

Задание №10

Молекулярная физика и термодинамика. Изменение физических величин

1. Температуру холодильника идеальной тепловой машины уменьшили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины, количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, и работа газа за цикл?

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.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы	Работа газа за цикл

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы	Работа газа за цикл

$$\text{КПД: } \eta = 1 - \frac{T_X}{T_H}$$

Если понизить температуру холодильника при неизменной температуре нагревателя, КПД идеальной тепловой машины увеличится.

$$\text{КПД: } \eta = \frac{A}{Q_1}$$

Так как при понижении температуры холодильника количество теплоты, получаемое газом от нагревателя за цикл, не изменяется, значит работа газа за цикл увеличится.

$$\text{Отданное холодильнику количество теплоты: } Q_2 = Q_1 - A$$

Так как после понижения температуры холодильника количество теплоты останется неизменным, а работа возрастет, количество теплоты отданное холодильнику за цикл работы, уменьшится.

Ответ: 121

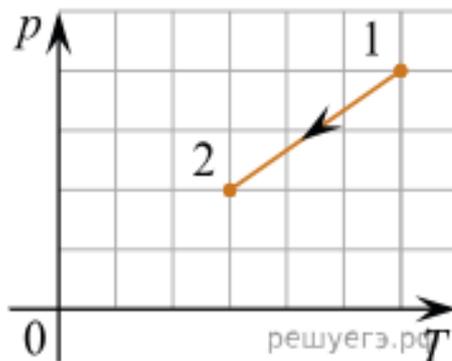
2. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как меняются в ходе указанного на диаграмме процесса давление газа, его объем и внутренняя энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

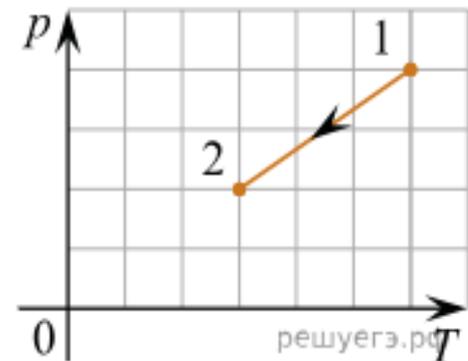
- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не меняется.

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

Давление	Объем	Внутренняя энергия



Давление	Объем	Внутренняя энергия



Из диаграммы: при переходе из состояния 1 в состояние 2 давление газа уменьшается, объем не меняется.

Для идеального газа это означает, согласно закону Шарля, что процесс изохорический.

При неизменной массе внутренняя энергия одноатомного идеального газа зависит только от температуры:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

При понижении температуры внутренняя энергия уменьшается.

Ответ: 232.

3. В тепловой машине один моль идеального одноатомного газа совершает процесс, изображенный на рисунке 1. Этот циклический процесс заменяют на другой, изображенный на рисунке 2, не изменяя ни газ, ни его количество. Как в результате изменятся следующие физические величины: передаваемое газу от нагревателя количество теплоты; совершаемая машиной механическая работа; КПД тепловой машины?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) передаваемое газу от нагревателя количество теплоты за цикл

Б) совершаемая машиной механическая работа за цикл

В) КПД тепловой машины

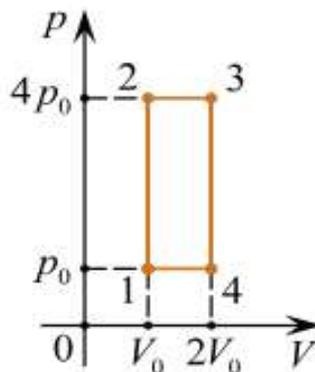
ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

1) Увеличивается

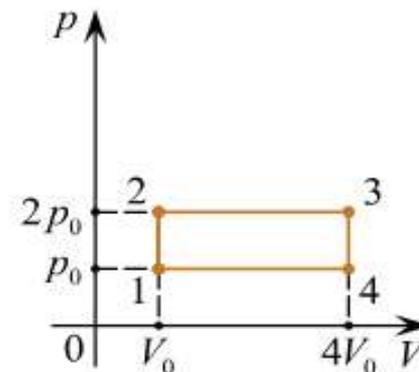
2) Уменьшается

3) Не изменится

А	Б	В



①



②

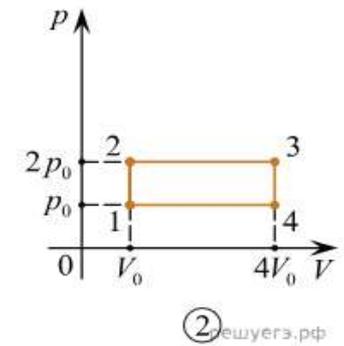
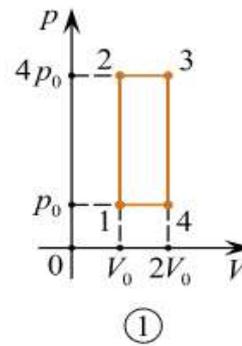
ешуегз.рф

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) передаваемое газу от нагревателя количество теплоты за цикл

Б) совершаемая машиной механическая работа за цикл

В) КПД тепловой машины



Совершаемой за цикл тепловой машиной механической работе на диаграмме соответствует площадь цикла.

Из диаграмм: площадь обоих циклов одинаковая.

Отсюда, совершаемая машиной механическая работа за цикл не изменяется (Б — 3).

На участках 1-2-3 объём газа увеличивается, его температура тоже увеличивается. Значит, по первому началу термодинамики, на этих участках тепло передаётся газу от нагревателя.

На участках 3-4-1 температура и объём газа уменьшаются, а значит, тепло отводится от системы.

Для первого цикла:

$$Q_{\text{нагр}1} = \Delta U_1 + A_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 + 4p_0(2V_0 - V_0) = \frac{3}{2} (4p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = 14,5p_0 V_0$$

Для второго цикла:

$$Q_{\text{нагр}2} = \Delta U_2 + A_2 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2 + 2p_0(4V_0 - V_0) = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 4V_0 - p_0 V_0) + 6p_0 V_0 = 16,5p_0 V_0$$

Отсюда, передаваемое газу от нагревателя тепло за цикл увеличивается (А — 1).

Так как в результате изменения цикла работа газа не изменяется, а передаваемое от нагревателя количество теплоты увеличивается, значит, КПД тепловой машины уменьшается (В — 2).

Ответ: 132.

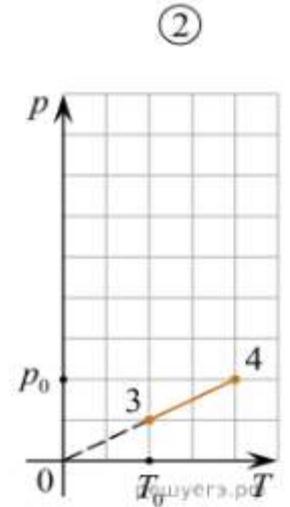
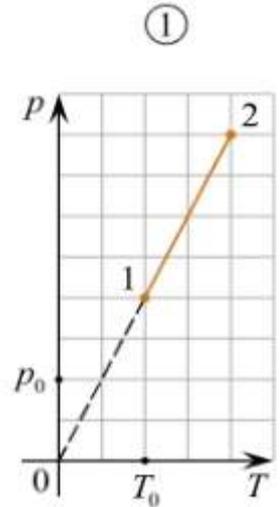
4. На рисунке 1 представлен процесс перехода идеального газа из состояния 1 в состояние 2. Как изменятся следующие физические величины: работа, совершённая газом, и изменение его внутренней энергии, по отношению к этим же величинам в процессе 1 – 2, при осуществлении процесса 3 – 4, изображённого на рисунке 2? В обоих случаях количество газа равно 1 моль.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

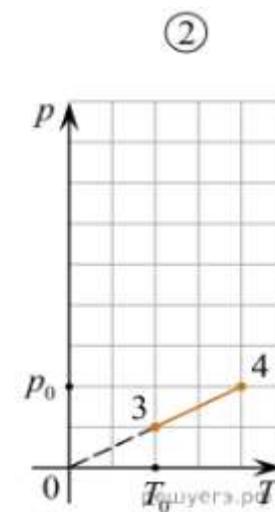
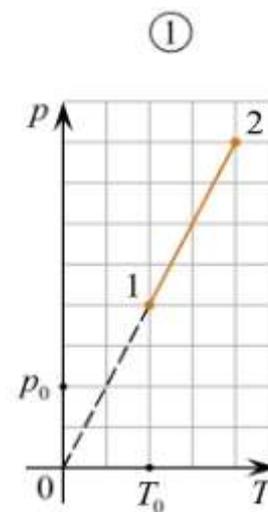
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Работа, совершённая газом	Изменение его внутренней энергии



Работа, совершённая газом	Изменение его внутренней энергии



Оба процесса линейные, построены в координатах pT , следовательно, оба процесса — изохорные, значит, работа не совершалась.

Температура в обоих процессах изменилась на одинаковую величину, значит, изменение внутренней энергии газа в обоих процессах одинаково.

Ответ: 33.

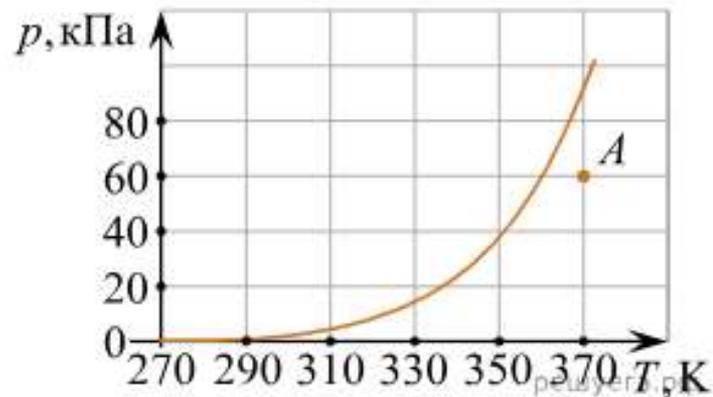
5. Водяной пар находится в сосуде объёмом 10 литров при давлении 60 кПа (точка *A* на графике). Используя график зависимости давления p насыщенных паров воды от температуры T , приведённый на рисунке, определите, как будут изменяться масса пара и его внутренняя энергия при изотермическом уменьшении объёма, занимаемого паром, на 10%.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

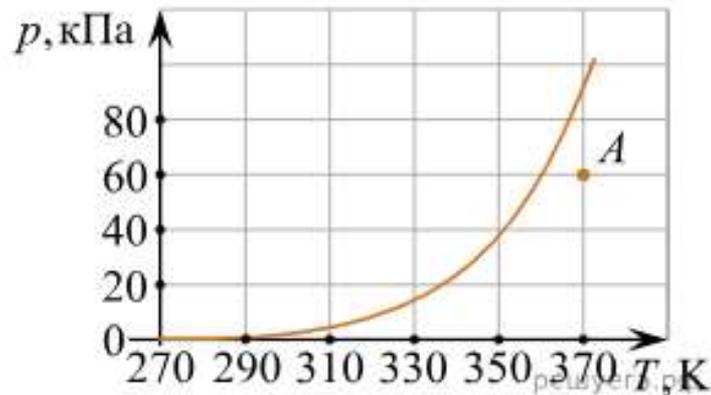
- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Масса пара	Внутренняя энергия пара



Масса пара	Внутренняя энергия пара



Уравнение состояния идеального газа: $pV = \nu RT$

Условие для параметров при изотермическом уменьшении объёма на 10%:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = 0,9$$

В результате такого процесса установится давление:

$$p_2 = \frac{60 \text{кПа}}{0,9} = 67 \text{кПа}$$

Давление газа при этой температуре ниже давления насыщенных паров, а значит масса пара не изменится.

Внутренняя энергия пара зависит только от его температуры. Так как температура газа не изменилась, то и внутренняя энергия останется постоянной.

Ответ: 33.

6. На рисунке показаны pT -диаграммы двух циклических процессов, совершаемых с одним и тем же постоянным количеством идеального газа. Некоторая тепловая машина сначала осуществляет цикл 1–2–3–4–1, а затем — цикл 5–6–7–8–5.

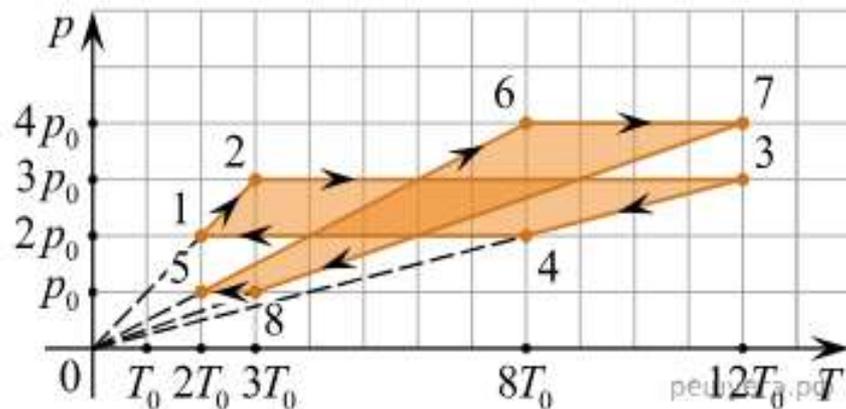
Используя рисунок, определите, как изменятся указанные в таблице физические величины при переходе тепловой машины от функционирования по циклу 1–2–3–4–1 к функционированию по циклу 5–6–7–8–5.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

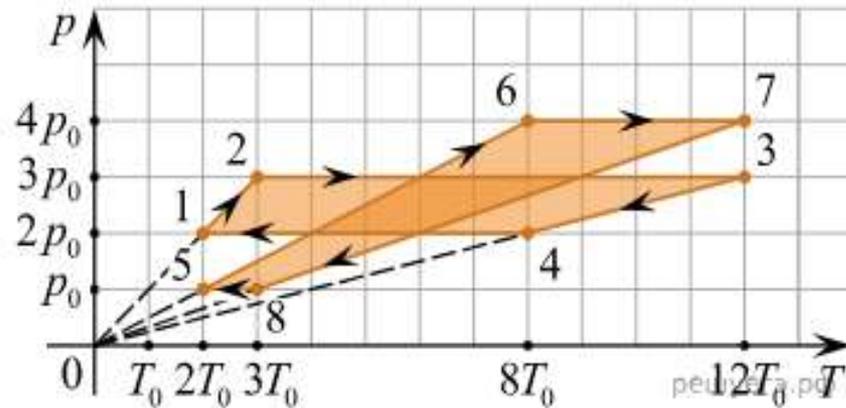
- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

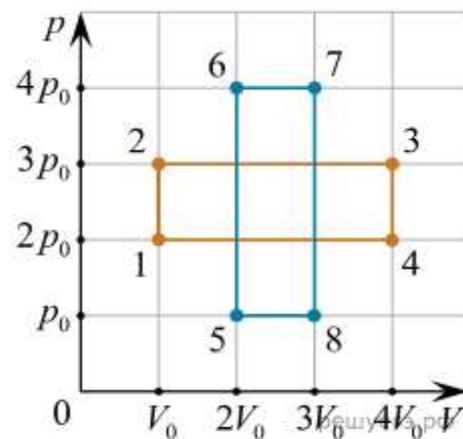
Работа, совершённая газом за весь циклический процесс	Модуль работы газа в процессе изобарного сжатия



Работа, совершённая газом за весь циклический процесс	Модуль работы газа в процессе изобарного сжатия



Из графика, оба цикла состоят из двух изобар и двух изохор. Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, эти процессы на pV -диаграмме:



Работа газа за цикл численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла.

Из графика, площади фигур равны в обоих циклах, а значит и совершаемая газом работа не изменилась.

Изобарное сжатие происходит в процессах 4–1 и 8–5. Отсюда, модуль работы в процессе изобарного сжатия уменьшается.

Ответ: 32.

7. С одним молем гелия проводят процесс 1–2–3, показанный на pV -диаграмме (p — давление гелия, V — его объём). Начальное давление гелия p_0 и его начальный объём V_0 являются известными величинами.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

А) работа гелия на участке 1–2

Б) количество теплоты, полученное гелием на участке 2–3

ФОРМУЛА

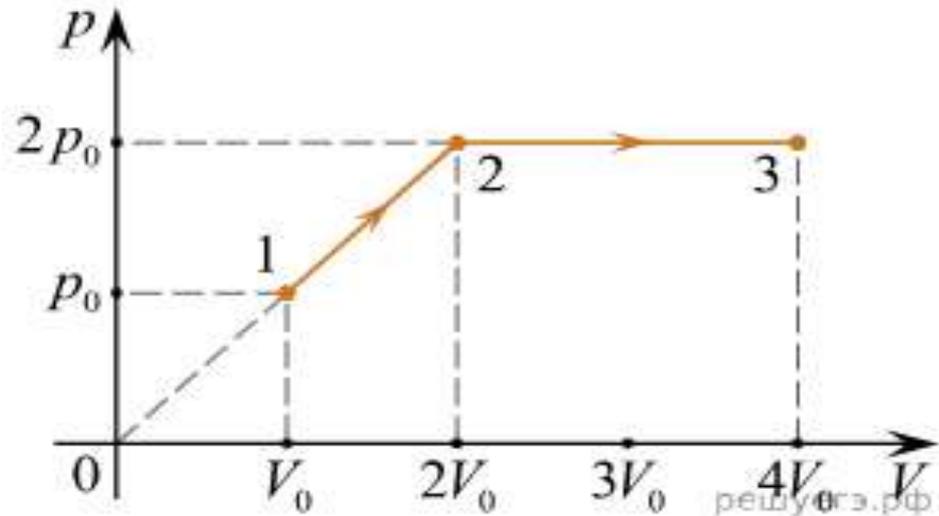
1) $0,5p_0V_0$

2) $1,5p_0V_0$

3) $10p_0V_0$

4) $6p_0V_0$

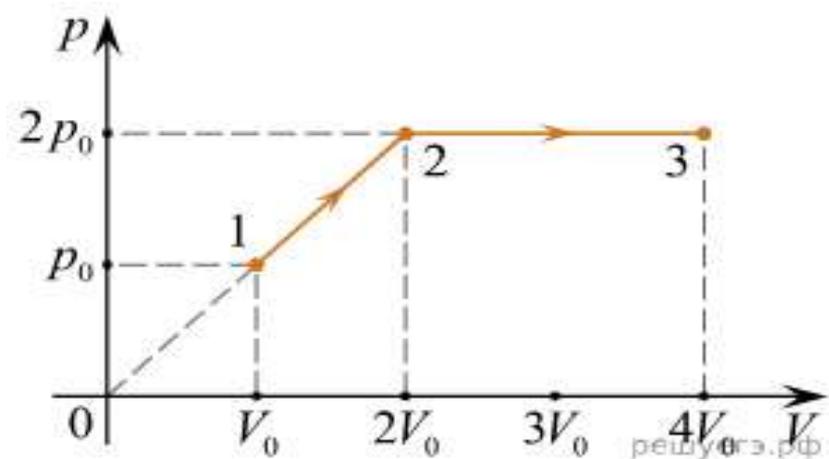
А	Б



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

А) работа гелия на участке 1–2

Б) количество теплоты, полученное гелием на участке 2–3



А) Работа газа на участке 1-2 равна площади трапеции:

$$A_{1,2} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = 1,5p_0V_0$$

Б) По первому закону термодинамики:

$$Q_{2,3} = A_{2,3} + \Delta U_{2,3} = p_2(V_3 - V_2) + \frac{3}{2}p_2(V_3 - V_2) = 10p_0V_0$$

Ответ: 23.