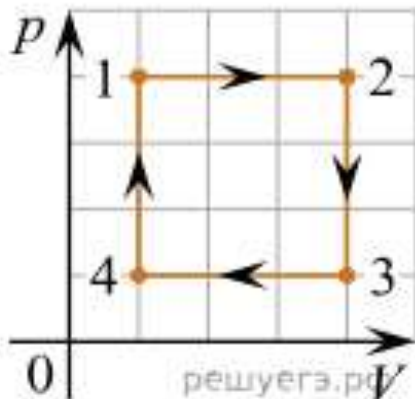


Задание №9

Молекулярная физика и термодинамика

1. Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1-2-3-4-1, график которого показан на рисунке в координатах p - V . Из предложенного перечня выберите все верные утверждения и укажите их номера.

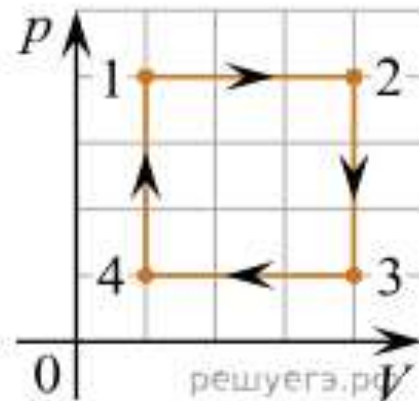
- 1) В процессе 1-2 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 2) В процессе 2-3 газ совершает положительную работу.
- 3) В процессе 3-4 газ отдает некоторое количество теплоты.
- 4) В процессе 4-1 температура газа увеличивается в 4 раза.
- 5) Работа, совершённая газом в процессе 1-2, в 3 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3-4.



Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна температуре и не зависит от давления и занимаемого газом объема:

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

?

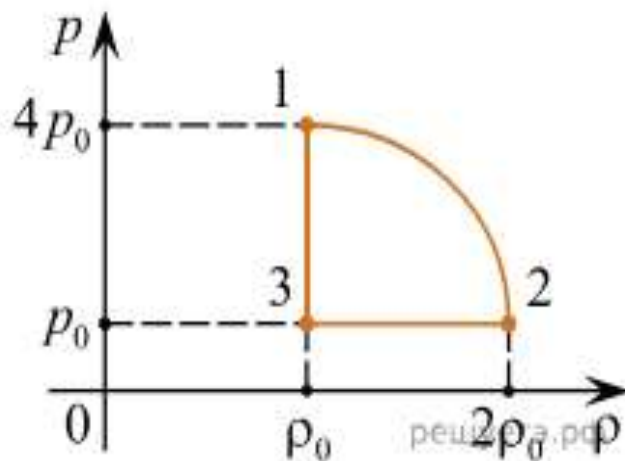


- 1) Процесс 1-2 -изобарное расширение. В этом процессе (согласно уравнению состояния идеального газа $pV = RT$) температура увеличивается, значит и увеличивается внутренняя энергия. Утверждение верное.
- 2) В осях p-V работа газа равна площади под графиком. В процессе 2-3 работа газа равна нулю. Утверждение неверное.
- 3) Процесс 3-4 - изобарное сжатие, температура при этом уменьшается. Утверждение верное.
- 4) Процесс 4-1 изохорное нагревание. Давление возрастает в 4 раза, а значит и температура возрастает в 4 раза. Утверждение верное.
- 5) Работа, совершённая газом в процессе 1-2, в 4 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3-4. Утверждение неверное.

Ответ: 134

2. На рисунке показана зависимость давления газа p от его плотности ρ в циклическом процессе, совершаемом 2 моль идеального газа в идеальном тепловом двигателе. Цикл состоит из двух отрезков прямых и четверти окружности. На основании анализа этого циклического процесса выберите все верные утверждения.

- 1) В процессе 1–2 температура газа уменьшается.
- 2) В состоянии 3 температура газа максимальна.
- 3) В процессе 2–3 объём газа уменьшается.
- 4) Отношение максимальной температуры к минимальной температуре в цикле равно 8.
- 5) Работа газа в процессе 3–1 положительна.

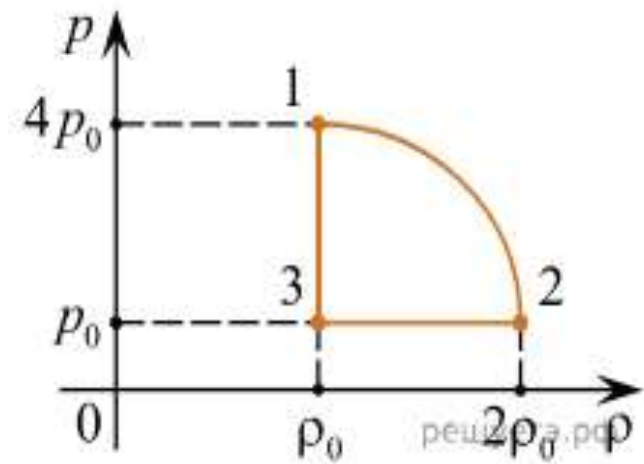


Уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{RT}{M} \rho$$

Изотермами на диаграмме p - ρ являются прямые, выходящие из начала координат. Чем больше наклон прямой, тем выше температура.



Значит, в процессе 1-2 температура газа уменьшается, а в состоянии 3 температура газа не максимальна.

Максимальная температура – в состоянии 1.

В процессе 2-3 плотность газа уменьшается, значит объем увеличивается $V = \frac{m}{\rho}$

$$T = \frac{Mp}{R\rho}$$

Температура в состоянии 1 и 2: $T_1 = \frac{M4p_0}{R\rho_0}$ $T_2 = \frac{Mp_0}{R2\rho_0}$

Отсюда: отношение максимальной температуры к минимальной $\frac{T_1}{T_2} = 8$

В процессе 3-1 плотность и объем постоянны. Работа газа равна нулю.

Ответ: 14

3. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Объем сосуда за счет движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объем сосуда в 3 раза меньше начального. Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) При уменьшении объема сосуда в 2,5 раза на стенках появляется роса.
- 2) Давление пара в сосуде все время увеличивается.
- 3) В конечном и начальном состоянии масса пара в сосуде одинакова.
- 4) При уменьшении объема в 2 раза относительная влажность воздуха в сосуде стала равна 80%.
- 5) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.

После уменьшения объёма в 2 раза относительная влажность воздуха увеличилась в 2 раза и стала 80%.

Когда объём стал в 2,5 раза меньше первоначального, относительная влажность достигла 100%, после чего водяные пары начинали конденсироваться на стенках.

При дальнейшем уменьшении объёма давление водяных паров оставалось постоянным.

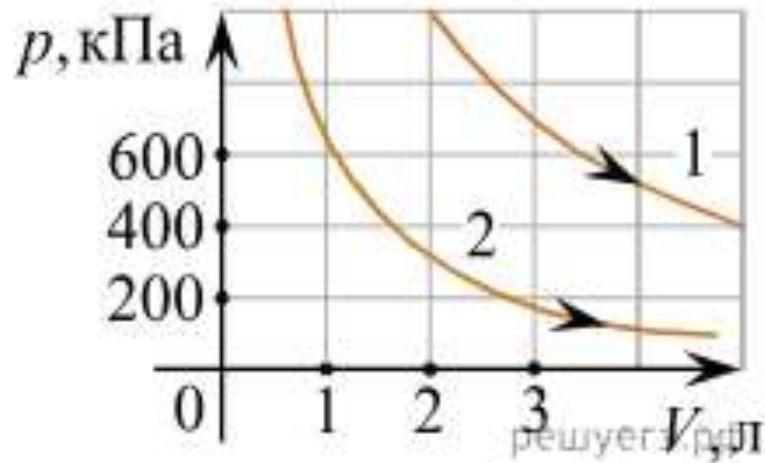
В конечном состоянии не весь пар в сосуде сконденсировался.

Верны первое и четвёртое утверждения.

Ответ: 14

4. На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой газа. На основании графиков выберите все верные утверждения о процессах, происходящих с газом.

- 1) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 2) В процессе 1 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 3) Процесс 1 идет при более высокой температуре.
- 4) Процесс 2 идет при более высокой температуре.
- 5) В процессе 1 объем увеличивается.



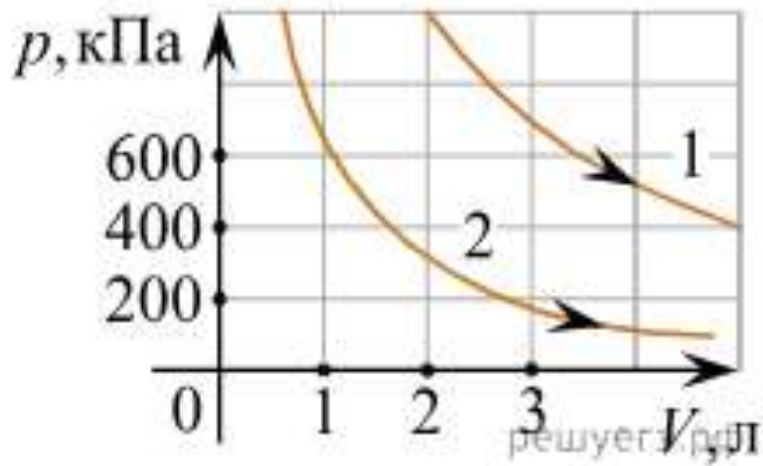


График 1 находится выше графика 2, значит, процесс 1 идёт при более высокой температуре.

В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется.

Исходя из направления стрелки, видно, что объём в процессе 1 увеличивается.

Верны третье и пятое утверждения.

Ответ: 35

5. В таблице приведена зависимость КПД η идеального цикла Карно от температуры T_x его холодильника. Температура нагревателя поддерживается постоянной. На основании анализа этой таблицы выберите все верные утверждения.

- 1) КПД цикла возрастает при увеличении температуры холодильника
- 2) Температура нагревателя равна 1000 К
- 3) Температура нагревателя равна 500 К
- 4) При температуре холодильника 0 °С данный цикл будет иметь КПД 100%
- 5) При температуре холодильника 650 К данный цикл будет иметь КПД 35%

$T_x, \text{К}$	300	400	500	600	700	800	900
$\eta, \%$	70	60	50	40	30	20	10

T_x, K	300	400	500	600	700	800	900
$\eta, \%$	70	60	50	40	30	20	10

Из таблицы: при увеличении температуры холодильника, КПД уменьшается.

1 утверждение – неверно.

КПД тепловой машины: $\eta = \frac{T_H - T_x}{T_H} = 1 - \frac{T_x}{T_H}$

$$T_H = \frac{T_x}{1 - \eta} = 1000\text{K}$$

При температуре холодильника $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ КПД тепловой машины будет меньше 100%

4 утверждение – неверно.

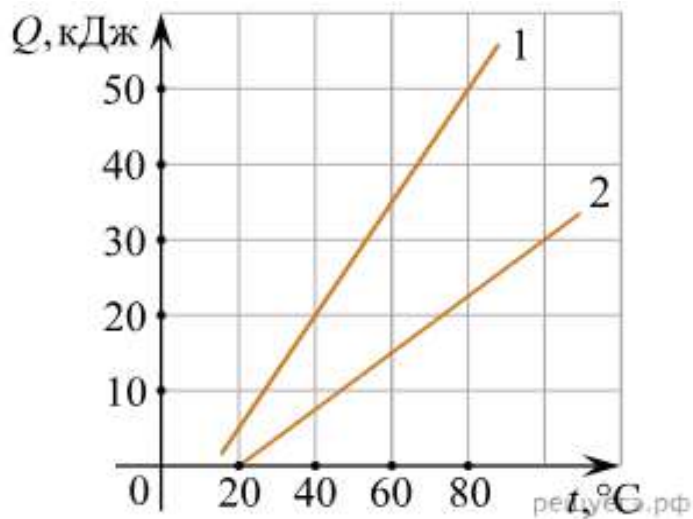
При температуре холодильника 650 K данный цикл будет иметь КПД 35 %

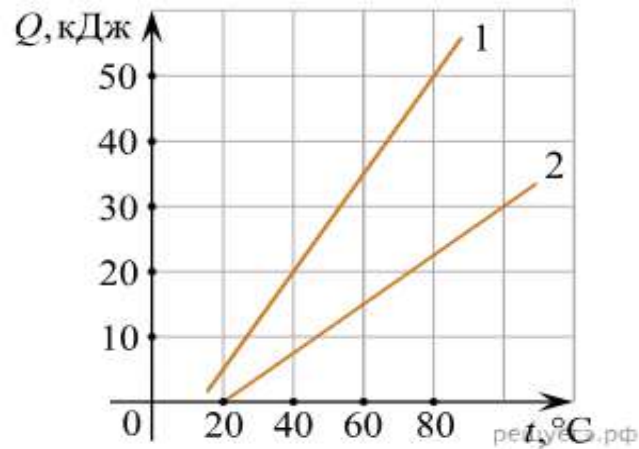
Ответ: 25

6. На графике представлены результаты измерения количества теплоты Q , затраченного на нагревание 1 кг вещества 1 и 1 кг вещества 2, при различных значениях температуры t этих веществ.

Выберите все утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- 1) Теплоёмкости двух веществ одинаковы.
- 2) Теплоёмкость первого вещества больше теплоёмкости второго вещества.
- 3) Для изменения температуры 1 кг вещества 1 на 20° необходимо количество теплоты 6000 Дж.
- 4) Для изменения температуры 1 кг вещества 2 на 10° необходимо количество теплоты 3750 Дж.
- 5) Начальные температуры обоих веществ равны 0°C .





Удельная теплоемкость первого и второго вещества:

$$C_1 = \frac{\Delta Q_1}{\Delta t} = \frac{50 - 20}{80 - 40} = 0,75 \text{ кДж/}^\circ\text{C}$$

$$C_2 = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} = \frac{30 - 0}{100 - 20} = 0,375 \text{ кДж/}^\circ\text{C}$$

Отсюда, теплоемкость первого вещества больше теплоемкости второго.

Для изменения 1 кг первого вещества на 20° необходимо количество теплоты:

$$0,75 * 20 = 15 \text{ кДж}$$

Для изменения 1 кг второго вещества на 10° необходимо количество теплоты:

$$0,375 * 10 = 3,75 \text{ кДж}$$

Начальная температура первого и второго вещества не равны нулю.

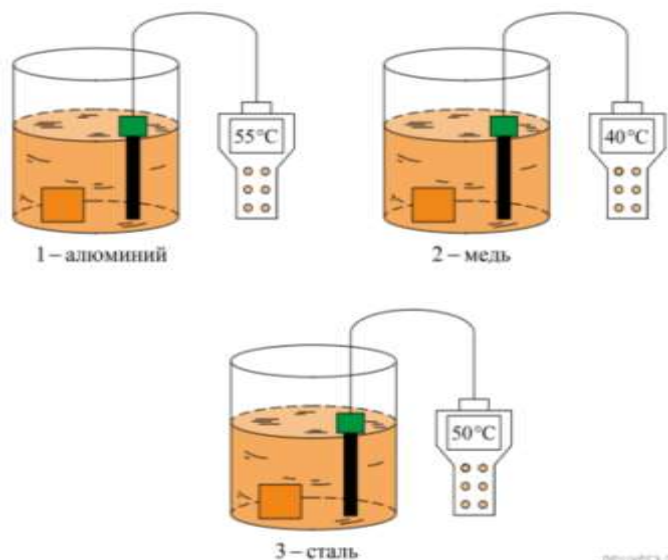
Отсюда, верными являются утверждения под номерами 2 и 4.

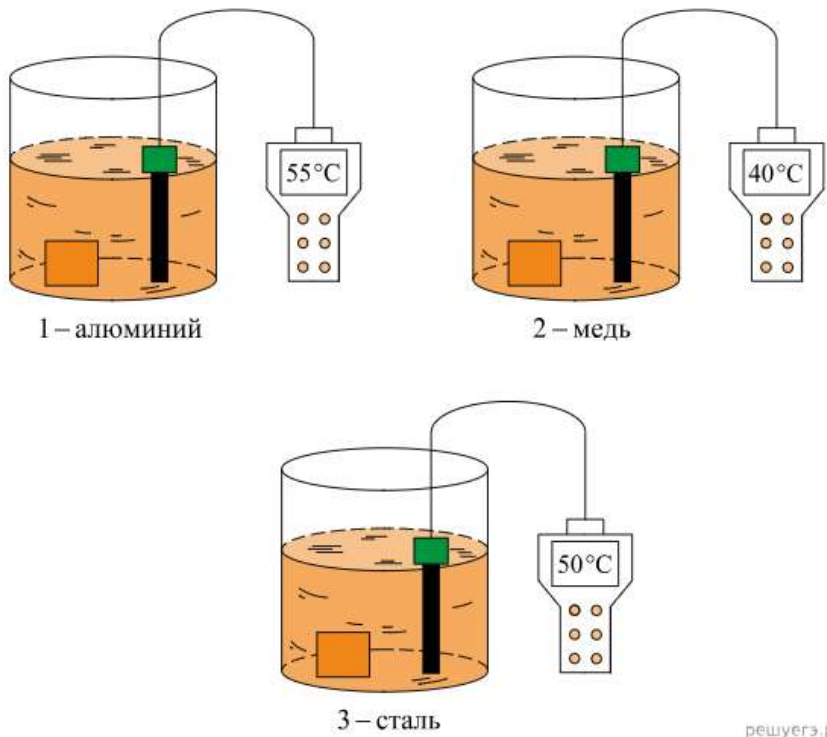
Ответ: 24

7. Ученик в три калориметра одинакового объёма с холодной водой опускал нагретые бруски одинаковой массы, изготовленные из стали, меди и алюминия (см. рис.). Начальная температура всех брусков одинакова и больше температуры воды. Начальная температура воды во всех калориметрах одинакова.

Выберите из предложенного перечня все утверждения, соответствующих результатам опыта, и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- 1) Наименьшей теплоёмкостью обладает алюминий.
- 2) Наименьшей теплоёмкостью обладает медь.
- 3) Температура системы после установления равновесия определяется теплоёмкостью погружаемого тела.
- 4) Температура системы после установления равновесия зависит от начальной температуры воды.
- 5) Теплоёмкость воды больше теплоёмкости алюминия.





Ясно, что для брусков одинаковой массы, чем больше теплоёмкость тела, тем больше будет температура системы после установления равновесия. Поэтому наибольшей теплоёмкостью среди представленных здесь металлов обладает алюминий, а наименьшей — медь.

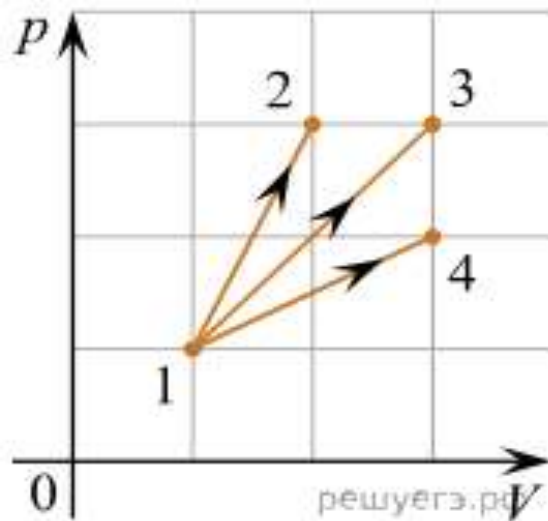
Также опыты подтверждают, что температура системы после установления равновесия определяется теплоёмкостью погружаемого тела.

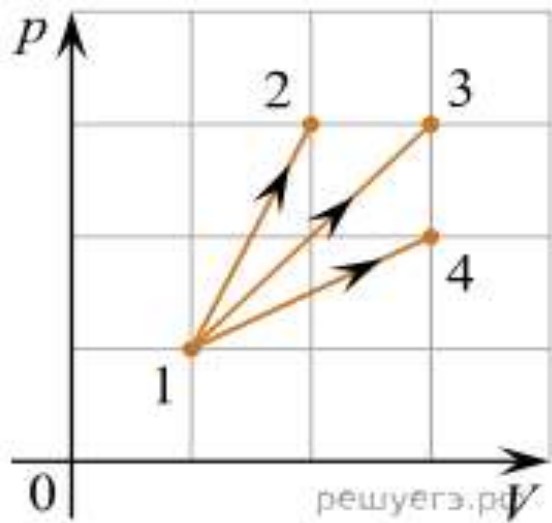
Отсюда, верные утверждения 2 и 3.

Ответ: 23

8. На pV -диаграмме изображены три процесса ($1 \rightarrow 2$, $1 \rightarrow 3$ и $1 \rightarrow 4$), совершаемых одним молем одноатомного идеального газа. Выберите все верные утверждения на основании анализа представленного графика.

- 1) Минимальная работа совершается газом в процессе $1 \rightarrow 2$.
- 2) Максимальное изменение внутренней энергии газа происходит в процессе $1 \rightarrow 2$.
- 3) Изменение внутренней энергии газа в процессе $1 \rightarrow 2$ больше, чем изменение внутренней энергии газа в процессе $1 \rightarrow 4$.
- 4) Количество теплоты, получаемое газом в процессе $1 \rightarrow 2$, равно количеству теплоты, получаемому газом в процессе $1 \rightarrow 4$.
- 5) Максимальное количество теплоты газ получает в процессе $1 \rightarrow 3$.





1) Площадь под кривой, соответствующей процессу $1 \rightarrow 2$ минимальна из всех предложенных. Первое утверждение верно.

2) Точка 3 расположена на изотерме, которая выше изотермы, проходящей через точку 2, следовательно, внутренняя энергия газа в состоянии 3 больше внутренней энергии газа в состоянии 2, а значит, и изменение внутренней энергии в процессе $1 \rightarrow 3$ больше изменения внутренней энергии в процессе $1 \rightarrow 2$. Второе утверждение неверно.

3) Точки 2 и 4 расположены на одной и той же изотерме, следовательно, изменение внутренней энергии в процессе $1 \rightarrow 2$ равно изменению внутренней энергии в процессе $1 \rightarrow 4$. Третье утверждение неверно.

4) Работа, совершаемая в процессе $1 \rightarrow 4$ больше работы, совершаемой в процессе $1 \rightarrow 2$, значит, количество теплоты, полученное газом в процессе $1 \rightarrow 4$ больше количества теплоты, полученной газом в процессе $1 \rightarrow 2$. Четвёртое утверждение неверно.

5) В процессе $1 \rightarrow 3$ внутренняя энергия газа увеличивается больше всего и газ совершает максимальную работу, значит, он получает максимальное количество теплоты. Пятое утверждение верно.

9. При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с идеальным одноатомным газом разделили на две одинаковые части неподвижной перегородкой, способной проводить тепло (см. рисунок). В разных частях сосуда газ был нагрет до разных температур. Температура газа в части А была равна 293 К, а в части Б +40 °С. Количество газа одинаково в обеих частях. Считая, что теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала, выберите из предложенных утверждений все, которые верно отражают изменения, происходящие с газами после окончания нагревания к моменту установления теплового равновесия.

- 1) Температура газа в части Б повысится.
- 2) Внутренняя энергия газа в части А не изменится.
- 3) При теплообмене газ из части Б отдавал количество теплоты, а газ в части А его получал.
- 4) Через достаточно большой промежуток времени температуры газов в обеих частях станут одинаковыми и равными +30 °С.
- 5) В результате теплообмена газ, находящийся в части Б, совершил работу.



1) В начальный момент времени температура газа в части Б равнялась 313 К. В результате теплообмена температура газа понизится (1 утв. – неверно)

2) При теплообмене температура газа в сосуде А повысится, значит, внутренняя энергия изменится (2 утв. – неверно).

3) При теплообмене газ из части Б отдавал количество теплоты, а газ в части А его получал, т.к. направление теплообмена происходило от Б к А (3 утв. – верно).

4) В результате теплообмена наступит тепловое равновесие, при котором газ в обоих сосудах будет иметь одинаковую температуру.

По закону сохранения энергии: $U_1 + U_2 = U'_1 + U'_2$.

$$\frac{3}{2} \nu RT_1 + \frac{3}{2} \nu RT_2 = \frac{3}{2} \nu RT + \frac{3}{2} \nu RT$$

Отсюда: $T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{293 + 313}{2} = 303 \text{ К} = 30^\circ\text{C}$

(4 утв. – верно)

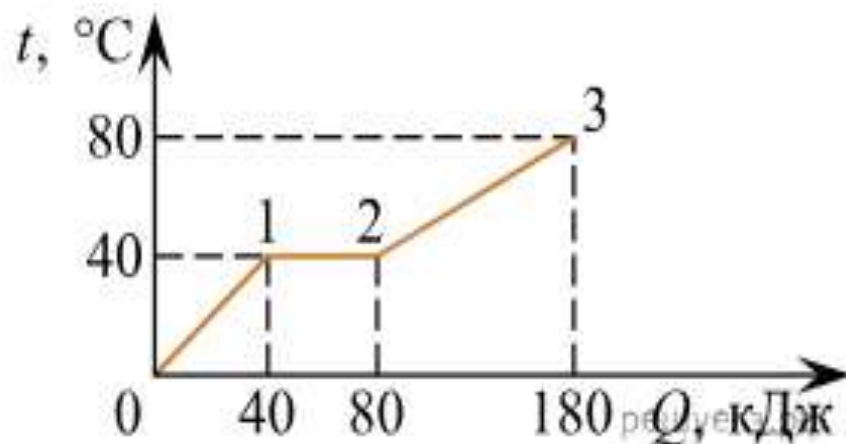
5) Так как газы не расширялись, то работа ими не совершалась (5 утв. – неверно).

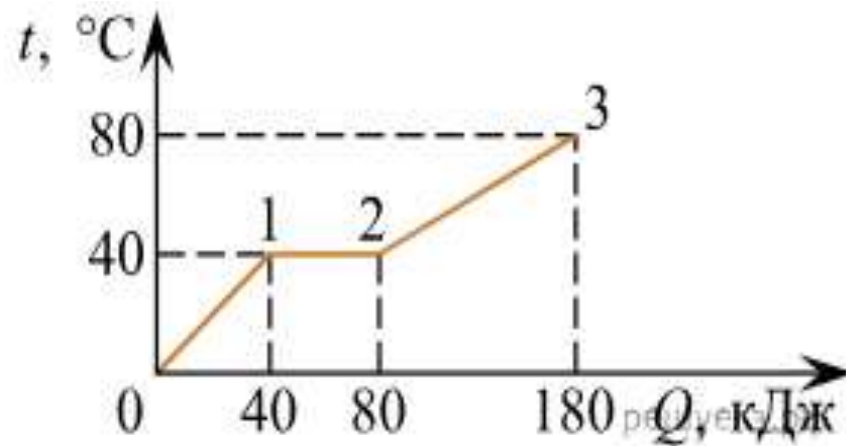
Ответ: 34

10. Твердый образец вещества нагревают в печи. На графике представлены результаты измерения поглощенного количества теплоты Q и температуры образца t .

Выберете из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений.

- 1) В состоянии 2 вещество полностью расплавляется.
- 2) На участке 0–1 внутренняя энергия вещества не изменяется.
- 3) Для того, чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 40 кДж.
- 4) Удельная теплоемкость вещества в жидком состоянии меньше, чем в твердом.
- 5) Температура плавления вещества равна 40 °С.





- 1) Верно. Состояние 2 соответствует окончанию процесса плавления.
- 2) Неверно. В течение всего времени внутренняя энергия тела увеличивалась.
- 3) Верно. Для того, чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 40 кДж.
- 4) Неверно. Поскольку удельная теплоемкость определяется формулой $c = \frac{Q}{m\Delta t}$ и, учитывая, что нагревание в обоих случаях происходило на 40° , для нагревания в твердом состоянии потребовалось 40 кДж, а в жидком состоянии — 100 кДж, делаем вывод, что удельная теплоемкость вещества в жидком состоянии больше, чем в твердом.
- 5) Верно. Температура плавления вещества равна 40°C .