

Термодинамика (часть 1).

Незамкнутые процессы с газом. Законы сохранения в термодинамике.

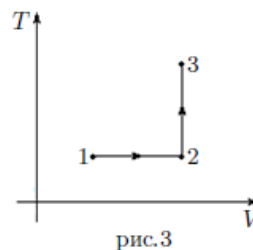
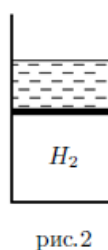
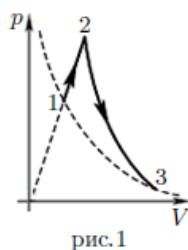
К. 2.177; 2.182; 2.185; 2.188; 2.190; 2.195; 2.198.

1. Температура идеального одноатомного газа увеличилась в k раз ($k > 1$) в термодинамическом процессе $p^2 \cdot V = \text{const}$ (p — давление, V — объём газа). Начальное давление газа p_1 , а минимальный объём, который он занимал в процессе нагрева, составил V_{\min} .
 - Чему равен начальный объём газа V_1 ?
 - Чему равен конечный объём газа V_2 ?
 - Найти изменение внутренней энергии газа в этом процессе.
 - Определить молярную теплоёмкость газа в этом процессе.
2. Цилиндр, заполненный идеальным газом, закрыт невесомым поршнем площади S . Внутри цилиндра находится спираль сопротивления r , по которой течёт ток I . Поршень равномерно движется со скоростью u . Определить теплоёмкость одного моль газа в этом процессе. Внешнее давление равно p_0 .
3. ν моль идеального двухатомного газа расширяется в процессе, при котором давление газа прямо пропорционально величине занимаемого им объёма. Начальная температура газа равна T_0 , а конечная — $4T_0$.
 - Во сколько раз увеличивается объём газа в этом процессе?
 - Во сколько раз увеличивается давление газа?
 - Чему равна внутренняя энергия газа в начальном и конечном состояниях?
 - Найти изменение внутренней энергии для заданного процесса.
 - Чему равна работа газа? Чему равна работа над газом?
 - Какое количество теплоты подводится к газу в этом процессе?
 - Чему равна молярная теплоёмкость газа в таком процессе?
 - Как выглядит уравнение этого процесса? Чему равен показатель политропы?
4. Моль идеального одноатомного газа из начального состояния 1 расширяется сначала в изобарном процессе, а затем — в процессе с линейной зависимостью давления от объёма. Известно, что $V_3/V_2 = V_2/V_1$, $T_2 = T_3$. Найти отношение V_2/V_1 , если количество теплоты, подведённое к газу на участке 1 — 2, в два раза больше величины работы, совершённой газом на участке 2 — 3.
5. В процессе расширения к одноатомному идеальному газу было подведено количество теплоты в 4 раза превышающее величину его внутренней энергии в начальном состоянии. Во сколько раз увеличился объём газа, если в процессе расширения он менялся прямо пропорционально давлению?
6. Моль одноатомного идеального газа переводится из состояния 1 в состояние 3 путём изобарического нагрева 1 — 2 и изохорического охлаждения 2 — 3. На участке 1 — 2 газ совершает работу $A = 1250$ Дж. В процессе всего перехода 1 — 2 — 3 к газу подводится количество теплоты $Q = 750$ Дж. Найти разность температур T_1 и T_3 .
7. Моль гелия, расширяясь в процессе 1 — 2, где его давление p меняется прямо пропорционально объёму V , совершает работу A . Из состояния 2 гелий расширяется в процессе 2 — 3,

в котором его молярная теплоёмкость C остаётся постоянной и равной $C = R/2$ (R – универсальная газовая постоянная). Какую работу A_{23} совершит гелий в процессе 2 – 3, если его температура в состоянии 3 равна температуре в состоянии 1?

8. Газообразный гелий из начального состояния 1 сжимают в изобарическом процессе 1 – 2, а затем газ продолжают сжимать в адиабатическом процессе 2 – 3. Температуры в состояниях 1 и 3 равны. Найти работу, совершённую над газом в адиабатическом процессе, если в изобарическом процессе от газа пришлось отвести $Q = 1500$ Дж тепла.
9. Газообразный гелий из начального состояния 1 расширяется в процессе 1 – 2, в котором давление прямо пропорционально объёму, совершая в нём работу $A_{12} = 200$ Дж. Затем газ расширяется в процессе 2 – 3 с постоянной теплоёмкостью, совершая работу $A_{23} = 1000$ Дж. Температуры в состояниях 1 и 3 равны (рис.1).

- Найдите количество теплоты, подведённое к газу в процессе 2 – 3.
- Найдите молярную теплоёмкость газа в процессе 2 – 3, выразив её через R .



10. В вертикально расположенной, открытой с одного конца в атмосферу трубке, легкий теплонепроницаемый поршень отделяет водород H_2 от жидкости, налитой поверх поршня (рис.2). Водород медленно нагревают, и поршень медленно перемещается. К моменту, когда поршень переместился настолько, что вся жидкость из трубки вылилась, водород получил кол-во теплоты $Q = 100$ Дж. Найти объём, занятый водородом в трубке в начальном состоянии, если известно, что он вдвое больше объёма, занятого жидкостью, который в свою очередь равен объёму, занятому в трубке атмосферным воздухом. Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па. Добавочное давление, создаваемое столбом жидкости, первоначально налитой в трубку, равно $p_0/9$. Трением поршня о трубку пренебречь.
11. Газ фотонов из начального состояния 1 расширяется в изотермическом процессе 1 – 2, а затем нагревается в изохорическом процессе 2 – 3. Во всём процессе перехода 1 – 2 – 3 газ совершил работу A , а его температура и объём увеличились в два раза (рис.3). Какое количество теплоты было подведено к газу в процессе перехода 1 – 2 – 3?
Указание: в пустом сосуде переменного объёма V , температура стенок T , возникает равновесный газ фотонов, которые излучаются и поглощаются стенками сосуда. Внутренняя энергия этого газа $U = \alpha \cdot T^4 \cdot V$, где $\alpha = \text{const}$. Давление газа фотонов определяется только его температурой $p = \alpha T^4/3$.
12. В закреплённой длинной гладкой горизонтальной трубе находятся два поршня с массами m_1 и m_2 , между которыми в объёме V_0 находятся при давлении p_0 ν моль идеального одноатомного газа, масса которого много меньше массы поршней. Наружное давление на поршни пренебрежимо мало. Первоначально удерживаемые поршни отпускают и к некоторому моменту времени температура газа между поршнями становится равной T_1 . Определить скорости поршней в этот момент времени, полагая, что газ между поршнями все время остается равновесным. Теплопроводностью и теплоёмкостью поршней и трубы пренебречь.

13. Внутренняя энергия U некоторой массы неидеального газа зависит от температуры T и объёма V по формуле $U = c \cdot T - a/V$, где c и a — известные константы. Такой газ из начального состояния с давлением p_1 нагревается в изобарическом процессе, а затем в изохорическом процессе охлаждается до первоначальной температуры. В результате в конечном состоянии объём газа увеличился в k раз по сравнению с первоначальным, а внутренняя энергия изменилась на величину ΔU .
- Найти начальный объём газа.
 - Какое количество теплоты подвели к газу во всём процессе?
14. Моль гелия сжимают в бесконечно малом адиабатическом процессе. На сколько процентов изменится давление газа, если относительное изменение температуры $\Delta T/T = 0,32\%$?
15. Теплоизолированный горизонтальный цилиндр с гладкими стенками делится не проводящим теплоту поршнем на два объёма, в которых находятся 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 3 раза. Найдите количество теплоты Q , переданной нагревателем газу. Известно, что давление p и объём V газа в правой части цилиндра связаны соотношением $p^3 \cdot V^5 = \text{const}$ (адиабатический процесс).
16. Гелий в количестве ν моль находится в теплоизолированном вертикальном сосуде под поршнем, на котором стоит гири. Масса гири в 2 раза больше массы поршня. Над поршнем вакуум. Если к гелию медленно подвести количество теплоты Q , то объём гелия увеличивается на столько, на сколько увеличился бы, если тепло не подводить, а быстро снять гирю. Определите изменение температуры гелия во втором процессе.