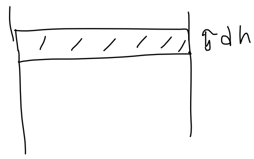
**3.25**. Какую максимальную работу можно получить от периодически действующей тепловой машины, нагревателем которой служит $m_1 = 1$ кг воды при начальной температуре $T_1 = 373$ К, а холодильником $m_2 = 1$кг льда при температуре $T_2 = 273$ К, к моменту, когда растает весь лед? Чему будет равна температура воды в этот момент? Удельная теплота плавления льда $q = 80$ ккал/кг. Зависимостью теплоемкости воды от температуры пренебречь.

1) $\frac{Q_H}{Q_X} = \frac{T_H}{T_X} \to -\frac{c_B m_B\, dT}{q\, dm} = \frac{T}{T_X} \Rightarrow -\frac{dm}{T_X}\cdot\frac{q}{c_B m_B} = \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{m_2 q}{c m_1 T_2} = -\ln\frac{T}{T_1}$

$T = T_1 e^{-\frac{m_2 q}{c m_1 T_2}}$

2) $A = Q_H - Q_X = c m_1 (T_1 - T) - q m_2$

**4.80**. На Венере атмосфера состоит из $CO_2$. Полагая $CO_2$ идеальным газом и атмосферу адиабатической, определить температуру на поверхности планеты, если плотность газа падает в $n = 2$ раза на высоте $H = 12{,}2$ км при ускорении силы тяжести $g = 8{,}87$ м/с$^2$.






Молярная теплоемкость $CO_2$ в таких условиях $C_V = 5R$. Ускорение силы тяжести не зависит от высоты.

Указание. Адиабатической называется атмосфера, в которой порции газа, перемещаясь по вертикали без теплообмена, все время остаются в механическом равновесии.

1) $\frac{dp}{dz} = \rho g$ 2) $\mu p = \rho R T$ 3) $pV^{\gamma} = const \Rightarrow \frac{dp}{p} = \gamma\frac{d\rho}{\rho} = \frac{\gamma}{\gamma-1}\frac{dT}{T}$

$\frac{dT}{dz} = -\frac{g\mu}{C_p} \Rightarrow \boxed{T = T_0 - \frac{g\mu}{C_p} z}$

$p^{\gamma} T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = p_0^{\gamma} T_0^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$

$\frac{\cancel{p_0^{\gamma}}}{2^{\gamma}} T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \cancel{p_0^{\gamma}} T_0^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \Rightarrow T^{\frac{1}{\gamma-1}} = 2 T_0^{\frac{1}{\gamma-1}} \Rightarrow T = \frac{T}{2^{\gamma-1}} - \frac{g\mu}{C_p} z$

$T = \frac{\frac{g\mu H}{C_p}}{\frac{1}{2^{\gamma-1}} - 1}$

**3.52**. Тепловая машина работает с одним молем идеального одноатомного газа по циклу, состоящему из двух адиабат (*1–2* и *3–4*) и двух изохор (*2–3* и *4–1*). Известны максимальная и минимальная температуры газа в цикле $T_{max} = T_1$ и $T_{min} = T_3$. Определить максимальную работу, которая может быть получена от этой тепловой машины в данном цикле.

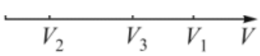
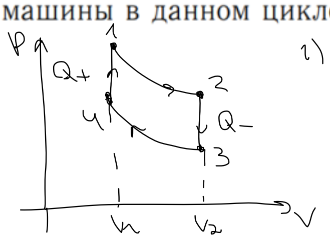



**Рис. 397**




1) $Q_+ = C_V(T_1 - T_4)$

$Q_- = C_V(T_3 - T_2)$

2) $\left.\begin{aligned} T_1V_1^{\gamma-1} &= T_2V_2^{\gamma-1} \\ T_4V_1^{\gamma-1} &= T_3V_2^{\gamma-1}\end{aligned}\right\} \frac{T_1}{T_4} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow T_1T_3 = T_2T_4$

3) $A = Q_+ + Q_- = C_V(T_1 + T_3 - T_4 - T_2) =$

$= C_V\left(T_1 + T_3 - \frac{T_1T_3}{T_2} - T_2\right) \ominus$, $A \to max$ при $\frac{T_1T_3}{T_2} = T_2 \Rightarrow T_2 = \sqrt{T_1T_3}$

$\ominus C_V\left(T_1 + T_3 - 2\sqrt{T_1T_3}\right)$

$= C_V\left(T_1+T_3-2\sqrt{T_1T_3}\right)$

**3.47**. В летний день температура воздуха на улице, сначала равная 26℃, повысилась на 5℃. Считая кондиционер идеальной машиной (работающей между комнатой и улицей), определить, во сколько раз при этом изменились затраты энергии для поддержания температуры в комнате, равной 21℃.

$T \quad T_0 \quad \rightarrow \quad T+\Delta T \quad T_0$

$N_1 = k(T-T_0)$

$N_2 = k(T+\Delta T-T_0)$

$\eta_1 = \frac{T_0}{T-T_0} = \frac{N_1}{N}$

$\eta_2 = \frac{T_0}{T+\Delta T-T_0} = \frac{N_2}{N'}$

$\frac{N'}{N} = \frac{N_2}{N_1}\cdot\frac{T+\Delta T-T_0}{T-T_0} = \left(\frac{T+\Delta T-T_0}{T-\Delta T_0}\right)^2 = \underline{\underline{4}}$

**4.15**. Обратимый цикл состоит из последовательных процессов адиабатического расширения, изобарического сжатия и изохорического нагревания. Определить КПД, если максимальное изменение энтропии рабочего вещества в цикле в единицах $C_V$ равно $b = \Delta S_{\max}/C_V = 0{,}2$. Уравнение состояния рабочего вещества не задано, но известно, что теплоемкости $C_P$ и $C_V$ постоянны, причем $\gamma = C_P/C_V = 4/3$.

$N$