

# Подготовка к ЕГЭ

## Решение задач по теме «Молекулярная физика. Термодинамика»

Меняйло Н.Н.  
учитель физики  
МОУ «СОШ № 55»

## Уравнение состояния идеального газа

$$pV = \frac{m}{M} RT, \quad pV = \frac{N}{N_A} RT$$

$$pV = \nu RT, \quad p = \frac{\rho}{M} RT$$

## Объединённый газовый закон

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{или} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

# Газовые законы

<b>Изотермический процесс</b> $m_1 = m_2$ $M_1 = M_2$ $T_1 = T_2$	<b>Изобарный процесс</b> $m_1 = m_2$ $M_1 = M_2$ $p_1 = p_2$	<b>Изохорный процесс</b> $m_1 = m_2$ $M_1 = M_2$ $V_1 = V_2$
<b>Закон Бойля — Мариотта</b> $p_1 V_1 = p_2 V_2$	<b>Закон Гей-Люссака</b> $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	<b>Закон Шарля</b> $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

# Графики изопроцессов

Изотермический процесс (температура не меняется)		
<p>Особый случай</p>		
Изобарный процесс (давление не меняется)		
	<p>Особый случай</p>	
Изохорный процесс (объем не меняется)		
		<p>Особый случай</p>

# Первое начало термодинамики

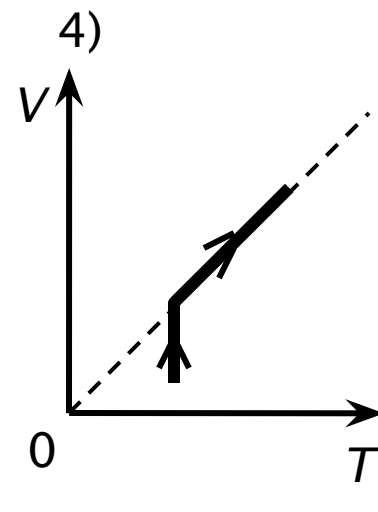
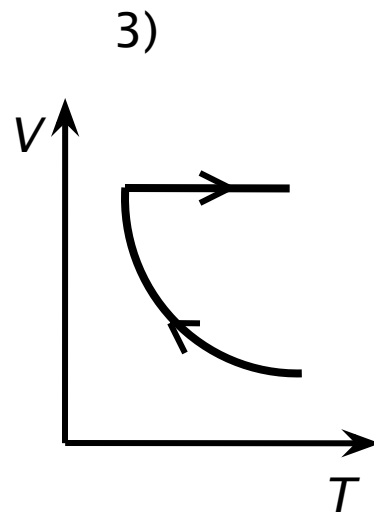
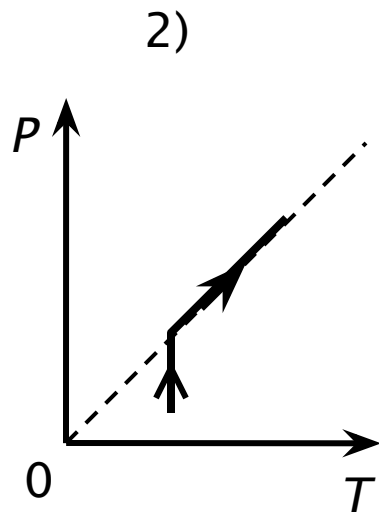
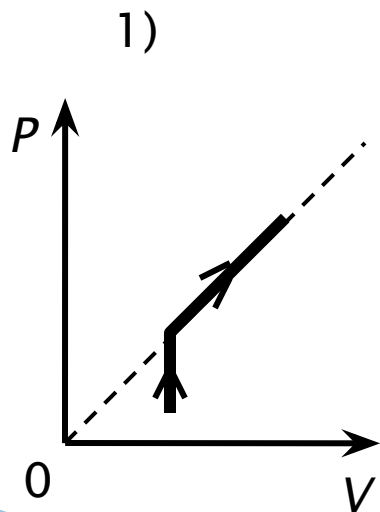
$$\Delta U = Q + \dot{A}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \text{изменение внутренней энергии}$$

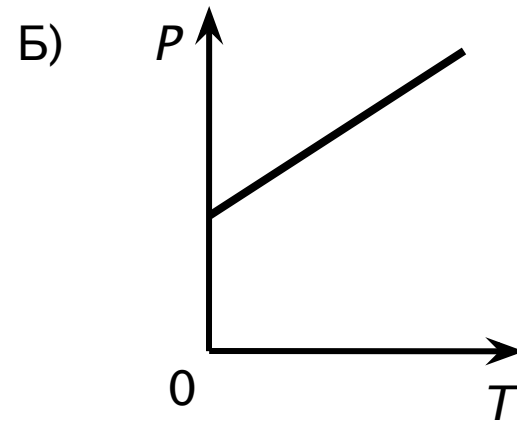
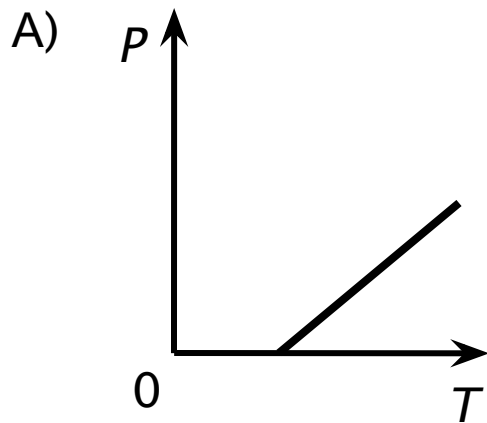
$$Q = cm\Delta T \quad \text{количество теплоты}$$

$$\dot{A} = p\Delta V \quad \text{работа газа}$$

1) Один моль разреженного газа сначала изотермически расширяли, а затем изобарно нагревали. На каком из рисунков изображена эта последовательность процессов?



2 Два ученика, желая привести примеры изохорного процесса, изобразили графики зависимости давления  $P$  идеального газа от его абсолютной температуры  $T$ . Эти графики показаны на рисунках. Какой из рисунков является правильным?



1) только А)

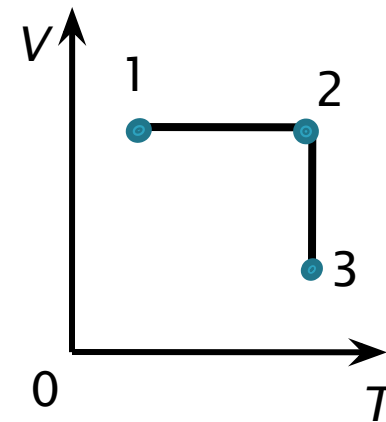
2) только Б)

3) и А), и Б)

4) ни А), ни Б)

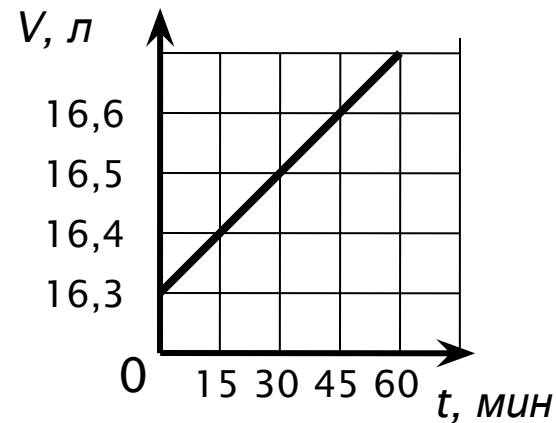
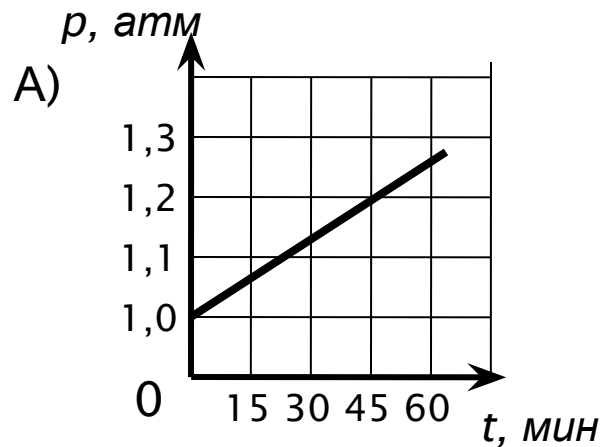
3 1 моль идеального газа участвует в процессе, показанном на диаграмме  $V$  $T$ . Где достигается наибольшее давление газа в указанном процессе?

- 1) В точке 1
- 2) в точке 3
- 3) на всём отрезке 1-2
- 4) на всём отрезке 2 - 3





4 На графике приведены зависимости давления  $P$  и объёма  $V$  от времени  $t$  для 0,4 молей идеального газа. Чему равна температура газа в момент  $t = 45$  минут?



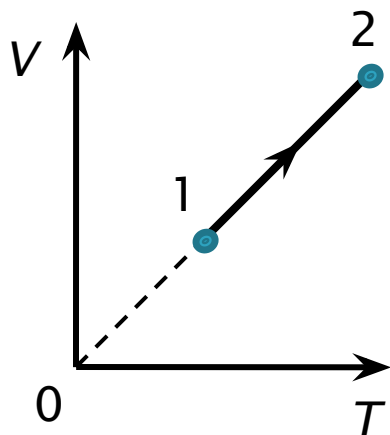
1) 120 К

2) 600 К

3) 1,2 К

4) 60 000 К

**5** На графике зависимости объёма  $V$  от абсолютной температуры  $T$  изображён процесс перехода идеального одноатомного газа из состояния 1 в состояние 2. Известно, что масса газа в этом процессе не изменялась. Как изменились при этом переходе плотность и давление газа?



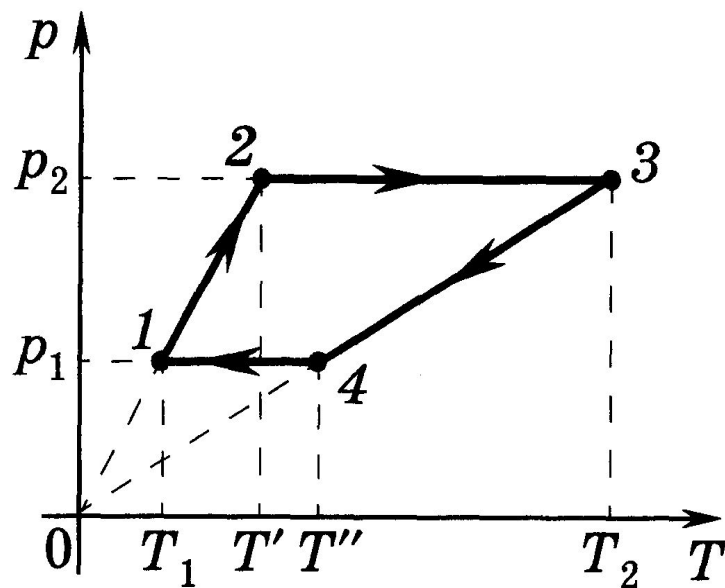
ФИЗИЧЕСКАЯ  
ВЕЛИЧИНА

- А) плотность газа
- Б) давление газа

ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ

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

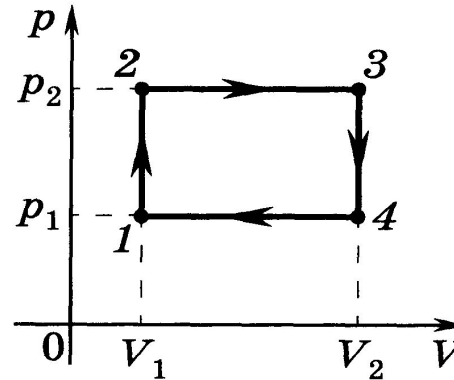
**6** Состояние одного моля идеального газа меняется по циклу, приведенному на рисунке. Известны минимальная и максимальная температура  $T_1$  и  $T_2$ , минимальное и максимальное давление  $p_1$  и  $p_2$ . Найдите работу  $A$ , совершенную газом за один цикл.



# Образец возможного решения

Дано:

$T_1, T_2, p_1, p_2$   
 $\nu = 1$  моль



А - ?

Изобразим тот же цикл в координатах  $p, V$ .

$A = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$  (1) площадь, охватываемая контуром цикла, определяет работу газа за полный цикл.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона определим объем в точках 1 и 3:

$$p_1 V_1 = RT_1 \quad \rightarrow \quad V_1 = RT_1 / p_1$$

$$p_2 V_2 = RT_2 \quad \rightarrow \quad V_2 = RT_2 / p_2$$

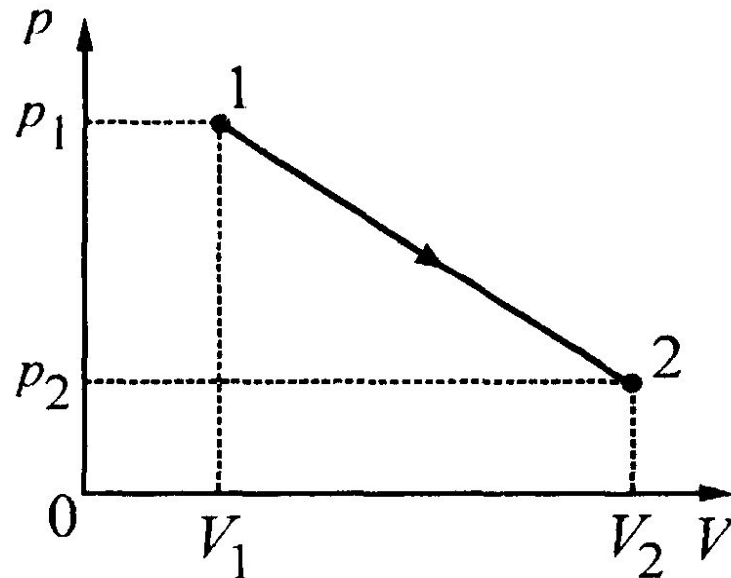
Подставляя в (1), получим

$$A = R(p_2 - p_1) \left( T_2 / p_2 - T_1 / p_1 \right)$$

Ответ:  $A = R(p_2 - p_1) \left( T_2 / p_2 - T_1 / p_1 \right)$

7

Найдите суммарное количество теплоты  $\Delta Q$ , полученное и отданное одним молем идеального одноатомного газа при его переводе из состояния 1 в состояние 2 при помощи процесса, который изображается на  $pV$ -диаграмме прямой линией. Известны параметры начального и конечного состояний газа:  $V_1 = 10$  л,  $V_2 = 41,6$  л,  $p_1 = 4,15 \cdot 10^5$  Па,  $T_2 = 500$  К.



# Образец возможного решения

Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$V_1 = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 41,6 \text{ л} = 41,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$P_1 = 4,15 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T_2 = 500 \text{ К}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

---

$$\Delta Q = ?$$

По I закону термодинамики

$$\Delta Q = \Delta U + \dot{A}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$\dot{A} = (p_1 + p_2)(V_2 - V_1)/2$  работа газа равна площади трапеции

Из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 \longrightarrow p_2 = \nu R T_2 / V_2$$

Подставляя числовые значения, получим

$$P_2 = 0,9988 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\Delta U = 7,5 \text{ Дж}$$

$$\dot{A} = 8135,1 \text{ Дж}$$

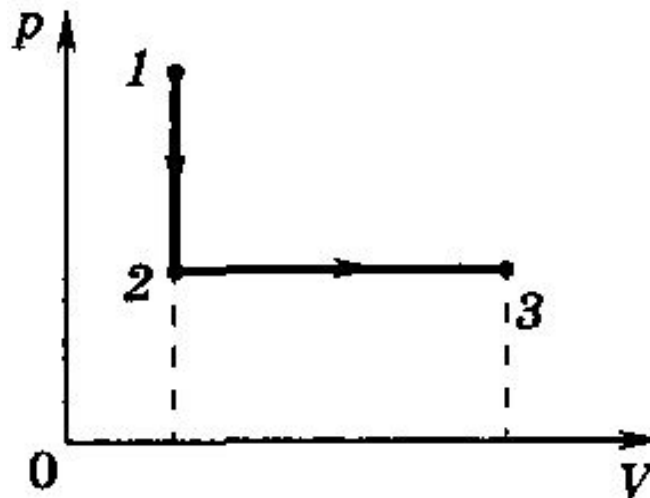
$$\Delta Q = 8143 \text{ Дж}$$

---

Ответ:  $\Delta Q = 8143 \text{ Дж}$

8

Азот находится при температуре  $T_1 = 280\text{K}$ . В результате изохорного охлаждения его давление уменьшилось в 2 раза, а затем в результате изобарного расширения температура газа в конечном состоянии стала равной первоначальной. Определите: работу, совершенную газом; изменение внутренней энергии газа.



# Образец возможного решения

Дано:

$$m=50 \text{ г}=0,05\text{кг}$$

$$M=28 \cdot 10^{-3}$$

$$T_1=280 \text{ К}$$

$$V_1=V_2$$

$$p_1/p_2=n=2$$

$$p_2=p_3$$

$$T_3=T_1$$

A - ?

$\Delta U$  -?

$$A = A_{12} + A_{23}$$

$$A_{12} = 0 \text{ изохорное охлаждение}$$

$$A = p_2(V_3 - V_2)$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ по закону Шарля } (V_1 = V_2 = \text{const})$$

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{1}{n} T_1$$

Уравнение Менделеева – Клапейрона

для состояний 2 и 3:

$$p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2 \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_3 = \frac{m}{M} R T_1; \quad (T_3 = T_1)$$

$$p_2(V_3 - V_2) = \frac{m}{M} R(T_1 - T_2)$$

$$A = \frac{m}{M} R(T_1 - T_2) = \frac{m}{M} R T_1 \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{(n-1)mRT_1}{nM}$$

Ответ:  $A = 2,08 \text{ кДж}; \Delta U = 0.$