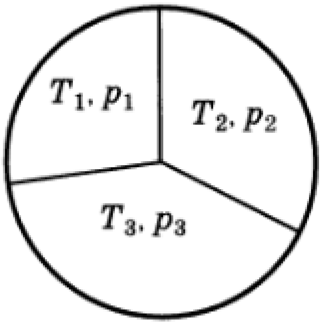
Задача 1.

Цилиндрический сосуд с идеальным газом разделен теплонепроницаемыми перегородками на три отсека (см.рис.; вид на сечение сосуда сверху). В каждой перегородке есть отверстие, размер которого мал по сравнению с длиной свободного пробега молекул газа. Температуры газа в отсеках сосуда поддерживаются постоянными и равными T_1, T_2 и T_3. Давление в первом отсеке P_1 известно. Найдите давления P_2 и P_3 втором и третьем отсеках.



Решение:

Давление идеального газа$P = nkT$,где n – концентрация молекул (2 балла). Средняя скорость молекул V пропорциональна корню из температуры$\sqrt{T}$(2 балла). В стационарном случае количество молекул, перетекающее из сосуда в сосуд, одинаково (1 балл). Количество частиц, перетекающих за единицу времени из одного сосуда в другой$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{nS\bar{v}}{4}$(2 балла). Сократив лишнее, получаем:$\frac{P_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{P_2}{\sqrt{T_2}} = \frac{P_3}{\sqrt{T_3}}$.(1 балл).

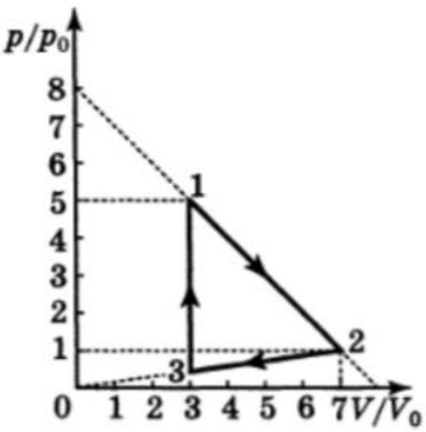
Ответ:$P_2 = P_1\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}, P_3 = P_1\sqrt{\frac{T_3}{T_1}}$(по 1 баллу за ответ)

Задача 2.

В тепловой машине ν молей идеального одноатомного газа совершают замкнутый цикл, состоящий из процессов 1–2 и 2–3, в которых давление p газа линейно зависит от занимаемого им объёма V, и изохорического процесса 3–1 (рис.). Величины p_0 и V_0 считайте известными.

Найдите:

1) температуру и давление газа в точке 3;
2) работу A, совершаемую газом за цикл;
3) коэффициент полезного действия η тепловой машины.



Решение:

1) Процесс 2-3 – прямая пропорциональность давления от объема. Запишем его как P=kV. Из графика получаем: $k=P_0\backslash 7V_0$. Отсюда $V_3=3V_0$, $P_3=3P_0\backslash 7$ (1 балл).

Температура $T_3=P_3V_3\backslash \nu R=9P_0V_0\backslash 7\nu R$ (1 балл).

2) Работу цикла определим как площадь треугольника. $A=(P_1-P_3)(V_2-V_3)\backslash 2=64\backslash 7\ P_0V_0$ (2 балла).

3) Определим участки цикла, где подводится энергия. На участке 2-3 объем и температура уменьшаются – энергия отводится. На участке 1-3 работа нулевая, а температура растёт – энергия подводится.$\Delta Q_{31} = \Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}(P_1V_1 - P_3V_3) = \frac{144}{7}P_0V_0$(2 балла). Точка касания адиабатой отрезка 1-2 делит его на участок 1-4, где энергия подводится и 4-2, где отводится. Определим точку касания из равенства производных.

Прямая 1-2 описывается уравнением $P(V)=8P_0-V*(P_0\backslash V_0)$, откуда наклон прямой – $(-P_0\backslash V_0)$. Для нахождения производной адиабаты $(\Delta P\backslash \Delta V)$ можно пойти через малые приращения: Уравнение адиабаты $PV^{\gamma}=const$, откуда $PV^{\gamma}=(P+\Delta P)(V+\Delta V)^{\gamma}$, затем $\Delta P\backslash P+\gamma*\Delta V\backslash V=0$ и окончательно $\Delta P\backslash \Delta V=-\gamma P\backslash V$, где $\gamma=(i+2)\backslash i=5\backslash 3$.

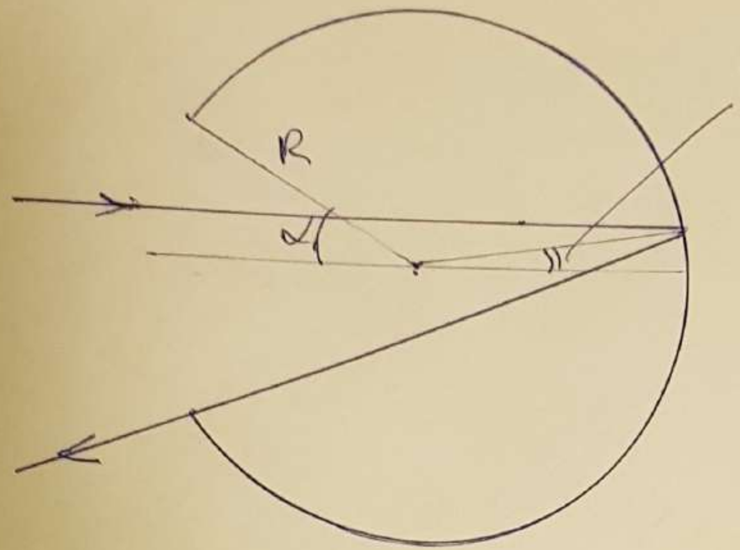
Находим точку касания: $P_4=3P_0$, $V_4=5V_0$. (1 балл)

Работа в процессе 1-4: $A_{14}=8P_0V_0$ (1 балл).

Изменение внутренней энергии в процессе 1-4: $\Delta U_{14}=3\backslash 2\ \nu R\ (T_4-T_1)=3\backslash 2\ (P_4V_4-P_1V_1)=0$ (1 балл).

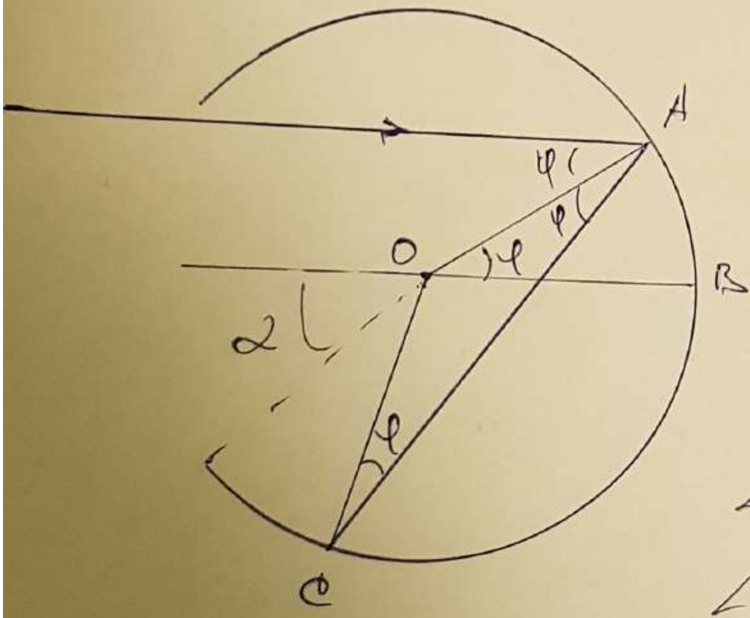
КПД $\eta=A\backslash Q_п=32\%$ (1 балл).

Сферический отражатель.



$\varphi^* - ?$

$$\eta = \frac{\pi (R \cdot \sin \varphi^*)^2}{\pi (R \cdot \sin \alpha)^2} = \frac{\sin^2 \varphi^*}{\sin^2 \alpha} \quad - 2 \text{ балла}$$



Условие выхода луча

$\pi - \alpha < \angle BOC$ — 3 балла

$$\left.\begin{aligned} &\angle BOC = \angle AOC - \varphi \\ &\angle AOC = \pi - 2\varphi \\ &\angle BOC = \pi - 3\varphi \\ &\pi - \alpha \le \pi - 3\varphi \\ &\varphi \ge \frac{\alpha}{3} \end{aligned}\right\} \; 4 \text{ балла}$$

$$\eta = \frac{\sin^2 \alpha/3}{\sin^2 \alpha} \quad - 1 \text{ балл.}$$