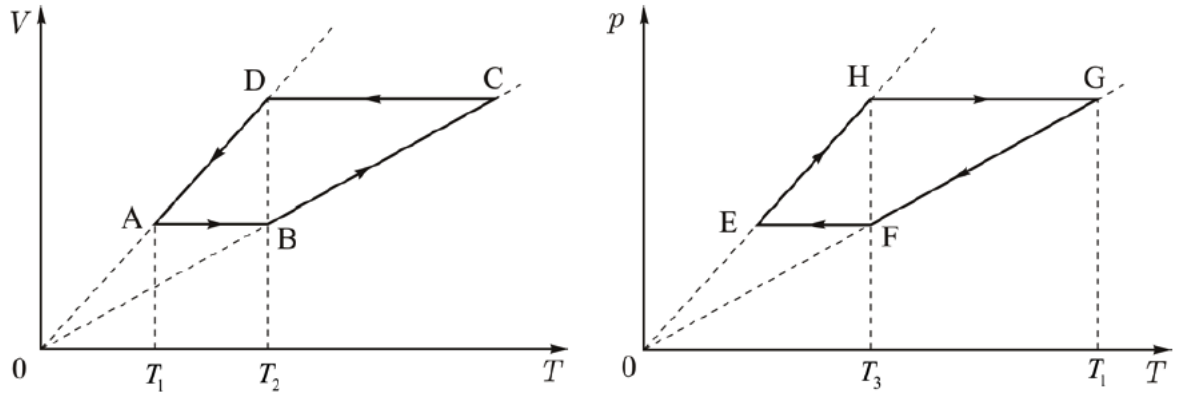
Работа в цикле

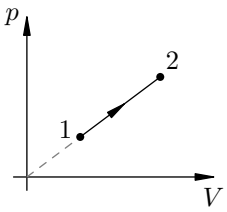
Работа газа в процессе расширения — это площадь под графиком данного процесса, построенного в координатах p и V. Работа газа за цикл — это площадь цикла на pV-диаграмме (со знаком плюс, если цикл проходится по часовой стрелке, и со знаком минус в противном случае).

Задача 1. (*Всеросс., 2016, II этап, 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 $T_1 = 2T_3$.



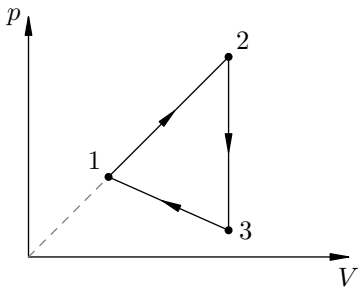
$\boxed{\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 - T_3}\right)^2 = 4}$

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.



$\boxed{A = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)}$

Задача 3. 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.

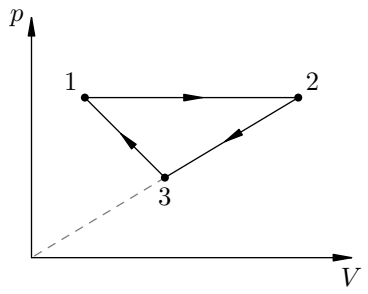


$\boxed{A = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)\left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}\right)}$

Задача 4. (*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.

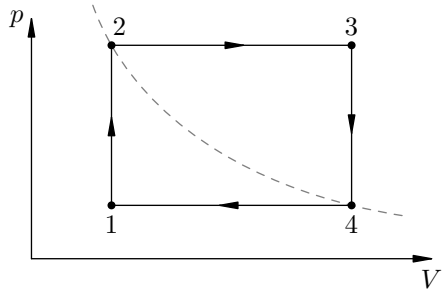
1) Определить температуру T_1 в точке 1.

2) Определить работу газа за цикл.



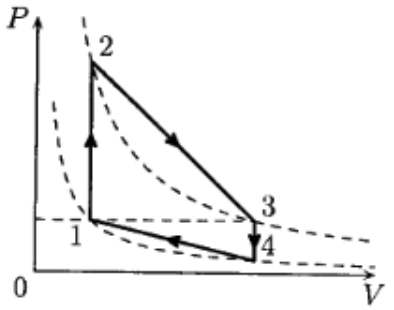
$\boxed{1)\ T_1 = \frac{A}{3\nu R};\ 2)\ A_0 = \frac{A}{4}}$

Задача 5. 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.



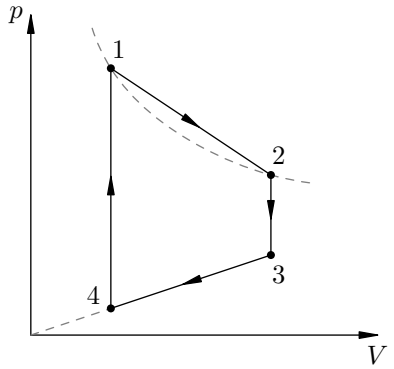
$\boxed{A = \nu R\left(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}\right)^2}$

Задача 6. (*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.



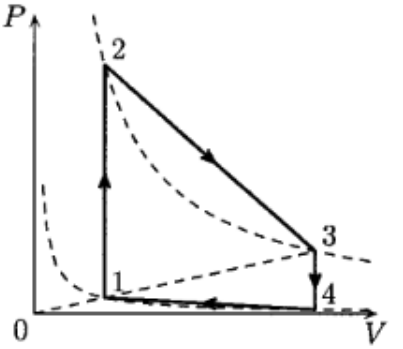
$\boxed{A = \frac{3}{4}\nu RT}$

Задача 7. (*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.



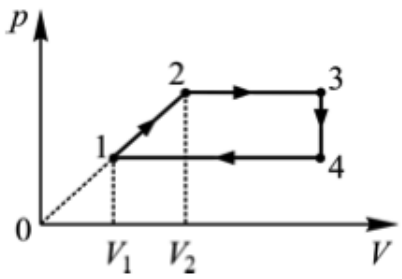
$\boxed{A = \frac{4}{9}\nu R(3T_1 - T_2)}$

Задача 8. (*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.



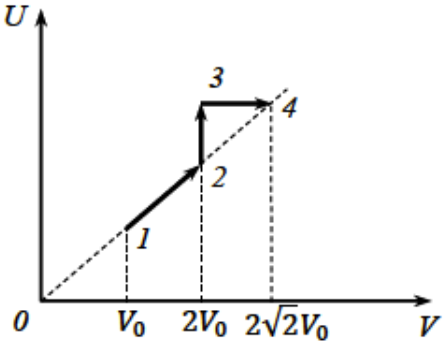
$\boxed{A = \frac{9}{4}\nu RT}$

Задача 9. (*МФО, 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?



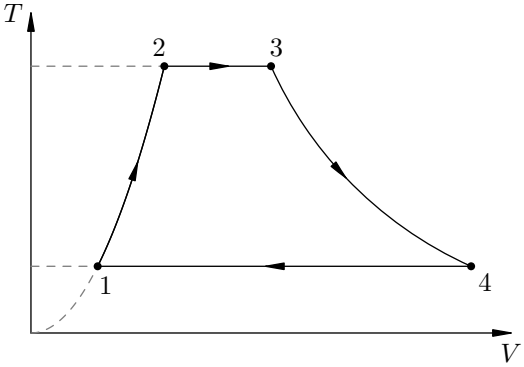
$\boxed{A = \frac{1}{2}\nu R(T_3 - 3T_1) = 2493 \text{ Дж}}$

Задача 10. (*МФО, 2016, 11*) Зависимость внутренней энергии идеального газа от объёма указана на рисунке. На каком из участков совершённая работа максимальна?



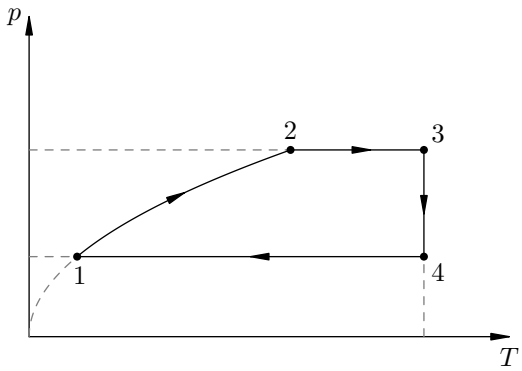
$\boxed{1\text{–}2}$

Задача 11. (*«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.



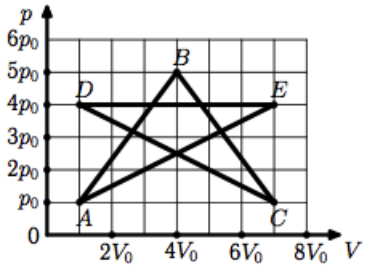
$\boxed{A_{34} = 3A}$

Задача 12. (*«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.



$\boxed{A = Q - \frac{\nu R}{2}(T_2 - T_1)}$

Задача 13. (*МФО, 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 · К).



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