30.04.2020

№9.113

T_2 - холодильник
T_1 - нагреватель

$T_2 = T_2 - \Delta T$
$T_1 = T_1 + \Delta T$

$\eta_2 = 1 - \frac{T_2 - \Delta T}{T_1}$

$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1 + \Delta T}$

$\eta_2 = \frac{T_1 - T_2 + \Delta T}{T_1}$

$\eta_1 = \frac{T_1 + \Delta T - T_2}{T_1 + \Delta T}$

$\eta_1 < \eta_2$

Ответ: в случае уменьшения температуры холодильника

№9.115

$\eta = 10\%$. ε - ?

$\eta = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$

Т.к. мы используем тепловую машину как холодильную, то $\varepsilon = \frac{Q_2'}{A}$, где Q_2' - теплота, которую холодильник отдает
A - произведенная работа (над ним)

$A = Q_1 - Q_2'$

$\varepsilon = \frac{Q_2'}{Q_1 - Q_2} = \frac{Q_1 \frac{Q_2'}{Q_1}}{Q_1\left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right)} = \frac{\frac{Q_2'}{Q_1} - 1 + 1}{1 - \frac{Q_2}{Q_1}} = \frac{1 - \eta}{\eta} = 9$

Ответ: 9

№ 2.121

η - ? T_{max} | $T_1 = nT_2$

а) изохора $1 \to 2$ $Q_1' \to$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad V_1 = V_2 \quad T_1 = T_0 \quad T_2 = \frac{T_0}{n}$$

$$\frac{p_1}{T_0} = \frac{p_2}{\frac{T_0}{n}} \quad p_1 = n p_2$$

адиабата $2 \to 3$

$$p_2 V_2^\gamma = p_3 V_3^\gamma$$

$$p_1 V_1^\gamma = n p_3 V_3^\gamma$$

изотерма $3 \to 1$ $Q_1 \leftarrow$

$$p_3 V_3 = p_1 V_1 \quad (\text{т.к. } T_1 = T_3)$$

$$p_1 = \frac{p_3 V_3}{V_1} \Rightarrow \frac{p_3 V_3}{V_1} V_1^\gamma = n p_3 V_3^\gamma$$

$$V_1^{\gamma-1} = n V_3^{\gamma-1}$$

$$Q_2' = C_V \Delta T = C_V (T_1 - T_2) = C_V T_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (\text{т.к. } V = \text{const})$$

$$Q_1 = \cancel{\Delta U^0} + A = \int_{V_3}^{V_1} p\,dV = \nu \int_{V_3}^{V_1} \frac{RT_0}{V} dV = RT_0 \ln \frac{V_1}{V_3} \quad (=)$$

($\nu = 1$ моль)

$$V_1^{\gamma-1} = \left(n^{\frac{1}{\gamma-1}} \cdot V_3\right)^{\gamma-1}$$

$$V_1 = n^{\frac{1}{\gamma-1}} \cdot V_3$$

$$(=) \quad RT_0 \cdot \ln n^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{RT_0}{\gamma-1} \ln n = C_V T_0 \ln n$$

$$\eta_a = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{C_V T_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right)}{C_V T_0 \ln n} = 1 - \frac{n-1}{n \ln n}$$

б) изобара $1 \to 2$ $p_1 = p_2$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $T_1 = T_0$ $T_2 = \frac{T_0}{n}$

$V_1 = nV_2$

адиабата $2 \to 3$

$$p_2 V_2^\gamma = p_3 V_3^\gamma$$

$$p_1 \cdot \cancel{n^\gamma} V_1^\gamma = p_3 V_3^\gamma \, n^\gamma$$

изотерма $3 \to 1$

$$p_3 V_3 = p_1 V_1 \quad (T_1 = T_3 = T_0)$$

$$p_1 = \frac{p_3 V_3}{V_1} \Rightarrow \cancel{n^\gamma} \frac{V_3}{V_1} V_1^\gamma = V_3^\gamma \cdot n^\gamma$$

$$\cancel{n^\gamma} V_1^{\gamma-1} = V_3^{\gamma-1} \cdot n^\gamma$$

$$n^{\gamma-1} V_3 = \cancel{n^\gamma} \cdot V_1$$

$$Q_2' = c_p \Delta T = c_p (T_1 - T_2) = c_p T_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$Q_1 = \cancel{\Delta U}^{0} + A = \int_{V_3}^{V_1} p\,dV = \int_{V_3}^{V_1} \frac{RT_0}{V}\,dV = RT_0 \ln \frac{V_1}{V_3} =$$

$\nu = 1$ моль

$$= RT_0 \cdot \ln n^{\gamma-1} = RT_0 \cdot (\gamma-1) \ln n =$$

$$= c_p T_0 \ln n$$

$$\eta_B = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{c_p T_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right)}{c_p T_0 \ln n} = 1 - \frac{n-1}{n \ln n}$$

Ответ: $\eta_A = \eta_B = 1 - \frac{n-1}{n \cdot \ln n}$

№ 130

$\nu = 1$ моль; CO_2

$2T_1 = T_2$

а) изохорический

б) изобарический

а) $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ $\quad V_1 = V_2$

$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{2T_1}$ $\quad 2p_1 = p_2$

$$dS = c_V \frac{dT}{T} + \nu R \frac{dV}{V}$$

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} c_V \frac{dT}{T} + \int_{V_1}^{V_2} \nu R \frac{dV}{V} = \int_{T_1}^{T_2} c_V \frac{dT}{T} =$$

$$= c_V (\ln T_2 - \ln T_1) = c_V \ln \frac{T_2}{T_1} = c_V \ln 2 =$$

$$= \frac{R \ln 2}{\gamma - 1}$$

$CO_2 \Rightarrow \gamma = 1{,}3$

$$\Delta S = \frac{8{,}314 \cdot \ln 2}{1{,}3 - 1} = 19{,}5 \text{ Дж/К}$$

б) $$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_p dT}{T} = c_p \ln 2 = \frac{\gamma R \ln 2}{\gamma - 1}$$

$$\Delta S = \frac{1{,}3 \cdot 8{,}314 \cdot \ln 2}{\gamma - 1} = 25{,}4 \text{ Дж/К}$$

Ответ: а) 19,5 Дж/К б) 25,4 Дж/К

№ 2.134

$\nu = 2$ моль; $\gamma = 1{,}3$

$V_2 = 2V_1$; $p_1 = 3p_2$

$\Delta S - ?$

$\nu RT = pV \qquad T = \frac{pV}{\nu R}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{3p_2 V_1}{p_2 \cdot 2V_1} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{2}{3}$

$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \nu C_V \frac{dT}{T} + \int_{V_1}^{V_2} \nu R \frac{dV}{V} = \nu C_V \ln\frac{T_2}{T_1} + \nu R \ln\frac{V_2}{V_1} =$

$= -\frac{\nu R}{\gamma - 1} \ln 1{,}5 + \nu R \ln 2 = \nu R \left(\ln 2 - \frac{\ln 1{,}5}{\gamma - 1} \right) =$

$= \nu R \; 2 \cdot 8{,}314 \; (0{,}69 - 1{,}35) = -10{,}97 \; (Дж/К)$

Ответ: -11 Дж/К