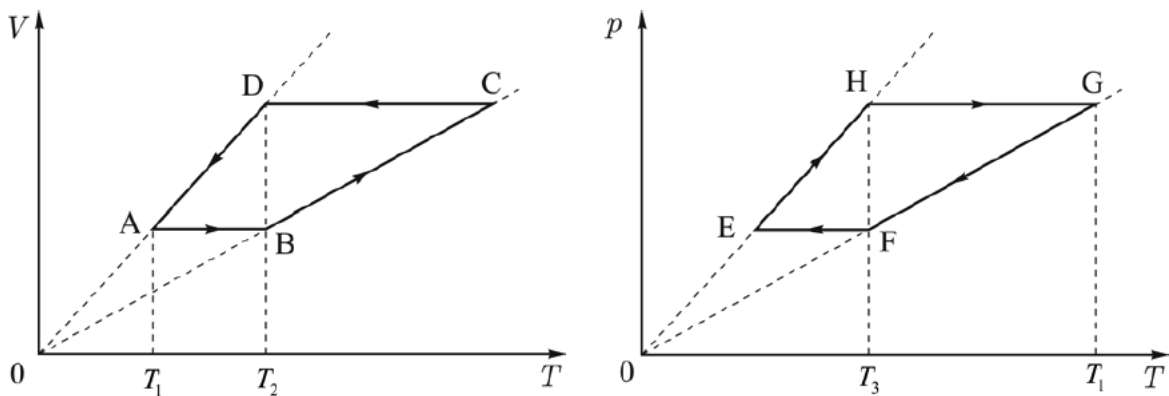


Работа в цикле

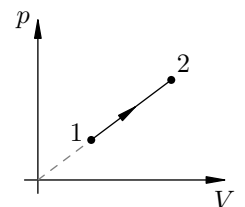
Работа газа в процессе расширения — это площадь под графиком данного процесса, построенного в координатах p и V . Работа газа за цикл — это площадь цикла на pV -диаграмме (со знаком плюс, если цикл проходит по часовой стрелке, и со знаком минус в противном случае).

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2016, МЭ, 11) На рисунках представлены графики двух циклических процессов, совершаемых над идеальным газом (p и V — давление и объём газа, T — его абсолютная температура). Определите, во сколько раз работа газа в процессе ABCDA больше работы газа в процессе EHGFE, если количество газа в обоих процессах одинаковое. Известно, что $T_2 = 2T_1$ и $T_1 = 2T_3$.



$$\bar{v} = \frac{\left(\frac{\varepsilon_L - \varepsilon_L}{\varepsilon_L - \varepsilon_L}\right)}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_V}{\varepsilon_V}$$

ЗАДАЧА 2. Найдите работу, совершаемую ν молями идеального газа в процессе 1–2 (см. рисунок), если известны начальная температура T_1 и конечная температура T_2 . Точки 1 и 2 лежат на прямой, проходящей через начало координат.

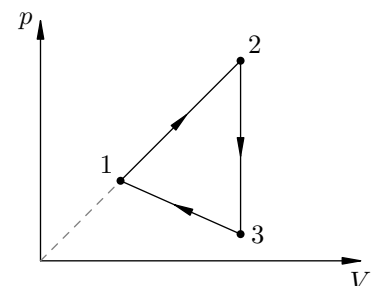


$$(\varepsilon_L - \varepsilon_L) \nu \alpha \frac{\varepsilon}{\varepsilon} = \nu$$

ЗАДАЧА 3. («Физтех», 2017, 10) Идеальный газ нагревают от объёма $V_1 = V_0$ до объёма $V_2 = 2V_0$ в процессе 1–2 прямо пропорциональной зависимости давления от объёма. Затем газ продолжают нагревать от объёма V_2 до объёма $V_3 = 3V_0$ в изобарическом процессе 2–3. Найти отношение работ газа в процессах 1–2 и 2–3.

$$\frac{4}{3}$$

ЗАДАЧА 4. Найдите работу, совершаемую ν молями идеального газа в цикле, состоящем из двух участков линейной зависимости давления от объёма и изохоры (см. рисунок). Точки 1 и 2 лежат на прямой, проходящей через начало координат. Точки 1 и 3 лежат на одной изотерме. Известны температуры T_1 и T_2 в точках 1 и 2 соответственно.

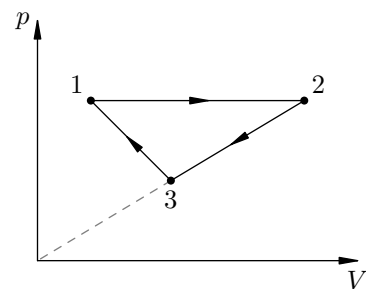


$$\left(\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon_L} \wedge - \varepsilon\right) (\varepsilon_L - \varepsilon_L) \nu \alpha \frac{\varepsilon}{\varepsilon} = \nu$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1996) На рисунке для ν молей гелия показан цикл, состоящий из двух участков линейной зависимости давления p от объёма V и изобары. На изобаре 1–2 газ совершил работу A , и его температура увеличилась в 4 раза. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Точки 2 и 3 на диаграмме pV лежат на прямой, проходящей через начало координат.

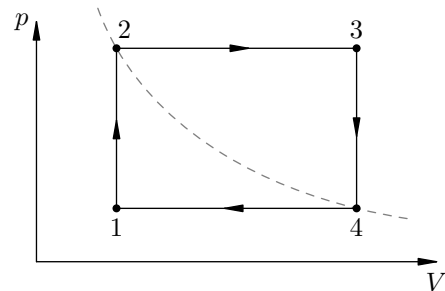
- 1) Определить температуру T_1 в точке 1.
- 2) Определить работу газа за цикл.

$$\frac{p}{V} = \text{const} \quad (z : \frac{p}{V} = \text{const} = \text{const})$$



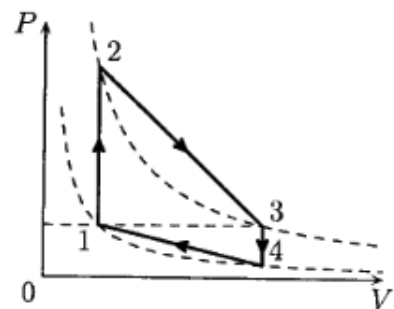
ЗАДАЧА 6. Над ν молями идеального газа совершают замкнутый цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар (см. рисунок). Температуры в точках 1 и 3 равны соответственно T_1 и T_2 . Определите работу, совершённую газом за цикл, если известно, что точки 2 и 4 лежат на одной изотерме.

$$\frac{p}{V} = \text{const} \quad (z : \frac{p}{V} = \text{const} = \text{const})$$



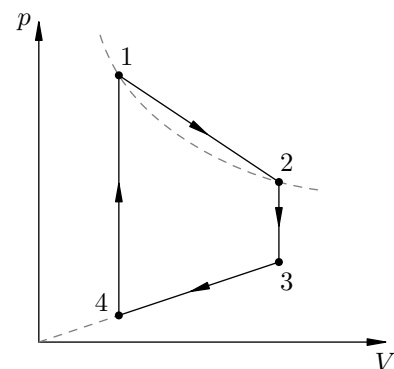
ЗАДАЧА 7. (МФТИ, 2008) С ν молями идеального газа проводится циклический процесс, состоящий из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух процессов 2–3 и 4–1 с линейной зависимостью давления от объёма (см. рисунок). Температура газа в состояниях 1 и 4 равна T , в состояниях 2 и 3 равна $2T$. Найдите работу, совершаемую газом в цикле 1–2–3–4–1, если давления в состояниях 1 и 3 равны.

$$\frac{p}{V} = \text{const} \quad (z : \frac{p}{V} = \text{const} = \text{const})$$



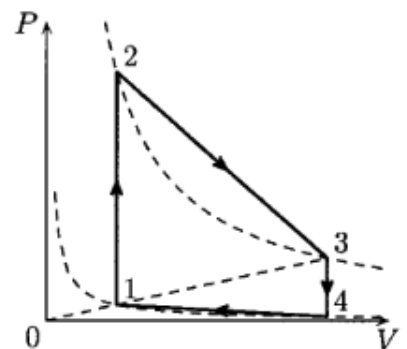
ЗАДАЧА 8. (МФТИ, 2008) С ν молями идеального газа проводится циклический процесс, состоящий из двух изохор 2–3 и 4–1 и двух процессов 1–2 и 3–4 с линейной зависимостью давления от объёма (см. рисунок). Температура газа в состояниях 1 и 2 равна T_1 , в состоянии 3 — T_2 , а прямая 3–4 проходит через начало координат. Найдите работу, совершаемую газом в цикле 1–2–3–4–1, если объём в состоянии 2 в три раза больше объёма в состоянии 1.

$$\frac{p}{V} = \text{const} \quad (z : \frac{p}{V} = \text{const} = \text{const})$$

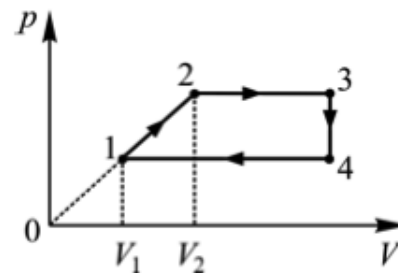


ЗАДАЧА 9. (МФТИ, 2008) С ν молями идеального газа проводится циклический процесс, состоящий из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух процессов 2–3 и 4–1 с линейной зависимостью давления от объёма (см. рисунок). Температура газа в состояниях 1 и 4 равна T , в состояниях 2 и 3 равна $4T$. Точки 1 и 3 на pV -диаграмме лежат на прямой, проходящей через начало координат. Найдите работу, совершаемую газом в цикле 1–2–3–4–1.

$$\frac{p}{V} = \text{const} \quad (z : \frac{p}{V} = \text{const} = \text{const})$$

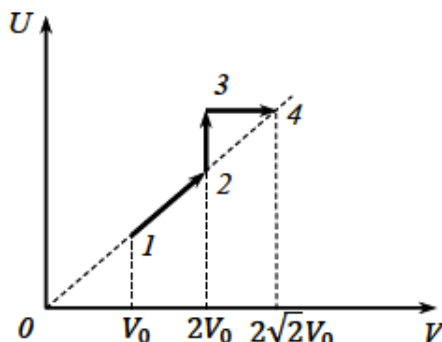


ЗАДАЧА 10. (МОШ, 2011, 10) С одним молем одноатомного идеального газа совершают циклический процесс 1–2–3–4–1, как показано на рисунке в координатах pV (давление–объём). Известно, что температура газа в точках 1 и 3 равна соответственно $T_1 = 300$ К и $T_3 = 1500$ К, а отношение объёмов газа в точках 1 и 2 равно $V_2/V_1 = 2$. Чему равна работа, совершаемая газом за цикл?



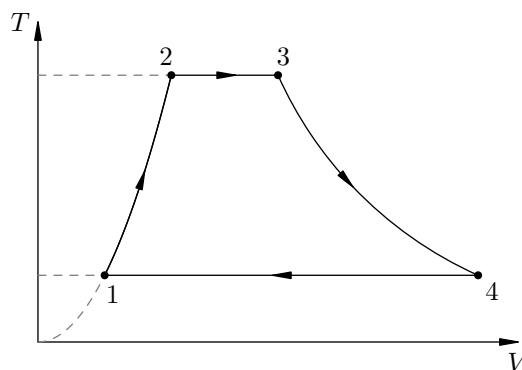
$$\Delta Q = (\nu L - \nu L) \frac{\gamma}{\gamma - 1} = \nu$$

ЗАДАЧА 11. (МОШ, 2016, 11) Зависимость внутренней энергии идеального газа от объёма указана на рисунке. На каком из участков совершённая работа максимальна?



7-1

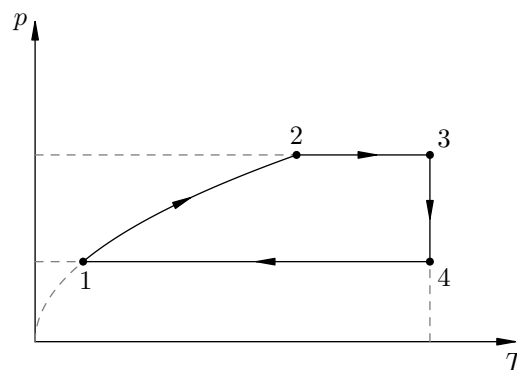
ЗАДАЧА 12. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 10–11) Диаграмма циклического процесса над одноатомным идеальным газом показана на рисунке в координатах температура–объём. Участок, отвечающий процессу 1–2, есть участок параболы с вершиной в начале координат, и в этом процессе абсолютная температура газа увеличивается в n раз, а газ совершает работу A . Найдите работу, совершаемую газом при адиабатическом расширении 3–4. Остальные два процесса цикла — изотермические.



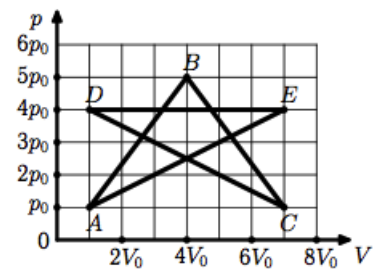
$$A_{34} = \nu \varepsilon_V$$

ЗАДАЧА 13. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 10–11) Над ν молями идеального газа совершают циклический процесс, изображённый на рисунке. Температуры газа в состояниях 1 и 2 равны T_1 и T_2 соответственно. Найдите работу, совершённую газом за цикл, если на участке 3–4 газу сообщили количество теплоты Q . В процессе 1–2 давление растёт пропорционально квадратному корню из абсолютной температуры.

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

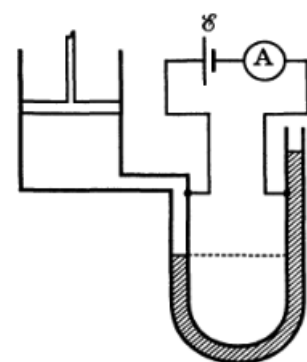


Задача 14. (МОШ, 2015, 11) Над идеальным газом совершают циклический процесс, который на pV -диаграмме изображается в виде звезды, соединяющей точки $A(p_0; V_0)$, $B(5p_0; 4V_0)$, $C(p_0; 7V_0)$, $D(4p_0; V_0)$, $E(4p_0; 7V_0)$ и $A(p_0; V_0)$. Как выразить работу A , совершённую газом за цикл, через площади образовавшихся на рисунке треугольников и пятиугольника? Выразите эту работу через параметры p_0 и V_0 . Рассчитайте численное значение работы, если минимальная температура газа равна $T_0 = 100$ К, а количество вещества составляет $\nu = 1$ моль. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль \cdot К).

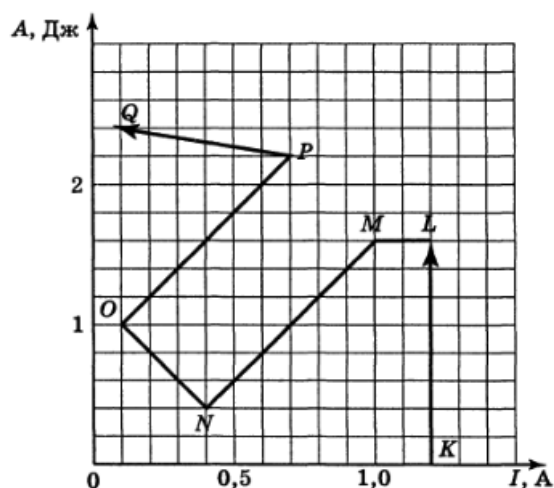


Работа равна сумме площадей треугольников и пятиугольника; $A = 12p_0V_0 = 12RT_0 = 10$ кДж

Задача 15. (Всеросс., 2001, ОЭ, 10) Для исследования свойств газа был разработан специальный прибор — «электроманометр». Он состоит из слабоэлектропроводной U-образной трубки, заполненной ртутью (рис. справа). Манометр включен в цепь с амперметром A и батареей с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В и малым внутренним сопротивлением. Электрическое сопротивление R такого манометра пропорционально разности давлений p в его коленях: $R = kp$.

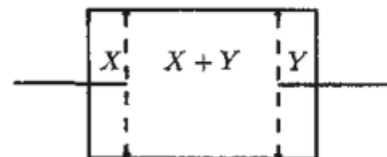


На экспериментальном графике (рис. ниже) изображён производимый над газом процесс $KLMNOPQ$ в координатах: работа A , совершаемая поршнем, — сила тока I , показываемая амперметром. Найдите объём V_Q , занимаемый газом к концу эксперимента (в точке Q). Начальный объём газа $V_K = 1$ л, коэффициент $k = 3 \cdot 10^{-3}$ Ом/Па. Объёмом манометра и подводящих трубок можно пренебречь.



$V_Q = 0.5$ л

Задача 16. (Всеросс., 2006, ОЭ, 11) В цилиндре, температура T которого поддерживается постоянной, находятся ν_X молей идеального газа X и ν_Y молей идеального газа Y . В цилиндр вдвинуты два полупроницаемых поршня (рис.), первый из которых пропускает только молекулы газа X , а второй — только молекулы газа Y . В начальный момент времени поршни расположены так, что они касаются друг друга и чистые вещества X и Y занимают объёмы V_{X0} и V_{Y0} . Поршни начинают медленно раздвигать, и в конце процесса образуется смесь газов X и Y объёма $V_{X0} + V_{Y0}$. Какая суммарная работа A совершается газами в данном процессе?



Примечание. Площадь криволинейной трапеции, ограниченной графиком функции $y = 1/x$ и прямыми $y = 0$, $x = x_1$ и $x = x_2$, составляет $S(x_1, x_2) = \ln \frac{x_2}{x_1}$.

$$\frac{\nu_X \Delta V_X}{\nu_X \Delta V_X + \nu_Y \Delta V_Y} \ln \frac{V_{X0} + V_{Y0}}{V_{X0}} + \frac{\nu_Y \Delta V_Y}{\nu_X \Delta V_X + \nu_Y \Delta V_Y} \ln \frac{V_{X0} + V_{Y0}}{V_{Y0}} = A$$