

# Проверочные и контрольные работы по физике в школе в форме ЕГЭ



**Составитель:** Анатолий Найдин



**г. Томск, ТФТЛ**

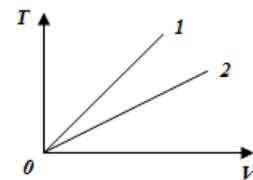
**2024**

## ВЫРИАНТ 1

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число, последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке изображены графики изобарного расширения (нагрева) двух порций одного и того же идеального газа при одном и том же давлении. Почему изобара 1 лежит выше изобары 2?

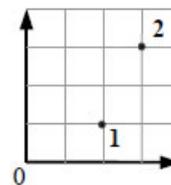


1)  $T_1 > T_2$ ; 2)  $p_1 > p_2$ ; 3)  $V_1 > V_2$ ; 4)  $v_2 > v_1$ .

2. В медном бруске массой 5 кг содержится количество вещества ( $M = 64 \cdot 10^{-3}$  кг/моль) ...

1)  $\approx 68$  моль; 2)  $\approx 82$  моль; 3)  $\approx 78$  моль; 4)  $\approx 72$  моль; 5)  $\approx 96$  моль.

3. В кабинете физики проводились опыты с разреженным газом постоянной массы. По невнимательности ученик, отметив на графике начальное и конечное состояния газа (см. рисунок), не указал, какие две величины из трех (давление  $p$ , объем  $V$ , температура  $T$ ) отложены по осям. В журнале осталась запись, согласно которой названные величины изменялись следующим образом:  $p_1 < p_2$ ,  $V_1 > V_2$ ,  $T_1 < T_2$ . Пользуясь этими данными, определите, какие величины были отложены на горизонтальной и вертикальной осях.



1) По оси абсцисс отложено давление, а по оси ординат – объем.

2) По оси абсцисс отложена температура, а по оси ординат – давление.

3) По оси абсцисс отложен температура, а по оси ординат – объем.

4) По оси абсцисс отложен объем, а по оси ординат – температура.

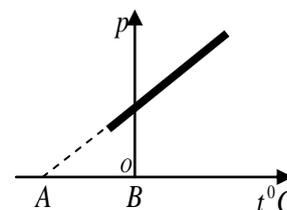
4. При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 2 раза. Начальная температура газа 250 К. Какова конечная температура газа?

1) 500 К; 2) 54 К; 3) 1000 К; 4) 250 К.

5. На рисунке приведен график зависимости давления идеального газа от температуры при постоянном объеме. Какой температуре соответствует точка А?

1)  $-273$  К; 2)  $273^\circ\text{C}$ ; 3) 0 К; 4)  $0^\circ\text{C}$ ;

6. Воздух под поршнем сжимали при температуре  $27^\circ\text{C}$ , измеряя давление воздуха при разных значениях предоставленного ему объема. Погрешность измерения этих величин соответственно равнялась  $0,1 \cdot 10^5$  Па и  $0,05 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Результаты измерений представлены в таблице:



$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	3,5	3	2,5	2
$p, 10^5 \text{ Па}$	0,7	0,8	0,9	1,2

Какой вывод можно уверенно сделать по данным этой таблицы?

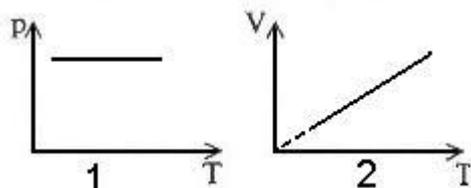
1) Под поршнем было 0,1 моль воздуха;

2) давление газа прямо пропорционально его объему;

3) давление воздуха линейно возрастало с уменьшением его объема;

4) под поршнем было 0,2 моль воздуха.

7. На графиках представлены процессы...



1) 1 - изохорный; 2 – изобарный;

2) 1 - изотермический; 2 – изобарный;

3) 1 и 2 – изохорный;

4) 1 и 2 – изобарный;

5) 1 - изобарный; 2 – изохорный.

8. Сколько грамм кислорода выпустили из баллона ёмкостью  $1 \text{ дм}^3$ , если давление его изменилось от 14 атм до 7 атм, а температура от  $27^\circ\text{C}$  до  $7^\circ\text{C}$ ?  
1) 18 г; 2) 212 г; 3) 8 г; 4) 5 г.
9. Идеальный газ, занимающий объём 15 л, охладили при постоянном давлении на 60 К, после чего объём его стал равным 12 л. Первоначальная температура была равна:  
1) 210 К; 2) 240 К; 3) 300 К; 4) 330 К.
10. Имеются два одинаковых сосуда, в которых находятся: 1 моль азота  $\text{N}_2$  в одном; смесь 1 г водорода  $\text{H}_2$  и  $3 \cdot 10^{23}$  молекул гелия  $\text{He}$  в другом. Температуры газов одинаковы. Где больше давление?  
1) Где азот; 2) Где смесь газов; 3) Одинаково; 4) Зависит от объема сосудов.
11. В закрытом сосуде объёмом 10 литров находится 5 моль азота. Температура газа равна  $27^\circ\text{C}$ . Чему равно давление газа? Ответ выразите в килопаскалях и округлите до целого числа.  
1) 1247 кПа; 2) 2484 кПа; 3) 621 кПа; 4) 12,42 кПа.
12. В воздухе на долю азота приходится 0,76 всей массы, на долю кислорода – 0,24. Вычислите молярную массу воздуха. Ответ округлите до сотых.  
1) 28,32; 2) 29 г/моль; 3) 28,96; 4) 29,24.
13. При исследовании изопроцессов использовался закрытый сосуд переменного объёма, заполненный воздухом и соединённый с манометром. Объём сосуда медленно увеличивают, сохраняя постоянное давление воздуха в сосуде. Как изменяются при этом температура воздуха в сосуде, его плотность и концентрация? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения. Запишите в ответ выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Величина			Частота изменения
А) Температура воздуха в сосуде			1) увеличится
Б) Плотность воздуха в сосуде			2) уменьшится
В) Концентрация молекул воздуха			3) не изменится
А	Б	В	

## Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а за тем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Тележка, двигаясь по рельсам, прошла расстояние 50 см за 10 секунд. Погрешность измерения пройденного тележкой расстояния  $\pm 2$  см, а время измеряется электронным секундомером с очень высокой точностью. В каких пределах, согласно этим измерениям, может лежать модуль средней скорости тележки за указанное время? Укажите минимальное и максимальное значения в см/с. В ответе запишите значения слитно без пробела.

26. В баллоне находится смесь гелия и азота. Молярная масса смеси 12 г/моль. Найдите отношение концентрации гелия к концентрации молекул азота.

Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28. В цилиндр длиной 1,6 м, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении, начали медленно вдвигать поршень площадью  $200 \text{ см}^2$ . Определить силу  $F$ , которая будет воздействовать на поршень, если его остановить на расстоянии  $h = 10$  см от дна цилиндра.

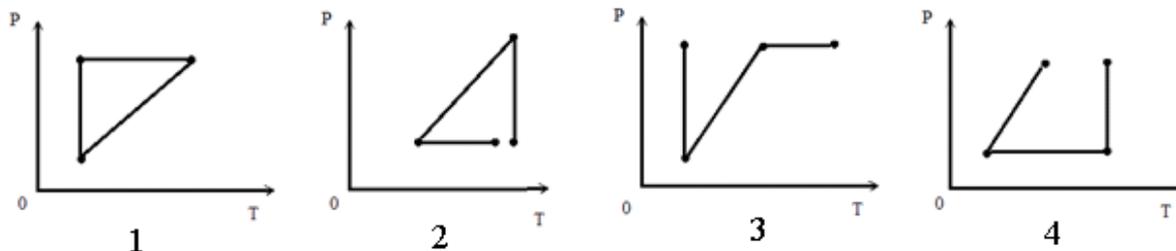
29. С какой скоростью растёт толщина стенки покрываемой серебром путём распыления? Кинетическая энергия атома серебра  $E_k = 1,0 \cdot 10^{-17}$  Дж. Атомы серебра производят давление на стенку равное  $p = 0,1$  Па. Плотность серебра  $\rho = 10,5 \text{ г/см}^3$ .

## ВЫРИАНТ 2

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число, последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. За время, пока пузырёк воздуха всплывает со дна озера на поверхность, его объём увеличивается в 6 раз. Чему равна глубина озера, если давление воздуха равно нормальному атмосферному давлению? Считайте процесс изотермическим.  
1) 25 м; 2) 50 м; 3) 60 м; 4) 40 м.
2. Сколько частиц содержится в 8 г кислорода, если степень его диссоциации 10%?  
1)  $1,5 \cdot 10^{23}$ ; 2)  $1,35 \cdot 10^{23}$ ; 3)  $1,5 \cdot 10^{22}$ ; 4)  $1,65 \cdot 10^{23}$ .
3. В сосуде под поршнем находится некоторая масса кислорода при температуре  $2T$ . В него закачивают ещё такую же массу водорода, а температуру понижают до  $T$ . Найдите, во сколько раз изменился объём содержимого под поршнем. Газы считать идеальными. Молярная масса кислорода 32 г/моль, водорода 2 г/моль.  
1) 8,5; 2) 12,2; 3) 16,0; 4) 4,0.
4. Определите давление водорода при температуре  $27^{\circ}\text{C}$ , если его плотность при этой температуре  $0,09 \text{ кг/м}^3$ , а молярная масса  $0,002 \text{ кг/моль}$ .  
1) 11,22 кПа; 2) 101 кПа; 3) 112,2 кПа; 4) 13,5 кПа.
5. Как изменится давление разреженного одноатомного газа, если абсолютная температура газа уменьшится в 2 раза, а концентрация молекул увеличится в 2 раза?  
1) увеличится в 4 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) увеличится в 2 раза; 4) не изменится.
6. Один моль идеального газа сначала сжимается при постоянной температуре, затем нагревается при постоянном давлении, и, наконец, охлаждается при постоянном объёме до первоначальной температуры. Из приведенных ниже зависимостей этим изменениям в координатах  $P-T$  соответствует график...

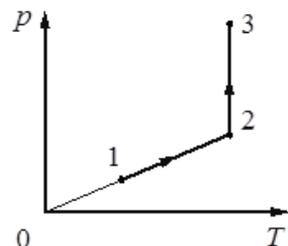


7. В одном из опытов стали нагревать воздух в сосуде постоянного объёма. При этом температура воздуха в сосуде повысилась в 3 раза, а его давление возросло в 2 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо, и через него просачивался воздух. Во сколько раз изменилась масса воздуха в сосуде?  
1) Увеличилась в 6 раз; 2) уменьшилась в 6 раз; 3) увеличилась в 1,5 раза; 4) уменьшилась в 1,5 раза.
8. Объём сосуда с идеальным газом уменьшили втрое, выпустив половину газа и уменьшив температуру в два раза. Как изменились в результате этого давление газа и его концентрация. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменится. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.
9. При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление газа прямо пропорционально его плотности. Масса газа в процессе остаётся постоянной. Утверждается, что в этом процессе: А) происходит изотермическое сжатие газа; Б) концентрация молекул газа увеличивается. Из этих утверждений: 1) верно только А; 2) верно только Б; 3) оба утверждения верны; 4) оба утверждения неверны.

10. В некотором процессе давление данной массы газа обратно пропорционально абсолютной температуре. Как изменяется давление газа, когда его объём увеличивается в 4 раза?  
 1) Уменьшится в 2 раза; 2) Возрастает в 4 раза; 3) Не изменится; 4) Уменьшится в 4 раза.

11. В открытом стеклянном сосуде нагрели сухой воздух до  $100^{\circ}\text{C}$ , затем сосуд герметично закрыли и понизили температуру воздуха в нём до  $20^{\circ}\text{C}$ . На сколько процентов изменилось в результате давление воздуха в сосуде? Ответ округлить до целого. 21%  
 1) 11%; 2) 21%; 3) 32%; 4) 18%.

12. Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Как изменяются объём газа  $V$  в процессе 1–2 и плотность газа  $\rho$  в процессе 2–3? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличилась; 2) уменьшилась; 3) не изменилась. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.



13. В вертикальном цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения. В сосуд закачивается ещё такое же количество газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого давление газа и концентрация его молекул? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Давление газа	1) увеличилась
Б) Концентрация	2) уменьшилась
В) Объём газа	3) не изменилась

А	Б	В

**Часть 2**

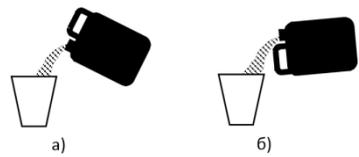
Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а за тем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

27. В вертикально расположенном закрытом цилиндрическом сосуде, разделенным поршнем массы  $m = 0,5$  кг на два отсека, находится идеальный газ. Количество вещества в верхнем отсеке в 4 раза меньше, чем в нижнем. Площадь основания цилиндра  $S$  равна  $20$  см<sup>2</sup>. В положении равновесия поршень находится посередине сосуда. А температура в обоих отсеках одинаковая. Определите давление газа  $p$  в нижнем сосуде.

28. Шар-зонд, наполняемый водородом, имеет герметичную оболочку постоянного объема  $50$  м<sup>3</sup>. Масса шара вместе с водородом  $5$  кг. Определить, на какую максимальную высоту сможет подняться этот шар-зонд, если известно, что атмосферное давление уменьшается в два раза через каждые  $5$  км высоты. Температура в стратосфере –  $53^{\circ}\text{C}$ .

Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28. Почему, когда выливаешь воду из канистры, как показано на рис. а, вода выливается рывками и булькает, а если выливать её, как показано на рис. б, то вода выливается «спокойно», ровной струёй?



29. Воздушный шар объёмом  $V = 2500$  м<sup>3</sup> с массой оболочки  $m_{об} = 400$  кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплателем) массой  $m_r = 200$  кг? Температура окружающего воздуха  $t = 7^{\circ}\text{C}$ , его плотность  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>. Оболочку шара считать нерастяжимой.

## ВЫРИАНТ 3

### Часть 1

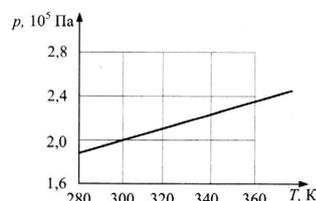
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число, последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Давление 3 моль водорода в сосуде при температуре 300 К равно  $p_1$ . Каково давление 1 моль водорода в этом сосуде при вдвое большей температуре?

- 1)  $\frac{3}{2} p_1$ ; 2)  $\frac{2}{3} p_1$ ; 3)  $\frac{1}{6} p_1$ ; 4)  $6p_1$ .

2. На рисунке показан график изменения давления 24 моль разреженного газа при изохорном нагревании. Каков объём газа? Ответ в  $\text{м}^3$  округлите до десятых.

- 1) 0,1; 2) 0,2; 3) 0,3; 4) 0,6.



Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м}^3$ .

3. Сколько атомов углерода содержится в графитовом стержне длиной 8 см и площадью сечения  $2 \text{ мм}^2$ , если плотность графита в стержне  $\rho = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ?

- 1)  $8 \cdot 10^{22}$ ; 2)  $1,3 \cdot 10^{20}$ ; 3)  $0,2 \cdot 10^{21}$ ; 4)  $4,3 \cdot 10^{21}$ .

4. При уменьшении абсолютной температуры на 500 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 3 раза. Какова начальная температура газа?

- 1) 1773 К; 2)  $1500^\circ\text{C}$ ; 3) 1500 К; 4) 750 К.

5. В некотором процессе давление данной массы газа обратно пропорционально абсолютной температуре. Как изменяется давление газа, когда его объём увеличивается в 4 раза?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

6. Плотность некоторого газа  $0,9 \text{ кг/м}^3$ . При этом концентрация молекул газа  $n = 1,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ . Какой это газ?

- 1) кислород; 2) азот; 3) метан; 4) гелий.

7. Вертикальный закрытый цилиндрический сосуд высотой 0,8 м разделён на две части лёгким скользящим без трения металлическим поршнем. В верхней части сосуда находится гелий, а в нижней — азот. На какой высоте находится поршень, если массы газов одинаковы?

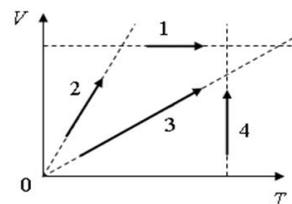
- 1) 0,1; 2) 0,2; 3) 0,3; 4) 0,4.

8. Температура в холодных облаках межзвёздного газа составляет около 10 К, а давление газа достигает  $1,4 \cdot 10^{-12} \text{ Па}$ . Оцените концентрацию молекул межзвёздного газа. Ответ в  $10^9 \text{ м}^{-3}$  округлите до целых.

- 1) 6; 2) 20; 3) 3; 4) 10.

9. На графике стрелками указаны направления процессов, протекающих в идеальном газе. Давление газа убывает в ходе процесса, указанного под номером...

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



10. Два баллона объёмами 10 и 20 л содержат 2 моль кислорода и 3 моль азота соответственно при температуре  $17^\circ\text{C}$ . Какое давление установится в баллонах, если их соединить между собой? Температуру газов считать неизменной.

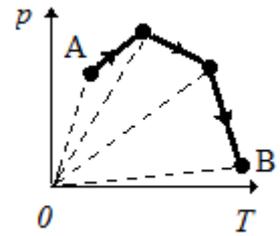
- 1) 1 атм; 2) 4 атм; 3) 3 атм; 4) 4 МПа.

11. Сосуд объёмом 10 л содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Каково давление смеси, если отношение массы водорода к массе гелия в смеси равно 1,5?

- 1) 100 кПа; 2) 200 кПа; 3) 300 кПа; 4) 400 кПа.

12. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. Процесс изменения состояния газа приведен на рисунке. При переходе газа из состояния А в состояние В его объём...

- 1) все время увеличивался;
- 2) все время уменьшался;
- 3) сначала увеличивался, затем уменьшался;
- 4) сначала уменьшался, затем увеличивался.



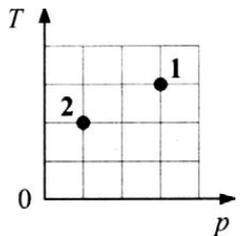
13. Идеальный газ изохорно нагревают так, что его температура изменяется на  $\Delta T = 120$  К, а давление — в 1,4 раза. Масса газа постоянна. Найдите начальную абсолютную температуру газа.

- 1) 100 К; 2) 200 К; 3) 300 К; 4) 400 К.

14. На высоте 200 км давление воздуха составляет примерно  $10^{-4}$  от нормального атмосферного давления, а температура воздуха — примерно 1200 К. Оцените плотность  $\rho$  воздуха на этой высоте. Ответ округлите до десятых.

- 1)  $12 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>; 2)  $2 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>; 3)  $329 \cdot 10^{-7}$  кг/м<sup>3</sup>; 4)  $29 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>.

15. Идеальный газ, находящийся в сосуде под поршнем, переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.). Количество вещества газа не меняется. Найдите отношение  $V_2/V_1$ .



- 1) 1; 2) 1/2; 3) 1/3; 4) 1/4.

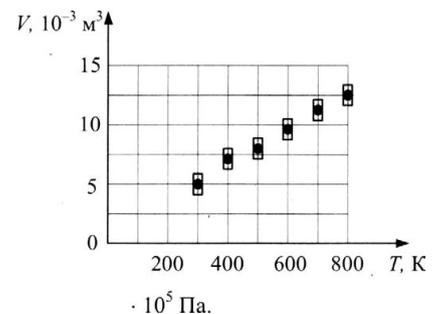
16. В сосуде объёмом 20 л содержится газ при нормальных условиях. Чему равна масса этого газа, если это водород? Ответ в граммах округлить до десятых.

- 1) 12 г; 2) 26 г; 3) 32 г; 4) 43 г.

**Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а за тем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

25. Воздушный шар, оболочка которого имеет объём  $V = 400$  м<sup>3</sup> и массу вместе с корзиной  $m = 250$  кг, наполняется при нормальном атмосферном давлении горячим воздухом, нагретым до температуры  $t = 300$  °С. Определите максимальную температуру  $t_0$  окружающего воздуха, при которой шар поднимается в воздух. Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

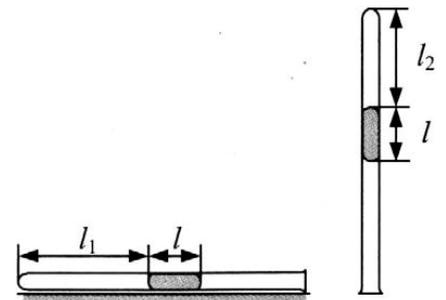
26. В цилиндре под поршнем находится 0,4 моль разреженного газа. Результаты измерения объёма газа с повышением температуры при постоянном давлении показаны на рисунке. Погрешность измерения температуры  $\Delta T = \pm 10$  К, объёма  $\Delta V = \pm 0,5$  л. Чему равно давление газа под поршнем?



**Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

28. Со дна озера, имеющего глубину  $H = 10$  м, медленно поднимается пузырёк воздуха. Определите объём  $V_1$  пузырька у дна озера, если на расстоянии  $h = 1$  м от поверхности воды он имел объём  $V_2 = 5$  мм<sup>3</sup>. Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению.

29. В запаянной с одного конца стеклянной трубке постоянного сечения, расположенной горизонтально, находится столбик воздуха длиной  $\ell_1 = 35$  см, запёртый столбиком ртути. Если трубку закрепить вертикально отверстием вниз, то длина воздушного столбика над ртутью будет равна  $\ell_2 = 42$  см. Какова длина  $\ell$  ртутного столбика? Атмосферное давление 750 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке считать постоянной.



## ВЫРИАНТ 4

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число, последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Один моль идеального одноатомного газа совершает адиабатическое сжатие. Как изменяются в результате такого процесса давление и температура газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

2. Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно  $227\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура холодильника  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную  $10\text{ кДж}$ . Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

1)  $35\text{ кДж}$ ; 2)  $25\text{ кДж}$ ; 3)  $15\text{ кДж}$ ; 4)  $20\text{ кДж}$ .

3. Состояние идеального газа меняется по циклу,  $pT$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Количество вещества газа равно  $0,5\text{ моль}$ . Определите наибольший объём, который занимает газ в этом процессе. Ответ в литрах округлите до целых.

1)  $35\text{ л}$ ; 2)  $25\text{ л}$ ; 3)  $15\text{ л}$ ; 4)  $20\text{ л}$ .

4. В вертикальном цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится идеальный газ. Чтобы уменьшить объём газа в 2 раза, на поршень надо положить груз массой  $m$ . Какой еще груз надо положить на поршень, чтобы уменьшить объём газа еще в 2 раза? Температура поддерживается постоянной.

1)  $4m$ ; 2)  $3m$ ; 3)  $2m$ ; 4)  $m$ .

5. На рисунке показано изменение состояния идеального газа в количестве 4 моль. Какая температура соответствует состоянию 2?

1)  $375\text{ К}$ ; 2)  $320\text{ К}$ ; 3)  $300\text{ К}$ ; 4)  $405\text{ К}$ .

6. На высоте  $200\text{ км}$  давление воздуха составляет примерно  $10^{-4}$  от нормального атмосферного давления, а температура воздуха — примерно  $1200\text{ К}$ . Оцените плотность воздуха на этой высоте. Ответ в  $10^{-5}\text{ кг/м}^3$  округлите до десятых.

1)  $1,6$ ; 2)  $21,6$ ; 3)  $3,5$ ; 4)  $2,9$ .

7. Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа  $p$  от объёма  $V$ . Масса газа в процессе не изменяется. Из приведенного ниже списка выберите два правильных утверждения, характеризующих отраженные на графике процессы.

1) Плотность газа минимальна в состоянии 1.

2) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается в 3 раза.

3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 1,5 раза.

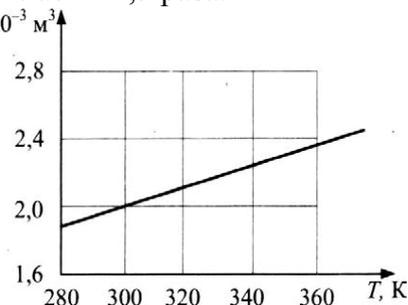
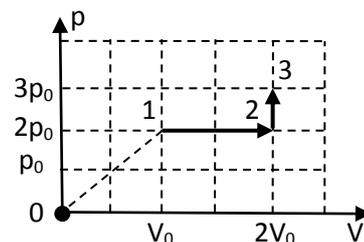
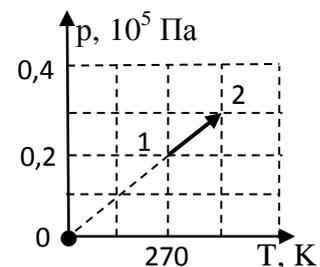
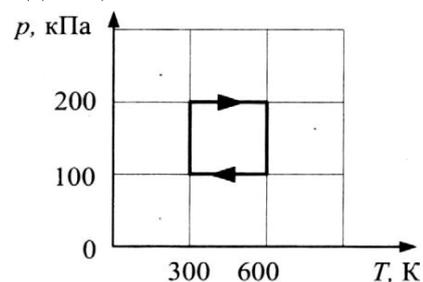
4) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.

5) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 3.

8. На рисунке показан график изменения давления  $0,2\text{ моль}$  разреженного газа при изобарном нагревании. Чему равно давление газа? Ответ в  $10^5\text{ Па}$  округлите до десятых.

1)  $2,5$ ; 2)  $0,5$ ; 3)  $1,8$ ; 4)  $1,5$ .

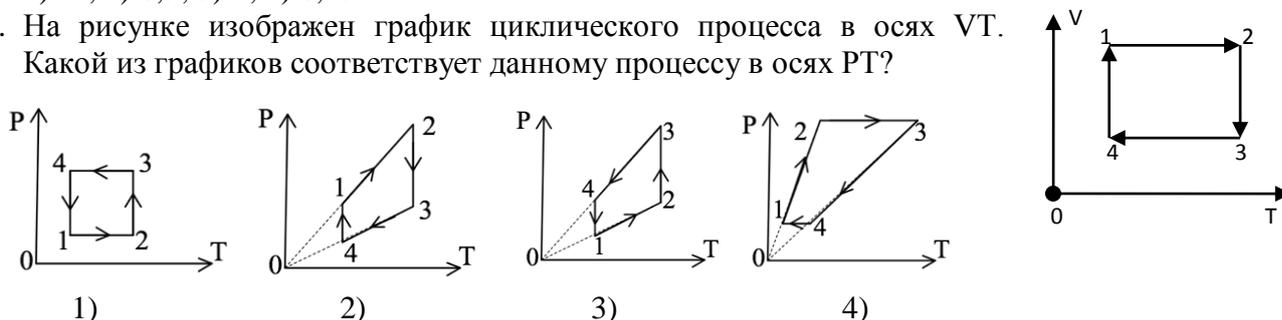
9. Теплоизолированный сосуд разделён тонкой



теплоизолирующей перегородкой на две части. Обе части сосуда заполнены одинаковым одноатомным идеальным газом. Давление в первой из них равно  $p_0$ , во второй —  $4p_0$ . Определите отношение объёмов второй части сосуда к первой части, если, после того как перегородку убрали, давление в сосуде стало равным  $3p_0$ .

1) 2; 2) 0,5; 3) 4; 4) 0,25.

10. На рисунке изображен график циклического процесса в осях  $V\Gamma$ . Какой из графиков соответствует данному процессу в осях  $P\Gamma$ ?

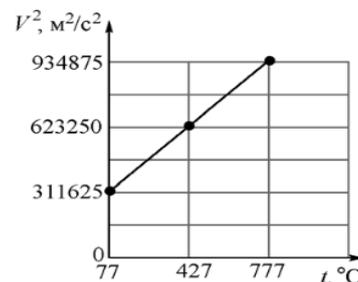


11. Перед проведением газосварочных работ манометр баллона с кислородом показывал давление 10 МПа, а после сварки - 8 МПа. Сколько кислорода в процентах было израсходовано? Температура и объем кислорода не изменились. Атмосферное давление нормальное.

1) 80%; 2) 20%; 3) 30%; 4) 15%.

12. На рисунке изображён график среднего квадрата скорости молекул идеального газа от температуры. Определите молярную массу этого газа.

1) 28 г/моль; 2) 32 г/моль; 3) 16 г/моль; 4) 44 г/моль.



**Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а за тем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

25. В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S = 5 \text{ см}^2$ , ограниченном сверху подвижным поршнем массой 1 кг, находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте  $H = 13 \text{ см}$  от дна сосуда. На какой высоте  $h$  от дна сосуда окажется поршень, если на него положить груз массой  $m = 0,5 \text{ кг}$ ? Воздух считать идеальным газом, а его температуру — неизменной. Атмосферное давление принять равным  $10^5 \text{ Па}$ . Трение между стенками сосуда и поршнем не учитывать.
26. Абсолютная температура воздуха в сосуде понизилась в 1,5 раза, при этом воздух перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.). Сквозь неплотно закрытый кран сосуда мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение  $N_2/N_1$ - числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.

**Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

28. Теплоизолированный цилиндр, расположенный горизонтально, разделён подвижным теплопроводящим поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой — аргон. В начальный момент температура гелия равна 300 К, а аргона — 600 К, объёмы, занимаемые газами, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Во сколько раз изменится объём, занимаемый аргоном, после установления теплового равновесия, если поршень перемещается без трения? Теплоёмкостью цилиндра и поршня пренебречь.
29. Воздушный шар объемом  $V = 2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $m_{об} = 400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры  $t$  нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплателем) массой  $m = 200 \text{ кг}$ ? Температура окружающего воздуха  $t_0 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ , его плотность  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

## ВЫРИАНТ 5

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число, последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Из металлического баллона, в котором находилось 3 моль идеального газа под давлением  $3 \cdot 10^5$  Па, медленно, без изменения температуры выпустили 0,6 моль газа. Определите давление газа в конечном состоянии.

1) 60 кПа; 2) 180 кПа; 3) 200 кПа; 4) 240 кПа.

2. При понижении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Начальная температура газа 600 К. Какова конечная температура газа? Ответ дайте в кельвинах.

1) 180 К; 2) 250 К; 3) 150 К; 4) 200 К.

3. При неизменной концентрации молекул идеального газа средняя квадратичная скорость теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Во сколько раз изменилось давление газа?

1) 4; 2) 8; 3) 12; 4) 16.

4. На высоте 150 км давление воздуха составляет примерно  $0,831 \cdot 10^{-9}$  от нормального атмосферного давления, а температура воздуха – примерно 1160 К. Какова плотность воздуха на этой высоте? Молярную массу воздуха считать не зависящей от высоты и температуры.

1)  $2,5 \cdot 10^{-15}$  кг/м<sup>3</sup>; 2)  $2,0 \cdot 10^{-15}$  кг/м<sup>3</sup>; 3)  $1,5 \cdot 10^{-15}$  кг/м<sup>3</sup>; 4)  $1,0 \cdot 10^{-15}$  кг/м<sup>3</sup>.

5. На  $pT$ -диаграмме представлена зависимость давления постоянной массы идеального газа от температуры. На участке 1-2 температура газа увеличилась в 3 раза, а на участке 2-3 в 2 раза. Каким стал конечный объем газа, если в состоянии 1 его объем составлял 200 мл?

1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

6. В вертикальном цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. Из сосуда медленно выпускается половина массы газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого объём газа и сила, действующая на поршень со стороны газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

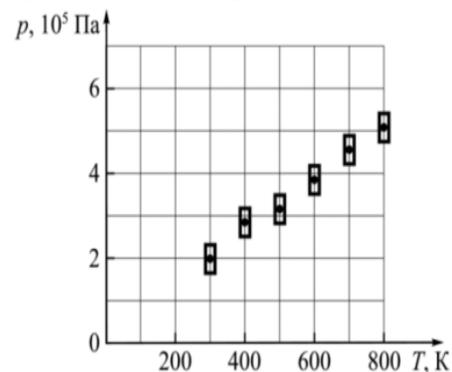
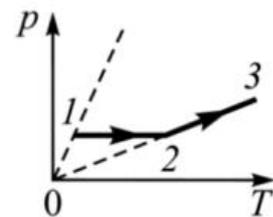
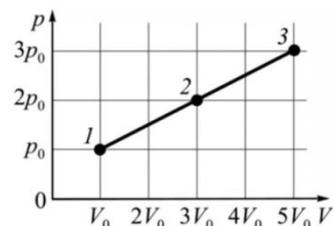
Объём газа	Сила, действующая на поршень со стороны газа

7. Концентрация атомов гелия, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, увеличилось в 6 раз. Давление газа при этом возросло в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом средняя энергия теплового движения атомов гелия.

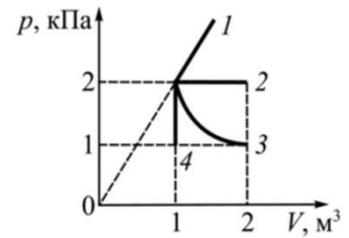
1) Уменьшилась в 3 раза; 2) Уменьшилась в 12 раз; 3) Увеличилась в 6 раз; 4) Не изменилась.

8. На рисунке показаны результаты измерения давления постоянной массы разреженного газа при повышении его температуры. Абсолютная погрешность измерения температуры  $\Delta T = 10$  К, давления  $\Delta p = 2 \cdot 10^4$  Па. Газ занимает объём 5 л. Чему равно число молей газа. Ответ округлите до десятых.

1)  $(52 \pm 3)$  моль.; 2)  $(92 \pm 8)$  моль.; 3)  $(22 \pm 2)$  моль.; 4)  $(82 \pm 5)$  моль.



9. Найти среднюю силу отдачи автомата при стрельбе очередью. Масса пули 10 г, скорость пули при вылете 300 м/с, скорострельность автомата 500 выстрелов/мин.  
1) 15 Н; 2) 25 Н; 3) 40 Н; 4) 10 Н.
10. На рисунке показан график процесса, проведенного с одним молем идеального газа. Найдите отношение температур  $T_3/T_2$ .  
1) 1; 2) 2; 3) 0,5; 4) 1,4.
11. Давление 3 моль водорода в сосуде при температуре 300 К равно 300 кПа. Каково давление 1 моля водорода в этом сосуде при вдвое большей температуре?  
1) 100 кПа; 2) 200 кПа; 3) 300 кПа; 4) 400 кПа.
12. Какой из графиков, изображенных на рисунке, соответствует изотермическому процессу?  
1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.
13. Какой из законов необходимо применить для объяснения явления присасывания медицинской банки к телу человека?  
1) Закон Шарля; 2) закон Бойля-Мариотта; 3) закон Гей-Люссака; 4) все газовые законы.

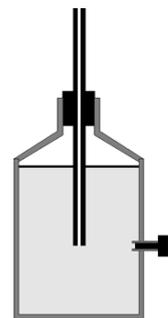


**Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а за тем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

25. До какого давления накачан футбольный мяч емкостью 3 л, если при этом было сделано 40 качаний поршневого насоса? За каждое качание насос захватывает из атмосферы  $150 \text{ см}^3$  воздуха. Атмосферное давление 100 кПа. Содержанием воздуха в мяче до накачки пренебречь. Температура постоянна.
26. Тонкостенный цилиндр с воздухом закрыт снизу поршнем массой  $m = 1 \text{ кг}$ , который может без трения перемещаться в цилиндре. Цилиндр плавает в вертикальном положении в воде при температуре  $T = 293 \text{ К}$  (см. рис.). Когда цилиндр опустили при постоянной температуре на глубину  $h = 1 \text{ м}$  (от поверхности воды до его верхней крышки), он потерял плавучесть. Какое количество воздуха было в цилиндре? Атмосферное давление равно  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ , масса цилиндра и воздуха в цилиндре гораздо меньше массы поршня.

**Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

28. В боковой стенке покоящейся на столе бутылки проделано маленькое отверстие, в которое вставлена затычка. В бутылку налита вода, а горлышко бутылки закрыто резиновой пробкой, через которую пропущена вертикальная тонкая трубка. Нижний конец трубки находится ниже поверхности воды на уровне отверстия в стенке бутылки, верхний конец сообщается с атмосферой (см. рис.). Затычку из отверстия в боковой стенке вынимают и начинают медленно поднимать трубку вверх. При этом вода вытекает из бутылки через отверстие, а через трубку в бутылку входят пузырьки воздуха. Опишите, как будет изменяться скорость вытекания воды из отверстия по мере поднимания трубки. Считайте, что уровень воды всегда находится выше нижнего конца трубки и выше отверстия в стенке. Ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



29. В сосуде объёмом 8,31 л находится 0,35 моль идеального газа при давлении 100 кПа. Газ сначала изотермически расширяют в 2 раза, а затем изохорически нагревают на 120 К. Чему равно давление газа в конечном состоянии? Ответ выразите в кПа и округлите до целого числа.

## ВЫРИАНТ 6

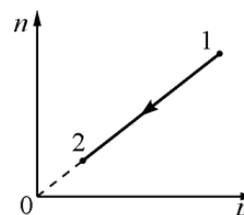
### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число, последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Пустую пластиковую бутылку плотно закрыли в теплой комнате при температуре  $27^{\circ}\text{C}$  и вынесли на мороз, где температура  $-33^{\circ}\text{C}$ . Через некоторое время бутылка деформировалась, и ее объем уменьшился на 10 %. Какое давление установилось в бутылке? Атмосферное давление нормальное.

1) 676 мм рт.ст.; 2) 621 мм рт.ст.; 3) 711 мм рт.ст.; 4) 720 мм рт.ст..

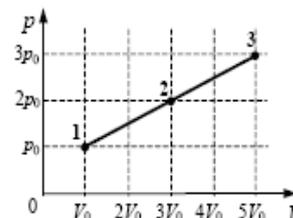
2. При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  прямо пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Масса газа в этом процессе остаётся постоянной. Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие процесс 1–2. В ответе укажите их номера.



- 1) Абсолютная температура газа уменьшается.
- 2) Плотность газа остаётся неизменной.
- 3) Происходит изотермическое расширение газа.
- 4) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
- 5) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа увеличивается.

3. На рисунке показан график процесса, проведённого над одним молем идеального газа. Найдите отношение температур  $T_3/T_1$ .

1) 15; 2) 5; 3) 3; 4) 8.



4. В двух сосуда одинакового объема содержатся разреженные газы. В первом сосуде находятся 2 моль гелия при температуре  $127^{\circ}\text{C}$ , во втором сосуде находится 1 моль аргона при температуре  $300\text{ K}$ . Выберите все верные утверждения о параметрах состояния указанных газов.

- 1) Абсолютная температура газа во втором сосуде выше, чем в первом.
- 2) Давления газов в сосудах одинаковы.
- 3) Среднеквадратичная скорость молекул газа в первом сосуде больше, чем во втором.
- 4) Концентрация газа в первом сосуде в 2 раза меньше, чем во втором.
- 5) Отношение средней кинетической энергии теплового движения молекул аргона к средней кинетической энергии теплового движения молекул гелия равно 0,75.

5. Баллон вместимостью 6 л содержит смесь гелия и водорода при давлении 490 кПа. Масса смеси равна 5,8 г, массовая доля гелия равна 0,6. Определите температуру смеси.

1) 174 К; 2) 194 К; 3) 201 К; 4) 293 К.

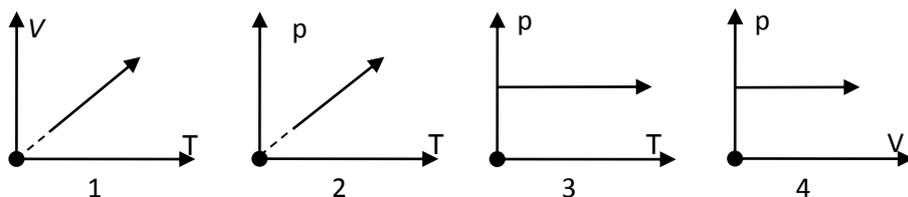
6. Баллон, содержащий  $m_1 = 1\text{ кг}$  азота, при испытании на прочность взорвался при температуре  $t_1 = 327^{\circ}\text{C}$ . Какую массу водорода  $m_2$  можно было бы хранить в таком баллоне при температуре  $t_2 = 27^{\circ}\text{C}$ , имея пятикратный запас прочности?

1) 6 кг; 2) 2,1 кг; 3) 382 г; 4) 714 г.

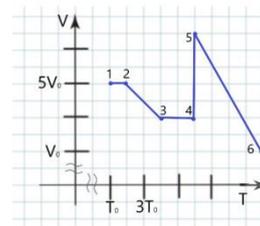
7. В открытом сосуде находится воздух. Как изменятся при увеличении его абсолютной температуры: а) давление газа; б) концентрация молекул газа; в) средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа; г) среднеквадратичная скорость движения молекул газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличилась; 2) уменьшилась; 3) не изменилась. Запишите в таблицу выбранные цифры.

давление газа	концентрация	средняя кинетическая энергия	среднеквадратичная

8. На каком из графиков представлен закон Гей-Люссака?



9. При давлении 479,7 кПа плотность гелия равна 2,49 кг/м<sup>3</sup>. При давлении 158,7 кПа аргон массой 2,3 кг занимает объем 3,6 м<sup>3</sup>. Найти отношение средней квадратической скорости молекул гелия к средней квадратической скорости молекул аргона  
1) 0,68; 2) 1,23; 3) 0,93; 4) 0,88.
10. Изменение состояния некоторого постоянного количества идеального газа представлено на диаграмме. Выберите верные утверждения:  
1) 3-4 и 2-3 – изохорные процессы?  
2) 4-5 – изотермическое сжатие?  
3) давление идеального газа в точке 1 в пятьдесят раз меньше, чем в точке 6?  
4) давление идеального газа в точке 4 в полтора раза больше, чем в точке 3?
11. Воздушный шар диаметром 20 см вынесли из помещения с температурой воздуха 22<sup>0</sup>С на улицу, где температура воздуха 0<sup>0</sup>С. Каким станет диаметр шара?  
1) 15,4 см; 2) 16,5 см; 3) 19,5 см; 4) 18 см.
12. Определить химическую формулу молекулы некоторого соединения углерода с кислородом, если 1 г этого вещества в газообразном состоянии создает в сосуде объемом 1 л давление 0,56 · 10<sup>5</sup> Па при температуре 27<sup>0</sup>С.  
1) C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 2) CO<sub>2</sub>; 3) C<sub>3</sub>O<sub>2</sub>; 4) CO.

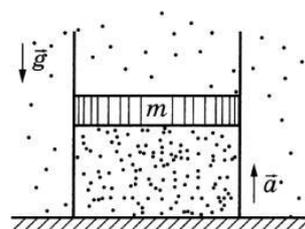


**Ответом к заданиям 25–27 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а за тем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

25. В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S = 5 \text{ см}^2$  под подвижным поршнем массой  $M = 1 \text{ кг}$  с лежащим на ней грузом массы  $m$  находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находится на высоте  $h_1 = 15 \text{ см}$  от дна сосуда. Если груз снять с поршня, то поршень поднимется на  $\Delta h = 2 \text{ см}$ . Какова масса груза? Атмосферное давление  $10^5 \text{ Па}$ . Трение между стенками и поршнем не учитывать.
26. Тонкостенный герметичный куб массой 1 кг плавает на поверхности воды. Длина ребра куба равна 50 см. При каком минимальном давлении воздуха внутри куба он не утонет, получив пробоину в дне? Атмосферное давление равно 1 атм.

**Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

28. В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под подвижным поршнем массой 10 кг и площадью поперечного сечения 50 см<sup>2</sup> находится разреженный газ (см. рисунок). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю 1 м/с<sup>2</sup>, высота столба газа под поршнем постоянна и на 5% меньше, чем в покоящемся сосуде. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным, определите внешнее давление. Масса газа под поршнем постоянна.
29. В запаянной с одного конца длинной горизонтальной стеклянной трубке постоянного сечения находится столбик воздуха длиной 30 см, запёртый столбиком ртути. Если трубку поставить вертикально отверстием вверх, то длина воздушного столбика под ртутью будет равна 25 см. Какова длина ртутного столбика? Атмосферное давление 750 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке считать постоянной.



#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский и др.; Ред. А.В. Перышкин. – М.: Просвещение, 1984.
2. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
3. В.А. Касьянов. Физика. 10, 11 кл. – М.: Дрофа, 2002.
4. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1972.
5. В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.П. Кузьмин и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. – М.: Просвещение, 1972.
6. Д. Джанколи. Физика. – М.: Мир, 1989.
7. А.А. Найдин. Использование обобщающих таблиц при формировании понятий. Физика в школе, 3 (1989).
8. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
9. Н.В. Любимов, С.М. Новиков. Знакомимся с электрическими цепями. – М.: Наука, 1972.
10. Дж. Оррир. Физика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981.
11. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
12. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн. – М.; ФИЗМАТЛИТ, 2004.
14. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Электродинамика: Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2010 г.
15. А.А. Найдин. Система задач из одной задачи?! //ИД "Первое сентября", газета "Физика", № 8, 2011 г.
16. А.А. Найдин. Как научить школьников открывать и применять законы? ж. «Физика в школе», №7, 2012 г.
17. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
18. Славов А.В., Щеглова О.А., Абражевич Э.Б., Чудов В.Л., ФИЗИКА, ЗАДАЧИ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ. «Издательский дом МЭИ», 2016
19. Физика. 10—11 кл.: Сборник задач и заданий с ответами и решениями. Пособие для учащихся общеобразоват. учреждений / С.М. Козел, В. А. Коровин, В. А. Орлов. — М.: Мнемозина, 2001. — 254 с.: ил.
20. Демидова М. Ю., Грибов В. А., Гиголо А. И. ЕГЭ. ФИЗИКА. Механика. Молекулярная физика. Издательство «ЭКЗАМЕН», 2014.
21. Демидова М. Ю., Грибов В. А., Гиголо А. И. ЕГЭ. ФИЗИКА. Электродинамика. Квантовая физика. Качественные задачи. Издательство «ЭКЗАМЕН», 2014.
22. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. <https://naidin.ru>