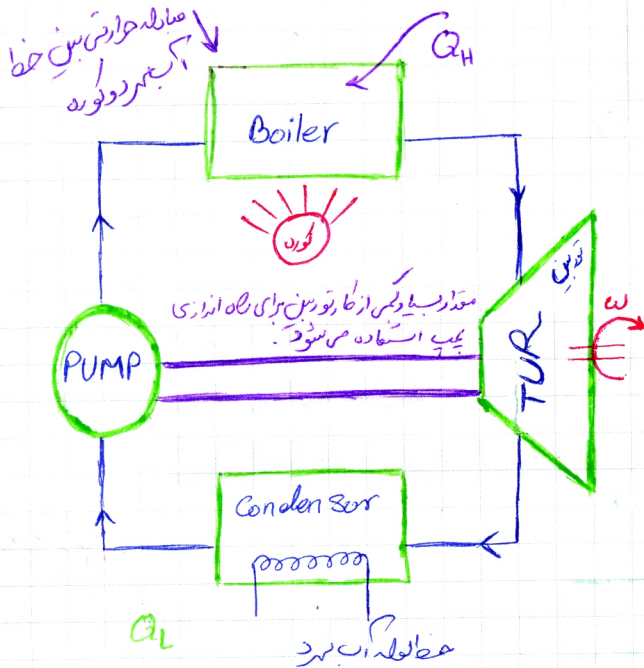


$$u_f = 3247.4 \text{ kJ/kg}$$

$$u_f = \frac{V_f}{m_f} = \frac{15}{2} = 0.175 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\textcircled{P} \begin{cases} u_f = 0.175 \\ u_r = 3247.4 \end{cases} \rightarrow p = 200 \text{ kPa}$$



قانون دوم ترمودینامیک

ماشین گرمایی

بر دنبال حرارت دادن یک سیستم
در فرآیند کار از آن سیستم

LTB: Low Temperature Body

Q_H : از یک جسم مایع، حرارت بالا مایع انتقال یافته است.

Q_L : مقدار حرارت انتقال یافته از یک جسم مایع، حرارت بالا یک جسم مایع، حرارت پایین

$$W_T = W_{TUR} - W_{PUMP} = Q_H - Q_L$$

مانشین گزایی: هر دستگاهی که سه درون آن یک سیل ظاهر می‌باشد و طرح پنجم سیل برای مقدار دلتا که در آن ظاهر می‌باشد مقدار طرح حاضر عدد.

on the system $\frac{1}{s^2}$ + By the system $\frac{1}{s^2}$

$$C_{th} = \frac{E_{sought}}{E_{cost}} = \frac{W_{tot}}{Q_H} = \frac{Q_{H1} - Q_{H2}}{Q_H}$$

$$\sigma_{th} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

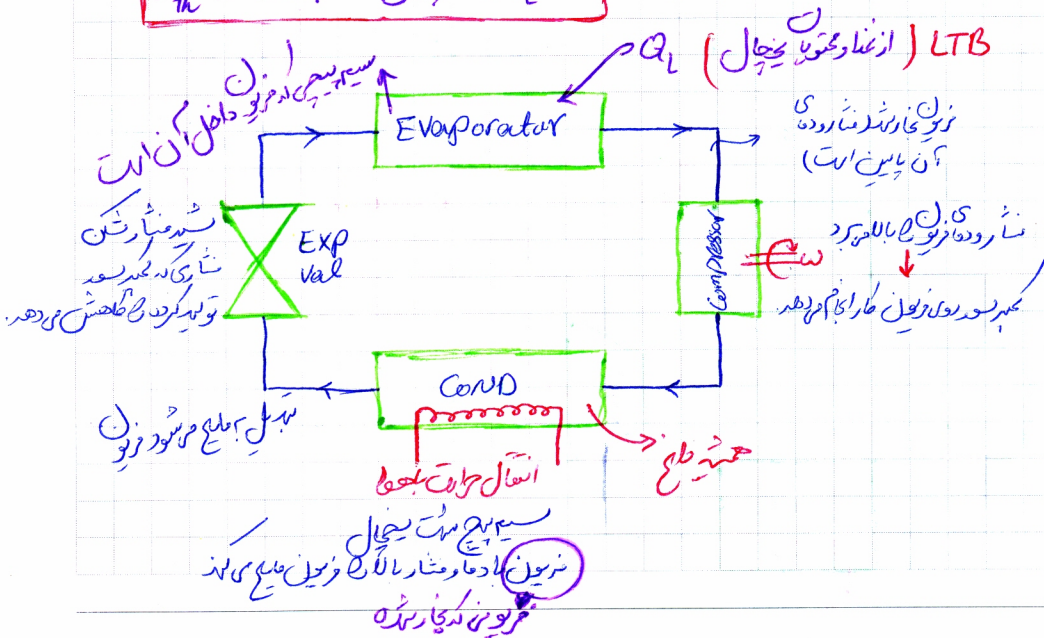
۱- بیانہ (طوبی - بلائ) موقوفہ

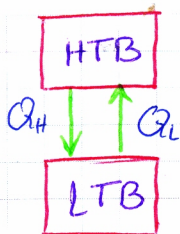
اعطای پذیرش به درک شود براین که، صورت یک شکل کامل کار می کند همان اندازه انرژی براین که دریافت می کند (Q_H) کار انجام دهد. (W_{tot})

این تفاوت ها اینهاست که مقداری از کربن های کربن شده (a_{H+}) با از دست بدهد. (a_{H+})

* امکان دارد با این رابطه

$\eta_{th} \neq 100\%$ چون $Q_L = 0$





$$\beta_{\text{سخت کار}} = \frac{E_{\text{sought}}}{E_{\text{cost}}} = \frac{Q_L}{W_{\text{orn}}} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

(COP)

$$\beta = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1}$$

۳- پمپ ریفریجراتیو (Refrigerators)

امکان ندارد که یک سیستم ریفریجراتیو ساخته شود که به صورت یک چرخ کامل کار کند و تنها به وسیله یک انتقال گرما از یک جسم سرد به یک جسم سرد، حرارت پائین تر به یک جسم سرد حرارت بالاتر بدهد. به واسطه همین سیستم این کار را انجام می دهد که مقداری کار بر روی سیستم انجام شده باشد.

$$\beta \neq \infty$$

$$W_{\text{COP}} \neq 0$$

هر عاملی که باعث برگشت ناپذیری شود بازده را کم می کند، کارایی پائین می آید.

علامت برگشت ناپذیری

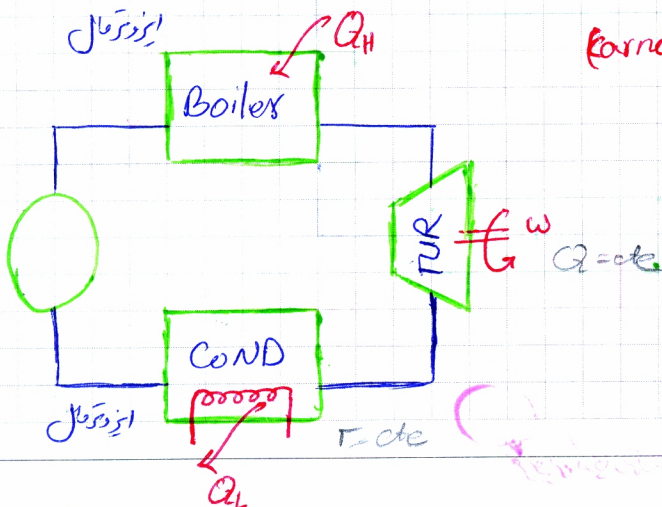
۳- مخلوط شدن سیالات مختلف

۲- اصطکاک

۱- اتساع آزاد

۴- انتقال حرارت به واسطه اختلاف دما

چرخه کارنو (Carnot)



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{TUR, PUMP} = \text{REV} \ \& \ Q=0 \\ \text{Boilers, COND} = \text{REV} \ \& \ T=\text{cte} \end{array} \right.$$

لغو برکت بندی

نظراً که زمان ترمین کارهای را در اینجا با بهترین بازدهی را در ماشین گرمایی داریم که به صورت کارنو ظاهر

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_{th} \ \& \ \beta = f(T) \\ \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \end{array} \right.$$

$$\eta_{th} = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\beta = \frac{Q_L}{W} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$$

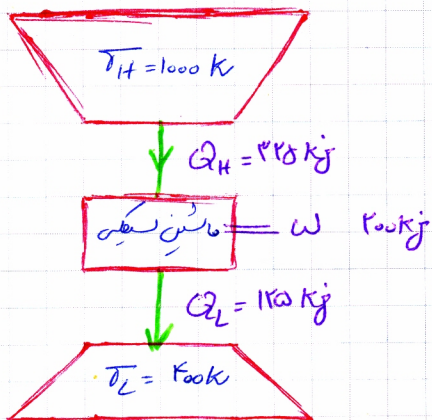
درجه حرارت پایین یا دما پایین

انتقال حرارت تابع از دماست.

تفسیر اول: غده می‌تواند دستگاه ساخت که بین دو منبع معلوم کار کند و بازدهی آن بیش از بازدهی هر دو در گشت دیگری با بهره‌های میان آن دو منبع کار می‌کند.

***** زمان ترمین بازدهی را داریم که چرخه کارنو داشته باشیم *

تفسیر دوم: تمام سگ‌های کارنو که بین دو منبع سرد و گرم کار می‌کنند دماهای ثابتی دارند و می‌باشند.



مثال: در شکل زیر دماهای داده شده که در یک چرخه

کار می‌کند این ماشین 325 K انرژی از چرخه‌ای

دماهای 1000 K دریافت می‌کند. ماشین 125 K

انرژی به دماهای 400 K چرخه پس می‌دهد. همچنین

این چرخه 200 kJ کار می‌کند و تولید می‌کند بررسی کنید که این چرخه که امکان از حالت‌های برگشت پذیری،

برگشت ناپذیری یا غیره می‌باشد.

غیر ممکن $\eta_{th} > \eta_{th}^{Carnot}$

ممکن است $REV \eta_{th} = \eta_{th}^{Carnot}$

غیر ممکن

غیر ممکن $\eta_{th} < \eta_{th}^{Carnot}$
در صورت کلی در ممکن

$$T_H = 1000 \text{ K}$$

$$Q_H = 320 \text{ kJ}$$

$$W = 200$$

$$Q_L = 120$$

$$T_L = 500$$

$$\eta_{th} = \frac{W}{Q_H} = \frac{200 \times 10^3}{320 \times 10^3} = 0.625$$

$$\eta_{th}^{Carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{500}{1000} = 0.5$$

تغییرات
طراحی

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{REV. Heat engine} \\ \oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \\ \text{IRR. Heat engine} \\ \oint \frac{\delta Q}{T} < 0 \end{array} \right.$$

تغییرات
طراحی

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{REV. REF cycle} \\ \oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \\ \text{IRR. REF. cycle} \\ \oint \frac{\delta Q}{T} < 0 \end{array} \right.$$

$\rightarrow$ REV, REF. cycle & REV. heat engine

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$$

IRR. REF. cycle & IRR. Heat engine

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$$

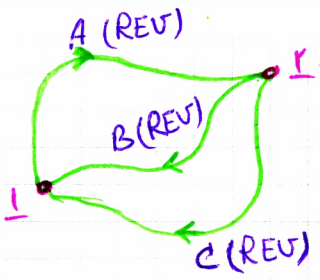
هر حالتی

Any cycle

$\therefore$ Rev

$<$ IRR

$$\boxed{\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0} \quad \text{تغییرات طراحی}$$



cycle A & B
 $\oint \frac{SQ}{T} = 0$

$$① \int_1^2 \left(\frac{SQ}{T} \right)_A + \int_2^3 \left(\frac{SQ}{T} \right)_B = 0$$

$$② \int_1^2 \left(\frac{SQ}{T} \right)_A + \int_3^1 \left(\frac{SQ}{T} \right)_C = 0$$

$$\int_2^3 \left(\frac{SQ}{T} \right)_B = \int_3^1 \left(\frac{SQ}{T} \right)_C$$

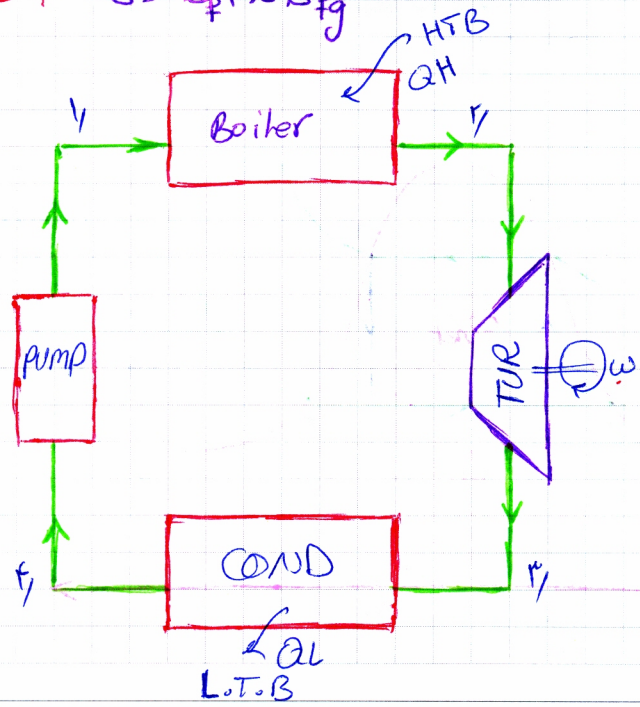
دو حالت متوالی
 در یک فرآیند
 برگشت پذیر

$$\frac{SQ}{T} = ds$$

S: انتروپی: $\frac{kJ}{K}$, $\frac{Btu}{R}$

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{SQ}{T} \right)$$

محاسبه S: $S = S_f + x S_{fg}$



① → ②

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} \rightarrow S_2 - S_1 = \frac{Q_H}{T_H}$$

Q_H (حرارة مضافة)
 $S_2 > S_1$

$$Q_H = T_H (S_2 - S_1)$$

② → ③

$$\int_2^3 ds = \int_2^3 \frac{\delta Q}{T} \rightarrow S_3 = S_2$$

! (REV. + ADIABATIC) = ISENTROPIC
انتروپی ثابت

③ → ④

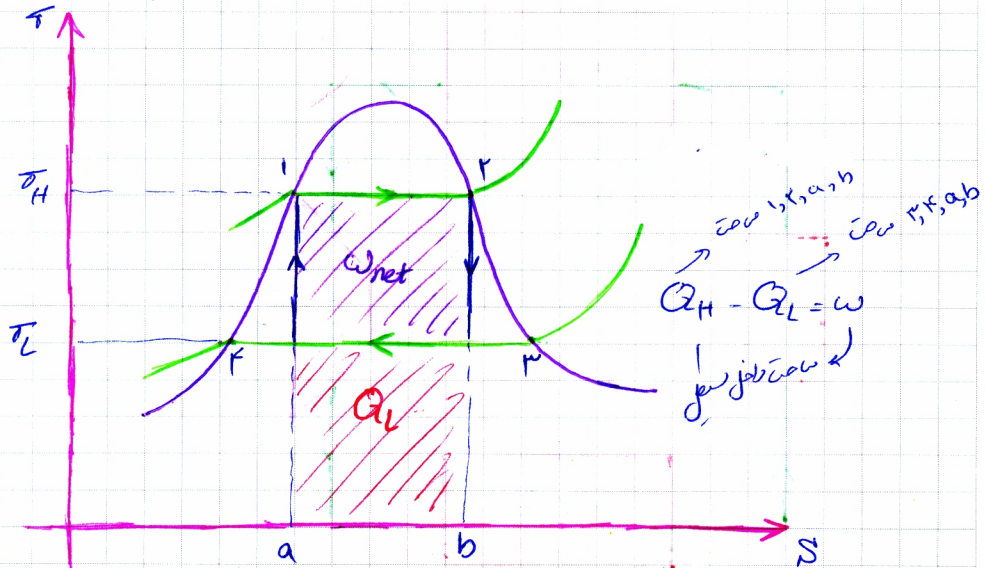
$$\int_3^4 ds = \int_3^4 \frac{\delta Q}{T} \rightarrow S_4 - S_3 = \frac{-Q_L}{T_L}$$

Q_L (حرارة مزالة)
 $S_4 > S_3$

$$Q = T_L (S_3 - S_4)$$

④ → ①

$$ds = \frac{\delta Q}{T} \rightarrow S_4 = S_1$$



مساحت زیر منحنی $T-s$ مقدار

$$ds = \frac{\delta Q}{T} \rightarrow Q = \int T ds$$

Q برای پروسه مشخص در یک

دوره که REV باشد

مساحت زیر منحنی $p-v$ برای پروسه

$$\eta + h = \frac{w}{Q_H} = \frac{A_{1-2-3-4-1}}{A_{1-2-b-a-1}} \rightarrow ?$$

قانون اول برای سیستم ترمودینامیکی

$$\delta Q = \delta w + du$$

↓
REV

$$T ds = p dv + du$$

$$H = U + pV$$

$$dH = \boxed{dU + p dv} + v dp$$

$T ds$

$$dH = T ds + v dp$$

$$T ds = dH - v dp$$

$$T ds = dh - v dp$$

* وقتی IRR باشد مساحت زیر منحنی برای Q به دست می آید اما اگر REV نباشد مساحت زیر منحنی برای Q نخواهد بود.

کل تراکم‌پذیری REV; ADIABATIC; اگر تراکم‌پذیری ثابت هستند

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \rightarrow dS = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{REV}$$

* Cycle A, B

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \rightarrow \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_A + \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_B = 0 \quad 1$$

* Cycle A, C

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0 \rightarrow \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_A + \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_C < 0 \quad 1$$

$$-\int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_A - \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_C > 0 \quad 1$$

$$\xrightarrow{1+1} \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_B - \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_C > 0$$

$$\int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_B > \int_2^1 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_C$$

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{REV}$$

$$dS > \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_C$$

برای هر پروسه ای

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} = REV$$

> IRR

اصل افزایش آنتروپی همیشه پروسه‌ای انجام پذیر نیست مگر آنکه در آن پروسه یا چیزی بیرون از سیستم آنتروپی اضافه شود.
 اصل افزایش آنتروپی همیشه پروسه‌ای انجام پذیر نیست مگر آنکه در آن پروسه یا چیزی بیرون از سیستم آنتروپی اضافه شود.

$$S_2 = S_1 + du$$

$$Tds = pdv + du$$

صفر

$$Tds = du = c dT \rightarrow ds = \frac{c}{T} dT \rightarrow S_2 - S_1 = c \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{for } \text{gas} \\ \text{for } \text{solid} \end{array} \right\} \begin{array}{l} c_p = c_v = c \\ du = dh \end{array}$$

نشان می‌دهد حالت ثابت است
Solid & comp. liq.

عبارت انرژی برای گاز ایده‌آل

$$\left. \begin{array}{l} S_2 = S_1 + du \\ Tds = pdv + du \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{حالت زیر بحر، مقدار } T \text{ و } S \text{ معلوم، مقدار } v \text{ پیدا می‌شود} \\ \text{حالت فوق بحر، مقدار } p \text{ و } v \text{ معلوم، مقدار } T \text{ پیدا می‌شود} \end{array}$$

$$Tds = c_v dT + \frac{R}{v} dv$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 c_v \frac{dT}{T} + \int_1^2 R \frac{dv}{v}$$

$$S_2 - S_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

$$h = u + pv$$

$$dh = du + pdv + vdp$$

Tds

$$** \quad Tds = dh - vdp$$

for ideal gas, $pv = RT$

$$Tds = c_p dT - \frac{RT}{p} dp$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 c_p \frac{dT}{T} - \int_1^2 R \frac{dp}{p} \rightarrow S_2 - S_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1}$$

در این کتابها هم از این مدل و هم از این مدل

$$p v^n = \text{cte}$$

Poly Tropic
رنگی

$$\begin{cases} n=0 \rightarrow p=c & \text{ایزوبار} \\ n=1 \rightarrow p v = \text{cte} \rightarrow T = \text{cte} & \text{ایزوترمال} \\ & \text{ایزوتال} \end{cases}$$

$$\omega_r = \frac{p_r v_r - p_i v_i}{1-n}$$

ایزوتال و ایزوبار

I.B. and Poly Tropic

$$\text{میدانیم} \begin{cases} \frac{p_r}{p_i} = \left(\frac{v_i}{v_r} \right)^\eta \\ \frac{T_r}{T_i} = \left(\frac{p_r}{p_i} \right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{v_i}{v_r} \right)^{\eta-1} \end{cases} \quad ?$$

$$\downarrow \text{ایزوتال} \begin{cases} p_i v_i = R T_i \\ p_r v_r = R T_r \end{cases}$$

$$\frac{p_i}{p_r} \cdot \frac{v_i}{v_r} = \frac{T_i}{T_r}$$

$$\left(\frac{v_r}{v_i} \right)^\eta \left(\frac{v_i}{v_r} \right) = \frac{T_i}{T_r}$$

$$\left(\frac{v_r}{v_i} \right)^{\eta-1} = \frac{T_i}{T_r}$$

$$\downarrow \text{ایزوتال} \quad p v^n = \text{cte}$$

$$p_i v_i^\eta = p_r v_r^\eta$$

$$\star \frac{p_i}{p_r} = \left(\frac{v_r}{v_i} \right)^\eta$$

* برای گازهای ایده‌آل ثابت است و برای گازهای دسیسه‌ای می‌تواند متغیر از فشار باشد $\rightarrow K = \frac{C_p}{C_v}$

I.G

$Q=0, REV \rightarrow p v^K = \text{const}$

یعنی بدون تبادل انرژی با محیط

آنترتالپی (ISENTROPIC)

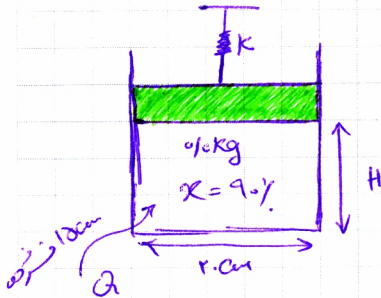
$K = \frac{1}{\gamma}$
برای هوا

$\left\{ \begin{aligned} P_1 v_1^K &= P_2 v_2^K = p v^K \\ p v &= R T \end{aligned} \right.$

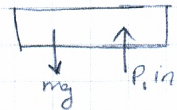
معادلات $\left\{ \begin{aligned} \frac{P_2}{P_1} &= \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^K \\ \frac{T_2}{T_1} &= \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{K-1} \end{aligned} \right.$

$w = \frac{P_2 v_2 - P_1 v_1}{1-K}$

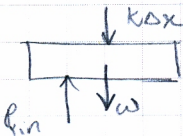
سوال 3 امکان صیانت نرم:



$\sum F_y = 0 \rightarrow P_1 = \rho g h + P_2$
 $v_1 = v_2 + \alpha v_{fg}$
 $P_1 = P_2$



$v_1 = v_2 + \alpha v_{fg} \rightarrow H = \frac{v_1 - v_2}{\alpha}$

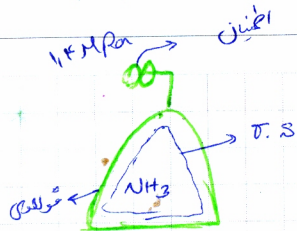


$\sum F_y = 0 \rightarrow P_1 = P_2$

$v_2 = (H + 0.15) \times \frac{\pi}{K} (0.12)^2$

$v_2 = \frac{v_1}{m}$

$0.1 <$



$$\left\{ \begin{array}{l} T_i = -20^\circ\text{C} \\ x_r = 20\% \\ V = 0.1 \text{ dm}^3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{جبل} \\ \text{البحر} \end{array} \rightarrow V_i = \sqrt{V_{p,r} \times V_{p,g}} = V_r$$

$T = -20 \quad \quad -20$

$$\frac{V}{V_i} = m_v$$

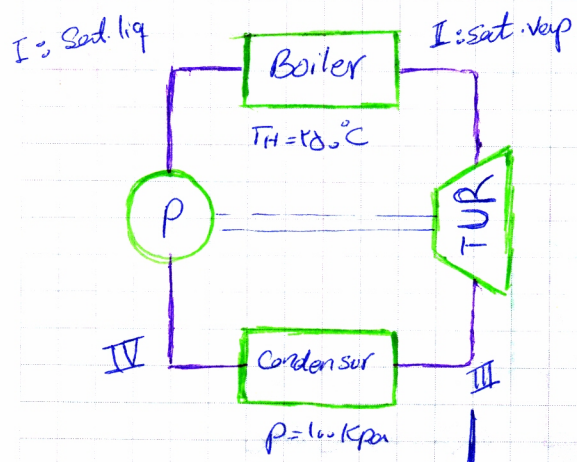
$$Q = \frac{1}{r} + U_r - U_i$$

← مؤلف

$$h_r + P_r U_r - h_i - P_i U_i$$

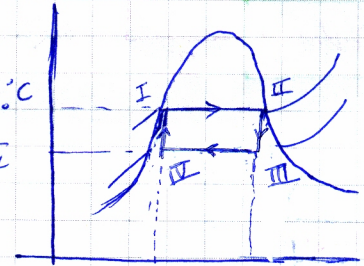
استفاده می شود

مثال ۹ در یک موتور کارنو آب به عنوان یک سیال کاری، در یک چرخه گرم 250 درجه سانتیگراد و 100 kPa به عنوان Q_H آب از منابع اشباع بخار اشباع تبدیل می شود. فشار آب در همان چرخه 100 kPa می باشد. آیا بازده گرمایی چرخه و همچنین گرمای افزوده شده در هر کیلوگرم و انترپای در آن موتور را تعیین کنید.



I Sat. liq $\rightarrow$ II Sat. vap

حجم اشباع برای فشار 100 kPa $\rightarrow$ 99.42 $= T_L$



T_L دمای اشباع برای چرخه سرد

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{99.42}{250} = 0.60168$$

چرخه کارنو به عنوان بهترین چرخه است و هیچ چرخه دیگری نمی تواند از آن بهتر باشد

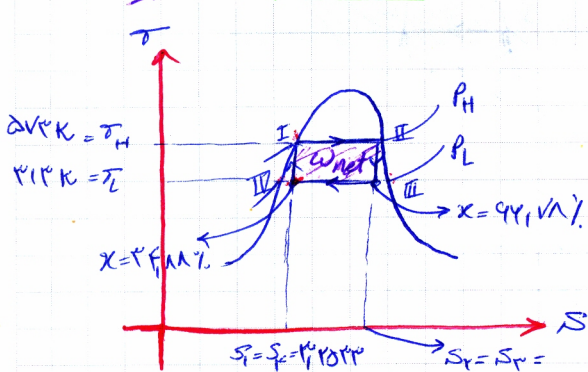
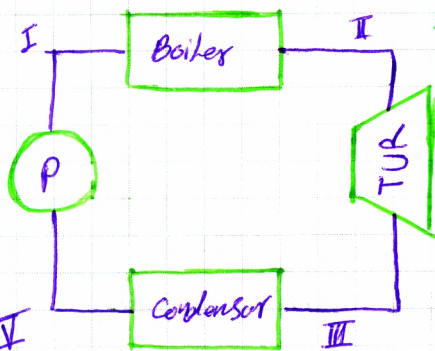
$$Q_H = T_H (S_R - S_I) = (250 + 273) (2.1792 - 1.1792) = 171.4 \text{ kJ/kg}$$

$$s_g|_{250^\circ\text{C}} = 2.1792 \quad s_f|_{100^\circ\text{C}} = 1.1792$$

سوال: چرخه کارنو یک موتور گرمایی با آب ۳ عنوان یک سیل کاری در نظر بگیرید. در ۳۰۰ °C
 آب چنان گرماده می شود که از منابع اشباع بخار استیج برسد و در ۴۰۰ °C گراخته می شود.
 الف) نمودار T-S را رسم کنید.

ب) کیفیت آب در آغاز و پایان فرآیند پس دادن گرمایی به:

پ) کار خاص و بازای ۱ kg آب در هر چرخه چقدر می باشد:



$$T_H = 473 \text{ K} = 200^\circ \text{C}$$

$$\downarrow \text{چرخه اشباع}$$

$$S_I = S_F|_{T_H} = 1.7013$$

$$S_{II} = S_g|_{T_H} = 1.8587$$

$$S_{III} = S_F = S_g|_{T_H} + x_F S_F|_{T_H} \rightarrow x_F = 99.14\%$$

$$S_{IV} = S_P = S_g|_{T_H} + x_F S_F|_{T_H} \rightarrow x_F = 99.14\%$$

$$T_L = 300^\circ \text{C} \xrightarrow{\text{چرخه اشباع}} S_F|_{T_L} = 1.7013$$

$$S_{II} = 1.8587$$

$$S_{IV} = 2.8427$$

رقتی از منابع آبجی را شمع برده ایم ← در دایم در هر توانم طوری نگاه داریم از جیل بخوانیم

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 0.5175$$

$$w_{net} = (s_r - s_i)(T_H - T_L) = 451.182 \text{ kJ/kg}$$

برای تمام پروسه ها $\oint \frac{\delta Q}{T} \leq ds$

قانون دیگر و دینامیک بر اجسام کنترل $\sum_{cv} \frac{\dot{Q}_{cv}}{T} \leq \frac{ds_{cv}}{dt} + \sum m_e s_e - \sum m_i s_i$

a) SSSF $\sum m_e s_e - \sum m_i s_i \geq \sum_{cv} \frac{\dot{Q}_{cv}}{T}$

اگر یک دوی در یک پروسه $m_i = m_e = m$

$$m(s_e - s_i) \geq \sum_{cv} \frac{\dot{Q}_{cv}}{T}$$

b) USUF $(m_r s_r - m_i s_i) + \sum m_e s_e - \sum m_i s_i \geq \int_0^t \left(\frac{\dot{Q}_{cv}}{T} \right) dt$

$Q=0$
REV $\rightarrow (m_r s_r - m_i s_i)_{cv} = \sum m_i s_i - \sum m_e s_e$

SSSF $q_{cv} = w_{cv} + (h_e - h_i) + \frac{1}{\gamma} (v_e^2 - v_i^2) + g(z_e - z_i)$

IF REV: $ds: \frac{\delta q}{T} \rightarrow q = \int_i^e T ds$

$$T ds = dh - v dp \rightarrow dh = T ds + v dp$$

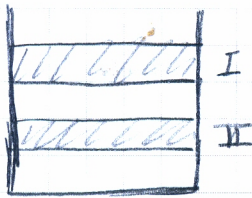
$T ds = w_{cv} + T ds + v dp + \Delta KE + \Delta PE \rightarrow$

$w = - \int_i^e v dp + \Delta KE + \Delta PE$

اگر $\Delta KE, \Delta PE = 0$

$w = \int_i^e v dp$

مسئله ترکیبی ششم
مسئله اول



$I \rightarrow II$ compress, REV = ISENTROPIC

NH_3
 $T_1 = 1^\circ C$

- a) v_1
b) $T - S = ?$

$$\begin{cases} P_r = 2 \text{ MPa} \\ T_r = 70^\circ C \end{cases}$$

چیل $\rightarrow S_r = F, 9 \text{ kJ} = S_1$

باید به دست آوردن v_r در $70^\circ C$ ابتدا
بازداشتن دو داده می توانیم

$$u_r = h_r - P_r v_r = 1397, 7$$

ولی چون h را نداریم از روی h پیدا می کنیم

$\dot{W} = -800 \text{ kJ}$
on the sys

$$\begin{cases} T_1 = 1^\circ C \\ S_1 = F, 9 \text{ kJ} \end{cases} \rightarrow S_f|_{1^\circ C} \xleftarrow{0, 111 \text{ V}} S_1 < S_1 < S_g|_{1^\circ C} \xleftarrow{0, 120 \text{ kJ}} \text{دوگانه} \rightarrow S_1 = S_f|_{1^\circ C} + x S_g|_{1^\circ C} \rightarrow x = 0, 941 \Delta^\circ$$

$$v_1 = v_f|_{1^\circ C} + 0, 941 \Delta^\circ (v_g|_{1^\circ C}) \rightarrow v_1 = 0, 1950 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$0, 0014 \leftarrow$ $0, 120 \text{ kJ} \leftarrow$

$$u_1 = u_f + x u_g = 1249, 0991$$

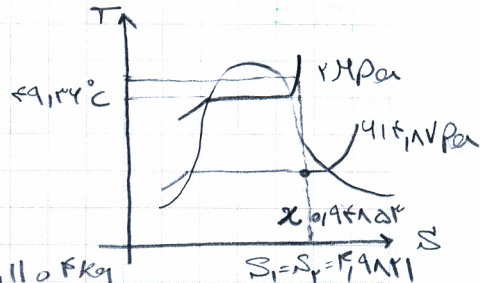
مابقی $S_1 = S_r = S_f + u_r - u_1$

$$\dot{W}_r = (u_1 - u_r) m \rightarrow m = 2, 110 \text{ kg}$$



$$-800 \text{ kJ} = m(u_1 - u_r)$$

$$\dot{V} = m v_1 = 0, 4049$$



$$\begin{cases} P_i = 100 \text{ psi} \\ T_i = 70^\circ \text{F} \end{cases}$$

محل

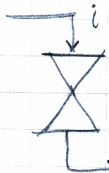
باج در سرد → ترمال →

$$S_i = S_f \bigg|_{T_i = 70^\circ \text{F}} = 0.12529$$

مسئله ۱۲۴ =

$$\begin{cases} P_e = 20 \text{ psi} \end{cases}$$

$$h_i = h_f \bigg|_{T_i = 70^\circ \text{F}} = 12.121 = h_e$$



$$\begin{cases} P_e = 20 \text{ psi} \\ 12.121 \end{cases}$$

$$\begin{array}{ccc} h_f & & h_g \\ 12.121 & & 40.6 \\ 20 & & 20 \\ 22.121 & & 22.121 \\ 22.121 & & 22.121 \end{array}$$

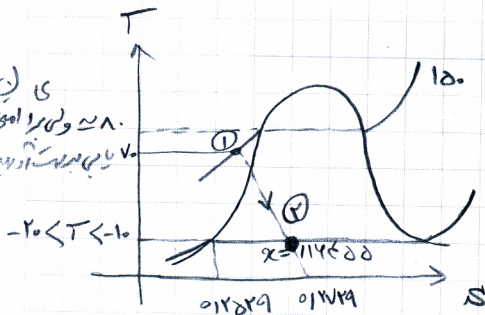
$$h = h_f + x h_{fg}$$

$$x = 0.11455$$

$$S_e = S_f + x S_{fg}$$

$$S_e = 0.12749$$

$$\Delta S = 0.01919$$



برای روابط بین تان و فرم جو REU است

تغییر چرخ ← چون ساعتی بخاطر این است که از این

معمولی و ساده



$$\left\{ \begin{array}{l} P_i = 12 \text{ psi} \\ T_i = 1.5 \text{ F} \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{REV}]{\text{SSSF}} \left\{ \begin{array}{l} P_e = 120 \text{ psi} \end{array} \right.$$

$w = ? \quad \Delta S = ? \quad Q = ?$

$$a) w = - \int_i^e v dp + \cancel{\Delta P E} + \cancel{\Delta K E} = p v \ln \frac{P_i}{P_e} = R T \ln \frac{P_i}{P_e}$$

$$Q = w + h_e - h_i \rightarrow Q \approx w$$

$$b) p v^{1.4} = \text{cte} \quad \frac{T_r}{\alpha \epsilon_0} = \left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} \rightarrow T_r = T_e = 1111.6 \text{ R}$$

$$q = w + \Delta h \rightarrow q = -41.644 + c_p (T_r - T_i) = -11.419$$

$$\int v dp = \frac{n(P_r v_r - P_i v_i)}{1-n} = \frac{nR(T_e - T_i)}{1-n}$$

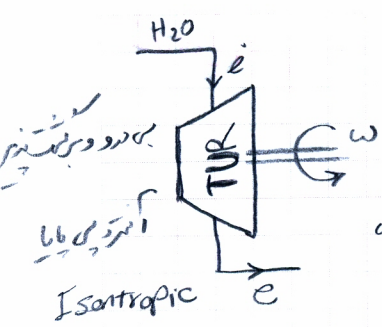
$$\Delta S = S_e - S_i = c_p \ln \frac{T_r}{T_i} - R \ln \frac{P_r}{P_i} = -0.016 \text{ Btu/R}$$

c) $Q = 0 \quad \Delta S = 0$

$$p v^k = \text{cte}$$

$$w = - \int v dp = \frac{k(P_r v_r - P_i v_i)}{1-k}$$

$$k = 1.15$$



$$\begin{cases} P_e = 1 \text{ MPa} \\ T_o = 100^\circ\text{C} \end{cases} \rightarrow S_e = \begin{cases} h_i = 1115.5 \\ S_i = V_i \cdot 1000 \end{cases}$$

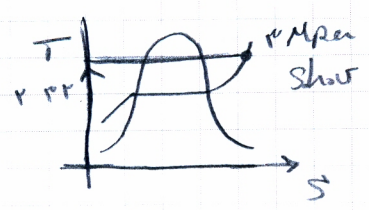
8/10/23

$$Q_{\text{out}} = \dot{W}_{\text{out}} + \dot{m}(h_o - h_i) + \Delta KE + \Delta PE$$

$$\dot{W} = 100 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{\text{TUR}} = \dot{m}(h_i - h_o) \rightarrow 100 \times 10^3 = \dot{m}(1115.5 - 1114)$$

$$\dot{m} = 0.1777 \text{ kg/s}$$



$$\begin{cases} P_e = 1.0 \text{ kPa} \\ S_e = V_i \cdot 1000 \end{cases}$$

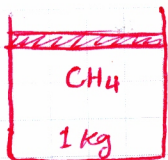
$$S = S_f + x S_{fg} \rightarrow h = h_f + x h_{fg}$$

$\downarrow$ 0.1180 VV $\downarrow$ 1.0 kPa $\downarrow$ 0.1180 VV
 111.11 111.11

$$\Delta KE, \Delta PE \approx 0 \quad S_f |_{1.0 \text{ kPa}} < V_i \cdot 1000 < S_g |_{1.0 \text{ kPa}}$$

0.1459 111.11 118.0

$$\dot{m}_i = \dot{m}_e = \dot{m} = ?$$



جان $\begin{cases} P_{cr} = 4.4 \text{ MPa} \\ k = 1.299 \\ M = 14.106 \end{cases}$ حرارتی

مسئله ۱۰۰

$\begin{cases} P_1 = 100 \text{ kPa} \\ T_1 = 10^\circ\text{C} \end{cases} \xrightarrow[\text{REV}]{\text{پروسس برگشتی}} \begin{cases} P_2 = 100 \text{ kPa} \end{cases}$

a) $Q = 0$

اگر گاز ایده‌آل باشد و پروسس ایزنتروپیک است

Isoentropic $\rightarrow S_1 = S_2$

$PV^k = \text{cte}$

$PV^{1.299} = \text{cte}$

$w = \int P dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - k} = \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - k} =$

$\frac{1.299 \times 14.106}{1.299} \times (1.299, 14.106 - 10) = -111.112 \text{ kJ}$
-0.199

$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \rightarrow T_2 = 199.144^\circ\text{C}$

b) $T = \text{cte}$

$PV = \text{cte}$

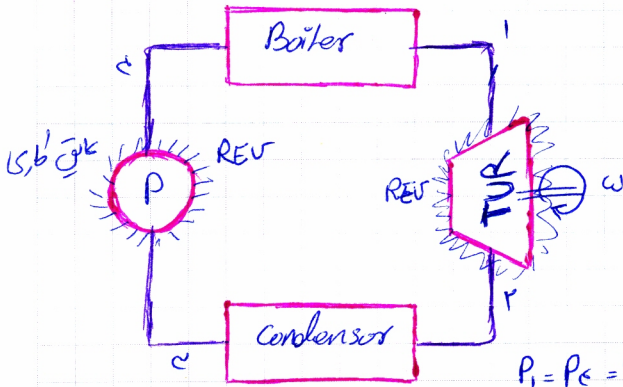
$w = \int P dV = PV \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2} = -112.111 \text{ kJ}$

$\frac{1.299 \times 14.106}{1.299}$

$\frac{1.299 \times 14.106}{1.299}$

$PV^{1.4} = \text{cte}$

$w = \int P dV = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n} = \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - 1/10} = -110.666 \text{ kJ}$



الف) کار در حالت فرسوده ترین

ب) کار بیش و کماترین

ج) بازدهی بیش و کماترین

$$P_1 = P_c = 20 \text{ MPa} \quad T_1 = 700^\circ\text{C}$$

$$P_2 = P_c = 2 \text{ kPa} \quad T_2 = 5^\circ\text{C}$$

توربین و پمپ → Isentropic

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = 700^\circ\text{C} \\ P_1 = 20 \text{ MPa} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} h_1 = 3777.1 \text{ J} \\ s_1 = 4.47 \text{ J/K} \end{array} \right. \rightarrow \text{مقادیر از جدول}$$

P	p	P
1	2	c
h	h	h
	x	3750.47

$$P_2 = 2 \text{ kPa}$$

$$s = 4.47 \text{ J/K}$$

$$\left. \begin{array}{l} 11 \text{ MPa} \\ s_f < 4.47 \text{ J/K} < s_g \end{array} \right|_{2 \text{ kPa}} \quad \left. \begin{array}{l} 19.08 \\ V, 19.08 \end{array} \right|_{2 \text{ kPa}}$$

$$s = s_f + x \cdot s_{fg} \rightarrow x = 0.1120$$

$$4.47 \text{ J/K} \leftarrow$$

$$h = h_f + x \cdot h_{fg} \left|_{2 \text{ kPa}} \right.$$

$$h = 1941.149 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_w = \dot{m}_w + h_e - h_i + \Delta KE + \Delta PE$$

$$\dot{Q}_T = \dot{m}_T + h_T - h_1$$

$$\dot{m}_T = h_1 - h_T = 2200,4 - 219,149 =$$

$$1881,25 \text{ kg/s}$$

$$b) S_F = S_P$$

$$\begin{cases} P_F = F \cdot K_R \\ T_F = F \cdot C \end{cases} \xrightarrow{\text{S.F.}} h_F = h_P \Big|_{T=F \cdot C} = 144,18 \text{ kJ/kg}$$

$$S_F = S_P \Big|_{T=F \cdot C} = S_F = 0,12578$$

$$144,18 \leftarrow$$

$$\dot{Q}_T = \dot{m} + h_e - h_i \rightarrow \dot{m} = h_e - h_i$$

$$\dot{m}_P = - \int_e^e v \rho \, dP = -v(P_e - P_F) = 0,00100 \text{ m}^3 (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) (20 \times 10^4 - 20 \times 10^5) = -20,149 \text{ kg/s}$$

$$\text{I, II} \rightarrow -20,149 \text{ kg/s} = 144,18 - h_e \rightarrow h_e = 144,149$$

$$c) \eta_{th} = \frac{\dot{Q}_{net}}{\dot{Q}_{in}} = \frac{\dot{m}_T + \dot{m}_P}{1881,25} = 52,1\%$$

$$\dot{Q}_T = \dot{m}_T + h_1 - h_F$$

$$\dot{Q} = 2200,4 - 219,149$$

$$1881,25$$