

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»**

**Балашовский институт (филиал)**

---

СОГЛАСОВАНО  
заведующий кафедрой  
  
Сухорукова Е.В.  
"31" августа 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ  
председатель НМК БИ СГУ  
  
Мазалова М. А.  
"31" августа 2022 г.

**Фонд оценочных средств**  
для текущего контроля и промежуточной аттестации  
по дисциплине

**Молекулярная физика и термодинамика**

Направление подготовки бакалавриата  
**44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Профили подготовки бакалавриата  
**Математика и физика**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Балашов  
2022

## *Карта компетенций*

Контролируемые компетенции (шифр компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения (знает, умеет, владеет, имеет навык)	Виды заданий и оценочных средств
<p><b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p><b>1.1_Б.УК-1.</b> Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.</p> <p><b>3.1_Б.УК-1.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p><b>З_1.1_Б.УК-1.</b> Знает типовую (инвариантную) структуру задачи и возможные варианты реализации этой структуры; знает различные типологии задач, понимает классификационные признаки, лежащие в основе этих типологий; осознает особенности решения задач различных типов.</p> <p><b>У_1.1_Б.УК-1.</b> Умеет анализировать задачу, выделять условие и задание (вопрос), соотносить предложенную задачу с тем или иным известным типом, определять необходимые для решения задачи знания, умения, дополнительные сведения.</p> <p><b>З_3.1_Б.УК-1.</b> Знает способы решения типовых задач из конкретной области знания, называет эти способы, комментирует выбор.</p>	<p>Задачи. Контрольная работа №1-2. Лабораторные работы. Реферат.</p>
<p><b>ПК-1.</b> Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках основных образовательных программ общего образования, по программам дополнительного образования детей и взрослых.</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-1.</b> Осуществляет преподавание учебных дисциплин по профилю (профилям) подготовки в рамках основных образовательных программ общего образования соответствующего уровня.</p>	<p><b>З_1.1_Б.ПК-1.</b> Владеет системой научных знаний в соответствующей области (по профилю подготовки).</p> <p><b>В_1.2_Б.ПК-1.</b> Владеет навыком решения задач / выполнения практических заданий из школьного курса; обосновывает выбор способа выполнения задания.</p>	<p>Задачи. Контрольная работа №1-2. Лабораторные работы. Реферат.</p>

*Показатели оценивания планируемых результатов обучения*

Семестр	Шкала оценивания			
	2	3	4	5
4 семестр	Студент демонстрирует низкий уровень достижения результатов. Не более 50% объёма заданий для текущего и промежуточного контроля выполнены без ошибок.	Студент демонстрирует удовлетворительный уровень достижения результатов. Более 50% объёма заданий для текущего и промежуточного контроля выполнены без ошибок.	Студент демонстрирует хороший уровень достижения результатов. Не менее 71% объёма заданий для текущего и промежуточного контроля выполнены без ошибок.	Студент демонстрирует высокий уровень достижения результатов. Не менее 85% объёма заданий для текущего и промежуточного контроля выполнены без ошибок.

## *Оценочные средства*

### **1.1 Задания для текущего контроля**

**Задания направлены на оценивание результатов освоения компетенции УК-1, ПК-1**

#### **Лабораторная работа**

При изучении курса студенты на лабораторных занятиях выполняют лабораторные работы.

#### **Тематика лабораторных работ**

- 1. Измерение абсолютной и относительной влажности.**
- 2. Определение универсальной газовой постоянной.**
- 3. Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул.**
- 4. Измерение поверхностного натяжения.**
- 5. Определение коэффициента вязкости методом Стокса.**
- 6. Определение коэффициента линейного расширения твердых тел.**

#### **Пример типовой лабораторной работы:**

##### **Текст задания:**

1. Определение температуры сухого термометра
2. Определение температуры влажного термометра.
3. Определение давления насыщенных паров.
4. Вычисление относительной и абсолютной влажности воздуха.

#### **Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям.**

Каждая лабораторная работа содержит цели выполнения лабораторной работы, описание средств выполнения заданий, подробное описание отдельных пунктов выполнения и заданий, которые требуется выполнить. Также в лабораторной работе присутствуют контрольные вопросы, если же они отсутствуют, то преподаватель либо видоизменяет, либо предлагает новые задания, либо предлагает вопросы, ответ на которые студент должен знать после выполнения заданий лабораторной работы.

В лабораторных работах следует выполнять задания только в порядке очередности, так как зачастую выполнение последующих заданий невозможно без выполнения предыдущих.

Лабораторная работа считается выполненной, если студент выполнил задания к лабораторной работе и отчитался преподавателю (предъявил результаты выполнения заданий лабораторной работы и ответил на вопросы или выполнил видоизмененные преподавателем задания, аналогичные содержащимся в лабораторной работе).

#### **Критерии оценивания**

Оценивается успешность выполнения лабораторной работы и отчета по ней. За выполнение и подготовку отчета можно получить 1-2 балла, за ответы на контрольные вопросы 1-3 балла. Всего до 20 баллов

### **Задачи**

При изучении курса студенты на практических занятиях решают задачи из задачника из соответствующих тематических разделов.

**Тема 1. Основные положения МКТ.**

**Тема 2. Уравнение Клапейрона - Менделеева**

**Тема 3. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана**

**Тема 4. Теплопроводность, диффузия и внутреннее трение (вязкость). Вакуум и методы его получения**

**Тема 5. Первое начало термодинамики**

**Тема 6. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам**

**Тема 7. Уравнение Ван-дер-Ваальса**

### **Пример типовой задачи:**

Молекулярный пучок кислорода ударяется о неподвижную стенку. После соударения молекулы отражаются от стенки с той же по модулю скоростью. Определить давление пучка на стенку, если скорость молекул 500 м/с и концентрация молекул в пучке  $5 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ .

### **Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.**

Практические задания составлены таким образом, что в них всегда содержится констатация какого-либо факта, указание на предполагаемую гипотезу, в рамках которой этот факт трактуется, а так же задание, которое требуется выполнить. Для успешного выполнения задания необходимо определить средства, которые могут понадобиться, а также исходные данные, присутствующие в описании факта и гипотезы. Вид и форма результата подразумеваются в задании, но, как правило, явно не указаны. Таким образом, при известных исходных данных и относительной определенности результата пути выполнения (решения) поставленного задания, то есть последовательность действий, которая при строгом соблюдении всех шагов приведет от исходных данных к достоверному результату. Содержание практического или лекционного занятия при подготовке к которому используется задание, как правило, подразумевает некоторый стандартный алгоритм: при выполнении которого будет достигнут желаемый результат. Студенту необходимо строго ему (этому алгоритму) следовать.

На практических занятиях выполняется решение задач по пройденному на лекционных занятиях материалу. Не все задачи для своего решения требуют знания только пройденного материала, для решения некоторых задач требуется проводить дополнительный поиск информации по книгам из

списка литературы или по материалам, представленным в других задачах задачника.

При решении любых задач нужно выполнять простую последовательность действий:

- 1) внимательно изучить условие задачи; определить известные физические величины и искомые;
- 2) определить области физики, к которым относится описываемая в задаче ситуация;
- 3) выделить действующие в описываемой ситуации физические законы;
- 4) начинать оформлять задачу, записав «дано» и «надо»;
- 5) приступить к решению, используя математическое выражение физических законов для получения расчетной формулы; грамотно подставить значения в расчетную формулу; получить искомое значение, выполнив вычисления.

### **Критерии оценивания**

Оценивается успешность решения задачи. При успешном решении задачи студент получает от 1 до 3 баллов. Студент может получить дополнительно 1 балл за успешное использование лекционного материала при решении задачи. Всего за успешное решение задач на занятиях и при самостоятельной работе студент может получить до 20 баллов. При успешном использовании на практических занятиях материала лекций и демонстрации его владением студент может получить до 10 баллов.

### **Реферат**

Каждый студент за время проведения практических занятий должен выступить с докладом по выбранному им реферату и задать как минимум два вопроса по выступлениям других студентов.

### **Темы рефератов**

1. Основные этапы развития молекулярной физики.
2. Термодинамика и молекулярная физика.
3. Параметры и функции состояния.
4. Функции процесса.
5. Энтропия и ее свойства.
6. Универсальная газовая постоянная и постоянная Больцмана.
7. Постоянные величины в термодинамике и молекулярной физике.
8. Первое начало термодинамики.
9. Второе начало термодинамики.
10. Средние величины в статистической физике.
11. Периодические процессы.
12. Графическое изображение термодинамических процессов.

### **Методические рекомендации по выполнению.**

Необходимо подготовиться по темам рефератов для выступления на практическом занятии (первая половина практического занятия) и к решению заданий по тестам (обсуждению решенных дома) из разделов, указанных в тематике практических занятий (вторая половина занятия).

В работах такого рода должны присутствовать следующие структурные элементы: название темы, содержание работы, введение, основная содержательная часть (не менее 10 страниц), заключение, список использованных источников и литературы (при написании следует ориентироваться на актуальные требования по оформлению курсовых и выпускных квалификационных работ).

Во введении непременно следует поставить проблему, обосновать ее актуальность, дать краткую характеристику используемых в работе источников и научных публикаций, четко сформулировать цель и задачи работы. В заключительной части обязательно наличие основных результирующих выводов по затронутым проблемам. Только при соблюдении всех этих требований может оцениваться уже собственно содержательная часть работы.

### **Критерии оценивания**

Время выступления одного студента с ответами на вопросы 30-40 минут, на доклад отводится 10-30 минут. Подготовка 1 реферата и отчета по подготовленному реферату (доклад (от 0 до 1 балла), ответы на вопросы по реферату (от 0 до 2 балла), оценка реферата по содержанию (от 0 до 2 баллов)). Максимально 5 баллов.

### **Контрольные работы**

#### **Типовая контрольная работа №1**

**Задача 1.** Определить, сколько киломолей и молекул водорода содержится в объеме  $50 \text{ м}^3$  под давлением  $767 \text{ мм рт. ст.}$  при температуре  $18^\circ\text{C}$ . Какова плотность и удельный объем газа?

**Задача 2.** В сосуде объемом  $2 \text{ м}^3$  находится смесь  $4 \text{ кг}$  гелия и  $2 \text{ кг}$  водорода при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Определить давление и молярную массу смеси газов.

**Задача 3.** При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул водорода  $\langle \lambda \rangle = 2,5 \text{ см}$  при температуре  $68^\circ\text{C}$ ? Диаметр молекул водорода принять равным  $d = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .

**Задача 4.** Определить плотность разреженного азота, если средняя длина свободного пробега молекул  $10 \text{ см}$ . Какова концентрация молекул?

**Задача 5.** Вычислить коэффициент внутреннего трения и коэффициент диффузии кислорода, находящегося при давлении  $0,2 \text{ МПа}$  и температуре  $280 \text{ К}$ .

**Задача 6.** Чему равны средние кинетические энергии поступательного и вращательного движения молекул, содержащихся в  $2 \text{ кг}$  водорода при температуре  $400 \text{ К}$ .

**Задача 7.** При адиабатическом сжатии давление воздуха было увеличено от  $P_1 = 100$  кПа до  $P_2 = 1$  МПа. Затем при неизменном объеме температура воздуха была понижена до первоначальной. Определить давление  $P_3$  газа в конце процесса.

**Задача 8.** Вычислить массу столба воздуха высотой 1 км и сечением  $1 \text{ м}^2$ , если плотность

воздуха у поверхности Земли  $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ , а давление  $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Па. Температуру воздуха считать одинаковой.

#### Типовая контрольная работа №2

**Задача 1.** Определить скорость вылета поршня массой 4 кг из цилиндра при адиабатном расширении кислорода в 40 раз, если начальное давление воздуха  $10^7$  Па, а объем 0,3 л.

**Задача 2.** Молекулярный пучок кислорода ударяется о неподвижную стенку. После соударения молекулы отражаются от стенки с той же по модулю скоростью. Определить давление пучка на стенку, если скорость молекул 500 м/с и концентрация молекул в пучке  $5 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ .

**Задача 3.** Определить удельные теплоемкости  $c_p$ ,  $c_v$  для смеси 1 кг азота и 1 кг гелия.

**Задача 4.** В цилиндре под поршнем находится водород, который имеет массу 0,02 кг и начальную температуру  $27^\circ\text{C}$ . Водород сначала расширился адиабатически, увеличив свой объем в 5 раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в 5 раз. Найти температуру в конце адиабатического расширения и работу, совершаемую газом. Изобразить процесс графически.

**Задача 5.** Кислород массой  $m = 2$  кг занимает объем  $V_1 = 1 \text{ м}^3$  и находится под давлением  $p_1 = 0,2$  МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема  $V_2 = 3 \text{ м}^3$ , а затем при постоянном объеме до давления  $p_3 = 0,5$  МПа. Найти изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа, совершенную им работу  $A$  и количество теплоты  $Q$ , переданное газу. Построить график процесса.

**Задача 6.** Кислород массой 1 кг совершает цикл Карно. При изотермическом расширении газа его объем увеличивается в 2 раза, а при последующем адиабатическом расширении совершается работа 3000 Дж. Определить работу, совершенную за цикл.

**Задача 7.** В результате изотермического расширения объем 8 г кислорода увеличился в 2 раза. Определить изменение энтропии газа.

**Задача 8.** Углекислый газ массой 88 г находится в сосуде емкостью 10 л. Определить внутреннее давление газа и собственный объем молекул.

**Методические рекомендации по подготовке к контрольным работам.**

При решении контрольных работ выполняется решение задач по пройденному на лекционных и практических занятиях материалу. При решении задач можно использовать только задачник и калькулятор.

При решении любых задач нужно выполнять простую последовательность действий:

- 1) внимательно изучить условие задачи; определить известные физические величины и искомые;
- 2) определить области физики, к которым относится описываемая в задаче ситуация;
- 3) выделить действующие в описываемой ситуации физические законы;
- 4) начинать оформлять задачу, записав «дано» и «надо»;
- 5) приступить к решению, используя математическое выражение физических законов для получения расчетной формулы; грамотно подставить значения в расчетную формулу; получить искомое значение, выполнив вычисления.

### **Критерии оценивания**

Оценивается успешность решения задач. За выполнение заданий каждой из типовых контрольных работ №№1-2. При самостоятельном правильном решении более 90% заданий – 7-8 баллов; 80-90% – 5-6 баллов; 60-80% – 3-4 балла; 70-80% – 2 балла; 60-70% – 1 балл; менее 60% – 0 баллов.

## 1.2 Задания для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация оценивает сформированность компетенции УК-1, ПК -1.**

Промежуточная аттестация представляет собой экзамен. Для успешной сдачи экзамена студенту необходимо ответить на 2 вопроса и решить 1 задачу, объяснив порядок ее решения (используются задачи по тематике практических занятий). Студент берет экзаменационный билет и в течении 20-30 минут готовится к ответу (использование каких-либо посторонних источников информации при этом запрещается). При ответе на вопросы и объяснении решения задачи преподаватель задает дополнительные вопросы по теме вопросов, рассказанных студентом. На основании ответов на поставленные вопросы определяется уровень овладения той или иной компетенцией.

### **Примерные вопросы к экзамену**

1. Методы исследований в молекулярной физике и термодинамике, основные понятия.
2. Основные законы идеального газа. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро, Дальтона.
3. Объединенный газовый закон. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
4. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
5. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения.
6. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
7. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.
8. Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории. Броуновское Движение. Опыт Штерна. Опытное определение постоянной Авогадро.
9. Неравновесные системы и явления переноса.
10. Теплопроводность, диффузия и внутреннее трение (вязкость).
11. Вакуум и методы его получения. Свойства ультраразреженных газов.
12. Число степеней свободы молекул. Закон распределения энергии по степеням свободы.
13. Первое начало термодинамики. Работа газа при изменении его объема.
14. Теплоемкость (удельная и молярная). Уравнение Майера.
15. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
16. Адиабатический процесс. Политропные процессы.
17. Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы.
18. Энтропия как функция состояния системы. Ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью.
19. Второе начало термодинамики (по Кельвину и по Клаузиусу).
20. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его К.П.Д. для идеального газа.
21. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.

22. Уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа.
23. Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ.
24. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона.

**Критерии оценивания ответа:**

- фактическая правильность, отсутствие фактических ошибок;
- полнота ответа, подробное освещение вопроса в соответствии с содержанием программы;
- глубина ответа, понимание состояния вопроса;
- знание требований к освоению соответствующего вопроса в школьном курсе;
- владение учебно-научной речью (правильная композиция ответа, логичность его построения, достаточное количество примеров, соблюдение норм русского языка).

Всего за промежуточную аттестацию студент может получить до 40 баллов.

ФОС для проведения промежуточной аттестации одобрен на заседании кафедры математики, информатики, физики (протокол № 1 от 31 августа 2022 года).

Автор: Сорокин А.Н.