

## Уравнение адиабаты

ЗАДАЧА 1. Выведите уравнение адиабаты  $pV^\gamma = \text{const}$ , где  $\gamma = C_p/C_V$ .

Указание.  $dQ = dU + dA \Rightarrow 0 = \nu C_V dT + pdV \Rightarrow \dots$

ЗАДАЧА 2. (МФТИ, 1999) Моль гелия из начального состояния с температурой  $T = 300$  К расширяется в адиабатическом процессе так, что относительные изменения давления  $\Delta p/p$ , объёма  $\Delta V/V$  и температуры газа  $\Delta T/T$  малы. Найти работу  $A$ , совершённую газом, если относительное изменение его давления  $\Delta p/p = -1/120$ .

$$\Delta T/T = \frac{d}{dV} \ln T = \frac{d}{dV} \ln \left( \frac{p}{\rho} \right) = \frac{d}{dV} \ln p - \frac{d}{dV} \ln \rho = \frac{d}{dV} \ln p - \frac{1}{V} = \frac{d}{dV} \ln p - \frac{1}{V}$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 1999) Моль гелия сжимают в адиабатическом процессе так, что относительные изменения давления  $\Delta p/p$ , объёма  $\Delta V/V$  и температуры  $\Delta T/T$  газа малы. На сколько процентов изменяется давление газа, если относительное изменение температуры  $\Delta T/T = 0,0032$ ?

$$\Delta p/p \approx \gamma \Delta T/T = 1,67 \cdot 0,0032 = 0,0054$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 2008) Теплоизолированный горизонтальный цилиндр с гладкими стенками делится не проводящим теплоту поршнем на два объёма, в которых находится по одному молю гелия при температуре  $T_0 = 200$  К. В левой части цилиндра на некоторое время включается нагреватель. Поршень перемещается. В конечном состоянии температуры в левой и правой частях цилиндра отличаются в три раза. Найдите количество теплоты  $Q$ , переданное нагревателем газу. Известно, что давление  $p$  и объём  $V$  газа в правой части цилиндра связаны соотношением  $p^3 V^5 = \text{const}$  (адиабатический процесс).

$$p^3 V^5 = \text{const} \Rightarrow \frac{d}{dV} \ln p^3 V^5 = 0 \Rightarrow 3 \frac{d}{dV} \ln p + 5 \frac{d}{dV} \ln V = 0 \Rightarrow 3 \frac{d}{dV} \ln p + \frac{5}{V} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dV} \ln p = -\frac{5}{3V}$$

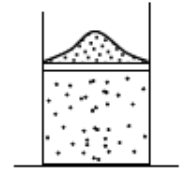
ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 2008) Теплоизолированный горизонтальный цилиндр с гладкими стенками делится не проводящим теплоту поршнем на два объёма, в которых находится по одному молю гелия при температуре  $T_0 = 300$  К. В левой части цилиндра на некоторое время включается нагреватель. В результате поршень перемещается, и газ, содержащийся в левой части цилиндра, совершает работу  $A = 1245$  Дж. Найти отношение  $\alpha$  конечных объёмов газа в левой и правой частях цилиндра. Известно, что давление  $p$  и объём  $V$  газа в правой части цилиндра связаны соотношением  $p^3 V^5 = \text{const}$  (адиабатический процесс).

$$\alpha = \frac{V_1}{V_2} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{5/3} = \left( \frac{p_1 + \Delta p}{p_1} \right)^{5/3} = \left( 1 + \frac{\Delta p}{p_1} \right)^{5/3} = \left( 1 + \frac{A}{p_1 V_1} \right)^{5/3} = \left( 1 + \frac{A}{p_1 V_1} \right)^{5/3}$$

ЗАДАЧА 6. («Покори Воробьёвы горы!», 2015, 10–11) Для адиабатического увеличения давления  $\nu = 2$  молей гелия на 0,5% потребовалось совершить над гелием работу  $A = 12,46$  Дж. Найти начальную температуру гелия. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль · К).

$$T_0 = \frac{A}{\nu R \Delta p/p} = \frac{12,46}{2 \cdot 8,31 \cdot 0,005} = 1500 \text{ К}$$

ЗАДАЧА 7. («Росатом», 2016, 11) В теплоизолированном сосуде под массивным поршнем, на котором лежит куча песка, находится одноатомный идеальный газ. Объём газа  $V$ , давление  $p$ . Песок (по одной песчинке) снимают с поршня, и объём газа медленно увеличивается вдвое. Какой была бы кинетическая энергия поршня в тот момент, когда объём газа вырос вдвое, если бы песок сняли с поршня весь сразу? Атмосферное давление отсутствует.



**Указание.** В адиабатическом процессе давление и объём идеального газа связаны соотношением  $pV^\gamma = \text{const}$ , где  $\gamma$  — известное число ( $\gamma > 1$ ).

$$\left( \nu - \frac{\nu}{\gamma} \right) \Delta d = \mathcal{M}$$

ЗАДАЧА 8. (МОШ, 2010, 11) Горизонтальный сосуд с идеальным одноатомным газом разделён на две части подвижным вертикальным поршнем, не проводящим тепло. Вначале давление в сосуде было равно  $p_0$ , а температура —  $T_0$ . Нагревая газ в левой части сосуда до температуры  $T_0 + \Delta T$ , исследуют зависимость давления в системе  $p$  от параметра  $x = \Delta T/T_0$ . Эта зависимость при малых  $x$  оказалась линейной:  $p = p_0(1 + \alpha x)$  с параметром  $\alpha = 0,5$ . Найдите отношение  $k = \nu_1/\nu_2$  количеств газа в левой и правой частях сосуда. Процесс в правой части сосуда адиабатный, трением между поршнем и стенками сосуда можно пренебречь.

$$\frac{\nu}{\nu} = \frac{(\nu-1)\nu}{\nu\nu} = \gamma$$