

**5.2 Дополнительная литература:**


1. Трофимова Т.И. Основы физики. Молекулярная физика. Термодинамика: [учебное пособие] / Т. И. Трофимова. – М.: КНОРУС, 2011.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие [для вузов] / Т. И. Трофимова. – М.: Академия, 2010.
3. Жужа М.А. Молекулярная физика: лабораторные работы / М.А. Жужа, Е.Н. Жужа, Г.П. Ильченко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2011. – 224 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ book/706.
5. Телеснин В.Р. Молекулярная физика. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2009. – 368 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/391.
6. Физика. Практикум по решению задач. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Л. Гладков [и др.]. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 288 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/41013.
7. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С. Волькенштейн. – СПб.: Книжный мир: [Профессия], 2008.
8. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 434 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/94101.
9. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2016. – 292 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/71766.


**5.3 Периодические издания:**

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

Биофизика.
В мире науки.
Вестник МГУ. Серия: Физика. Астрономия.
Журнал прикладной механики и технической физики.
Журнал технической физики.
Известия ВУЗов. Серия: Физика.
Инженерная физика.
Медицинская физика.
Приборы и техника эксперимента.
Успехи физических наук.
Физика. Реферативный журнал. ВИНИТИ.

**6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: http://window.edu.ru/.
2. Федеральный образовательный портал – URL: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm.
3. Каталог научных ресурсов – URL: http://www.scintific.narod.ru/literature.htm.

4. Большая научная библиотека – URL: http://www.sci-lib.com/.

5. Раздел «Молекулярная физика и термодинамика» Естественно-научного образовательного портала – URL: http://www.en.edu.ru/catalogue/312.

6. Раздел по молекулярной физике и термодинамике учебно-образовательной физико-математической библиотеки сайта EqWorld – URL: http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/thermodynamics.htm.

7. Лекции по физике для ВУЗов – URL: http://physics-lectures.ru/.

8. Раздел «Термодинамика и статфизика» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: http://www.ph4s.ru/book_ph_ob_termo.html.

9. Формулы по молекулярной физике и термодинамике – URL: http://www.formules.ru/showcat.php?id=6&page=1.

10. Сайт КубГУ среды модульного динамического обучения Moodle – URL: http://moodle.kubsu.ru.

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

В учебной дисциплине предусмотрены лекционные и семинарские аудиторные занятия. Для достижения высоких результатов обучения студенту необходимо знать приёмы быстрого конспектирования учебного материала и его эффективного запоминания. Информация об этих приёмах имеется в сети Интернет и на сайте Moodle КубГУ.

Для успешного освоения дисциплины «Молекулярная физика» при *самостоятельной работе* студент должен иметь:

1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;

2) учебник (учебное пособие) и сборник задач в соответствии со списком литературы;

3) тетрадь для семинарских занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и освоению типовых приемов решения задач по физике.

*Самостоятельная работа* содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

– теоретическую самоподготовку к учебным занятиям по конспектам и учебной литературе;

– выполнение домашних заданий (решение типовых задач по молекулярной физике и выполнение творческих заданий технической направленности);

– поиск информации по заданной теме в сети Интернет.

*Сроки выполнения домашних заданий:* выполненная домашняя работа (решённые задачи) предоставляются для проверки преподавателю на очередном (следующем) учебном занятии.

ФГОС ВО требует подготовки бакалавров к научно-исследовательской и инновационной видам профессиональной деятельности, а физика является одной из основ научно-технического прогресса. Поэтому для развития творческого мышления, способности к самообразованию и в качестве методики практического применения полученных на лекциях знаний студентам рекомендуется изучение и применение теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). В связи с этим каждая лекция заканчивается творческим ТРИЗ-заданием технической направленности, связанным с лекционным материалом, научными исследованиями или обучением в вузе. Возможные решения ТРИЗ-заданий обсуждаются на очередной лекции или семинарском занятии и отмечаются студенты, предложившие наиболее полные и оригинальные решения. Для выполнения ТРИЗ-заданий студентам необходимо иметь начальные знания о ТРИЗ. Для этого рекомендуется самостоятельно: 1) изучить электронную книгу «Введение в ТРИЗ. Основные понятия и подходы» (http://www.altshuller.ru/e-books/); 2) изучить материалы Википедии, начиная со слова «ТРИЗ»; 3) прочесть книги по ТРИЗ из библиотеки КубГУ; 4) посетить соответствующие ТРИЗ-сайты.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его *рейтинге* – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам выполнения домашних работ и творческих заданий, тестирования, контрольных работ, устных опросов и активности на семинарских занятиях.

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

### 8.1 Перечень информационных технологий.

1. Компьютерное тестирование при текущем контроле.
2. Консультирование посредством электронной почты.
3. Использование электронной презентации на сайте Moodle КубГУ.

### 8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

1. Среда модульного динамического обучения Moodle.

### 8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (http://212.192.134.46/MegaPro/Web).
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red).
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (https://e.lanbook.com/).
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (https://www.biblio-online.ru/).

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

| № | Вид работ | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность |
|---|---|---|
| 1. | Лекционные занятия | Аудитория 201с, оснащенная интерактивным проектором и магнитно-маркерной доской. |
| 2. | Семинарские занятия | Аудитория 230с, оснащенная магнитно-маркерной доской. |
| 3. | Групповые (индивидуальные) консультации | Аудитория 230с, оснащенная магнитно-маркерной доской. |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория 227с, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской. |
| 5. | Самостоятельная работа | Аудитория 311с, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет. |