

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 05.09.2025 12:05:42  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a8788b8322525



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Молекулярная физика**

Направление подготовки (специальность)  
03.03.02 Физика

Направленность (профиль)  
Физика

Присваиваемая квалификация (степень)  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Челябинск, 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Физика

Дисциплина: Молекулярная физика

Семестр: 2

Форма промежуточной аттестации: экзамен

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Изучение дисциплины «Молекулярная физика» направлено на формирование компетенций, приведённых в следующей таблице:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физико-математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физико-математических и (или) естественных наук. ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, законов физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной	Знать: Для достижения ОПК-1.1: использовать базовые теоретические знания по молекулярной физике для решения профессиональных задач; понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями молекулярной физики в профессиональной деятельности. Уметь: Для достижения ОПК-1.2: использовать базовые теоретические знания по молекулярной физике; понимать, излагать и критически анализировать базовую



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		деятельности.	общефизическую информацию; пользоваться основными понятиями, законами и моделями молекулярной физики. Владеть: Для достижения ОПК-1.3: навыком решения конкретных физических задач; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.
--	--	---------------	---

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Контролируемые компетенции	Контролируемые разделы	Контролируемые уровни освоения компетенций	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1	Молекулярно-кинетическая теория идеального газа	базовый, средний, высокий	отчеты по задачам, вопросы к экзамену
2.	ОПК-1	Термодинамика идеального газа	базовый, средний, высокий	отчеты по задачам, вопросы к экзамену
3.	ОПК-1	Явления переноса	базовый, средний, высокий	отчеты по задачам, вопросы к экзамену
4.	ОПК-1	Реальные газы и жидкости	базовый, средний, высокий	отчеты по задачам, вопросы к экзамену

#### 3.2 Содержание оценочных средств

##### Раздел 1. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа

##### Идеальный газ

##### *Базовый уровень*





МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 6	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

- 1,1 раза)
6. Сосуд откачан до давления  $1.33 \cdot 10^{-9}$  Па. Температура воздуха  $15^\circ\text{C}$ . Найдите плотность воздуха в сосуде. ( $1,61 \cdot 10^{-14}$  кг/м<sup>3</sup>)
  7. Считая, что в воздухе содержится 23.6% кислорода и 76.4% азота (по массе), найдите парциальное давление кислорода при температуре воздуха  $13^\circ\text{C}$  и давлении 100 кПа. (21277 Па, 78722,31 Па)
  8. Какое число молекул находится в комнате объемом  $80 \text{ м}^3$  при температуре  $17^\circ\text{C}$  и давлении 100 кПа? ( $2 \cdot 10^{27}$ )

### **Средний уровень**

1. По газопроводной трубе идет углекислый газ при давлении  $5 \cdot 10^5$  Па и температуре  $17^\circ\text{C}$ . Какова скорость движения газа в трубе, если за  $\tau = 5$  мин протекает  $m = 2.5$  кг углекислого газа и если площадь сечения канала трубы  $S = 6 \text{ см}^2$ ? (0,00001 м/с)
2. Определите плотность смеси 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре  $7^\circ\text{C}$  и при давлении 700 мм рт. ст. (0,48 кг/м<sup>3</sup>)
3. В запаянной с одного конца стеклянной трубке длиной 90 см, находится столбик воздуха, запертый сверху столбиком ртути высотой 30 см, доходящим до верхнего края трубки. Трубку осторожно переворачивают, причем часть ртути выливается. Какова столбика ртути, который останется в трубке, если атмосферное давление соответствует давлению столба ртути высотой 75 см? (3 см)
4. Баллон вместимостью  $V=5$  л содержит смесь гелия и водорода при давлении  $p=600$  кПа. Масса  $m$  смеси равна 4 г, массовая доля  $w_1$  гелия равна 0,6. Определить температуру  $T$  смеси. (259 К)
5. В сосуде вместимостью  $V=15$  л находится смесь азота и водорода при температуре  $t=23^\circ\text{C}$  и давлении  $p=200$  кПа. Определить массы смеси и ее компонентов, если массовая доля  $w_1$  азота в смеси равна 0,7. (4,81 г, 2,06 г)

### **Высокий уровень**

1. Моль таких газов, как гелий, водород, азот, кислород, занимает при нормальных условиях ( $t=0^\circ\text{C}$ ,  $p=1013$  гПа) объем, равный 22,4 л. Чему равно в этом случае: а) число  $n$  молекул газа в единице объема, б) среднее расстояние  $\langle a \rangle$  между молекулами? Сравните это расстояние с диаметром молекулы  $d$ . (0,3 нм, 330 нм)
2. В сосуде находится смесь кислорода и водорода. Масса  $m$  смеси равна 3,6 г. Массовая доля  $w_1$  кислорода составляет 0,6. Определить количество вещества  $\nu$  смеси,  $\nu_1$  и  $\nu_2$  каждого газа в отдельности. (0,0675 моль, 0,72 моль)
3. Баллон вместимостью  $V=30$  л содержит смесь водорода и гелия при температуре  $T=300$  К и давлении  $p=828$  кПа. Масса  $m$  смеси равна 24 г. Определить массу  $m_1$  водорода и массу  $m_2$  гелия. (8 г, 16 г)
4. Сухой воздух состоит в основном из кислорода и азота. Если пренебречь остальными составными частями воздуха, то можно считать, что массовые доли кислорода и азота соответственно  $w_1=0,232$ ,  $w_2=0,768$ . Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  воздуха. (28,9 г/моль)



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 7	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

5. В сосуде вместимостью  $V=0,01 \text{ м}^3$  содержится смесь газов — азота массой  $m_1=7 \text{ г}$  и водорода массой  $m_2=1 \text{ г}$  — при температуре  $T=280 \text{ К}$ . Определить давление  $p$  смеси газов. (175 кПа)

### Молекулярно-кинетическая теория идеального газа.

#### Базовый уровень

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Молекулы каких газов - кислорода, водорода или азота, находящиеся в воздухе комнаты, - движутся быстрее?	<b>1. водорода</b> 2. скорости молекул всех газов одинаковы 3. кислорода 4. правильный ответ не приведён 5. азота
2	Какие явления доказывают, что молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении?	1. кристаллизация <b>2. испарение жидкости</b> <b>3. броуновское движение</b> 4. изменение объёма при нагревании 5. правильный ответ не приведён
3	Порядок диаметра молекулы ...	1. $10^{-2} \text{ м}$ 2. $10^{-14} \text{ м}$ 3. $10^{-6} \text{ м}$ <b>4. <math>10^{-10} \text{ м}</math></b> 5. правильный ответ не приведен
4	Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул некоторого идеального газа увеличилась в 1.5 раза при одновременном уменьшении концентрации молекул в 2.25 раза. Как изменилось давление этого газа?	1. не изменилось 2. уменьшилось в 2.25 раза 3. увеличилось в 1.5 раза <b>4. уменьшилось в 1.5 раза</b> 5. увеличилось в 2.25 раза
5	Сравните давления $p_1$ водорода и $p_2$ кислорода, если концентрация газов и их среднеквадратичные скорости одинаковы.	1. $p_2 = 8 p_1$ <b>2. <math>p_2 = 16 p_1</math></b> 3. $p_2 = 4 p_1$ 4. $p_2 = p_1$ 5. правильный ответ не приведён

1. Определите среднюю арифметическую скорость молекул газа, если известно, что средняя квадратичная скорость их 1000 м/с. (0,92 км/с)
2. При подъеме вертолета на некоторую высоту барометр, находящийся в его кабине, изменил свое показание на 90 кПа. На какой высоте летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал 100 Па? Температуру воздуха считать постоянной и равной 17° С. (892 м)
3. Какова плотность водорода, если средняя длина свободного пробега его молекул



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 8	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

0.1 см<sup>3</sup>? (9,54 10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup>)

4. Микроскопическая пылинка углерода обладает массой 0.1 нг. Определите, из скольких молекул она состоит. (5 10<sup>15</sup>)
5. В сосуде вместимостью V=20 л находится газ количеством вещества ν=1,5 кмоль. Определить концентрацию n молекул в сосуде. (4,52 10<sup>28</sup> м<sup>-3</sup>)

### **Средний уровень**

1. В баллоне вместимостью V=5 л находится азот массой m=17,5 г. Определить концентрацию n молекул азота в баллоне. (7,52 10<sup>25</sup> м<sup>-3</sup>)
2. В двух одинаковых по вместимости сосудах находятся разные газы: в первом — водород, во втором — кислород. Найти отношение n<sub>1</sub>/n<sub>2</sub> концентраций газов, если массы газов одинаковы. (16)
3. Газ массой m=58,5 г находится в сосуде вместимостью V=5 л. Концентрация n молекул газа равна 2,2\*10<sup>26</sup> м<sup>-3</sup>. Какой это газ? (Кислород)
4. Определить концентрацию n молекул идеального газа при температуре T=300 К и давлении p=1 МПа. (2,42 10<sup>17</sup> м<sup>-3</sup>)
5. Сколько молекул газа содержится в баллоне вместимостью V=30 л при температуре T=300 К и давлении p=5 МПа? (3,62 10<sup>25</sup>)

### **Высокий уровень**

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<sup>20</sup> молекул? (4,14 кПа)
2. Определить среднее значение <ε> полной кинетической энергии одной молекулы гелия при температуре T=400 К. (8,28 10<sup>-21</sup> Дж)
3. Для получения высокого вакуума в стеклянном сосуде необходимо прогреть его при откачке с целью удалить адсорбированные газы. Определить, на сколько повысится давление в сферическом сосуде радиусом R=10 см, если все адсорбированные молекулы перейдут со стенок в сосуд. Слой молекул на стенках считать мономолекулярным, сечение σ одной молекулы равно 10<sup>-15</sup> см<sup>2</sup>. Температура T, при которой производится откачка, равна 600 К. (2,4 Па)
4. Определить температуру T водорода, при которой средняя кинетическая энергия <ε<sub>п</sub>> поступательного движения молекул достаточна для их расщепления на атомы, если молярная энергия диссоциации водорода W<sub>м</sub>=419 кДж/моль. (33,6 кК)
5. При какой температуре T молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость <v<sub>кв</sub>>, как молекулы водорода при температуре T<sub>1</sub>=100 К? (1600 К)

## **Раздел 2. Термодинамика идеального газа.**

### **Первое начало термодинамики. Термодинамические процессы.**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

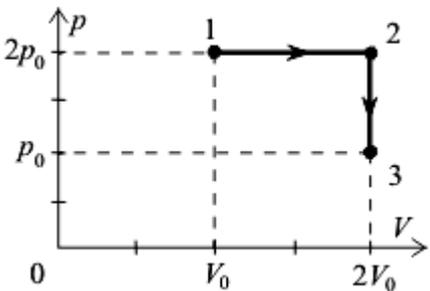
Версия документа - 1

стр. 9

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### Базовый уровень

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Какое количество теплоты получено идеальным одноатомным газом, если за время уменьшения давления в 4 раза при изотермическом процессе газ совершил работу 5 кДж?	1. 3.5 кДж 2. <b>5 кДж</b> 3. 3 кДж 4. правильный ответ не приведён 5. 7.5 кДж
2	Какое выражение соответствует первому закону термодинамики для адиабатного процесса?	1. $\Delta U = A$ 2. $\Delta U = 0$ 3. <b><math>\Delta U = -A</math></b> 4. $\Delta U = Q$ 5. $\Delta U = Q - A$
3	В каком процессе идеальный газ охлаждается, совершая при этом положительную работу?	1. такой процесс неосуществим 2. в изобарическом 3. в изохорическом 4. в изотермическом 5. <b>в адиабатическом</b>
4	Медной и стальной гирькам одинаковой массы передали равные количества теплоты. У какой гирьки температура изменится сильнее?	<b>медная</b>
5	Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объема. Масса газа постоянна. Работа, совершенная газом, равна ... 	1. <b><math>2p_0V_0</math></b> 2. $p_0V_0$ 3. $p_0V_0/2$ 4. правильный ответ не приведён 5. $4p_0V_0$

1. Найти удельную теплоемкость  $c_p$  газовой смеси, состоящей из количества  $\nu_1 = 3$  кмоль аргона и количества  $\nu_2 = 2$  кмоль азота. (684,63 Дж/(кг К))
2. Плотность некоторого двухатомного газа при нормальных условиях  $\rho = 1,43$  кг/м<sup>3</sup>. Найти удельные теплоемкости  $c_v$  и  $c_p$  этого газа. (905,5 63 Дж/(кг К), 648,8 63 Дж/(кг К))
3. Кислород массой 320 г нагревают при постоянном давлении от 373 до 473 К. Определить количество теплоты, поглощенное газом. (29,1 кДж)



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 10	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

4. Кислород массой 2 кг занимает объем  $1 \text{ м}^3$  и находится под давлением 0.2 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема  $3 \text{ м}^3$ , а затем при постоянном объеме до давления 0.5 МПа. Найдите изменение внутренней энергии газа. (3,25 МДж)
5. В закрытом сосуде находится 20 г азота и 32 г кислорода. Найдите изменение внутренней энергии этой смеси газов при охлаждении ее на  $28^\circ\text{C}$ . (1 кДж)

### **Средний уровень**

1. Определить удельную теплоемкость  $c_v$  смеси газов, содержащей  $V_1=5$  л водорода и  $V_2=3$  л гелия. Газы находятся при одинаковых условиях. (6,4 кДж/(кг К))
2. Определить удельную теплоемкость  $c_p$  смеси кислорода и азота, если количество вещества  $\nu_1$  первого компонента равно 2 моль, а количество вещества  $\nu_2$  второго равно 4 моль. (993 Дж/(кг К))
3. Найти показатель адиабаты  $\gamma$  для смеси газов, содержащей гелий массой  $m_1=10$  г и водород массой  $m_2=4$  г. (1,51)
4. Водород массой  $m=4$  г был нагрет на  $\Delta T=10$  К при постоянном давлении. Определить работу  $A$  расширения газа. (166,2 Дж)
5. При адиабатном сжатии кислорода массой  $m=1$  кг совершена работа  $A=100$  кДж. Определить конечную температуру  $T_2$  газа, если до сжатия кислород находился при температуре  $T_1=300$  К. (454 К)

### **Высокий уровень**

1. Газ, занимавший объем  $V_1=12$  л под давлением  $p_1=100$  кПа, был изобарно нагрет от температуры  $T_1=300$  К до  $T_2=400$  К. Определить работу  $A$  расширения газа. (400 Дж)
2. При адиабатном сжатии газа его объем уменьшился в  $n=10$  раз, а давление увеличилось в  $k=21,4$  раза. Определить отношение  $C_p/C_v$  теплоемкостей газов. (1,33)
3. Азот массой  $m=2$  г, имевший температуру  $T_1=300$  К, был адиабатно сжат так, что его объем уменьшился в  $n=10$  раз. Определить конечную температуру  $T_2$  газа и работу  $A$  сжатия. (754 К, 674 Дж)
4. 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. (1,81 кДж)
5. При изохорном нагревании кислорода объемом  $V=50$  л давление газа изменилось на  $\Delta p=0,5$  МПа. Найти количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу. (62,5 Дж)

## **Второе начало термодинамики. Энтропия.**

### **Базовый уровень**

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	КПД тепловой машины, работающей без потерь энергии, является максимальным, если её рабочий цикл включает ...	<b>1. две изотермы, две адиабаты</b> 2. две адиабаты, две изохоры 3. две изохоры, две изотермы



Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

		4. две изобары, две изохоры
2	Какова размерность энтропии?	1. Дж/кг 2. Дж/с 3. Дж/(кг·К) 4. Дж/К
3	Температуру нагревателя и холодильника уменьшили на $\Delta T = 50$ К. Как изменится КПД идеального теплового двигателя?	1. увеличится 2. не изменится 3. уменьшится 4. нельзя сказать, не зная исходных температур
4	Какой из предложенных ниже графиков правильно отражает цикл Карно в координатах $T, S$ ?	3
5	Укажите цикл, которому соответствует максимальное КПД теплового двигателя.	1. Дизеля 2. Хамфри 3. Отто 4. Брайтона/Джоуля 5. Карно

- Идеальная тепловая машина; работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу  $A = 73,5$  кДж. Температура нагревателя  $t_1 = 100$  °С, температура холодильника  $t_2 = 0$  °С. Найти к. п. д.  $\eta$  цикла. (26,8%)
- Идеальная тепловая машина; работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу  $A = 73,5$  кДж. Температура нагревателя  $t_1 = 100$  °С, температура холодильника  $t_2 = 0$  °С. Найти количество теплоты  $Q_1$ , получаемое машиной за один цикл от нагревателя, и количество теплоты  $Q_2$ , отдаваемое за один цикл холодильнику. (0,274 МДж, 0,2 МДж)
- Найдите изменение  $\Delta S$  энтропии при превращении  $m=10$ г льда ( $t = 20$ °С) в пар ( $t_n=100$ °С). (88 Дж/К)
- Масса  $m = 10$  г кислорода нагревается от температуры  $t_1 = 50$  °С до температуры  $t_2 = 150$  °С. Найти изменение  $\Delta S$  энтропии, если нагревание происходит: а) изохорически; б) изобарически. (1,75 Дж/К, 2,45 Дж/К)
- Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q_1=4$  кДж. Определить работу  $A$  газа при протекании цикла, если его термический КПД  $\eta=0,1$ . (400 Дж)

### Средний уровень

- Идеальный двухатомный газ, содержащий количество вещества  $\nu=1$  моль и находящийся под давлением  $p_1=0,1$  МПа при температуре  $T_1=300$  К, нагревают при



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 12

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

- постоянном объеме до давления  $p_2=0,2$  МПа. После этого газ изотермически расширился до начального давления и затем изобарно был сжат до начального объема  $V_1$ . Построить график цикла. Определить температуру  $T$  газа для характерных точек цикла и его термический КПД  $\eta$ . (0,099)
- Идеальный газ, совершающий цикл Карно,  $2/3$  количества теплоты  $Q_1$ , полученного от нагревателя, отдает охладителю. Температура  $T_2$  охладителя равна 280 К. Определить температуру  $T_1$  нагревателя. (420 К)
  - Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура  $T_1$  нагревателя в три раза выше температуры  $T_2$  охладителя. Нагреватель передал газу количество теплоты  $Q_1=42$  кДж. Какую работу  $A$  совершил газ? (28 кДж)
  - В результате изохорного нагревания водорода массой  $m=1$  г давление  $p$  газа увеличилось в два раза. Определить изменение  $\Delta S$  энтропии газа. (7,2 Дж/К)
  - Кусок льда массой  $m=200$  г, взятый при температуре  $t_1=-10$  °С, был нагрет до температуры  $t_2=0$  °С и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры  $t=10$  °С. Определить изменение  $\Delta S$  энтропии в ходе указанных процессов. (291 Дж/К)

### **Высокий уровень**

- Идеальный многоатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар, причем наибольшее давление газа в два раза больше наименьшего, а наибольший объем в четыре раза больше наименьшего. Определить термический КПД  $\eta$  цикла. (0,11)
- Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура  $T_2$  охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от  $T_1'=400$  К до  $T_1''=600$  К? (1,88)
- Водород массой  $m=100$  г был изобарно нагрет так, что объем его увеличился в  $n=3$  раза, затем водород был изохорно охлажден так, что давление его уменьшилось в  $n=3$  раза. Найти изменение  $\Delta S$  энтропии в ходе указанных процессов. (457 Дж/К)
- Кусок меди массы  $m_1 = 300$  г при температуре  $t_1 = 97$  °С поместили в калориметр, где находится вода массы  $m_2 = 100$  г при температуре  $t_2 = 7$  °С. Найти приращение энтропии системы к моменту выравнивания температур. Теплоемкость калориметра пренебрежимо мала. (4,4 Дж/К)
- Идеальный газ в количестве  $\nu = 2,2$  моля находится в одном из двух теплоизолированных сосудов, соединенных между собой трубкой с краном. В другом сосуде — вакуум. Кран открыли, и газ заполнил оба сосуда, увеличив свой объем в  $n = 3,0$  раза. Найти приращение энтропии газа. (20 Дж/К)

### Раздел 3. Явления переноса.

#### **Явления переноса.**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 13

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### Базовый уровень

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Вязкость связана с переносом молекулами газа ...	1. энергии <b>2. импульса</b> 3. массы 4. момента импульса
2	Какова размерность коэффициента теплопроводности?	1. $\text{м}^2/\text{с}$ <b>2. Вт/(м К)</b> 3. Па с 4. это коэффициент, поэтому он размерности не имеет
3	Градиент концентрации - это ...	1. производная концентрации по времени 2. разность концентрации в двух точках 3. производная концентрации по времени в данном направлении <b>4. производная концентрации в данном направлении</b>
4	Верно ли, что шуба греет человека?	1. конечно, верно, это знает каждый, кто надевал шубу <b>2. неверно, шуба лишь сохраняет тепло человеческого тела</b> 3. греет лишь хорошая шуба из естественного меха 4. шубы из синтетики не греют
5	Укажите верное утверждение.	<b>1. вязкость газа с ростом температуры возрастает</b> 2. вязкость газа обратно пропорциональна его скорости 3. турбулентное движение обусловлено хаотическим тепловым движением молекул 4. вязкость газов с ростом давления уменьшается 5. чем больше эффективное сечение соударения молекул, тем больше вязкость газа

1. Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях равна 180 нм . Определить коэффициент диффузии гелия. ( $72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ )
2. Найти коэффициент диффузии  $D$  воздуха при давлении  $p = 101,3$  кПа и температуре  $t = 10$  °С. Диаметр молекул воздуха  $\sigma = 0,3$  нм. ( $1,46 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ )
3. Коэффициент диффузии и вязкость водорода при некоторых условиях равны  $D = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$  и  $\eta = 8,5$  мкПа·с. Найти число  $n$  молекул водорода в единице объема.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 14	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

$(1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3})$

4. Найти массу  $m$  азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку  $S = 0,01 \text{ м}^2$  за время  $t = 10 \text{ с}$ , если градиент плотности в направлении, перпендикулярном к площадке,  $\Delta\rho/\Delta x = 1,26 \text{ кг/м}^4$ . Температура азота  $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Средняя длина свободного пробега молекул азота  $\bar{\lambda} = 10 \text{ мкм}$ . (0,2 г)
5. Кислород находится при температуре  $T=300 \text{ К}$  под давлением  $p=1,00 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определить среднюю длину свободного пробега молекул. (0,076 мкм)

### **Средний уровень**

1. Пусть  $\alpha dt$  — вероятность того, что молекула газа испытывает столкновение в течение времени  $dt$ ,  $\alpha$  — постоянная. Найти вероятность того, что молекула не испытает столкновения в течение времени  $t$ . ( $e^{-\alpha t}$ )
2. Пусть  $\alpha dt$  — вероятность того, что молекула газа испытывает столкновение в течение времени  $dt$ ,  $\alpha$  — постоянная. Найти среднее время между столкновениями. ( $1/\alpha$ )
3. Найти среднюю длину свободного пробега и среднее время между столкновениями молекул газообразного азота, находящегося при нормальных условиях. (0,06 мкм, 0,13 нс)

### **Высокий уровень**

1. Найти среднюю длину свободного пробега между столкновениями молекул газообразного азота, находящегося при температуре  $t = 0^\circ \text{ C}$  и давлении  $p = 1,0 \text{ нПа}$ . (6 Мм)
2. Два одинаковых параллельных диска, оси которых совпадают, расположены на расстоянии  $h$  друг от друга. Радиус каждого диска  $a$ , причем  $a \gg h$ . Один диск вращают с небольшой угловой скоростью  $\omega$ , другой диск неподвижен. Найти момент сил трения, действующий на неподвижный диск, если коэффициент вязкости газа между дисками равен  $\eta$ . ( $N = 1,57\eta\omega a^4/h$ )
3. Один конец стержня, заключенного в теплоизолирующую оболочку, поддерживается при температуре  $T_1$ , а другой конец — при температуре  $T_2$ . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых  $l_1$ , и  $l_2$ , и коэффициенты теплопроводности  $\chi_1$  и  $\chi_2$ . Найти температуру поверхности соприкосновения этих частей стержня. ( $(\chi_1 T_1 l_2 + \chi_2 T_2 l_1)/(\chi_1 l_2 + \chi_2 l_1)$ )

## **Раздел 3. Реальные газы и жидкости.**

### **Жидкости**

#### **Базовый уровень**

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	В сосуд с холодной водой опущена капиллярная трубка. Как изменится	<b>уменьшится</b>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 15

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	уровень воды в трубке при нагревании воды?	
2	Какова размерность коэффициента поверхностного натяжения жидкости?	1. это безразмерная величина, различная для разных жидкостей 2. Дж/м <sup>2</sup> 3. Н/м 4. это безразмерная величина, одинаковая для всех жидкостей
3	Стеклянную пластинку подвесили к динамометру. После этого ею прикоснулись к поверхности жидкости и оторвали от нее. Для какой жидкости ртути, воды или керосина – динамометр покажет в момент отрыва силу больше?	1. для ртути 2. показания будут одинаковы 3. для воды 4. для керосина
4	Сито, сделанное из волокон, которые не смачиваются водой, оказывается непроницаемым для воды, хотя через него свободно проходит воздух. Какова причина указанного явления?	<b>Давление Лапласа</b>
5	В стеклянном стакане налито некоторое количество ртути. Как она расположится, если стакан с ртутью попадет в условия невесомости?	<b>шар</b>

1. Найти давление в пузырьке воздуха диаметром 4 мкм, который находится в воде на глубине 5 м. Атмосферное давление нормальное. ( $2,23 \cdot 10^5$  Па)
2. Ртутный барометр имеет диаметр трубки 3 мм. Какую поправку  $x$  в показания барометра надо внести, если учитывать капиллярное опускание ртути? Коэффициент поверхностного натяжения ртути 510 мН/м. (5,1 мм)
3. Какую силу  $F$  нужно приложить к горизонтальному алюминиевому кольцу высотой  $h = 10$  мм, внутренним диаметром  $d_1 = 50$  мм и внешним диаметром  $d_2 = 52$  мм, чтобы оторвать его от поверхности воды? (63,5 мН)
4. На сколько нагреется капля ртути, полученная, от слияния двух капель радиусом  $r = 1$  мм каждая? ( $1,65 \cdot 10^{-4}$  К)
5. Какую работу  $A$  против сил поверхностного натяжения надо совершить, чтобы разделить сферическую каплю ртути радиусом  $R = 3$  мм на две одинаковые капли? ( $1,47 \cdot 10^{-5}$  Дж)

### **Средний уровень**

1. В дне сосуда со ртутью имеется круглое отверстие диаметра  $d = 70$  мкм. При какой максимальной толщине слоя ртути она еще не будет вытекать через это отверстие? (21 см)
2. Между двумя горизонтальными стеклянными пластинками находится капля ртути в форме лепешки радиуса  $R$  и толщины  $h$ . Считая, что  $h \ll R$ , найти массу  $m$  груза,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 16

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

который надо положить на верхнюю пластинку, чтобы расстояние между пластинками уменьшилось в  $n$  раз. Краевой угол  $\theta = 135^\circ$ . Вычислить  $m$ , если  $R = 2,0$  см,  $h = 0,38$  мм,  $n = 2,0$ . (0,73 кг)

3. Два стеклянных диска радиуса  $R = 5,0$  см смочили водой и сложили вместе так, что толщина слоя воды между дисками  $h = 1,9$  мкм. Считая смачивание полным, найти силу, которую нужно приложить перпендикулярно к плоскости дисков, чтобы оторвать их друг от друга. (0,6 кН)

### Высокий уровень

1. Какую работу  $A$  против сил поверхностного натяжения надо совершить, чтобы увеличить вдвое объем мыльного пузыря радиусом  $r = 1$  см? Поверхностное натяжение мыльного раствора  $\alpha = 0,043$  Н/м. ( $6,35 \cdot 10^{-5}$  Дж)

2. Найти давление  $p$  воздуха в воздушном пузырьке диаметром  $d = 0,01$  мм, находящемся на глубине  $h = 20$  см под поверхностью воды. Атмосферное давление  $p_0 = 101,7$  кПа. (132860 Па)

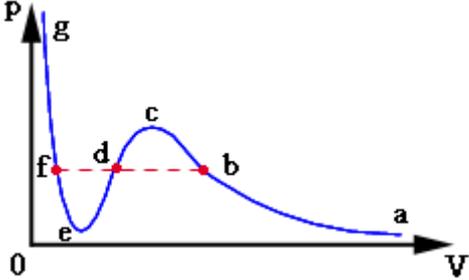
3. Давление воздуха внутри мыльного пузыря на  $\Delta p = 133,3$  Па больше атмосферного. Найти диаметр  $d$  пузыря. Поверхностное натяжение мыльного раствора  $\alpha = 0,043$  Н/м. (2,58 мм)

## Реальные газы

### Базовый уровень

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	Уравнением Ван-дер-Ваальса следует пользоваться ...	<b>1. при больших давлениях газа</b> 2. при малых объёмах газа 3. при больших объёмах газа 4. при малых давлениях газа
2	Поправка "а" в уравнении Ван-дер-Ваальса обусловлена ...	1. требованием выполнения закона сохранения энергии при соударении молекул 2. реальными размерами молекул <b>3. наличием межмолекулярных сил взаимодействия</b> 4. законом сохранения импульса при соударении молекул
3	Какова размерность постоянной "b" в уравнении Ван-дер-Ваальса?	1. м/моль 2. это безразмерная величина 3. м <sup>2</sup> /моль <sup>2</sup> 4. л/моль <b>5. м<sup>3</sup>/моль</b>
4	Может ли перестать существовать разница между жидким и газообразным	<b>1. может, при повышении температуры вещества до критической и выше</b>



	состоянием вещества?	2. нет, не может никогда 3. может, при понижении температуры вещества до критической и ниже 4. для одних веществ может, для других – нет
5	На рисунке изображен график уравнения Ван-дер-Ваальса. Какому состоянию вещества соответствует участок графика ab? 	1. газообразному 2. двухфазной системе жидкость+пар 3. твёрдому 4. жидкому

1. В сосуде объемом  $V = 10$  л находится масса  $m = 0,25$  кг азота при температуре  $t = 27$  °С. Какую часть давления газа составляет давление, обусловленное силами взаимодействия молекул? (4,87%)
2. В сосуде объемом  $V = 10$  л находится масса  $m = 0,25$  кг азота при температуре  $t = 27$  °С. Какую часть объема сосуда составляет собственный объем молекул? (0,86%)
3. Количество  $\nu = 0,5$  кмоль некоторого газа занимает объем  $V_1 = 1$  м<sup>3</sup>. При расширении газа до объема  $V_2 = 1,2$  м<sup>3</sup> была совершена работа против сил взаимодействия молекул  $A = 5,684$  кДж. Найти постоянную  $a$ , входящую в уравнение Ван-дер-Ваальса. (0,1364 Па м<sup>6</sup> моль<sup>-2</sup>)

### Средний уровень

1. Масса  $m = 20$  кг азота адиабатически расширяется в вакуум от объема  $V_1 = 1$  м<sup>3</sup> до объема  $V_2 = 2$  м<sup>3</sup>. Найти понижение  $\Delta T$  температуры при этом расширении, считая известной для азота постоянную  $a$ , входящую в уравнение Ван-дер-Ваальса. (-2,339 К)
2. Какое давление  $p$  надо приложить, чтобы углекислый газ превратить в жидкую углекислоту при температурах  $t_1 = 31$  °С и  $t_2 = 50$  °С? (7,38 МПа)
3. Найти плотность  $\rho_k$  гелия в критическом состоянии, считая известными для гелия критические значения  $T_{ки}$  и  $p_k$ . (56,91 кг/м<sup>3</sup>)

### Высокий уровень

1. Количество  $\nu = 1$  кмоль кислорода занимает объем  $V = 56$  л при давлении  $p = 93$  МПа. Найти температуру  $t$  газа, пользуясь уравнением Ван-дер-Ваальса. (348,9 К)
2. Количество  $\nu = 1$  кмоль гелия занимает объем  $V = 0,237$  м<sup>3</sup> при температуре  $t = -200$  °С. Найти давление  $p$  газа, пользуясь уравнением Ван-дер-Ваальса в приведенных величинах. (2,78 МПа)
3. Во сколько раз давление газа больше его критического давления, если известно, что его объем и температура вдвое больше критических значений этих величин? (2,45)



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 18

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### Пример варианта экзаменационного теста

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
1	В баллоне находится 5 молей вещества. Количество молекул в баллоне примерно равно ...	1. $4 \cdot 10^{25}$ 2. $6 \cdot 10^{23}$ 3. $5 \cdot 10^{22}$ 4. <b><math>3 \cdot 10^{24}</math></b>
2	В некотором процессе температура газа уменьшается, а его объем увеличивается. Как изменится давление при постоянной массе газа?	<b>уменьшится</b>
3	Внутренняя энергия газа складывается из $E_k$ – суммарной кинетической энергии молекул и $E_p$ – потенциальной энергии их взаимодействия. При каком соотношении между $E_k$ и $E_p$ состояние газа может быть описано уравнением Менделеева-Клапейрона?	1. $E_k$ и $E_p > 0$ 2. $E_k \gg E_p$ 3. $E_k \ll E_p$ 4. $E_k$ и $E_p$ не должны быть связаны никаким соотношением 5. $E_k = E_p$
4	Порядок диаметра простых молекул ...	1. $10^{-6}$ м 2. <b><math>10^{-10}</math> м</b> 3. $10^{-14}$ м 4. $10^{-2}$ м 5. правильный ответ не приведен
5	К некоторой массе идеального газа подведено одинаковое количество теплоты - один раз при постоянном давлении, а другой - при постоянном объеме. При каком процессе (1 или 2) повышение температуры будет больше?	<b>2</b>
6	При изохорном процессе внутренняя энергия одноатомного идеального газа при увеличении давления ...	<b>1. увеличивается</b> 2. изменяется в зависимости от исходного объёма 3. уменьшается 4. не изменяется
7	Адиабатический процесс - это процесс, при котором ...	1. внутренняя энергия системы не изменяется 2. <b>не происходит теплообмена между системой и окружающей средой</b> 3. система не совершает работу против внешних сил 4. над системой не совершают работу внешние силы 5. температура системы не изменяется



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 19

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

8	Выберите правильные утверждения, относящиеся к понятию "энтропия":	1. энтропия - это функция процесса <b>2. в изолированной системе энтропия не может убывать</b> 3. в изолированной системе энтропия не может возрастать 4. в изолированной системе энтропия не изменяется <b>5. энтропия - это функция состояния</b>
9	КПД тепловой машины, работающей без потерь энергии, является максимальным, если её рабочий цикл включает ...	1. две изохоры, две изотермы 2. две адиабаты, две изохоры <b>3. две изотермы, две адиабаты</b> 4. две изобары, две изохоры
10	Температуру нагревателя и холодильника теплового двигателя понизили на одинаковое количество градусов. Как изменился при этом КПД двигателя?	1. уменьшился 2. не изменился 3. ответ не однозначен <b>4. увеличился</b>
11	Зависит ли от плотности газа коэффициент вязкости?	<b>нет</b>
12	Коэффициент внутреннего трения - это физическая величина, численно равная ...	1. импульсу, переносимому в единицу времени, через единицу площади в направлении, перпендикулярном скорости 2. среди ответов нет правильного 3. силе внутреннего трения, действующей между слоями жидкости на единицу площади их соприкосновения при изменении скорости за единицу времени <b>4. силе внутреннего трения, действующей между слоями жидкости с площадью их соприкосновения, равной единице, при градиенте скорости, равном единице</b>
13	Искривление поверхности жидкости создает дополнительное (лапласово) давление. Вследствие этого давление воздуха в мыльном пузыре несколько больше атмосферного. Повышенное давление существует и в капле. Имеются одного диаметра капля и мыльный пузырь из одной и той же жидкости. Где давление меньше - внутри пузыря или внутри капли?	<b>капля</b>
14	Какова размерность коэффициента	1. это безразмерная величина, одинаковая



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 20

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	поверхностного натяжения жидкости?	для всех жидкостей 2. это безразмерная величина, различная для разных жидкостей 3. Дж/м <sup>2</sup> 4. Н/м
15	Найдите массу воздуха, заполняющего аудиторию высотой 3.1 и площадью пола 89 м <sup>2</sup> . Давление воздуха 100 кПа, температура помещения 10°C. Молярная масса воздуха равна 0.029 кг/моль.	<b>m=340 кг</b>
16	Какова средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа, если известно, что плотность его 26 г/м <sup>3</sup> , а давление, оказываемое им на стенки сосуда, 3.7 кПа?	<b>V<sub>кв</sub>=653 м/с</b>
17	Плотность некоторого газа при нормальных условиях равна 1.2 кг/м <sup>3</sup> . Отношение удельных теплоемкостей 1.4. Определите удельную теплоемкость газа при постоянном объеме.	<b>C<sub>v</sub>=773 Дж/(кг·К)</b>
18	Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, получает за каждый цикл от нагревателя 3.9 кДж тепла. Температура нагревателя 408 К, температура холодильника 308 К. Найдите количество теплоты, отдаваемое холодильнику за один цикл.	<b>Q<sub>2</sub>=2.94 кДж</b>
19	В сосуде объемом 4.5 л находится 3 · 10 <sup>22</sup> молекул двухатомного газа. Коэффициент теплопроводности газа равен 0.02 Вт/(м · К). Найдите коэффициент диффузии газа при этих условиях.	<b>D=8.7 · 10<sup>-5</sup> м<sup>2</sup>/с</b>
20	Найдите добавочное давление внутри мыльного пузыря диаметром 13 см, если коэффициент поверхностного натяжения мыльной воды равен 40 мН/м.	<b>P<sub>л</sub>=2.46 Па</b>

### Вопросы к экзамену

1. Характеристики молекул: размеры, атомная и молекулярная масса. Количество вещества – моль. Агрегатные состояния вещества.

2. Идеальный газ, законы идеального газа. Уравнение Клайперона–Менделеева. Температурные шкалы.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 21

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

3. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа, его вывод. Молекулярно-кинетический смысл температуры.

4. Степени свободы молекул. Распределение энергии по степеням свободы. Энергия молекулы. Внутренняя энергия идеального газа.

5. Распределение Максвелла для молекул газа по скоростям: по компоненте скорости, по модулю скорости. Характерные скорости молекул: средняя, средняя квадратичная, наиболее вероятная. Опыт Штерна.

6. Распределение молекул в потенциальном поле: барометрическая формула.

7. Основные понятия: термодинамическая система, параметры системы, состояние системы, равновесные и неравновесные процессы, обратимые и необратимые процессы.

8. Внутренняя энергия. Теплота и работа. Функции процесса и состояния. Первое начало термодинамики.

9. Теплоемкость, уравнение Майера. Теплоемкость и число степеней свободы. Экспериментальная зависимость теплоемкости водорода от температуры.

10. Адиабатный и политропный процессы, их уравнения.

11. Работа идеального газа в различных процессах.

12. Циклические процессы. Первое начало термодинамики для циклических процессов. Тепловые машины. КПД тепловых машин.

13. Второе начало термодинамики в формулировках Томсона (Кельвина) и Клаузиуса. Холодильная машина.

14. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Теоремы Карно.

15. Неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния. Формулировка второго начала термодинамики с использованием понятия энтропия. Вычисление энтропии.

16. Термодинамические функции.

17. Связь энтропии с вероятностью. Термодинамическая вероятность состояния. Формула Больцмана. Статистический смысл второго начала термодинамики.

18. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критические параметры. Закон соответствия состояний.

19. Изотермы реальных газов, их сравнение с изотермами газа Ван-дер-Ваальса. Критические состояния.

20. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Фазовые диаграммы.

21. Межмолекулярные силы взаимодействия. Потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.

22. Явления переноса в газах. Экспериментальные законы (законы Фика, Ньютона, Фурье).

23. Столкновения молекул, число столкновений в единицу времени. Средняя длина свободного пробега.

24. Получение уравнений переноса кинетическим методом. Выражения для коэффициентов диффузии, внутреннего трения, теплопроводности, связь между ними. Явления переноса в ультраразряженных газах.

25. Явление поверхностного натяжения. Условия равновесия на границе двух жидкостей, на границе жидкость – твердое тело. Краевой угол.

26. Дополнительное давление в жидкости под искривленной поверхностью.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 22

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Формула Лапласа. Капиллярные явления.

27.Испарение и кипение жидкостей. Давление насыщенных паров. Перегретая жидкость, переохлажденный пар.

## **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Экзамен по дисциплине проводится в электронном виде. На экзамене студенту предлагается 20 вопросов, из них 6 задач. Продолжительность экзамена составляет 60-90 минут. Во время подготовки можно использовать справочные материалы.

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

Перед проведением промежуточной аттестации, с целью адаптации и тренировки студентов, получает доступ к демонстрационной версии. Это помогает студентам снять психологическую напряжённость при процедуре проведения реального экзамена.

Важно, что после подведения компьютерной программой результатов тестирования, преподаватель обсуждает и задает дополнительные вопросы студенту по поводу того или иного ответа. По итогам такого собеседования преподаватель определяет уровень освоения проверяемых компетенций и выставляет соответствующую оценку.

Все заданные тестовые задания и ответы на них студента записываются и хранятся на сервере. Эти материалы играют роль записей студента на традиционном экзамене.

### **4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств.**

Задания к практическим занятиям студенты выполняют в течение семестра на практических занятиях и в форме самостоятельной работы. Задачи сгруппированы по темам практических занятий. До экзамена у студента должна быть зачтена каждая из 6 обязательных тем практических занятий 1-го уровня сложности. По каждой теме студент получает задание, состоящее из 5 теоретических вопросов и 8 задач. Первые три теоретических вопроса являются обязательными. Если студент правильно ответил на первые три вопроса и решил 5 задач, то тема считается зачтенной. За каждую зачтенную тему студент получает определенное количество баллов, которое зависит от числа правильно решенных задач и от того, была ли данная тема зачтена вовремя. По темам практических занятий также предусмотрены задачи более высокого уровня сложности и дополнительная тема практического занятия «Реальные газы». Задачи по данным темам студент может решать и дистанционно, например, из дома.

Критерии оценивания заданий по темам практических занятий:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 23

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Характеристики ответа	Зачтены все темы 1-го и более высоких уровней сложности, дополнительная тема	Зачтены все темы 1-го уровня, темы более высоких уровней сложности, дополнительная тема зачтены частично	Зачтены темы 1-го уровня	Не зачтены темы 1-го уровня
Баллы	5-6 баллов	2-4 баллов	1-2 балла	0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний	базовый	недостаточный

Критерии оценивания экзаменационного теста:

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Отвечает на все теоретические вопросы и может обосновать ответы, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, решает задачи и правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	17-20	высокий
Студент твердо знает материал, отвечает на теоретические вопросы и может обосновать ответы, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, решает задачи и обосновывает принятые решения. Допускаются негрубые ошибки при решении задачи или обосновании ответов на теоретические вопросы	14-16	средний
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопросы базового уровня и знает основные понятия, соотношения, название и физический смысл величин. Решению задач вызывает большие затруднения.	11-13	базовый
Не может ответить на вопрос базового уровня	0-10	недостаточный



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Молекулярная физика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 24

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### **4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций**

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными при прохождении промежуточной аттестации:

Критерии оценивания экзамена:

- 0-10 баллов - неудовлетворительно (2);
- 11-13 баллов - удовлетворительно (3);
- 14-16 баллов - хорошо (4);
- 17-20 баллов – отлично (5).

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины.

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: предполагает формирование компетенций на высоком уровне, готовность к самостоятельной профессиональной деятельности: студент свободно владеет терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Молекулярная физика», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины «Молекулярная физика»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач;
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины и недостаточно владеет методами решения базовых задач;
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом дисциплины; не владеет навыками решения базовых задач.

