

Subject:

پیام سنایی

ترمودینامیک 2:

* یادآوری های جلسه اول آیدر 2 از درس ترمودینامیک است *

یادآوری از گاز ایده آل:

$$\left. \begin{aligned} V &= \text{حجم مخصوص} = \frac{v}{m} \\ P &= \text{جرم جوش} = \frac{m}{v} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{1}{P} = \frac{v}{m}$$

فرض کنیم 1 kg گاز ایده آل داریم
حجمش v است

آزمایش 1: $P \propto T$ @ $V = \text{CTE}$
آزمایش 2: $P \propto \frac{1}{V}$ @ $T = \text{CTE}$

$$P \propto \frac{T}{V}$$
$$P = R \frac{T}{V}$$

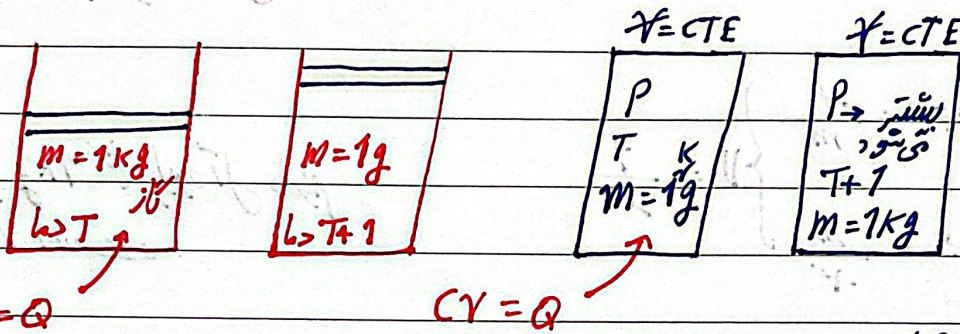
$PV = RT \rightarrow$ Ideal gas Equation of state
معادله حالت
گاز ایده آل

ثابت R گاز ایده آل

$$R_{\text{gas}} = 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

ظرفیت گرمایی ویژه: مقدار گرمایی که 1 kg ماده را در دمای 1 K (یا 1°C) بالا می برد.
Specific Heat capacity
 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right)$

است
نکته: گازها دو تا ظرفیت گرمایی دارند
CP: مقدار گرمایی که لازم است 1 kg گاز برهیم تا در فشار ثابت دمایش 1K زیاد شود.
CV: مقدار گرمایی که لازم است به 1 kg گاز برهیم تا در حجم ثابت 1K دمایش زیاد شود.
نکته: CP یا مقدار از CV بیشتر است زیرا در آن کار انجام می شود. $CP > CV$



در این روابط نسبتی نمی دهیم
نکته: $\frac{CP}{CV} = \gamma = 1.4$

اصل متعارف حالت: برای مشخص کردن حالت یک ماده ساده خالص (مثل آب) حداقل باید 2 خاصیت مستقل ترمودینامیکی آن را داشته باشیم.

برای ماده ساده خالص:

$$h = h(T, P)$$

$$u = u(T, P)$$

$$h = h(T, \gamma)$$

$$s = s(T, P)$$

نکته: گاز ایده آل این خواصش CP و CV و h و u فقط و فقط تابع دمای گاز هستند.

for Ideal Gas

$$\left. \begin{aligned} u &= u(T) \text{ only} \\ h &= h(T) \text{ only} \\ CP &= CP(T) \text{ only} \\ CV &= CV(T) \text{ only} \end{aligned} \right\}$$

نکته: آنتروپی گاز ایده آل تابع 2 خاصیت مستقل ترمودینامیکی آن است.

Subject:

نکته: C_p و C_v تغییراتشان با دما بسیار نرم و اندک است. لذا می توان آن ها را با چشم پوشی اندک ثابت فرض کرد.

نکته: $C_{p, \text{هو}} = 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
 نکته: $C_{v, \text{هو}} = 0,718 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$

نکته: $\Delta h = C_p \Delta T$
 $h_2 - h_1 = C_p (T_2 - T_1)$
 @ $T = T_1 : h = h_1$
 @ $T = T_2 : h = h_2$
 $\rightarrow h = C_p T$

نکته: $u = u(T) \text{ only}$
 $\Delta u = C_v \Delta T$
 $u = C_v T$

مثال: هوا در دمای 5°C آنتالپی اش چقدر است؟

$T = 5 + 273 = 278 \text{ K}$

$h = C_p T \rightarrow h = (1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}) (278 \text{ K}) \rightarrow h = 279,29 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

مثال: در یک اتاق با ابعاد $6\text{m} \times 5\text{m} \times 3\text{m}$ در شهر که فشار 90 kPa است در دمای 20°C چقدر کیلو هوا وجود دارد؟

حجم اتاق $= 6 \times 5 \times 3 = 90 \text{ m}^3$
 دما $T = 20 + 273 = 293 \text{ K}$
 فشار $P = 90 \text{ kPa}$
 $Pv = RT$
 $P \frac{m}{m} = RT \rightarrow Pm = mRT \rightarrow m = \frac{Pv}{RT}$

IDEAL

So $\rightarrow \frac{90 \times 90}{0,287 \times 293} \rightarrow m = 96,31 \text{ kg}$

Subject:

$$V = \frac{V}{m} = \frac{90 \text{ m}^3}{96,3 \text{ kg}}$$

$$V = 0,9346 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

ادامه مثال قبل به حجم مخصوص هوای درون اتاق؟

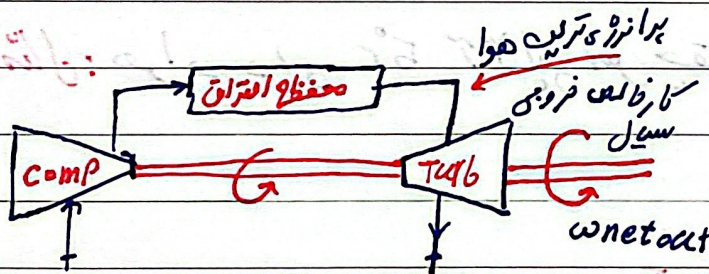
ادامه مثال به چگالی هوای اتاق چقدر است؟

$$\rho = \frac{1}{V} = \frac{1}{0,9346}$$

$$\rho = 1,07 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

سیکل قدرت گازی: (توزیع گاز)

سیکل برایتون:

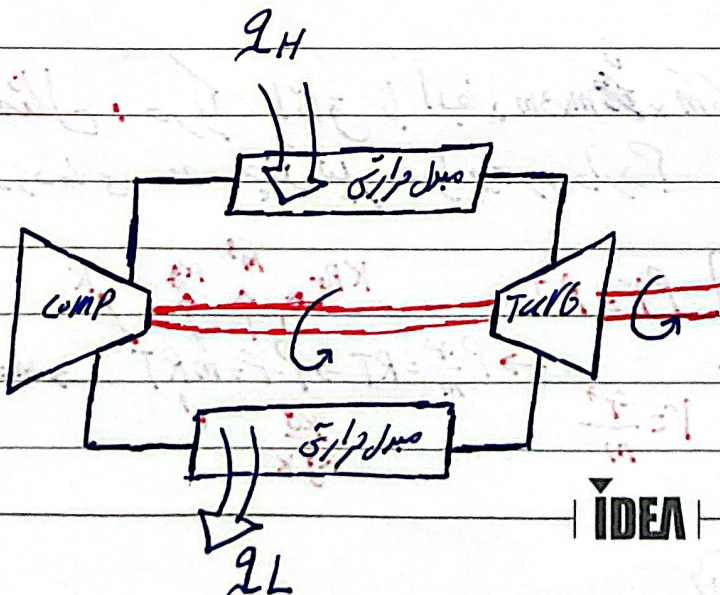


$$w_{net} = w_{out, TURB} - w_{in, COMP}$$

کار خالص خروجی سیکل

برای تون در واحد جرم سیال

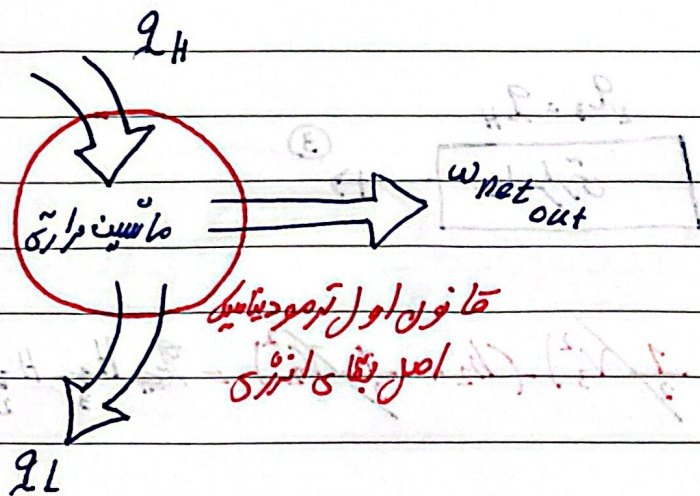
مولد سازی سیکل برایتون:



$$\eta_{th} = \frac{w_{net, out}}{Q_H} = \frac{\text{انرژی به دست آوریم}}{\text{انرژی هزینه می کنیم}}$$

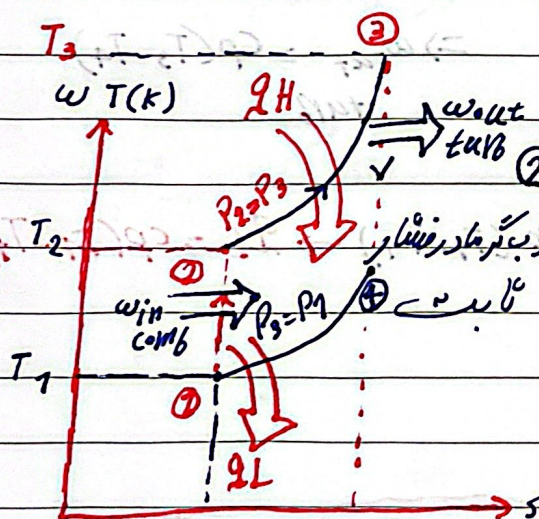
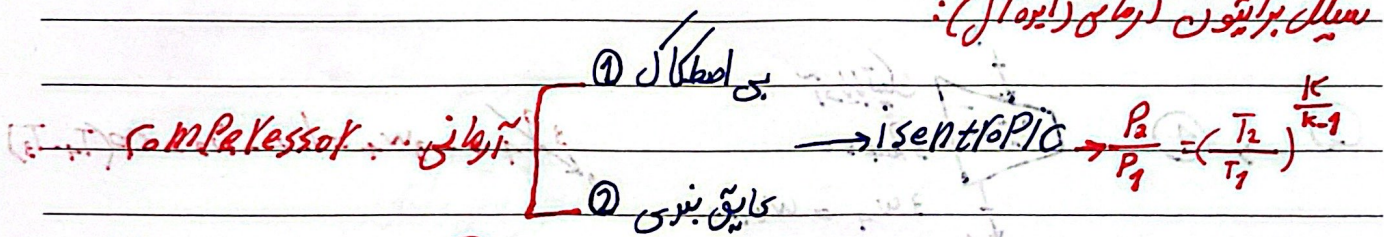
IDEA

Subject:



قانون اول ترمودینامیک
اصل بقای انرژی

مسئله برای ترمودینامیک (ایده آل):



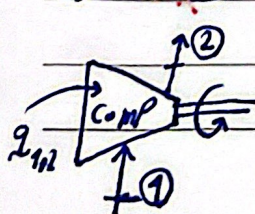
باید فشار ثابت باشد
جهت منبسط گری آسان
جذب گرما در فشار ثابت

③④: isentropic Expansion in Turbine

Per unit mass

$$\left\{ \frac{kJ/kg}{kg} \right\}$$

① → ②



یک ورودی
یک خروجی

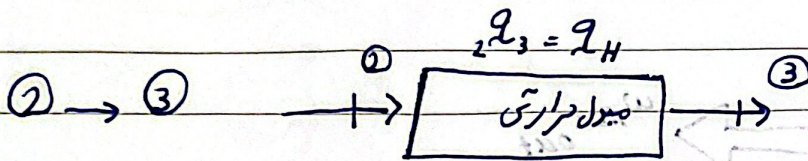
نوشتن روابط بین ①، ②، ③، ④: $Q_{1/2} - W_{1/2} = (h_2 + \frac{1}{2}v_2^2) - (h_1 + \frac{1}{2}v_1^2)$

IDEAL

\$W_{in comp}\$

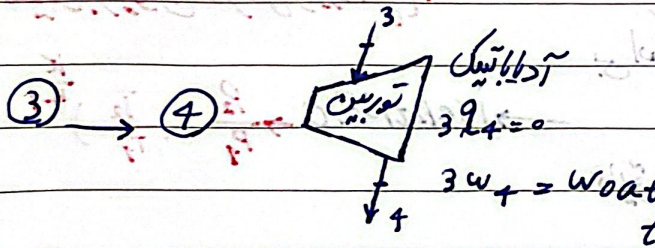
\$W_{in} = h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1)\$

Subject:



$$q_3 - q_2 = (h_3 + \frac{1}{2}V_3^2) - (h_2 + \frac{1}{2}V_2^2) = q_H H_3 - H_2 = c_p(T_3 - T_2)$$

No working in Heat Exchanger



$$q_4 - q_3 = h_4 - h_3 = c_p(T_4 - T_3)$$

$$w_{out} = c_p(T_3 - T_4)$$

$$q_1 - q_4 = h_1 - h_4 = c_p(T_1 - T_4) \rightarrow q_L = c_p(T_4 - T_1)$$

برای آنکه سیکل آروانی

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

طبق تعریف
نسبت فشار
در کمپرسور

$$r_p = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1(\frac{T_2}{T_1} - 1)}{T_2(\frac{T_3}{T_2} - 1)} \rightarrow \eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{P_1^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}{P_2^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$$

IDEA

Subject:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{T_3}{T_4} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

کمپرسور

توربین

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4}$$

بسیار مهم
در سیکل
آرمانی برای تون

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_p^{\frac{k-1}{k}}}$$

بسیار مهم

★ از انبساط است، 0: ★

مثال 1: نیروگاهی با سیکل ایده آل برای تون داریم، نسبت فشار در کمپرسور 8 است.

هوای این سیکل فی مابین دو دمای کمیندی $T_{min} = 300K$ ← T_1

و بیشینه $T_{max} = 1300K$ ← T_2

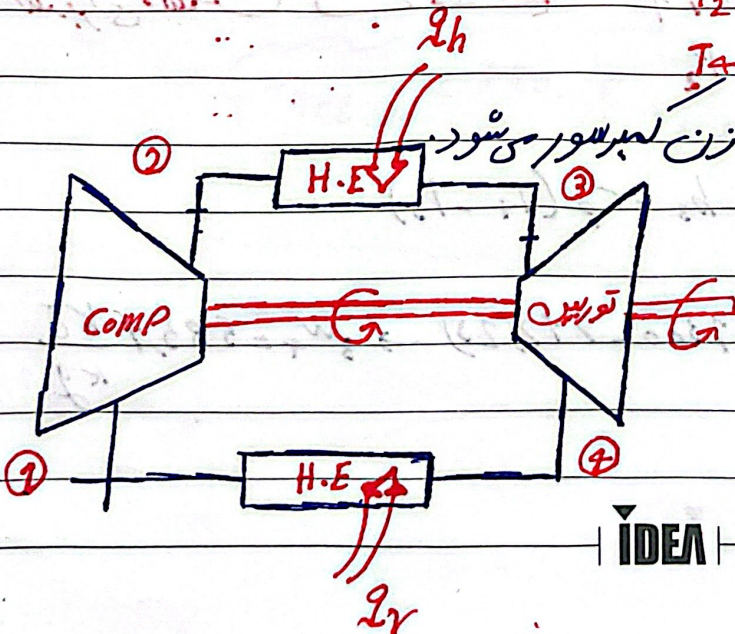
کارم کنر مطلوب است:

الف: دمای گاز خروجی از کمپرسور T_2

ب: دمای گاز خروجی از توربین T_4

ج: در هر کار در خروجی توربین که مخزن کمپرسور می شود

د: راندمان فشاری این سیکل

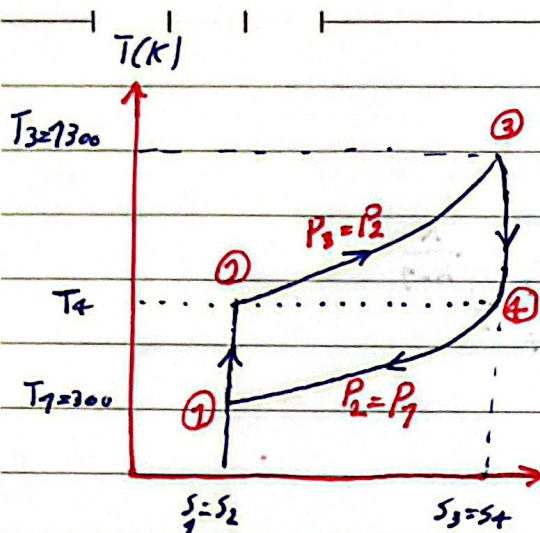


$$\eta_{bw} = \frac{w_{in\ comb}}{w_{out\ Turb}}$$

$$\eta = \frac{w_{net\ out}}{q_h}$$

IDEA

Subject:



$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = (8)^{\frac{1.4-1}{1.4}}$$

$$T_2 = 543.76 \text{ K}$$

حل 1

قانون اول

$$1 \rightarrow 2: 1q_2 - 1w_2 = h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1) \rightarrow 1w_2 = c_p(T_2 - T_1)$$

آر دیاباتیکی و آیزنتروپیک

$$1w_2 = -244.74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow w_{\text{in comp}} = 244.74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{قسمت ب: } \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{1}{8} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}}$$

$$T_4 = T_3 \cdot \left(\frac{1}{8} \right)^{0.286} = (1300 \text{ K}) \left(\frac{1}{8} \right)^{0.286} \rightarrow T_4 = 717.23 \text{ K}$$

$$P_4 = P_1, P_3 = P_2$$

قانون اول

$$3 \rightarrow 4: 3q_4 - 3w_4 = h_4 - h_3 = c_p(T_4 - T_3)$$

$$3w_4 = c_p(T_3 - T_4) = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot (1300 - 717.23) \rightarrow 3w_4 = 585.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{\text{out Turb}} = 585.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

IDEA

قسط ج

نسبت استار $\rightarrow \eta_{6w} = \frac{w_{in\ comp}}{w_{out\ turb}} = \frac{244,74}{585} \rightarrow \eta_{6w} = 0,418 = 41,8\%$

در توربین ها گاز
سهم قابل توجهی از کار خروجی توربین توسط کمپرسور مصرف می شود.

قانون اول برای

② $\rightarrow$ ③ H.E. $\rightarrow 2q_3 - 2\dot{w}_3 = h_3 - h_2 = c_p(T_3 - T_2)$
no working

$$2q_3 = 1,005 \times (1300 - 543,26) = 759,26 \frac{kJ}{kg} \rightarrow q_H = 759,26 \frac{kJ}{kg}$$

قسط > :

کار خالص خروجی

سیکل دروازیروم $\rightarrow w_{net\ out} = w_{out\ turb} - w_{in\ comp} = 585,1 - 244,74$
خال

$$w_{net\ out} = 340,36 \frac{kJ}{kg}$$

$$\eta_{therm} = 0,4483 = 44,83\%$$