

**Молекулярная физика, термодинамика****Задания для тренировки**

- 1** Броуновская частица массой  $1,3 \times 10^{-15}$  кг находится в жидкости при температуре 300 К. Чему равна среднеквадратичная скорость этой частицы, если в системе установилось термодинамическое равновесие? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ мм/с.

- 2** В сосуде объёмом 250 л под тяжёлым поршнем находится кислород. Давление кислорода 300 кПа. В изобарном процессе плотность газа уменьшилась в 5 раз. Какую работу совершил газ в этом процессе?

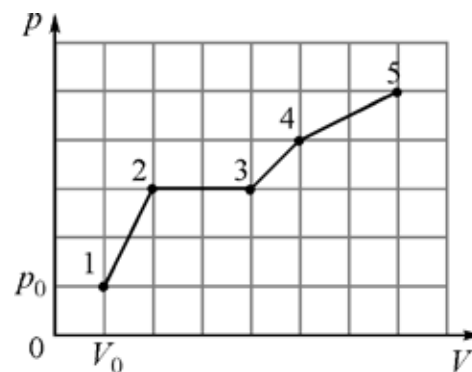
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3** В калориметр налит 1 л воды при температуре 0 °С. В этот калориметр последовательно выливают 50 одинаковых мензурок воды, нагретой до температуры +50 °С. Объём мензурки 20 см<sup>3</sup>. Потерями теплоты и теплоёмкостью калориметра можно пренебречь. Какая температура установится в калориметре?

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

4

В герметичном сосуде объёмом  $V_0 = 1$  литр под поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа при атмосферном давлении  $p_0$ . На рисунке изображена  $pV$ -диаграмма, показывающая последовательные переходы этого газа из состояния 1 в состояние 5.



Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленного графика.

- 1) Работа газа в процессе 4–5 больше работы газа в процессе 2–3 в 1,5 раза.
- 2) В процессе перехода 4–5 газ совершил бóльшую работу, чем в процессе перехода 2–3–4.
- 3) Максимальное изменение  $\Delta T$  температуры газа произошло в процессе 1–2.
- 4) Отношение разности температур газа в состояниях 5 и 3 к температуре газа в состоянии 1 равно 23.
- 5) Отношение температуры газа в состоянии 3 к температуре газа в состоянии 4 равно 1,25.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

5

В сосуде находятся смесь воды и льда при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Системе сообщили некоторое количество теплоты, и часть льда растаяла. Как в результате изменились внутренняя энергия льда и внутренняя энергия жидкой воды?

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.

| Внутренняя энергия льда | Внутренняя энергия жидкой воды |
|-------------------------|--------------------------------|
|                         |                                |

6

Паровоз серии «ИС» при первых ходовых испытаниях развил полезную мощность 2500 лошадиных сил (одна лошадиная сила равна  $\approx 735$  Вт). КПД этого паровоза составлял 8%, а в качестве топлива использовался уголь с удельной теплотой сгорания 25 МДж/кг. Сколько тонн угля сгорало в топке паровоза за один час? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_ т.

7

При некотором значении среднеквадратичной скорости хаотического движения молекул идеального газа средняя кинетическая энергия его молекул равна  $56 \times 10^{-22}$  Дж. На сколько увеличится средняя кинетическая энергия молекул этого газа после увеличения средней квадратичной скорости его молекул в 2 раза? В качестве ответа приведите целое число, которое должно умножаться на  $10^{-22}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_  $\times 10^{-22}$  Дж.

8

Внутренняя энергия одного моля газообразного метана в 2,5 раза больше внутренней энергии такого же количества идеального одноатомного газа при той же температуре. Какое количество теплоты необходимо затратить для того, чтобы изобарически нагреть 0,1 моля газообразного метана на 100 К? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

9

При КПД теплового двигателя, равном 25%, работа газа за один цикл равна 200 Дж. Найдите модуль количества теплоты, отданного холодильнику за один цикл этой тепловой машиной.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10** В таблице показаны результаты измерения зависимости давления  $p$  некоторого постоянного количества идеального одноатомного газа от его объёма  $V$  в некотором процессе. Давление приведено в атмосферах ( $1 \text{ атм.} = 10^5 \text{ Па}$ ). Объём измерялся с точностью до сотой доли литра.

|                   |      |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| $p, \text{ атм.}$ | 1,5  | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 1,1  |
| $V, \text{ л}$    | 1,66 | 1,78 | 1,92 | 2,08 | 2,27 |

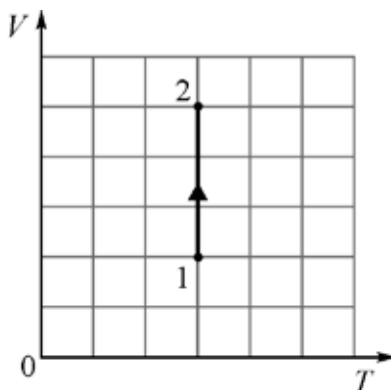
Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленной таблицы.

- 1) Этот процесс можно считать изотермическим.
- 2) Этот процесс можно считать изобарным.
- 3) Этот процесс можно считать изохорным.
- 4) Внутренняя энергия газа в этом процессе возрастает.
- 5) Внутренняя энергия газа в этом процессе при объёме 1,35 л была примерно равна 374 Дж.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

- 11** На  $VT$ -диаграмме изображён процесс перехода одного моля идеального газа из состояния 1 в состояние 2.



Определите, как при этом переходе изменяются давление газа и плотность газа. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

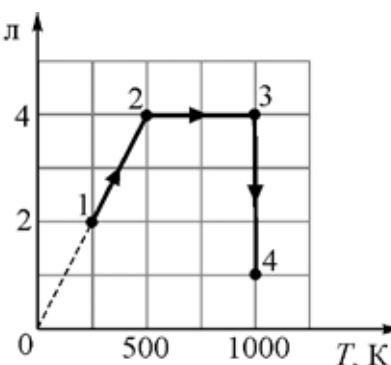
| Давление газа | Плотность газа |
|---------------|----------------|
|               |                |

- 12** Порция идеального одноатомного газа при температуре 300 К обладает внутренней энергией 1,242 Дж. Сколько атомов содержит эта порция газа? В качестве ответа приведите целое число, которое должно умножаться на  $10^{20}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ ( $\times 10^{20}$ ).

- 13** На рисунке изображён график процесса 1-2-3-4 для двух молей идеального одноатомного газа.

Какую работу совершила эта порция газа на изобарном участке данного процесса? Ответ выразите в Дж и округлите до целого числа.



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 14** В калориметр залили три порции воды массами 200 г, 300 г и 500 г, которые имели температуры 20 °С, 40 °С и 60 °С, соответственно. Теплообмен воды с окружающими телами пренебрежимо мал. Какой будет температура воды в калориметре после установления теплового равновесия?

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

- 15** В закрытом сосуде объёмом 5 литров находится влажный воздух при температуре 100 °С и давлении  $1,5 \times 10^5$  Па. Относительная влажность воздуха равна 60 %.

Выберите два верных утверждения.

- 1) В этом сосуде парциальное давление паров воды больше парциального давления воздуха.
- 2) В этом сосуде парциальное давление паров воды меньше парциального давления воздуха.
- 3) В этом сосуде масса воздуха меньше массы паров воды.
- 4) В этом сосуде масса воздуха больше массы паров воды.
- 5) Если при неизменной температуре увеличить объём сосуда в 5 раз, то относительная влажность воздуха станет равна 100 %.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

- 16** Порция водяного пара массой 5 г конденсируется на холодной металлической пластинке. Пар и пластинка обмениваются энергией только друг с другом. Как в результате данного процесса изменяются внутренняя энергия этой порции пара и температура пластинки?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

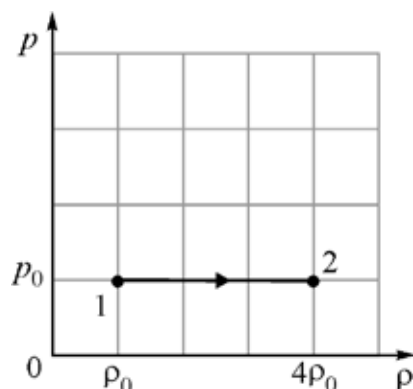
| Внутренняя энергия порции пара | Температура пластинки |
|--------------------------------|-----------------------|
|                                |                       |

- 17** В закрытом сосуде с клапаном находится идеальный газ при температуре  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении  $p_1$ . В результате некоторого эксперимента 20% газа вышло из сосуда через клапан. При этом температура газа повысилась на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а его давление изменилось до некоторой величины  $p_2$ . Найдите отношение  $\frac{p_1}{p_2}$ .

Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 18** Идеальный газ находится в сосуде при температуре 800 К и давлении  $p_0 = 10^5\text{ Па}$ . На графике зависимости давления  $p$  газа от его плотности  $\rho$  изображён процесс перехода этого газа из состояния 1 в состояние 2. Определите температуру газа в состоянии 2.

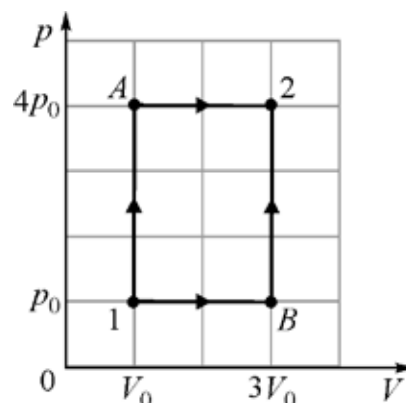


Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 19** В некотором процессе газ отдал количество теплоты 50 Дж и совершил при этом работу 200 Дж. Определите модуль изменения внутренней энергии газа в этом процессе.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 20** Один моль идеального одноатомного газа находится в состоянии 1, из которого может переходить в состояние 2 двумя разными способами: 1® A® 2 и 1® B® 2 (см.  $pV$ -диаграмму). Во сколько раз отличается количество теплоты  $Q_1$ , переданное газу в процессе 1® A, от количества теплоты  $Q_2$ , переданного газу в процессе 1® B? В качестве ответа запишите значение отношения  $Q_1/Q_2$ .



Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(-а).

- 21** Железный брусок массой 260 г, температура которого равна 20 °С, приводят в контакт со свинцовым бруском массой 920 г, температура которого равна 80 °С. Через некоторое время бруски приходят в состояние термодинамического равновесия. Потери теплоты отсутствуют. Тепловое расширение брусков пренебрежимо мало.

Выберите **два** верных утверждения.

- 1) В процессе установления между брусками термодинамического равновесия совершается работа.
- 2) В исходном состоянии запас внутренней энергии свинцового бруска больше запаса внутренней энергии железного бруска.
- 3) В исходном состоянии запас внутренней энергии свинцового бруска меньше запаса внутренней энергии железного бруска.
- 4) В состоянии термодинамического равновесия температура брусков равна 50 °С.
- 5) В состоянии термодинамического равновесия температура брусков равна 60 °С.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

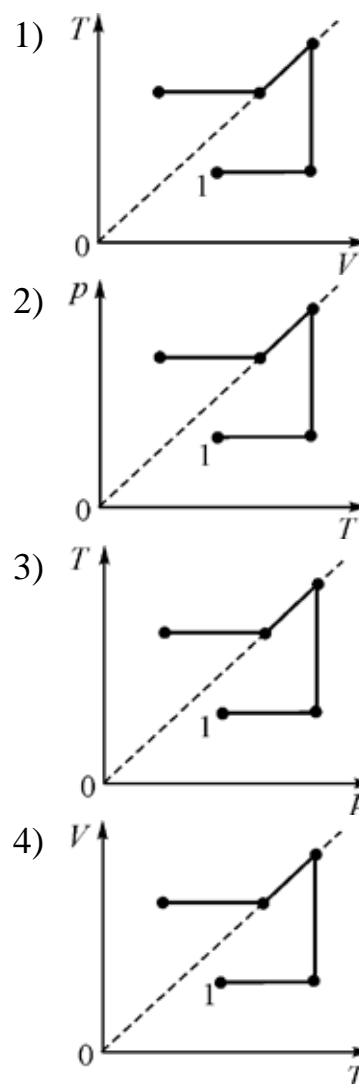
22

Установите соответствие между последовательностями процессов, происходящих с идеальным одноатомным газом, и графиками, изображёнными на рисунках. Начальное состояние газа обозначено на графике цифрой 1. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА

- А) Изохорное нагревание → изотермическое расширение → изобарное охлаждение → изохорное охлаждение.
- Б) Изотермическое сжатие → изобарное нагревание → изохорное охлаждение → изотермическое расширение.

### ГРАФИК



Ответ:

| А | Б |
|---|---|
|   |   |



**23** Идеальный одноатомный газ в исходном состоянии 1 обладает внутренней энергией 1,6 кДж. Этот газ изотермически переводят в состояние 2 – при этом газ совершает работу 2 кДж и его объём возрастает в 4 раза. Затем газ изобарически переводят в состояние 3, сжимая его до исходного объёма. Наконец газ изохорически возвращают в начальное состояние 1. Какую работу совершает газ в циклическом процессе 1–2–3–1?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**24** Броуновская частица массой  $10^{-15}$  кг находится в жидкости. Среднеквадратичная скорость этой частицы равна 3,5 мм/с. Чему равна температура жидкости, если в системе установилось термодинамическое равновесие? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

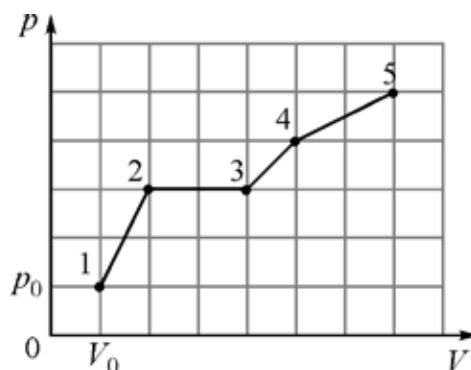
**25** В сосуде объёмом 500 л под тяжёлым поршнем находится кислород. Давление кислорода 200 кПа. В изобарном процессе газ совершил работу 300 кДж. Во сколько раз уменьшилась плотность газа?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**26** В калориметр налито 2 л воды при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В этот калориметр последовательно выливают 100 одинаковых мензурок воды, нагретой до температуры  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Объём мензурки  $40\text{ см}^3$ . Потерями теплоты и теплоёмкостью калориметра можно пренебречь. Какая температура установится в калориметре?

Ответ: \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$ .

- 27** В герметичном сосуде объёмом  $V_0 = 1$  л под поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа при атмосферном давлении  $p_0$ . На рисунке изображена  $pV$ -диаграмма, показывающая последовательные переходы этого газа из состояния 1 в состояние 5.



Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленного графика.

- 1) Работа газа в процессе 2–3 больше работы газа в процессе 1–2 в 1,5 раза.
- 2) В процессе перехода 4–5 газ совершил меньшую работу, чем в процессе перехода 2–3–4.
- 3) Максимальное изменение  $\Delta T$  температуры газа произошло в процессе 2–3.
- 4) Отношение температуры газа в состоянии 1 к разности температур газа в состояниях 4 и 2 равно 23.
- 5) Отношение температуры газа в состоянии 3 к температуре газа в состоянии 4 равно 0,6.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

- 28** В сосуде находится смесь воды и льда при температуре  $0^\circ\text{C}$ . От системы отвели некоторое количество теплоты, и часть воды замёрзла. Как в результате изменились внутренняя энергия льда и внутренняя энергия жидкой воды?

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.

| Внутренняя энергия льда | Внутренняя энергия жидкой воды |
|-------------------------|--------------------------------|
|                         |                                |

- 29** Паровоз серии «ИС» мог развивать максимальную полезную мощность 3200 л.с. (1 л.с. сила равна  $\approx 735$  Вт). При этом КПД паровоза составлял 7 %, а в качестве топлива использовался уголь с удельной теплотой сгорания 30 МДж/кг. Сколько тонн угля сгорало в топке паровоза за один час? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ т.

- 30** При некотором значении среднеквадратичной скорости хаотического движения молекул идеального газа средняя кинетическая энергия его молекул равна  $76 \times 10^{-22}$  Дж. На сколько уменьшится средняя кинетическая энергия молекул этого газа после уменьшения средней квадратичной скорости его молекул в 2 раза? В качестве ответа приведите целое положительное число, которое должно умножаться на  $10^{-22}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_  $\times 10^{-22}$  Дж.

- 31** Внутренняя энергия одного моля газообразного метана в 2,5 раза больше внутренней энергии такого же количества идеального одноатомного газа при той же температуре. Какое количество теплоты выделится при изобарическом охлаждении 0,3 молей газообразного метана на 50 К? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 32** При КПД теплового двигателя, равном 20%, модуль количества теплоты, отданного холодильнику за один цикл этой тепловой машиной, равен 1000 Дж. Какую работу совершает газ за один цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

33

В таблице показаны результаты измерения зависимости давления  $p$  некоторого постоянного количества идеального одноатомного газа от его объёма  $V$  в некотором процессе. Давление приведено в атмосферах ( $1 \text{ атм.} = 10^5 \text{ Па}$ ). Объём измерялся с точностью до сотой доли литра.

|            |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|
| $p$ , атм. | 2,5  | 2,4  | 2,3  | 2,2  | 2,1  |
| $V$ , л    | 1,50 | 1,56 | 1,63 | 1,70 | 1,78 |

Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленной таблицы.

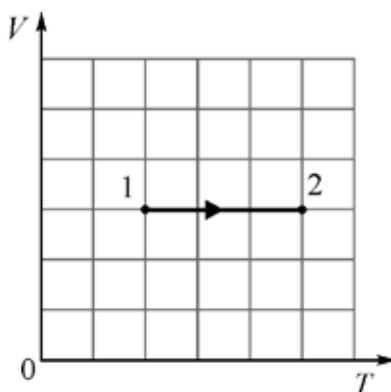
- 1) Этот процесс можно считать изотермическим.
- 2) Этот процесс можно считать изобарным.
- 3) Этот процесс можно считать адиабатным.
- 4) Внутренняя энергия газа в этом процессе убывает.
- 5) Внутренняя энергия газа в этом процессе при объёме 2,25 л была примерно равна 561 Дж.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

34

На  $VT$ -диаграмме изображён процесс перехода одного моля идеального газа из состояния 1 в состояние 2.



Определите, как при этом переходе изменяются давление газа и плотность газа. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

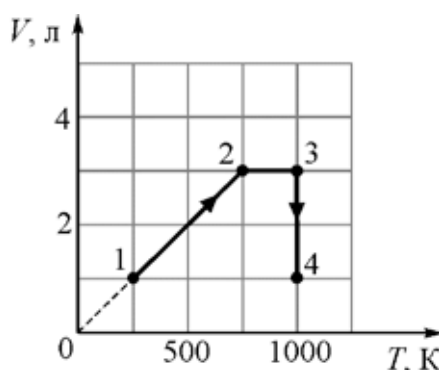
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Давление газа | Плотность газа |
|---------------|----------------|
|               |                |

- 35** Порция идеального одноатомного газа при температуре 400 К обладает внутренней энергией 2,484 Дж. Сколько атомов содержит эта порция газа? В качестве ответа приведите целое число, которое должно умножаться на  $10^{20}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ ( $\times 10^{20}$ ).

- 36** На рисунке изображён график процесса 1-2-3-4 для двух молей идеального одноатомного газа.



Какую работу совершила эта порция газа на изобарном участке данного процесса? Ответ выразите в Дж и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 37** В калориметр залили три порции воды массами 150 г, 350 г и 500 г, которые имели температуры 40 °С, 60 °С и 90 °С, соответственно. Теплообмен воды с окружающими телами пренебрежимо мал. Какой будет температура воды в калориметре после установления теплового равновесия?

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

**38** В закрытом сосуде объёмом 5 литров находится влажный воздух при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1,1 \times 10^5$  Па. Относительная влажность воздуха равна 60 %.

Выберите **два** верных утверждения.

- 1) В этом сосуде парциальное давление паров воды больше парциального давления воздуха.
- 2) В этом сосуде парциальное давление паров воды меньше парциального давления воздуха.
- 3) В этом сосуде масса воздуха больше массы паров воды.
- 4) В этом сосуде масса воздуха меньше массы паров воды.
- 5) Если при неизменной температуре увеличить объём сосуда в 6 раз, то относительная влажность воздуха станет равна 100%.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

**39** Вода массой 5 г испаряется с тёплой металлической пластинки. Вода и пластинка обмениваются энергией только друг с другом. Как в результате данного процесса изменяются внутренняя энергия этой порции воды и температура пластинки?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

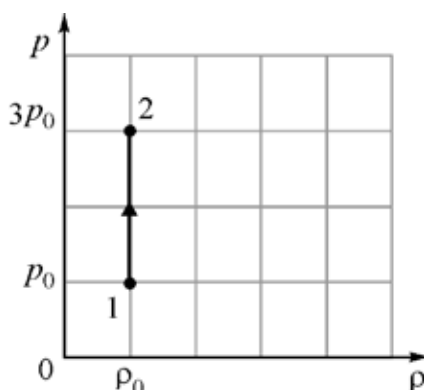
| Внутренняя энергия порции воды | Температура пластинки |
|--------------------------------|-----------------------|
|                                |                       |

**40** В закрытом сосуде с клапаном находится идеальный газ при температуре  $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении  $p_1$ . В результате некоторого эксперимента 25% газа вышло из сосуда через клапан. При этом температура газа понизилась на  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а его давление изменилось до некоторой величины  $p_2$ . Найдите отношение  $\frac{p_2}{p_1}$ .

Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 41** Идеальный газ находится в сосуде при температуре 250 К и давлении  $p_0 = 10^5$  Па. На графике зависимости давления  $p$  газа от его плотности  $\rho$  изображён процесс перехода этого газа из состояния 1 в состояние 2. Определите температуру газа в состоянии 2.

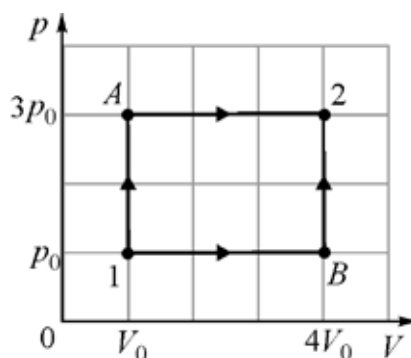


Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 42** В некотором процессе газ отдал количество теплоты 75 Дж и совершил при этом работу 225 Дж. Определите модуль изменения внутренней энергии газа в этом процессе.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 43** Один моль идеального одноатомного газа находится в состоянии 1, из которого может переходить в состояние 2 двумя разными способами: 1® A® 2 и 1® B® 2 (см.  $pV$ -диаграмму). Во сколько раз отличается количество теплоты  $Q_1$ , переданное газу в процессе A® 2, от количества теплоты  $Q_2$ , переданного газу в процессе B® 2? В качестве ответа запишите значение отношения  $Q_1/Q_2$ .



Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(-а).

44

Алюминиевый брусок массой 760 г, температура которого равна 30 °С, приводят в контакт с медным бруском массой 1,8 кг, температура которого равна 90 °С. Через некоторое время бруски приходят в состояние термодинамического равновесия. Потери теплоты отсутствуют. Тепловое расширение брусков пренебрежимо мало.

Выберите **два** верных утверждения.

- 1) В процессе установления между брусками термодинамического равновесия работа не совершается.
- 2) В исходном состоянии внутренние энергии брусков одинаковые.
- 3) В исходном состоянии запас внутренней энергии медного бруска больше запаса внутренней энергии алюминиевого бруска.
- 4) В состоянии термодинамического равновесия температура брусков равна 50 °С.
- 5) В состоянии термодинамического равновесия температура брусков равна 60 °С.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



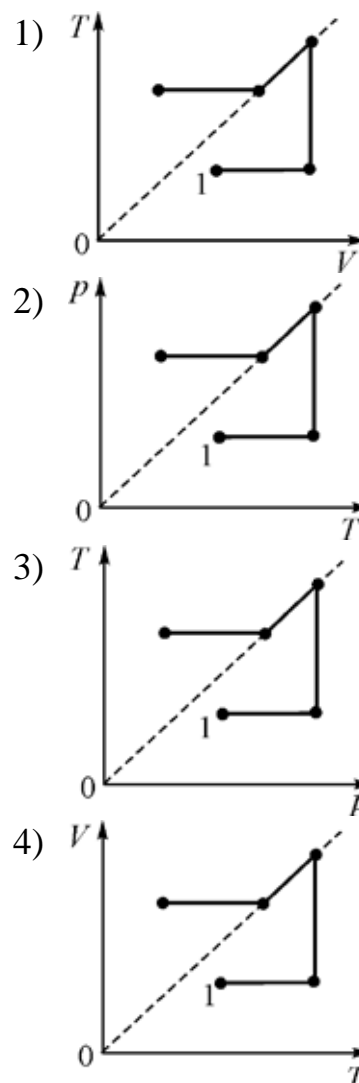
45

Установите соответствие между последовательностями процессов, происходящих с идеальным одноатомным газом, и графиками, изображёнными на рисунках. Начальное состояние газа обозначено на графике цифрой 1. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА

- А) Изобарное нагревание → изотермическое сжатие → изохорное охлаждение → изобарное охлаждение.
- Б) Изотермическое расширение → изохорное нагревание → изобарное охлаждение → изотермическое сжатие.

# ГРАФИК



Ответ:

| А | Б |
|---|---|
|   |   |

46

Идеальный одноатомный газ в исходном состоянии 1 обладает внутренней энергией 2700 Дж. Этот газ изотермически переводят в состояние 2 – при этом газ совершает работу 2000 Дж и его объём возрастает в 6 раз. Затем газ изобарически переводят в состояние 3, сжимая его до исходного объёма. Наконец газ изохорически возвращают в начальное состояние 1. Какую работу совершает газ в циклическом процессе 1–2–3–1?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.