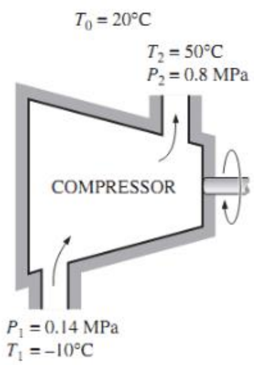
Meeting_021&22

Tuesday, June 01, 2021 8:31 AM

مثال: مبرد 134a از حالت $۰/۱۴ \, MPa$ و $-۱۰ ^\circ C$ توسط یک کمپرسور تا حالت $۰/۸ \, MPa$ و $۵۰ ^\circ C$ بصورت بی دررو متراکم می شود. اگر محیط در شرایط $۲۰ ^\circ C$ و $۹۵ \, kPa$ باشد تغییر اکسرژی مبرد و مینیمم کار کمپرسور به ازای واحد جرم را محاسبه کنید




$\Delta Ke = 0$

$\Delta Pe = 0$

$$① \begin{cases} P_1 = ۰/۱۴ \, MPa \longrightarrow T_{sat} = -۱۸ \\ T_1 = -۱۰ ^\circ C \quad T_1 > T_{sat} \longrightarrow \text{(سوپرهیت)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_1 = ۲۴۳٫۳ \\ s_1 = ۰/۹۶۰۶ \, \frac{kJ}{kg.K} \end{cases}$$

$$② \begin{cases} P_۲ = ۰/۸ \, MPa \\ T_۲ = ۵۰ ^\circ C \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} h_۲ = ۲۸۴٫۳۹ \, kJ/kg \\ s_۲ = ۰/۹۷۱۱ \, kJ/kg.K \end{cases}$$

$$\begin{matrix} X_1 \\ X_۲ \end{matrix} \Longrightarrow \Delta X = X_۲ - X_1 = (h_۲ - h_1) - T_0 (s_۲ - s_1) + \cancel{\frac{V_۲^۲ - V_1^۲}{۲۰۰۰}}^{\,0} + \cancel{\frac{g(z_۲ - z_1)}{۱۰۰۰}}^{\,0}$$

$$= (۲۸۴٫۳۹ - ۲۴۳٫۳) - (۲۰ + ۲۷۳)(۰/۹۷۱۱ - ۰/۹۶۰۹)$$

$$= ۳۷٫۹ \, kJ/kg$$

زمانی که تغییرات اکسرژی با کار ورودی مینیمم برابر است که سیستم یک فرایند برگشت پذیر طی کند

(کمپرسور ← فرایند برگشت پذیر ← بدون اصطکاک $\Leftarrow 0$

← آدیاباتیک $Q = 0$

$Q = 0$

کمپرسور ← فرایند برگشت پذیر ← $W_{min}$ مصرفی

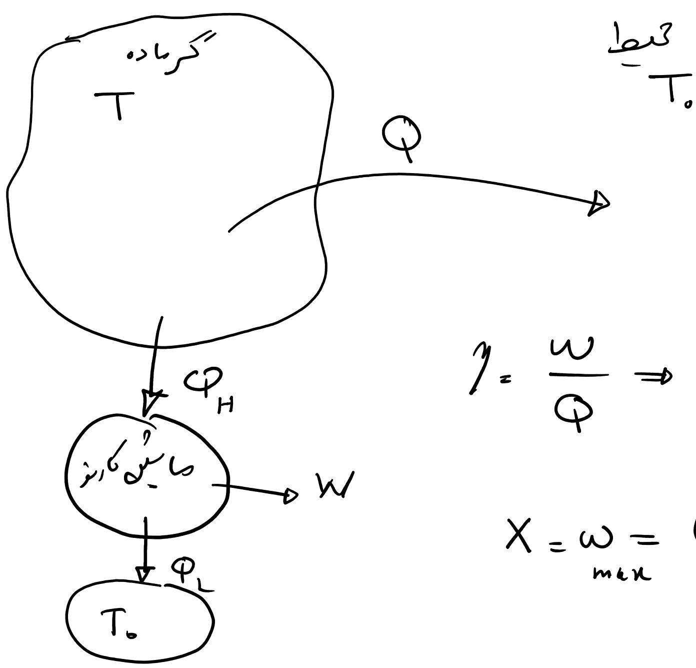
توربین ← " " ← $W_{max}$ تولید.

فرایند برگشت پذیر → $W_{min} = X_2 - X_1 = -37.5 \ kJ/kg$

انتقال آنتروپی: توسط گرما - جرم

انتقال اکسرژی توسط گرما - جرم - کار

۱. انتقال اکسرژی توسط گرما




انتقال آنتروپی: $\frac{Q}{T_0}$

انتقال اکسرژی: $\left(1 - \frac{T_0}{T}\right) Q$

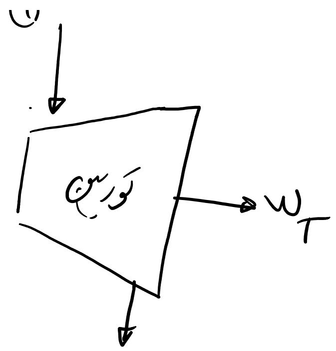
$$\eta = \frac{W}{Q} \Rightarrow \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) = W/Q \rightarrow W = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) Q$$

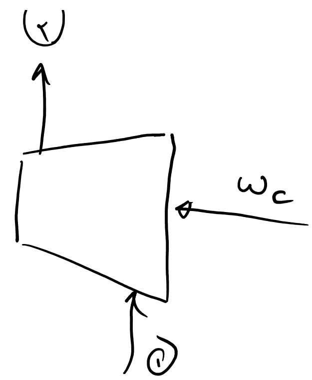
$$X = W_{max} = \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) Q$$

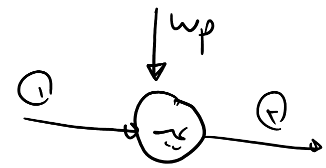
انتقال اکسرژی توسط کار:

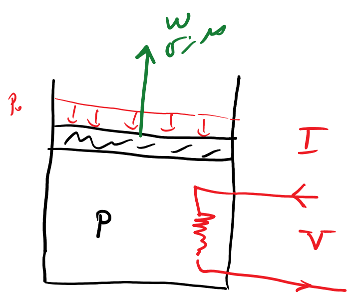
۱ ۲

انتقال اکسرژی توسط کار :



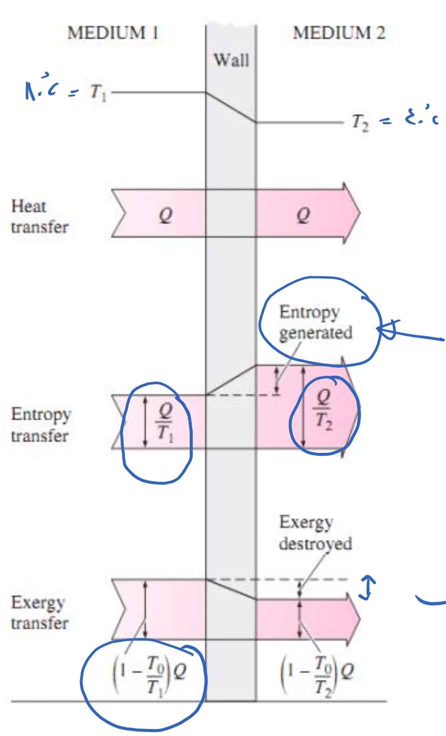




$$X_{\text{کار}} = \begin{cases} W - W_{\text{اطراف}} & (\text{برای کار مرزی}) \\ W & \end{cases}$$

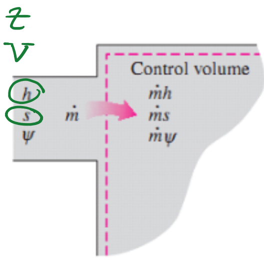
$$W_{\text{اطراف}} = P_0 (V_2 - V_1)$$
$$= m P_0 (v_2 - v_1)$$




آنتروپی تولید شده ($S_{gen} \neq 0$)

اتلاف اکسرژی

هرکجا تولید آنتروپی باشد
تخریب اکسرژی (اتلاف اکسرژی)

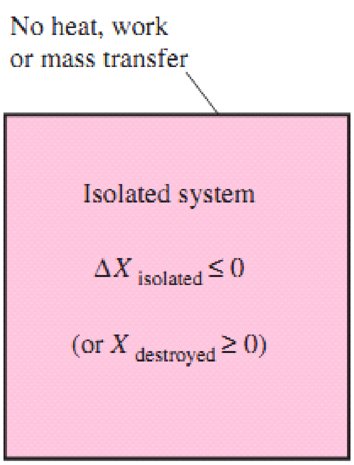



انتقال اکسرژی توسط جرم

$$\psi = (h-h_0) - T_0(s-s_0) + \frac{V^2}{2} + gz \quad \left(\frac{kJ}{kg}\right)$$

$$\Psi = m[h-h_0] - mT_0(s-s_0) + \frac{mV^2}{2} + mgz \quad (kJ)$$

$$\underset{kJ/s}{\underline{\underline{\dot{\Psi}}}} = \dot{m}\left[(h-h_0) - T_0(s-s_0) + \frac{V^2}{2} + gz\right] \quad kJ/s$$




سیستم ایزوله:

$S_{gen}$:
- $S_{gen} = 0 \longrightarrow$ تمام فرآیندها برگشت پذیر
- $S_{gen} > 0 \longrightarrow$ فرآیندها برگشت ناپذیر

$\Delta X$:
- $\Delta X = 0 \longrightarrow$ تمام ″ برگشت پذیر
- $\Delta X < 0 \longrightarrow$ ″ ″ برگشت ناپذیر

$X_{\text{اتلاف}} = f(S_{gen}) \Longrightarrow \boxed{X_{\text{اتلاف}} = T_0\, S_{gen}}$

kJ/kg   K   kJ/kg·K

۱) موازنه جرم $\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$

۲) موازنه انرژی $Q - W = h_2 - h_1$

۳) موازنه آنتروپی $S_{in} - S_{out} + S_{gen} = \Delta S_{\text{سیستم}}$

۴) موازنه اکسرژی



## موازنه اکسرژی

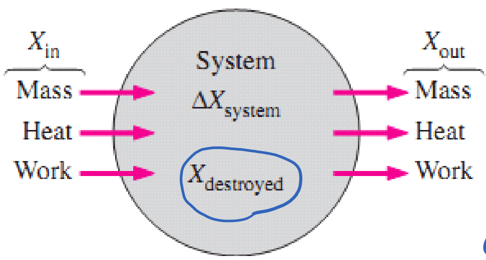



**FIGURE 8–32**
Mechanisms of exergy transfer.

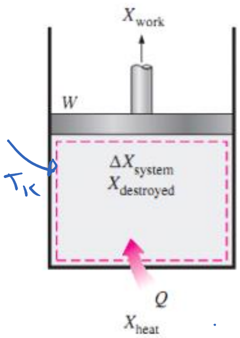
تغییرات اکسرژی سیستم = اکسرژی اتلافی − اکسرژی خروجی − اکسرژی های ورودی

$$X_{in} - X_{out} - X_{\text{اتلاف}} = \Delta X_{\text{سیستم}}$$

$$\dot{X}_{in} - \dot{X}_{out} - \dot{X}_{\text{اتلاف}} = \Delta \dot{X}$$

اکسرژی اتلافی
$$\begin{cases} X_{\text{اتلاف}} = T_0 \, S_{gen} \\ \dot{X}_{\text{اتلاف}} = T_0 \, \dot{S}_{gen} \end{cases}$$

موازنه اکسرژی برای سیستم های بسته :



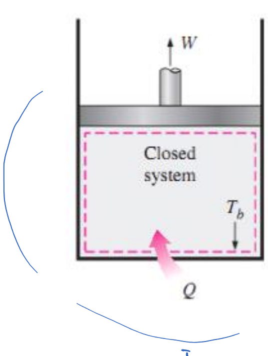

$$X_{in} - X_{out} - X_{\text{اتلاف}} = \Delta X_{\text{سیستم}}$$

$$\left(1-\frac{T_0}{T_k}\right)\cdot Q - \left[W - P_0(V-V_0)\right] - T_0 S_{gen} = X_2 - X_1$$

اگر هدف ما به کار برگشت‌پذیر تولیدی یا مصرفی توسط سیستم باشد. در این حالت به خاطر برگشت‌پذیر بودن ، اتلاف اکسرژی رخ نمی‌دهد. ← لذا در معادله موازنه اکسرژی برای محاسبه کار برگشت‌پذیر مقدار عبارت $T_0 S_{gen}$ برابر صفر قرار داده می‌شود.

$$\boxed{\left(1-\frac{T}{T_0}\right) Q - \left[W_{rev} - P_0(V-V_0)\right] = X_2 - X_1}$$

موازنه کلی اکسرژی در سیستم‌های بسته:




موازنه انرژی: $Q - \omega = E_2 - E_1 \Rightarrow Q - W = E_2 - E_1$ (1)

موازنه آنتروپی: $S_{in} - S_{out} + S_{gen} = S_2 - S_1$

$$\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} - 0 + S_{gen} = S_2 - S_1 \quad (2)$$

رابطه (2) $\xrightarrow{T_0}$ $T_0 \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + T_0 S_{gen} = T_0 (S_2 - S_1)$

$$\xrightarrow[T_0]{\text{رابطه (۲)}} \quad T_0 \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + T_0 S_{gen} = T_0 (S_2 - S_1)$$

$$\begin{cases} Q - W = E_2 - E_1 \\ -T_0 \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} - T_0 S_{gen} = -T_0 (S_2 - S_1) \end{cases} \qquad Q = \int_1^2 \delta Q$$

$$Q - T_0 \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} - W - T_0 S_{gen} = (E_2 - E_1) - T_0 (S_2 - S_1)$$

$$\int_1^2 \delta Q - T_0 \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} - W - T_0 S_{gen} = \left[(E_2 - E_1) - T_0 (S_2 - S_1)\right]$$

$$\int_1^2 \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \delta Q - \left[W - P_0 (V_2 - V_1)\right] - T_0 S_{gen} = \underbrace{(E_2 - E_1) + P_0 (V_2 - V_1) - T_0 (S_2 - S_1)}_{X_2 - X_1}$$

$$\int_1^2 \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \delta Q - \left[W - P_0 (V_2 - V_1)\right] - T_0 S_{gen} = X_2 - X_1$$

رابطه اگسرژی یک رابطه مستقل نیست بلکه از ترکیب روابط موازنه انرژی و آنتروپی
رابطه اگسرژی حاصل شده است. لذا در اکثر متون علمی بجای رابطه موازنه آنتروپی از

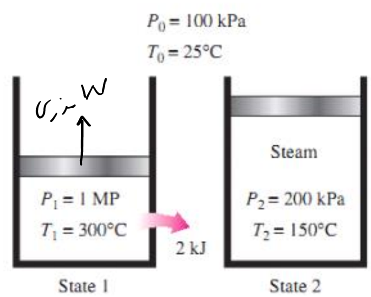
اکسرژی استفاده نشود

$\boxed{\text{Energy} + ex}$

تحلیل انرژی و اکسرژی

**EXAMPLE 8–11 Exergy Destruction during Expansion of Steam**

A piston–cylinder device contains 0.05 kg of steam at 1 MPa and 300°C. Steam now expands to a final state of 200 kPa and 150°C, doing work. Heat losses from the system to the surroundings are estimated to be 2 kJ during this process. Assuming the surroundings to be at $T_0$ = 25°C and $P_0$ = 100 kPa, determine (*a*) the exergy of the steam at the initial and the final states, (*b*) the exergy change of the steam, (*c*) the exergy destroyed, and (*d*) the second-law efficiency for the process.




① بخار

$$\left\{\begin{array}{l} P_1 = 1\,\text{MPa} \\ T_1 = 300^\circ C \end{array}\right. \longrightarrow \left\{\begin{array}{l} u_1 = ۲۷۹۳٫۲\ \text{kJ/kg} \\ v_1 = ۰٫۲۵۷۹ \\ s_1 = ۷٫۱۲۲۹\ \text{kJ/kg.K} \end{array}\right.$$

② $$\left\{\begin{array}{l} P_2 = ۲۰۰ \\ T_2 = 150 \end{array}\right. \longrightarrow \left\{\begin{array}{l} u_2 = ۲۵۷۹٫۹ \\ s_2 = ۷٫۲۷۹۵ \\ v_2 = ۰٫۹۵۹۶ \end{array}\right.$$

در شرایط محیط بخار

$$\left\{\begin{array}{l} P_0 = 100\,\text{kPa} \\ T_0 = 25^\circ C \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} u_0 = ۱۰۴٫۸۸ \\ s_0 = ۰٫۳۶۷۴ \\ v_0 = ۰٫۰۰۱ \end{array}\right.$$

اکسرژی سیستم در حالت اولیه و ثانویه

$$X_1 = m\left[(u_1 - u_0) - T_0(s_1 - s_0) + P_0(v_1 - v_0)\right]$$

$$= ۰٫۰۵\left[(۲۷۹۳٫۲ - ۱۰۴٫۸۸) - (۲۵+۲۷۳)(۷٫۱۲۲۹ - ۰٫۳۶۷۴) + 100(۰٫۲۵۷۹ - ۰٫۰۰۱)\right]$$

$$= ۳۵\ \text{kJ}$$

$$X_2 = m\left[(u_2-u_0) - T_0(s_2-s_0) + P_0(v_2-v_0)\right] = ۲۵,۴\ \mathrm{kJ}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 = ۲۵,۴ - ۳۵ = -۹,۶\ \mathrm{kJ}$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 = m\left[(u_2-u_1) - T_0(s_2-s_1) + P_0(v_2-v_1)\right]$$

$$= ۰/۰۵\left[(۲۵۷۴,۹ - ۲۷۹۳,۲) - (۲۵+۲۷۳)(۷,۲۷۹۵ - ۷,۱۲۲۹) + ۱۰۰\,(۰/۹۵۹۴ - ۰/۲۵۷۹)\right] = \underline{-۹,۶\ \mathrm{kJ}}$$

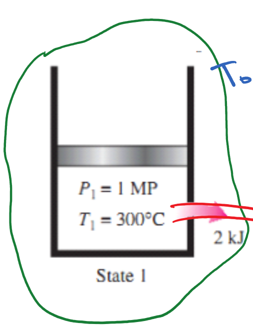
در طی فرآیند می توان __۹,۶kJ__ کار مفید تولید کرد.

تلفات حرارتی

__کار صرف شده به خاطر هوای محیط__

---

$$X_{\text{اتلاف}} = T_0\, s_{gen} \quad (\mathrm{kJ/kg}) \longrightarrow X_{\text{اتلاف}} = m\, T_0\, \underline{S_{gen}} \quad (\mathrm{kJ})$$




$T_0 = ۲۵°C$

$Q = ۲\ \mathrm{kJ}$

$$\cancel{S_{in}}^{\,0} - S_{out} + S_{gen} = S_2 - S_1$$

$$\underset{\mathrm{kJ/K}}{-\frac{Q}{T_0}} + \underset{\mathrm{kJ/K}}{S_{gen}} = \underset{\mathrm{kJ/kg\cdot K}}{\underline{(۷,۲۷۹۵ - ۷,۱۲۲۹)}} \times \underset{\mathrm{kg}}{m}$$

$$\Rightarrow S_{gen} = (۷,۲۷۹۵ - ۷,۱۲۲۹) \times ۰/۰۵ + \frac{۲}{۲۵ + ۲۷۳}$$

$$\Rightarrow S_{gen} = \ldots \quad \frac{\ldots}{\underset{\times ۰/۰۵}{\ldots}} \quad \frac{\ldots}{۲۵+۲۷۱}$$

$$S_{gen} = (۰/۱۵۴۴) \times ۰/۰۵ + \frac{۲}{۲۹۸} = ۰/۰۱۴۵۳ \quad kJ/K$$

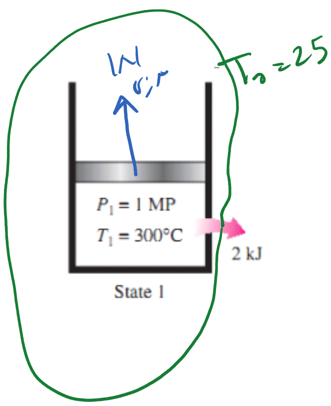
$$\underset{kJ}{X_{\text{اتلاف}}} = \underbrace{T_0 S_{gen}}_{kJ} = \underbrace{(۲۵+۲۷۳)}_{۲۹۸}(۰/۰۱۴۵۳) = ۴/۳ \quad kJ$$

---

$$\eta_{II} = \frac{\text{اکسرژی بازیافتی}}{\text{اکسرژی داده شده}} = \frac{\text{اکسرژی داده شده} - \text{اکسرژی اتلافی}}{X_۲ - X_۱} = \frac{۹/۴ - ۴/۳}{۹/۴} = ۰/۵۵ \rightarrow ۵۵\%$$

---

موازنه اکسرژی ها




$$\cancel{X_{in}} - X_{out} - X_{\text{اتلاف}} = X_۲ - X_۱ \qquad (\cancel{X_{in}} \rightarrow 0)$$

$$-X_{\text{گرما}} - X_{\text{کار مرزی}} - X_{\text{اتلاف}} = X_۲ - X_۱$$

$$-\left(1 - \frac{T_0}{T}\right) Q - \left[W_{\text{مرزی}} - P_0(V_۲ - V_۱)\right] - X_{\text{اتلاف}} = X_۲ - X_۱$$

$$-\left(1 - \frac{۲۵+۲۷۳}{۲۵+۲۷۳}\right)(۲) - \left[W_{\text{مرزی}} - P_0(V_۲ - V_۱)\right] - ۴/۳ = -۹/۴$$

$$\ldots \left[W \ldots - \overset{W_{\text{ابزار}}}{\overline{P_0(V_۲ - V_۱)}}\right] = -۹/۴ + ۴/۳$$

$$-[W_{\text{مرزی}} - P_0(V_2 - V_1)]] = -5.4$$

$$\Rightarrow \boxed{W_{\text{مرزی}} - W_{\text{اطراف}} = +5.4} = \underline{\underline{X_w}}$$

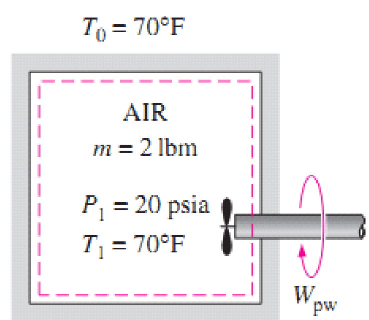
* مقدار کار مفید خروجی از سیستم.

$\underline{\Delta X = 9.4 \text{ kJ}}$ $\qquad W_{\text{مفید}} = \underline{\underline{5.4}}$ $\qquad X_{\text{اتلاف}} = \underline{\underline{4.3}}$

$$\text{راندمان} = \frac{\text{اگزرژی دریافتی}}{\text{اگزرژی کل}} = \frac{5.4}{9.4} \times 100 = \underline{\%55}$$

**EXAMPLE 8–12 Exergy Destroyed during Stirring of a Gas**

An insulated rigid tank contains 2 lbm of air at 20 psia and 70°F. A paddle wheel inside the tank is now rotated by an external power source until the temperature in the tank rises to 130°F (Fig. 8–38). If the surrounding air is at $T_0$ = 70°F, determine (*a*) the exergy destroyed and (*b*) the reversible work for this process.




تانک { صلب $\Delta V = 0$ ; آدیاباتیک

$T_2 = 130\,°F$

$$X_{\text{اتلاف}} = T_0 \, S_{gen} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\cancel{S_{in}}^{0} - \cancel{S_{out}}^{0} + S_{gen} = S_۲ - S_۱ \Rightarrow S_{gen} = S_۲ - S_۱$$

$$S_{gen} = S_۲ - S_۱ = C_{v,ave} \ln\frac{T_۲}{T_۱} + \cancel{R \ln\frac{v_۲}{v_۱}}^{0} = C_{v,ave} \ln\frac{T_۲}{T_۱} = ۰/۱۷۲ \ln\frac{۵۹۰\,R}{۵۳۰\,R}$$

$$X_{\text{اتلاف}} = T_0 S_{gen} \longrightarrow X_{\text{اتلاف}} = m T_0 S_{gen} = ۲ \times ۵۳۰ \times ۰/۱۷۲ \ln\frac{۵۹۰}{۵۳۰} = ۱۹,۴\ \text{Btu}$$

---

$$X_{in} - X_{out} - \cancel{T S_{gen}}^{0} = X_۲ - X_۱$$

$W_{rev}$

$$W_{rev} - 0 = X_۲ - X_۱$$

حجم ثابت

$$W_{rev} = X_۲ - X_۱ = (u_۲ - u_۱) + P_0 \cancel{(v_۲ - v_۱)}^{0} - T_0 (s_۲ - s_۱) + \cancel{\frac{\Delta V^2}{۲۰۰۰}}^{0} + \cancel{\frac{g \Delta z}{۱۰۰۰}}^{0}$$

$$W_{rev} = (u_۲ - u_۱) - T_0 (s_۲ - s_۱) = C_{v,ave} (T_۲ - T_۱) - T_0 (s_۲ - s_۱)$$

$$X_{\text{اتلاف}} = m T_0 (s_۲ - s_۱)$$

$$\Rightarrow W_{rev} = m C_{v,ave} (T_۲ - T_۱) - m T_0 (s_۲ - s_۱)$$

$$= \underbrace{۲ \times ۰/۱۷۲ (۱۳۰ - ۷۰)} - ۱۹,۴ = ۲۰,۶ - ۱۹,۴ = ۱\ \text{Btu}$$

اگر تلفات نداشته باشیم [illegible]

اگر تلفات نداشته باشیم ( تخریب اکسرژی برابر صفر باشد $X_{\text{اتلاف}} = 0$ ) فقط با صرف

1BTU می‌توان دما را از ۷۰ به ۱۲۰ $^{\circ}F$ رساند.