

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Косенок Сергей Михайлович  
Должность: ректор  
Дата подписания: 01.07.2025 14:50:58  
Уникальный программный ключ: МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА  
e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

## Оценочные материалы для промежуточной аттестации по дисциплине

### МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

#### 4 СЕМЕСТР

Код, направление подготовки	04.03.01 Химия
Направленность (профиль)	Инфохимия
Форма обучения	Очная
Кафедра-разработчик	Экспериментальной физики
Выпускающая кафедра	Химии

#### Типовые варианты заданий для контрольной работы:

##### 1 вариант

1. В баллоне вместимостью  $V=25$  л находится водород при температуре  $T=290$  К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $\Delta p=0,4$  МПа. Определить массу  $m$  израсходованного водорода.
2. Смесь гелия и аргона находится при температуре  $T=1,2$  кК. Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  атомов гелия и аргона.
3. Моль кислорода, занимавший объем  $V_1=1$  л при температуре  $T=173$  К, расширился изотермически до объема  $V_2=9,712$  л. Найти: а) приращение внутренней энергии газа  $\Delta U$ ; б) работу  $A$ , совершенную газом; в) количество тепла  $Q$ , полученное газом. Газ рассматривать как реальный.

##### 2 вариант

1. В колбе вместимостью  $V=100$  см<sup>3</sup> содержится некоторый газ при температуре  $T=300$  К. На сколько понизится давление  $p$  газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет  $N = 10^{20}$  молекул?
2. Найти среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул азота при условии, что его динамическая вязкость  $\eta=17$  мкПа·с.  
Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1=4$  кДж. Определить работу  $A$  газа при протекании цикла, если его термический к.п.д.  $\eta=0,1$ .

### 3 вариант

1. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу  $m=10^{-18}$  г. Во сколько раз уменьшится концентрация  $n$  при увеличении высоты на  $\Delta h=10$  м? Температура воздуха  $T=300$  К.
2. Определить среднюю арифметическую скорость  $\langle v \rangle$  молекул газа, если их средняя квадратичная скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 1$  км/с.
3. При изотермическом расширении водорода массой  $m=1$  г, имевшего температуру  $T=280$  К, объем газа увеличился в три раза. Определить работу расширения газа.

### 4 вариант

1. Сколько молекул газа содержится в баллоне вместимостью  $V=30$  л при температуре  $T=300$  К и давлении  $p=5$  МПа?
2. Средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекулы углекислого газа при нормальных условиях равна 40 нм. Определить среднюю арифметическую скорость  $\langle v \rangle$  молекул.
3. При изотермическом расширении водорода массой  $m=1$  г, имевшего температуру  $T=280$  К, объем газа увеличился в три раза. Определить работу  $A$  расширения газа и полученное газом количество теплоты  $Q$ .

### Типовой перечень вопросов к защите лабораторных работ

#### *«Измерение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити»:*

- Что такое теплопроводность? Объяснить это явление на основании положений молекулярно-кинетической теории.
- Записать закон Фурье для теплопроводности и дать его формулировку.
- Определить физический смысл градиента температуры?
- Какой физический смысл имеет коэффициент теплопроводности? От чего он зависит?
- Что такое поток тепла, куда он направлен?
- Что такое явление переноса? Какие явления переноса вы знаете.
- Выведите рабочую формулу.
- Как рассчитываются в данной работе температура, сопротивление и мощность, выделяемая на вольфрамовой проволоке при изменении тока в цепи? Как зависит сопротивление проволоки от температуры?

#### *«Измерение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении»:*

- Что называют числом степеней свободы (молекулы)?
- Сколько и какие степени свободы имеет двух, трех, четырехатомные молекулы?
- Какой газ называют идеальным?
- Что такое внутренняя энергия идеального газа и как она зависит от числа степеней свободы молекул, составляющих газ?
- Сформулировать и записать первое начало термодинамики.
- Дать определение изохорному и изобарному процессам (графическое изображение и их характеристики).

- Что такое теплоемкость? Как она зависит от способа нагревания газа?
- Вывести формулы для определения молярной теплоемкости при изохорном и изобарном процессах.
- Дать определение молярной теплоемкости, удельной теплоемкости, показать связь между ними.
- Объяснить методику измерения теплоемкости воздуха при постоянном давлении методом протока.

**«Определение изменения энтропии при фазовом переходе»:**

- Что такое фаза, фазовый переход?
- Что такое фазовый переход первого рода?
- Чем отличается фазовый переход первого рода от фазового перехода второго рода?
- Из чего складывается внутренняя энергия твердого тела?
- Объясните процессы плавления и кристаллизации.
- Почему температура тела при плавлении и кристаллизации остается постоянной?
- Нарисуйте диаграмму плавления и дайте характеристику происходящим процессам.
- Что такое энтропия? Сформулируйте физический смысл этого понятия.
- В чем заключается статистический смысл энтропии?
- Как меняется энтропия при плавлении, при кристаллизации?

**«Определение отношения изобарной и изохорной теплоемкостей газа»:**

- Что такое теплоемкость газа? Какова размерность этой величины?
- Дать определения молярной теплоемкости и удельной теплоемкости.
- Сколько степеней свободы у молекул He, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>? Какие это степени свободы?
- Какова связь между  $C_p$  и  $C_v$  и числом степеней свободы молекул газа  $i$ ? Вывести формулы из первого начала термодинамики.
- Нарисовать качественно зависимость теплоемкости двухатомного газа от температуры?
- В каком газе  $\gamma$  имеет наибольшее значение - в He, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>?
- Дать определения изопротессам. Представить их графически.
- Какой процесс называется адиабатическим? Запишите уравнение Пуассона для этого процесса?
- Объяснить методику определения  $\gamma$ .

**«Определение коэффициента внутреннего трения жидкости»:**

- Что называется вязкостью? Каков механизм вязкости жидкости?
- Напишите уравнение движения шарика в цилиндре, заполненном вязкой жидкостью.
- Какое движение называется ламинарным, турбулентным?
- Как зависит вязкость жидкости от температуры и относительной молекулярной массы?
- Какой физический смысл имеет коэффициент внутреннего трения (вязкости) ?
- Какие силы действуют на шарик, падающий в жидкости?
- Как в данной работе определяется коэффициент вязкости?

**«Определение коэффициента внутреннего трения и средней длины свободного пробега молекул воздуха»:**

- Как определяется средняя длина свободного пробега молекул? Как она зависит от температуры, от давления?
- Какова природа явлений переноса? Какие явления переноса вы знаете?
- Записать формулу для потока импульса.
- Чем обусловлено внутреннее трение (вязкость) газа ?
- В какой части экспериментальной установки возникает исследуемое в опыте явление переноса?
- В каком направлении происходит перенос импульса?
- Определите физический смысл коэффициента динамической вязкости. Как зависит  $\eta$  от давления и температуры газа?
- Как определяется кинематическая вязкость?
- Когда возникает сила внутреннего трения? От чего она зависит?
- Выведите формулу для расчёта коэффициента динамической вязкости.
- Как определяется объем воздуха, проходящего через капилляр?
- Как определяется разность давлений, возникающих на концах капилляра?

**«Изучение распределения Больцмана и определение работы выхода электронов из металла в вакуум»:**

- Что называется распределением Больцмана?
- Сколько значений потенциальной энергии частиц реализуется в экспериментальной установке, применяемой в данной работе?
- Представить распределение Больцмана графически и указать на графике область изменения параметров системы в данной работе.
- Что общего и в чем различие распределений Больцмана, Максвелла?

**«Изучение распределения Максвелла»:**

- Как определить наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости молекул идеального газа из распределения Максвелла по скоростям?
- Какой вид имеет рабочая формула в данной работе ? Запишите ее.
- В каких переменных строится график в данной работе?
- Что служит причиной возникновения тока в анодной цепи?
- Каким образом можно изменять задерживающую разность потенциалов при заданном напряжении накала?
- Изменяется ли величина задерживающей разности потенциалов при изменении напряжения накала? Почему?
- Каким образом изменяют температуру катода в данной работе?

**«Определение коэффициента теплопроводности металла»**

- Какое явление называется теплопроводностью? Запишите его уравнение. Что характеризует градиент температуры?
- Что является переносчиком тепловой энергии в металлах?
- Какой режим является стационарным? Получите уравнение, описывающее этот режим.
- Выведите формулу для коэффициента теплопроводности.
- Каков метод измерения теплопроводности в данной работе?

**Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине**

<i><b>Задание для показателя оценивания дескриптора «Знает»</b></i>	<i><b>Вид задания</b></i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Статистический и термодинамический методы.</li> <li>2. Основные понятия молекулярной физики и термодинамики.</li> <li>3. Уравнение состояния идеального газа.</li> <li>4. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории.</li> <li>5. Физический смысл температуры. Закон Дальтона.</li> <li>6. Степени свободы. Гипотеза о равномерном распределении энергии по степеням свободы.</li> <li>7. Внутренняя энергия идеального газа.</li> <li>8. Распределение Максвелла.</li> <li>9. Опытная проверка распределения Максвелла.</li> <li>10. Характерные скорости.</li> <li>11. Формула Максвелла в приведенном виде.</li> <li>12. Зависимость распределения Максвелла от температуры.</li> <li>13. Распределение по энергиям молекул.</li> <li>14. Распределение Больцмана.</li> <li>15. Барометрическая формула.</li> <li>16. Закон распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>17. Явления переноса в термодинамически неравновесных средах.</li> <li>18. Эмпирические уравнения процессов переноса.</li> <li>19. Средняя длина свободного пробега молекул.</li> <li>20. Молекулярно-кинетическая интерпретация явлений переноса. Анализ коэффициентов переноса.</li> <li>21. Первое начало термодинамики.</li> <li>22. Работа газа при изменении его объема.</li> <li>23. Теплоемкость идеального газа.</li> <li>24. Молярная теплоемкость при постоянном объеме.</li> <li>25. Молярная теплоемкость при постоянном давлении. Постоянная адиабаты.</li> </ol>	теоретический

<p>26. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.</p> <p>27. Адиабатический процесс.</p> <p>28. Политропические процессы.</p> <p>29. Второе начало термодинамики.</p> <p>30. Обратимые и необратимые процессы.</p> <p>31. Энтропия. Свойства энтропии.</p> <p>32. Изменение энтропии в изопроцессах.</p> <p>33. Круговой процесс. Термический коэффициент полезного действия для кругового процесса. Цикл Карно.</p> <p>34. Статистический смысл второго начала термодинамики.</p> <p>35. Энтропия и вероятность.</p> <p>36. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p> <p>37. Энергия ван-дер-ваальсовского газа.</p> <p>38. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния.</p> <p>39. Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона. Интегральный эффект Джоуля-Томсона.</p> <p>40. Эффект Джоуля-Томсона в газе Ван-дер-Ваальса.</p> <p>41. Фазовые переходы. Диаграмма состояний.</p> <p>42. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.</p> <p>43. Жидкое состояние. Поверхностное натяжение</p> <p>44. Давление под изогнутой поверхностью.</p> <p>45. Явления на границах между средами. Капиллярные явления.</p> <p>46. Кристаллическое состояние. Физические типы кристаллов.</p> <p>47. Теплоёмкость твердых тел. Классическая модель.</p> <p>48. Теплоёмкость твердых тел. Модель Эйнштейна.</p> <p>49. Теплоёмкость твердых тел. Модель Дебая.</p> <p>50. Квантовые статистики. Квантовые распределения. Особенности распределений.</p>	
--	--

<p><i>Задание для показателя оценивания дескриптора «Умеет», «Владеет»</i></p>	<p><i>Вид задания</i></p>
<p><b>Вариант 1.</b>  <b>Задача.</b> В баллоне вместимостью <math>V=25</math> л находится водород при температуре <math>T=290</math> К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на <math>\Delta p=0,4</math> МПа. Определить массу <math>m</math> израсходованного водорода.</p> <p><b>Вариант 2.</b>  <b>Задача.</b> В колбе вместимостью <math>V=100</math> см<sup>3</sup> содержится</p>	<p>практический</p>

некоторый газ при температуре  $T=300$  К. На сколько понизится давление  $p$  газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет  $N=10^{20}$  молекул?

**Вариант 3.**

**Задача.** Смесь гелия и аргона находится при температуре  $T=1,2$  кК. Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  атомов гелия и аргона.

**Вариант 4.**

**Задача.** Пылинки в воздухе имеют массу  $m=10^{-18}$  г. Во сколько раз уменьшится концентрация  $n$  при увеличении высоты на  $\Delta h=10$  м? Температура воздуха  $T=300$  К.

**Вариант 5.**

**Задача.** Найти среднюю длину свободного пробега  $\langle \lambda \rangle$  молекул азота при условии, что его динамическая вязкость  $\eta=17$  мкПа·с.

**Вариант 6.**

**Задача.** При изотермическом расширении водорода массой  $m=1$  г, имевшего температуру  $T=280$  К, объем газа увеличился в три раза. Определить работу расширения газа.

**Вариант 7.**

**Задача.** Кислород, занимавший объем  $V_1=1$  л под давлением  $p_1=1,2$  МПа, адиабатно расширился до объема  $V_2=10$  л. Определить работу  $A$  расширения газа.

**Вариант 8.**

**Задача.** При изотермическом расширении водорода массой  $m=1$  г, имевшего температуру  $T=280$  К, объем газа увеличился в три раза. Определить работу  $A$  расширения газа и полученное газом количество теплоты  $Q$ .

**Вариант 9.**

**Задача.** Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1=4$  кДж. Определить работу  $A$  газа при протекании цикла, если его термический к.п.д.  $\eta=0,1$ .

**Вариант 10.**

**Задача.** Масса  $m=10$  г кислорода нагревается от температуры  $T_1=323$  К до температуры  $T_2=423$  К. Найти изменение энтропии  $\Delta S$ , если нагревание происходит: а) изохорически; б) изобарически.

**Вариант 11.**

**Задача.** В закрытом сосуде объемом  $V=0,5$  м<sup>3</sup> находится  $\nu=0,6$  кмоль углекислого газа при давлении  $p=3$  МПа. Пользуясь уравнением Ван – дер – Ваальса, найти, во сколько раз надо

увеличить температуру газа, чтобы давление увеличилось вдвое.

**Вариант 12.**

**Задача.** Моль кислорода, занимавший объем  $V_1=1$  л при температуре  $T=173$  К, расширился изотермически до объема  $V_2=9,712$  л. Найти: а) приращение внутренней энергии газа  $\Delta U$ ; б) работу  $A$ , совершенную газом; в) количество тепла  $Q$ , полученное газом. Газ рассматривать как реальный.

**Вариант 13.**

**Задача.** Из баллона со сжатым кислородом объемом 100 л из-за неисправности крана вытекает газ. При температуре 273 К манометр на баллоне показывал давление  $2 \cdot 10^6$  Па. Через некоторое время при температуре 300 К манометр показал то же давление. Сколько газа вытекло из баллона?

**Вариант 14.**

**Задача.** Баллон содержит 0,3 кг гелия. Абсолютная температура в баллоне уменьшилась на 10%, масса газа тоже уменьшилась. В результате давление упало на 20%. Сколько молекул гелия ушло из баллона?

**Вариант 15.**

**Задача.** В закрытом сосуде объемом  $33,6$  дм<sup>3</sup> находятся азот и один моль водяного пара. Температура  $100$  °С, давление  $2 \cdot 10^5$  Па. Определите массу азота в сосуде.

**Вариант 16.**

**Задача.** Двухатомному газу сообщено количество теплоты  $Q=2,093$  кДж. Газ расширяется при постоянном давлении. Найти работу  $A$  расширения газа.

**Вариант 17.**

**Задача.** Азот находится в закрытом сосуде объемом  $V=3$  л при температуре  $T_1=300$  К и давлении  $p_1=300$  кПа. После нагревания давление в сосуде стало  $p_2=2,5$  МПа. Определить температуру  $T_2$  азота после нагревания и теплоту  $Q$ , сообщенную азоту.

**Вариант 18.**

**Задача.** В баллоне вместимостью  $V = 6$  л находится кислород массой  $m = 8$  г. Определить количество вещества  $n$  и число  $N$  молекул газа.

**Вариант 19.**

**Задача.** Аэростат массой  $m = 500$  кг начал опускаться с ускорением  $a = 0,25$  м/с<sup>2</sup>. Найти массу балласта, который надо сбросить за борт, чтобы аэростат получил такое же ускорение, но направленное вертикально вверх. Сопротивление воздуха



не учитывать.

**Вариант 20.**

**Задача.** Газ при температуре  $T = 319$  К и давлении  $p = 0.7$  Мпа имеет плотность  $\rho = 16$  кг/м<sup>3</sup>. Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  газа.