

2. С  $\nu$  молями идеального газа проводится циклический процесс, состоящий из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух процессов 2–3 и 4–1 с линейной зависимостью давления от объёма. Температура газа в состояниях 1 и 4 равна  $T$ , а в состояниях 2 и 3 равна  $2T$ . Найдите работу, совершаемую газом в цикле 1–2–3–4–1, если давления в состояниях 1 и 3 равны.

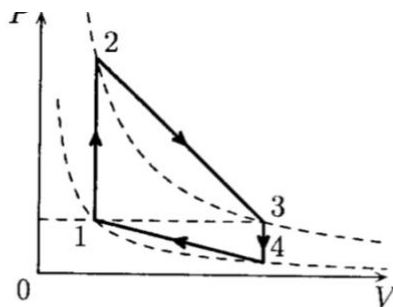


Рис. к задаче 2

2. Так как

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = 2, \quad \frac{P_1}{P_4} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{V_4}{V_1} = 2,$$

можно ввести удобные обозначения:

$$V_1 = V_2 = V, \quad V_3 = V_4 = 2V,$$

$$P_4 = P, \quad P_1 = P_3 = 2P, \quad P_2 = 4P.$$

Тогда  $2PV = \nu RT$  и

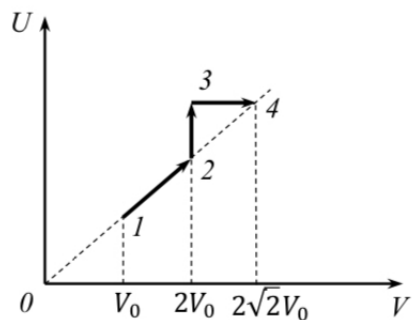
$$A_{23} = \frac{1}{2}(P_2 + P_3)(V_3 - V_2) = \frac{1}{2}(4P + 2P)(2V - V) = 3PV = \frac{3}{2}\nu RT.$$

$$A_{14} = \frac{1}{2}(2P + P)V = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{4}\nu RT.$$

$$A = A_{23} - A_{14} = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{4}\nu RT.$$

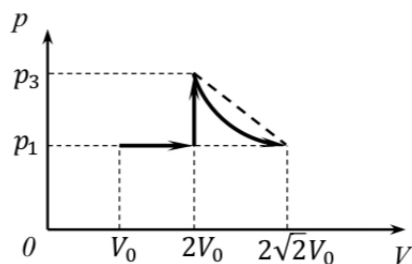
**Задача 3.** Зависимость внутренней энергии идеального газа от объёма указана на рисунке. На каком из участков совершённая работа максимальна?

**Возможное решение.** Изобразим процесс на  $pV$ -диаграмме (см. рисунок). Работа газа на участке 1–2 (изобара) равна  $A_{12} = p_1 V_0$ , а на участке 2–3 (изохора) равна нулю. Работу на изотермическом участке 3–4 оценим сверху как площадь трапеции (площадь под отрезком жирной штриховой линии):



$$A_{34} < (p_1 + p_3)(\sqrt{2} - 1)V_0.$$

Из уравнения состояния для точек 3 и 4 находим, что  $p_3 = \sqrt{2}p_1$ . Стало быть,  $A_{34} < p_1 V_0$ . Следовательно, работа газа максимальна на участке 1–2.



## 10 класс

**Задача 1. Электроманометр**

Для исследования неизвестного газа был специально разработан «электроманометр» — прибор, состоящий из слабо электропроводной  $U$ -образной трубки, заполненной ртутью. Электрическое сопротивление  $R$  между клеммами такого манометра пропорционально разности давлений  $P$  в его коленях и равно  $R = kP$ . С его помощью контролируется давление в сосуде с поршнем (рис. 4). К клеммам манометра подключены последовательно амперметр и батарея с малым внутренним сопротивлением. На экспериментальном графике (рис. 5) изображен производимый над газом процесс  $KLMNOPQ$  в координатах: работа  $W$ , совершенная поршнем — сила тока  $I$ , показываемая амперметром. Найдите объем  $V_Q$ , занимаемый газом к концу эксперимента (в точке  $Q$ ). Начальный объем газа  $V_K = 1$  л, ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 12$  В, коэффициент  $k = 3 \cdot 10^{-3}$  Ом/Па. Объемом манометра и подводящих трубок можно пренебречь.

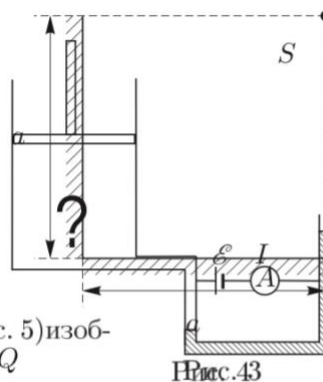


Рис. 43

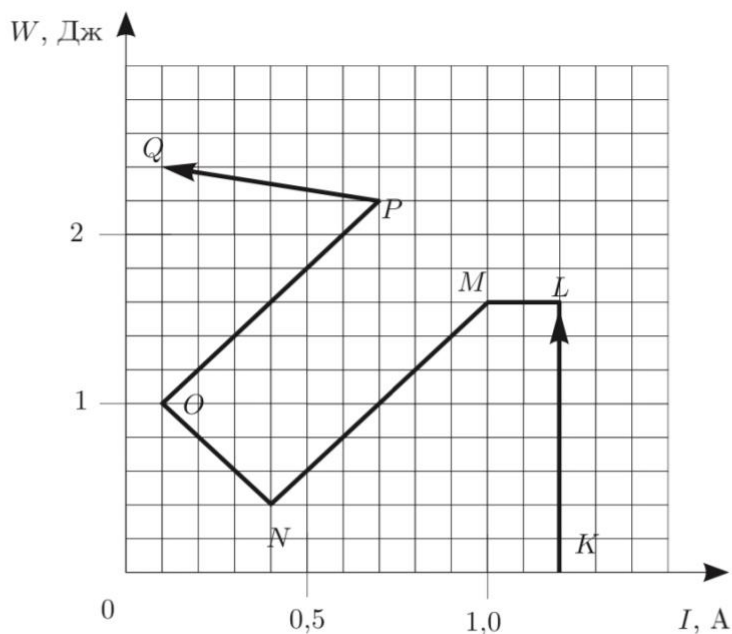


Рис. 5

## 10 класс

**Задача 1. Электроманометр**

Для малых изменений объема  $\Delta W = -P\Delta V = -\Delta VR/k = -\Delta V\mathcal{E}/(Ik)$ , откуда  $\Delta V = -I\Delta Wk/\mathcal{E}$ . Вычисляя площадь левее графика, получаем:  $V_Q = V_K - 1.79 \text{ Дж} \cdot \text{А} \times k/\mathcal{E} \approx 553 \text{ мл}$ .