

Занятие 2.

1. Краткое содержание раздела и типы задач по МКТ и термодинамике.
2. Разбор заданий 8-12 первой части ЕГЭ по физике.

МКТ

1. Энергия молекул и температура.
2. Связь давления идеального газа, объёма и температуры.
3. Изопроцессы с идеальным газом.

Термодинамика

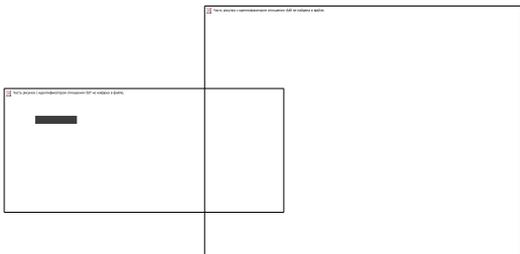
1. Внутренняя энергия идеального газа и работа.
2. Первый закон термодинамики и процессы с идеальным газом.
3. Фазовые переходы 1 рода.
4. Тепловые машины, циклы, КПД.
5. Влажность, насыщенный пар.

$$T = t^{\circ}\text{C} + 273$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$\bar{E}_K = \boxed{} k T$$

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$



МКТ

$$p_{\text{газа}} = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m_0 \cdot \bar{v}_{\text{KB}}^2$$

$$p_{\text{газа}} = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot \bar{v}_{\text{KB}}^2$$

$$p_{\text{газа}} = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_K$$

$$p_{\text{газа}} = n \cdot k \cdot T$$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

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

Определите начальную температуру газа, если в некотором процессе средняя кинетическая энергия его молекулы повысилась в 4 раза, и конечная температура газа стала равной 527 °С. Ответ дайте в кельвинах.

$$\uparrow_{\times 4} \bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \uparrow_{\times 4} \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{4} = \frac{527^\circ\text{C} + 273}{4} = 200 \text{ K}$$

Определите во сколько раз изменится абсолютная температура газа, если его количество увеличить в 2 раза, давление повысить в 3 раза и объём газа увеличить в 3 раза.

$$pV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R}$$
$$p \uparrow \nu \Rightarrow T \uparrow \nu$$
$$V \uparrow \nu \Rightarrow T \uparrow \nu$$
$$\nu \uparrow \nu \Rightarrow T \downarrow \nu$$
$$\Rightarrow T \uparrow \nu^{\frac{3 \cdot 3}{2}} = 4,5 \text{ раза}$$

Во сколько раз нужно изменить абсолютную температуру газа, чтобы средняя квадратичная скорость его молекул возросла в 3 раза?

$$\bar{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \Rightarrow \text{если } T \uparrow \text{ в } n \text{ раз, } \Rightarrow \sqrt{n} = 3$$

то $\bar{v}_{\text{кв}} \uparrow$ в \sqrt{n} раз $n = 9$

Во сколько раз изменится давление газа, если его абсолютная температура повысится в 5 раз, а концентрация газа уменьшится в 2 раза?

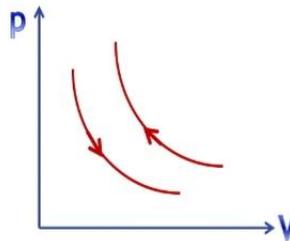
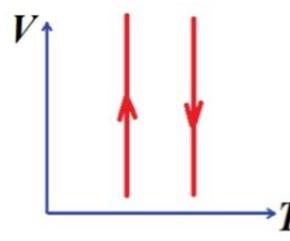
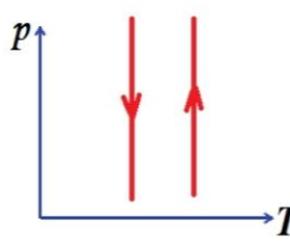
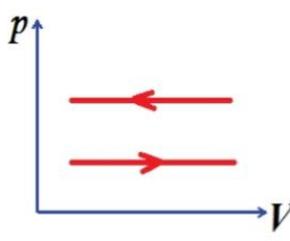
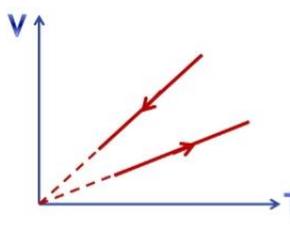
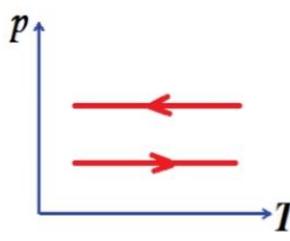
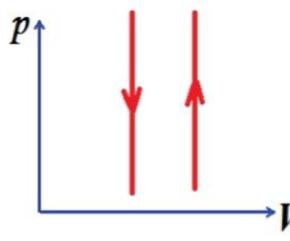
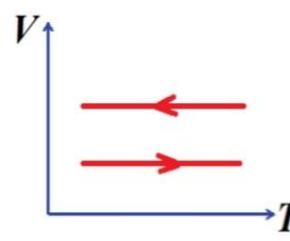
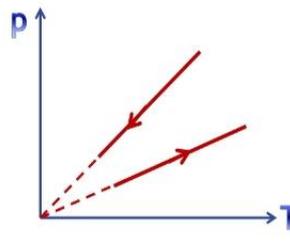
$$p = nkT \Rightarrow \begin{array}{l} \text{если } T \uparrow \text{ в } 5 \text{ раз, то } p \uparrow \text{ в } 5 \text{ раз} \\ \text{если } n \downarrow \text{ в } 2 \text{ раза, то } p \downarrow \text{ в } 2 \text{ раза} \end{array} \Rightarrow p \uparrow \text{ в } \frac{5}{2} = 2,5 \text{ раза}$$

Газ в количестве 2 моль занимает объём 83,1 л и находится под давлением 10^5 Па. Определите температуру газа. Ответ дайте в градусах Цельсия.

$$pV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{10^5 \cdot 83,1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 500 \text{ K}$$
$$500 \text{ K} - 273 = \underline{\underline{227 \text{ } ^\circ\text{C}}}$$

Определите массу гелия, который при температуре 27°C будет занимать объём $8,31$ л и создавать давление 3 МПа. Ответ приведите в граммах.

$$\left. \begin{array}{l} pV = \nu RT \\ \nu = \frac{m}{M} \end{array} \right\} \Rightarrow pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT}$$
$$m = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (27 + 273)} = 0,04 \text{ кг}$$
$$0,04 \text{ кг} = 40 \text{ г}$$

Про- цесс	Закон	Диаграмма p-V	Диаграмма V-T	Диаграмма p-T
Изо- <u>терми- ческий</u> $T = \text{Const}$	Закон Бойля- Мариотта $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$			
Изобар ный $p = \text{Const}$	Закон Гей- Люссака $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$			
Изохор ный $V = \text{Const}$	Закон Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$			

Термодинамика

$$\Delta U = Q - A_{\Gamma}$$

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

– для любого
процесса с одноатомным
идеальным газом

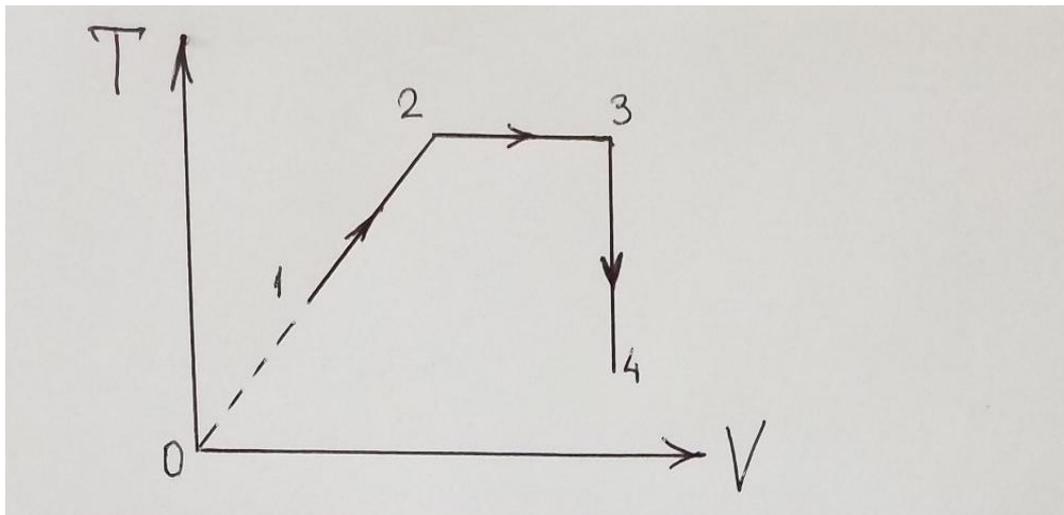
$$A_{\Gamma} = S$$

фигуры под графиком в pV

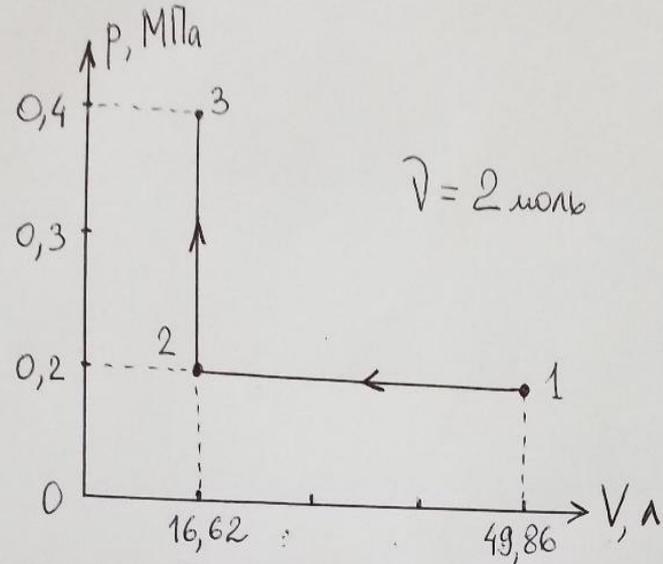
$$A_{\Gamma} > 0$$
 – расширение, $A_{\Gamma} < 0$ – сжатие

$$Q_{\text{общ}} = 0$$

для теплоизолированной системы (калориметра)



Процесс	P	V	A_r	T	U	ΔU	Q
1-2 изобарный	const	↑ расшир.	> 0	↑	↑	> 0	> 0 получает
2-3 изотермический	↓ обратно V	↑ расшир.	> 0	const	const	0	> 0 получает
3-4 изохорный	↓ прямо T	const	0	↓	↓	< 0	< 0 отдает



$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}$$

$$T_2 = \frac{1}{3} T_1 \quad T_3 = 2 T_2$$

$$A_{r(1-2)} = p \Delta V \quad A_{r(2-3)} = 0$$

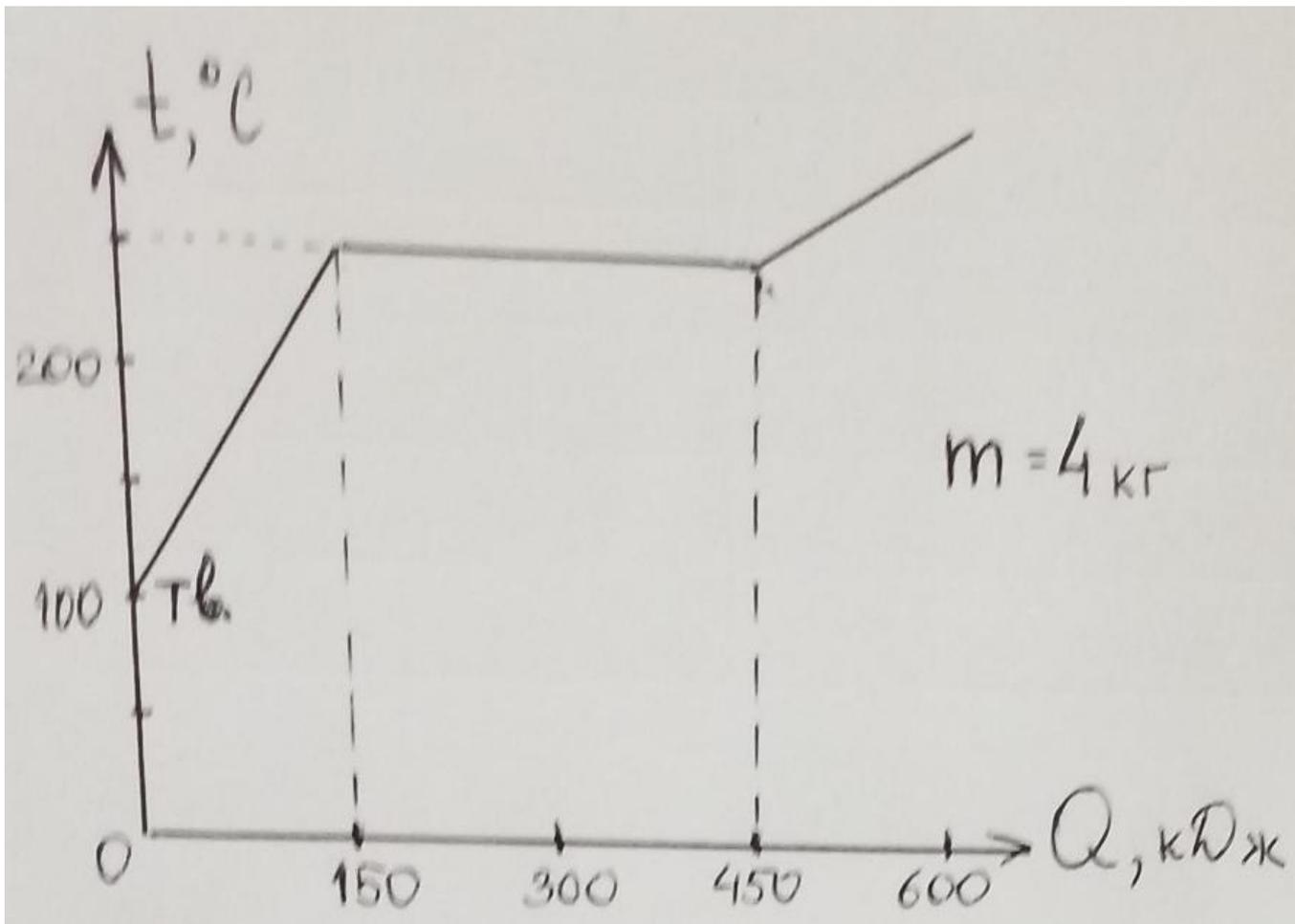
$$\Delta U_{(1-2)} = \frac{3}{2} p \Delta V \quad \Delta U_{(2-3)} = \frac{3}{2} \Delta p V$$

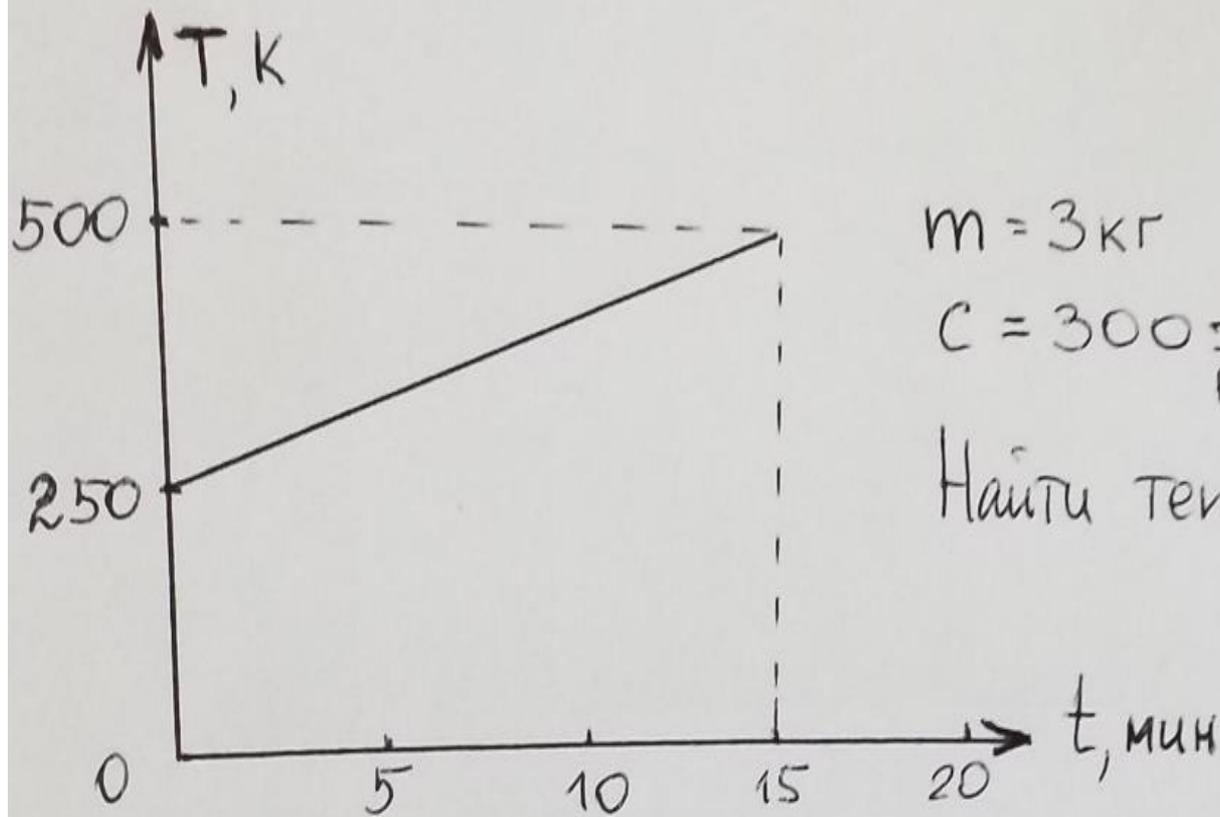
$$Q_{(1-2)} = \frac{5}{2} p \Delta V \quad Q_{(2-3)} = \Delta U_{(2-3)}$$

Процесс	p	V	A_r	T	U	ΔU	Q
1-2 изобарный	const $0,2 \cdot 10^6$ Па	$\downarrow \text{в } 3p$ сжатие $\Delta V = 33,24$	$A_r < 0$ $A_r = p \Delta V$	$\downarrow \text{в } 3p$	$\downarrow \text{в } 3p$	$\Delta U < 0$	$Q < 0$ отдаёт
2-3 изохорный	$\uparrow \text{в } 2p$ $\Delta p = 0,2 \cdot 10^6$ Па	const	$A_r = 0$	$\uparrow \text{в } 2p$	$\uparrow \text{в } 2p$	$\Delta U > 0$	$Q > 0$ получает

ГРАФИК НАГРЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕЛА







$$m = 3 \text{ кг}$$

$$c = 300 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Найти тепловую мощность нагревателя.

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{насыщ. пара}}}$$

$p_{\text{пара}}$ - парциальное давление пара.

$p_{\text{насыщ. пара}}$ - давление насыщенного пара при той же температуре.

Дано:

$$\varphi = 70\%$$

$$T = 300 \text{ К}$$

$$p_{\text{нас. пара}} = 3,3 \text{ кПа}$$

$p_{\text{пара}} = ?$

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{н.п.}}} \Rightarrow p_{\text{п}} = \varphi \cdot p_{\text{н.п.}}$$

$$p_{\text{п}} = \frac{\rho}{M} RT \Rightarrow \rho = \frac{p_{\text{п}} M}{RT}$$

- 1) давление насыщенного пара не зависит от объёма, а только от температуры пара;
- 2) давление насыщенного пара при температуре 100°C равно 100 кПа ;
- 3) влажность не может быть больше 100% .

$$\eta = \frac{T_{\text{H}} - T_{\text{X}}}{T_{\text{H}}}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{H}} - Q_{\text{X}}}{Q_{\text{H}}}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{H}}}$$

Процесс	ΔU	A_{Γ}	Q
<u>Изотерми- ческий</u>	$\Delta U = 0$	$A_{\Gamma} = Q$	$Q = A_{\Gamma}$
Изобарный	$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \Delta V$	$A_{\Gamma} = p \cdot \Delta V$ $A_{\Gamma} = \nu \cdot R \cdot \Delta T$	$Q = \frac{5}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$ $Q = \frac{5}{2} \cdot p \cdot \Delta V$
Изохорный	$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \Delta p \cdot V$	$A_{\Gamma} = 0$	$Q = \Delta U$
Адиабатный	$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$ $\Delta U = - A_{\Gamma}$	$A_{\Gamma} = - \Delta U$	$Q = 0$
“ <u>Линейный</u> ”	$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot (p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)$	$A_{\Gamma} = p_{\text{ср}} \cdot \Delta V$ $p_{\text{ср}} = \frac{p_1 + p_2}{2}$	$Q = \Delta U + A_{\Gamma}$

Процесс	Q	Особенности процесса
Нагревание (охлаждение)	$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ $\Delta T(\text{K}) = \Delta t(^{\circ}\text{C})$	1) c – удельная теплоёмкость вещества (табличная) 2) Чем больше c, тем медленнее нагревается и медленнее охлаждается тело
Плавление (кристаллизация)	$Q = \pm \lambda \cdot m$ + плавление - кристаллизация	1) λ – удельная теплота плавления (табличная) 2) $T_{\text{плав}} = T_{\text{крист}}$ 3) $T = \text{Const}$ в течение всего процесса
Кипение (конденсация)	$Q = \pm r \cdot m$ + кипение - конденсация	1) r – удельная теплота парообразования (табличная) 2) $T_{\text{кип}} = T_{\text{конд}}$ 3) $T = \text{Const}$ в течение всего процесса 4) $T_{\text{кип}}$ зависит от давления
Горение	$Q = q \cdot m$	1) q – удельная теплота сгорания 2) Это химический процесс с выделением тепла.

Спасибо за внимание!
До новых встреч!