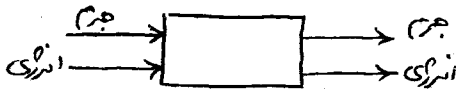


در هر فرآیندی که اتفاق می افتد تبادل جرم و انرژی داریم. همیشه باید جرم ورودی با جرم خروجی تلسان باشد. انرژی در آن ذخیره و انباشته می شود.



دی جرمی = میزان ورودی بر حسب جرم، مثلاً  $1 \text{ kg}$  آب در هر ثانیه از لوله خارج می شود.

دی حجمی = میزان ورودی بر حسب حجم، مثلاً  $1 \text{ m}^3$  آب از لوله در هر ثانیه خارج می شود.

دی خاصیت یک لعیته بر زمان است.

دی حجمی  $q = AV = m^2 \cdot \frac{m}{s} = \frac{m^3}{s} = q$

$q = AV \rightarrow \frac{m^3}{s}$  دی حجمی  $\rightarrow$  خاصیت سیال حجمی

$m = \rho AV = \rho q \rightarrow$  خاصیت سیال حجمی است

تفاوت دی حجمی و دی جرمی از نظر جهت سن به نوع سیال مربوط می شود.

در حالت پایدار، میان پایدار انباشت جرم نداریم.

سیستم = در سیستم تغییر جرم نداریم. جرم وارد و خارج نمی شود. به طور کلی سیستم مجموعه ای با مرز ثابت است.

حجم کنترل = از لحظه ای که جرم وارد یا خارج سیستم شود یا تغییری از طریق انتقال حرارت در سیستم

وجود آید، حجم کنترل وجود می آید.

سبب است سیستم و حجم کنترل = تبادل گرما و کار در هر دو صورت می گیرند.

$F$  مایع  
 $g$  بخار  
 $fg$  ترکیب  
 حالت های ماده

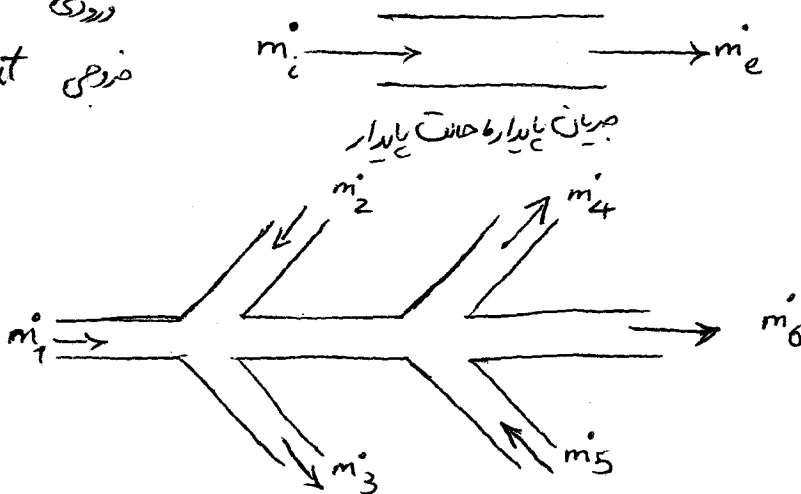
برای دانستن آنتالپی، آنتروپی و انرژی باید بدانیم درودی و خروجی چه مقدار و چه صورت (فازی) انجام می شود.

ماده ای که با خود انرژی حمل می کند، حامل انرژی می گویند. همه این حامل های انرژی ← نفت، گاز، خوردنی، باد

تبادل مبراهه با بخار انرژی است. وقتی جرمی را وارد می کنیم باید چنان مقدار هم را در خروجی ما بدهد.

$i = \text{input}$  درودی

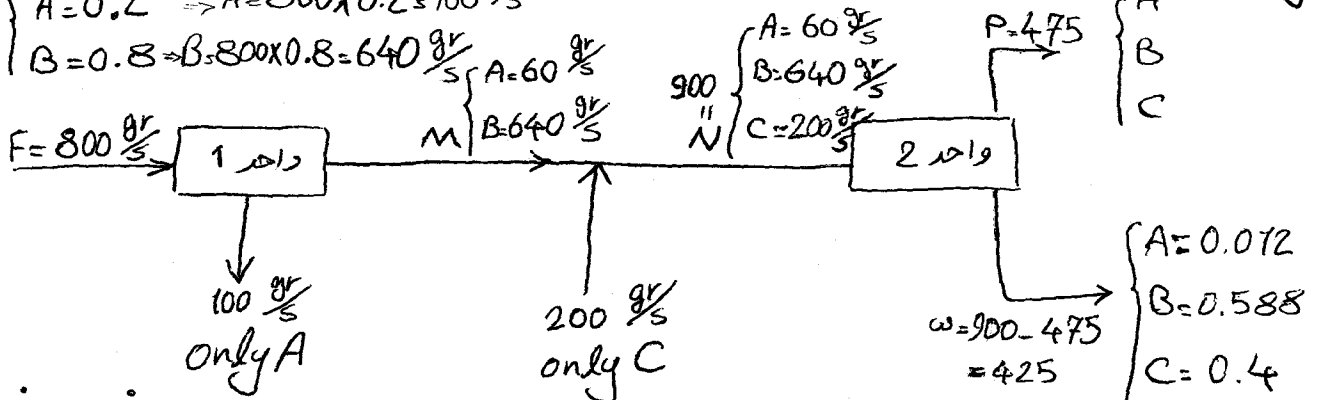
$e = 0 = \text{output}$  خروجی



$$\sum m_i^{\text{درودی}} = \sum m_i^{\text{خروجی}} \Rightarrow m_1 + m_2 + m_5 = m_3 + m_4 + m_6$$

ترکیب مواد ← معیاری از کیفیت محصول است.

$$\begin{cases} A = 0.2 \Rightarrow A = 800 \times 0.2 = 160 \text{ gr/s} \\ B = 0.8 \Rightarrow B = 800 \times 0.8 = 640 \text{ gr/s} \end{cases}$$



$$m_A + m_B + m_C = 475$$

$$P = \begin{cases} A = 60 - x \\ B = 640 - y \\ C = 200 - z \end{cases}$$

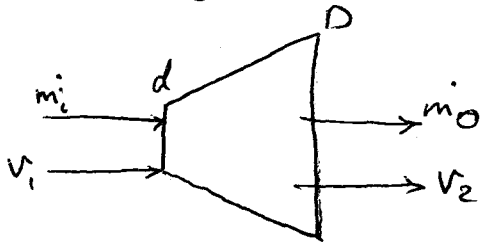
$$\begin{aligned} A &= 425 \times 0.012 = x \\ B &= 425 \times 0.588 = y \\ C &= 425 \times 0.4 = z \end{aligned}$$

ماتریک بقای هم برای موادهای مختلف جدا جدا تعریف می شود.

موازنی هم ← موازنی ماده به ماده  
 موازنی انرژی ← موازنی ماده  
 { بستگی به حالت بستگی به دی ← انرژی دارد.

لیغیت به ترکیب مواد و تلفات انرژی تولید مواد بستگی دارد.

کمانی مطابق شکل رو به رو وجود دارد که جریان  $v_1$  به آن وارد و جریان  $v_2$  از آن خارج می شود.



$$m_i = m_o$$

$$m = \rho A V$$

\* بستگی که دارای روزم ثابت باشد تا الم نیز می شوند.

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \xrightarrow{\rho_1 = \rho_2} A_1 v_1 = A_2 v_2 \implies Q_1 = Q_2$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} r^2 \text{ و } r = d$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \implies \frac{\pi}{4} d_1^2 v_1 = \frac{\pi}{4} d_2^2 v_2 \implies d_1^2 v_1 = d_2^2 v_2$$

$$v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$$

مخرج بزرگتر است پس سرعت خروج کمتر است (یعنی همان نسبت قطر با سرعت) افزایش قطر = کاهش سرعت

$$d_2 > d_1 \implies v_2 < v_1$$

کاهش قطر خروجی (عکس جبهه ای بالا) باعث افزایش سرعت می شود.

سوال: به سینه ها برای مقطع ورودی چیست؟

سوال: موازنی هم را برای ترافیک در یک بزرگراه تحلیل نماید.  
 برای بزرگراهها سینه ها هم می شود ورودی تنگتر بوده و خروجی بزرگتر باشد. این تعداد خروجی های فرعی

در مسیر بزرگراه بیشتر باشد خروجی با ترافیک کمتری دارد ولی اگر در مسیر ورودی های فرعی داشته باشیم

با ترافیک افزوده می شود.

غلظت = میزان یک نسبت در واحد حجم  
 غلظت جرمی ← میزان جرم در واحد حجم  
 در آ - 1000 kg بر امتد مکعب است.

$$\rho = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \quad \rho \text{ غلظت جرمی}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول}}{\text{حجم}}$$

همواره ای مشخص حدود را دارد، و ویژگی غلظتی  
 وقتی مواد با هم ترکیب می شوند، غلظت و خواص آنها تغییر می کند. مثل آب و سسینه.  
 ترکیب جامدات آلیاژی در حد مثل آهن و فولاد

$$\omega_i = \frac{\text{جزء } m}{\text{کل } m} \quad \omega_i \text{ جزء جرمی}$$

هیچکدام واحد ندارند و در حالت کلی با هم برابر نیستند.

$$x_i = \frac{\text{مول جزء}}{\text{مول کل}} \quad x_i \text{ جزء مولی}$$

$$\sum \omega_i = 1 \quad \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1 \quad \sum x_i = 1$$

در یک مخلوط اجزاء با هم برابر نمی شوند.

مسئله: یک مخلوط گازی داریم.  $O_2$  3kg،  $N_2$  5kg و  $CH_4$  12kg دارد. جزء جرمی و جزء مولی

آن را محاسبه کنید. (O=16، N=14، C=12 و H=1)

$$\text{مجموع کل} = 3 + 5 + 12 = 20 \text{ kg}$$

$$\omega_i O_2 = \frac{3}{20}, \quad \omega_i N_2 = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}, \quad \omega_i CH_4 = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}$$

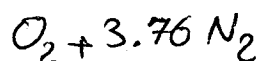
$$\text{mol } O_2 = \frac{3}{32}, \quad \text{mol } N_2 = \frac{5}{28}, \quad \text{mol } CH_4 = \frac{12}{16}$$

$$\text{مجموع کل} = \frac{3}{32} + \frac{5}{28} + \frac{12}{16} = 0.09 + 0.78 + 0.75 = 1.62$$

$$x_i O_2 = \frac{0.09}{1.62}, \quad x_i N_2 = \frac{0.78}{1.62}, \quad x_i CH_4 = \frac{0.75}{1.62}$$

ضریب نفوذ ← یعنی نسبت یک ماده نسبت به ماده دیگر.  
 نفوذ مواد بر روی یکدیگر در یک مجموعه متفاوت است.

$$M_{\text{هوا}} = 29$$



فرمول هوا ←

5  
 پارامترهای سوختن 1. ماده سوختنی 2. اکسیژن 3. جرمه (عکس است)

اگر مخلوط ایده آل یا استوکیومتری باشد هوای که در خارج نسبت می آید  $CO_2$ ،  $H_2O$  و  $N_2$  است.

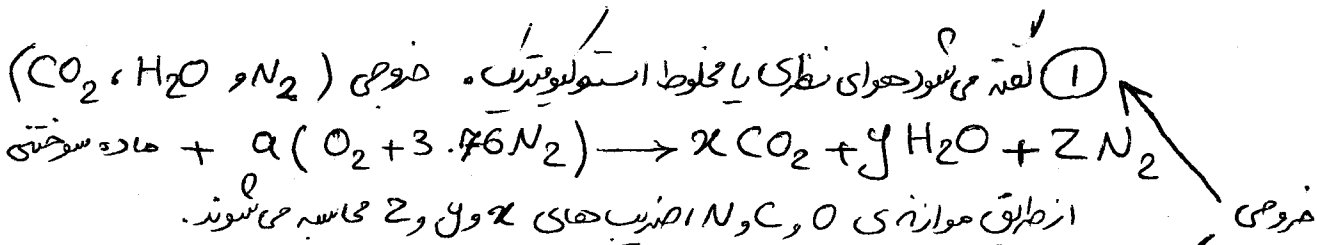
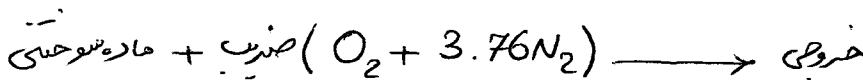
اگر احتراق ناقص باشد در خروجی آلانژید زیاد می شود. برای رفع این مشکل در سوخت نسبت هوا سوخت باید متناسب باشد. و این موثرترین عامل درواکسین سوختن است.

$$AF = \frac{\text{هوا}}{\text{سوخت}}$$

رفع احتراق دائم: ① احتراق استوکیومتری یا احتراق نظری

② اگر مخلوط با هوای بیشتر بسوزد (هوا اضافی)  $CO_2$ ،  $H_2O$ ،  $N_2$ ،  $O_2$

تراز سوختن یا احتراق  $\Rightarrow$



② اگر گفته شود با درصد هوای اضافی. خروجی  $(CO_2, H_2O, N_2, O_2)$

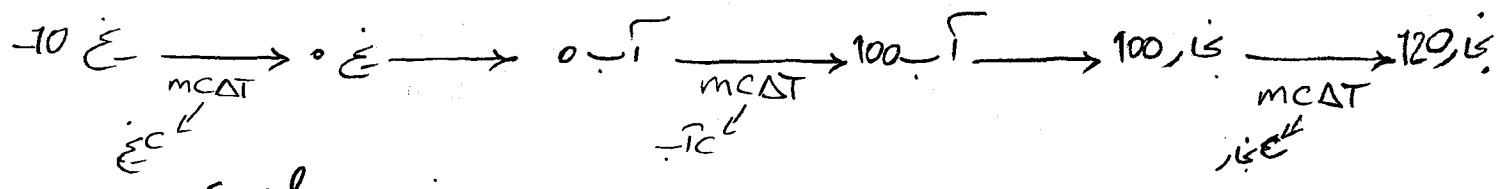
$$a \rightarrow (1+x)a \quad 10a\% \rightarrow 1, 1a$$

کدرصد هوای اضافی

برای اینکه  $CO_2$  کمتر تولید شود باید ضریب x را پایین بیاوریم.  
 هر چه مقدار x کمتر باشد احتراق بچته صورت می گیرد.  
 برای کم کردن x باید زمان سوختن و سازگانه شود.

در یک سیستم حتی در هنگام تغییر فاز دمای تعادل ثابت است.

بخار 120  $\rightarrow$  بخ 10



$$Q = \begin{cases} m l_f & \text{ذوب} \\ m l_v & \text{تبخیر} \end{cases}$$

$\Delta T = T_2 - T_1$   
در تبادل حرارتی دو جسم  $Q = 0$  (بدون تلفات)

مسئله:  $m_1$  kg آب با دمای  $T_1$  با  $m_2$  kg آب با دمای  $T_2$  را با هم ترکیب می‌کنیم. اختلاف دمای

ناحیه فرزن شود. دمای تعادل چگونه را بدست آورید؟

$\sum Q = 0 \Rightarrow Q_A + Q_B = 0$   
 $Q = mC\Delta T$

A  $\left| \begin{matrix} m_1 \\ C \\ T_1 \end{matrix} \right. \rightarrow T_{\text{تعادل}} \rightarrow Q_A = m_1 C (T - T_1)$  , B  $\left| \begin{matrix} m_2 \\ C \\ T_2 \end{matrix} \right. \rightarrow T_{\text{تعادل}} \rightarrow Q = m_2 C (T - T_2)$

$\sum Q = 0 \Rightarrow m_1 C (T - T_1) + m_2 C (T - T_2) = 0 \Rightarrow m_1 T - m_1 T_1 + m_2 T - m_2 T_2 = 0$

$\Rightarrow m_1 T + m_2 T = m_1 T_1 + m_2 T_2 \Rightarrow T (m_1 + m_2) = m_1 T_1 + m_2 T_2 \Rightarrow T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$

چون  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$   
 $T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2}$

مسئله: مقداری آب 90°C را روی همان مقدار یخ 0°C می‌ریزیم. دمای تعادل چقدر می‌شود؟

$C_{H_2O} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$        $l_f = 80 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$

تلفه: واحدهای دریا  $\rightarrow$  کول (اصلی) انرژی  $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$

$C = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \rightarrow \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$  واحد دریا  
تلفه: واحدهای دریا  $\frac{\text{J}}{\text{kg}} = \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$

وان توان

T<sub>1</sub> = 20°C H<sub>2</sub>O    T<sub>2</sub> = 0°C ع

یخ صفر + آب = 90 - سیستم

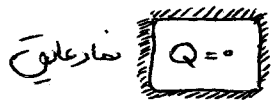
Q<sub>آب</sub> + Q<sub>یخ</sub> = 0

فرض می کنیم دمای تعادل θ باشد  
90 - آ → θ - آ → Q<sub>آ</sub> = mc(θ - 90) = m × 1 × (θ - 90)

یخ صفر → آ - صفر → θ - آ → Q<sub>یخ</sub> = m × 80 + mc(θ - 0)

Q<sub>آ</sub> + Q<sub>یخ</sub> = 0    m × 1 × (θ - 90) = m × 80 + mcθ    c<sub>آ</sub> = 1  
m(θ - 90) = m(80 + θ) ⇒

پس در هر مرحله ای که تغییر فاز داشته باشد باید در قسمت تغییر فاز اثر زوب بود m.l<sub>f</sub> و اگر تغییر دما داشته باشد m.l<sub>v</sub> محاسبه کنیم.



در فرآیند آدیاباتی (بی در و با احتیاق) Q=0 است.

Q=0 برای آدیاباتی. البته برای صنعت هر چند انتقال حرارت صورت می گیرد ولی Q=0 می گیرند.

سایر حالت: 1 گاز 2 مایع 3 دو فازی 4 جامد

گاز: 1 ایده آل (مطلوب) 2 حقیقی  
P.V = nRT    T<sub>k</sub> = C + 273    n = m/M  
↑ حجم    ↑ تعداد مول    ↑ دمای مطلق    ↑ جرم مولی

2 برای گازهای حقیقی همین رابطه با اضافه کردن یک ضریب تراکم پذیری (Z) نوشته می شود.  
P.V = Z nRT

تغییر انرژی درونی (Δu) برای گازهای ایده آل ← Δu = nC<sub>v</sub>ΔT  
که تابعی از دما است. C<sub>v</sub> ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت. ΔT اختلاف دماست.

در مورد مواد جامد یک ظرفیت گرمایی ویژه داریم که همین C است. اما برای گازها C<sub>v</sub> و C<sub>p</sub> تعریف می کنند.

درجه آزادی    درجه آزادی  
C<sub>p</sub> / C<sub>v</sub>    ⇒ C<sub>p</sub> > C<sub>v</sub>    همیشه C<sub>p</sub> بزرگتر از C<sub>v</sub> است.

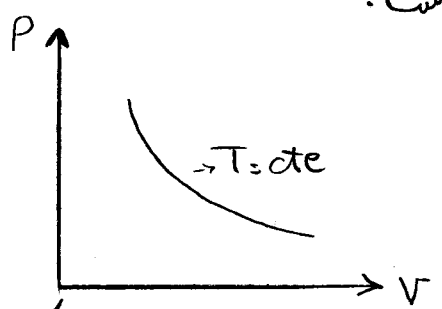
$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$  ضریب انبساطی ،  $C_p - C_v = R$  ،  $\gamma = 1.4$  ،  $C_v = 3.2 R$

تغییر انرژی درونی یک گاز تابع جنس گاز است و دما، یعنی انرژی درونی که دما تغییر نکند،  $\Delta U$  برابر خواهد است.

مزانند هم دما یعنی در طول میزانند  $P.V = cte$  باشد.

$P.V = cte = k$        $P = \frac{k}{V}$

مزانند هم دما برای گاز ایده آل روی  $P-V$  حتماً یک نمودار نزولی است. و حتماً منحنی است.



همه مزانندی که هم دما باشد دمای ابتدا و انتها سبب مساوی است. ولی الزاماً هرگاه دمای ابتدا و انتها یکسان

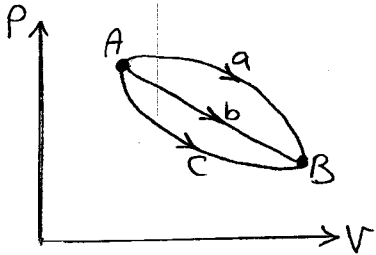
بود مزانند هم دما محسوب نمی شود.

$\Delta U = 0 \leftarrow T_1 = T_2$

همه مزانند هم دما  $\Delta U = 0$  است.

$\Delta U = 0 \leftarrow$  چرخه

$\Delta U$  برای گاز ایده آل تابع نوع مزانند نمی باشد. به شرطی که ابتدا و انتها یکی باشد.



$\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c$

$\Delta U$  تابع حالت است نه مسیر.

برای آنالیز انرژی یک گاز:   
 1. سرعت   
 2. انرژی

یک مزانند یا کارده است یا کارگیر.

مزانندی که فضا رخنه ای ایجاد کند؛ یعنی نسبت به درخت و مهندسی توصیه نمی شود. هزینه هم بسیار زیاد است. با فضا زیاد دما بالا می رود.

کمتر و کار به نوع مزانند بستگی دارند.

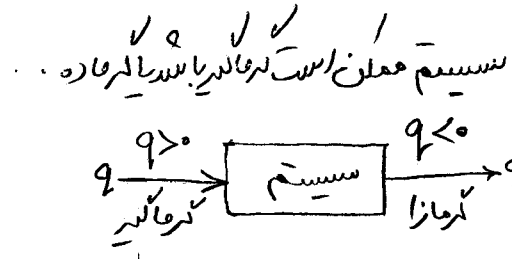


موازنه انرژی در سیستم:

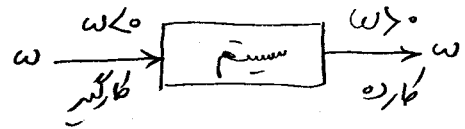
$$Q - W = \Delta U$$

قانون اول ترمودینامیک در موازنه انرژی

$Q = 0$  اگر علقه باشد  
 $\Delta U = 0$  اگر هم در حالت باشد



سیستم مغلن است ماده با تبدیلیه واحد کار وول است.



$$\Delta U = n C_v (T_2 - T_1)$$

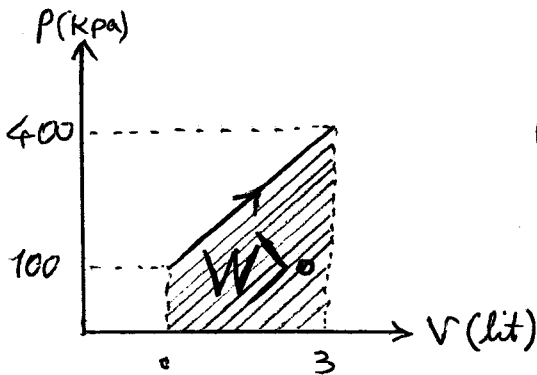
1 سیستمی که کار تولید کند می تواند در این توان که در آن می شود قابل تبدیل به کار است.

$W = P \cdot t$        $P = \frac{W}{t}$        $P = \text{توان}$        $t = \text{زمان}$

2 مساوی که تابع فشار بر حسب حجم تعریف می شود. واحد کار جول است.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV$$

W: سطح محصور نمودار P-V مقدار کار را نشان می دهد.



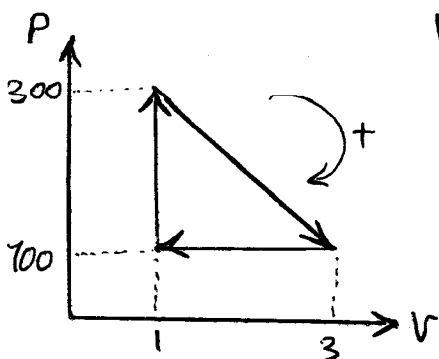
$W < 0$  کاهش حجم       $W > 0$  افزایش حجم

$$W = \frac{1}{2} (100 + 400) \times 2$$

مساحت ذوزنقه

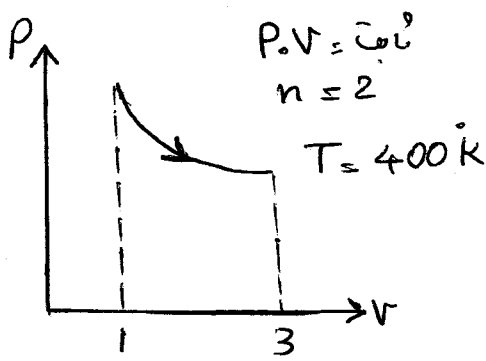
موضوع: مجموعه چند فرآیند متوالی که به نقطه‌ای ابتدایی ختم می شود.

فرآیندهای که در جهت عقربه‌های ساعت طی می شود مثبت است.  $W > 0$ .  
 W سطح آن شکل بسته است.



در فرآیندهای که شکل های پلاستیک هندی داریم مثل مثلث و ذوزنقه

W از طریق همسایه‌ی مساحت بدست می آید.



$$\omega = 2 \times 8.3 \times 400 \ln \frac{3}{1}$$

$$\omega = \int P \cdot dV$$

$$P, V, T \neq \text{constant} \rightarrow P \cdot V = K \rightarrow \left( P = \frac{K}{V} \right)$$

$$\omega = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{K}{V} dV = K \left[ \ln V \right]_{V_1}^{V_2} = K \ln \frac{V_2}{V_1}$$

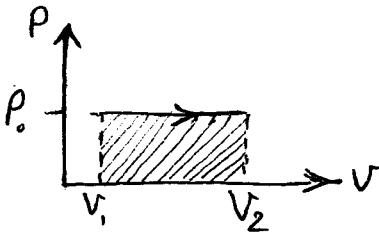
$$= K \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \boxed{\omega = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

کار فرآیند ثابت دما  
ایزوال

$$\omega = \begin{cases} \omega = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \\ \omega = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \\ \omega = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2} \end{cases}$$

در مورد فرآیند ثابت دما باید بدانیم که در این فرآیند دما ثابت است.

کار در فرآیند حجم ثابت برابر صفر است.  $\omega = 0$

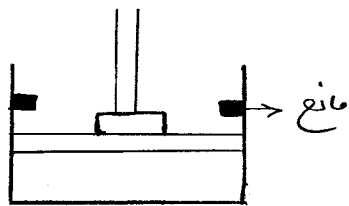


$$\omega = P_0 (V_2 - V_1)$$

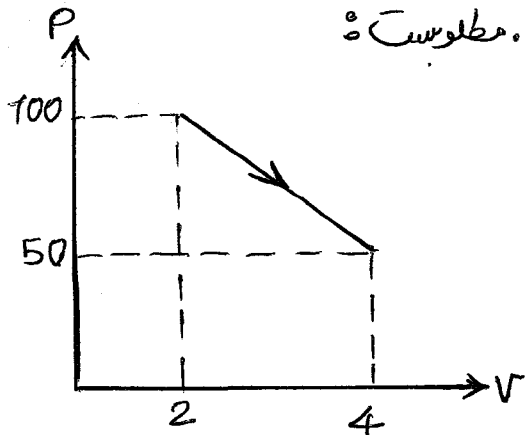
کار در فرآیند فشار ثابت

آیا در فرآیند فشار ثابت، کار انجام می‌دهد؟

بله، زیرا در فرآیند فشار ثابت، حجم تغییر می‌کند.



مثال: 2 mol گاز ایده‌آل فرآیندی مطابق شکل را طی می‌کند. مطلوب است:



الف - توضیح دهید فضای کار در طی فرآیند چگونه تغییر کرده است؟

ب - تغییر انرژی درونی، کار و گرما در طول فرآیند چقدر است؟

ج - ما تسعیم دمای گاز در طول فرآیند چقدر است؟

$$C_V = \frac{3}{2}R \quad \text{و} \quad R = 8$$

مساحت زیر منحنی

$$W = \frac{1}{2}(100+50) \times 2 = 150 \text{ J}$$

12

د- در دمای ماکسیمم فشار و حجم گاز چه است؟

$$P_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow T_1 = 12.5$$

$$P_2 V_2 = nRT_2 \Rightarrow T_2 = 12.5$$

چون تغییرات دما در این پروسه مساوی است  $\Delta U = 0$

ه- ماکسیمم انرژی درونی در طی کار چقدر است؟

چون دما ثابت است  $T_1 = T_2$  پس انرژی درونی در ابتدا و انتهای پروسه یکسان است.

$$\Delta U = 0 \Rightarrow \Delta U = Q - W \Rightarrow Q = W \Rightarrow Q = 150 \text{ J}$$

$$P \cdot V = nRT \Rightarrow T = \frac{P \cdot V}{nR}$$

\* معادله حالت: برای اینکه آماکسیم باشد باید  $P \cdot V$  ماکسیم باشد.

\* معادله خط: چون نسبت  $P$  به  $V$  در این پروسه ثابت است. ضلع مقابل  $P$  برابر  $a$  و ضلع مجاور  $V$  برابر  $1/2$  است.

$$P = -25V + a \rightarrow 100 = -25 \times 2 + a \rightarrow a = 150 \Rightarrow P = -25V + 150$$

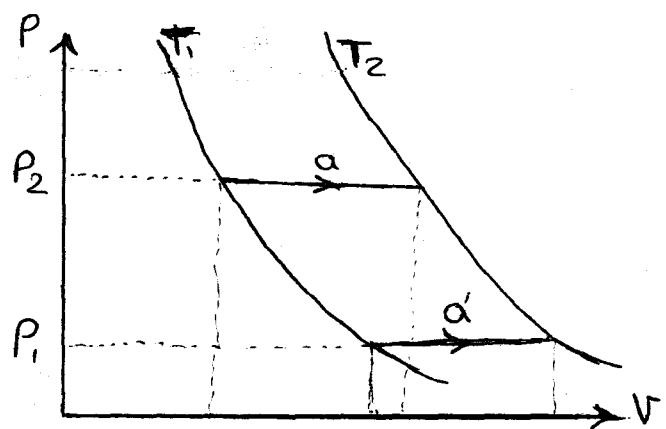
$$T = \frac{P \cdot V}{nR} \Rightarrow \frac{(-25V + 150)V}{nR} = \frac{1}{nR} [-25V^2 + 150V]$$

چون می خواهیم  $T$  ماکسیمم باشد باید  $\frac{dT}{dV} = 0$  باشد. یعنی مشتق  $T$  برابر صفر است.

$$-50V + 150 = 0 \Rightarrow V = 3, P = 75$$

$$T_{\max} = \frac{3 \times 75}{nR}$$

$$U_{\max} = nC_v T_{\max}$$



مسئله:  $Q, W$  و  $\Delta U$  هر دو برابرند  $(a', a)$  بر سر خط. مساحت حاصل کار از این پروسه ماکسیمم است. فرآیند فشار ثابت: سطح زیر منحنی برابر با کار است.

$$W = P(V_2 - V_1)$$

$$W = PV_2 - PV_1 = nRT_2 - nRT_1$$

$$W = nR(T_2 - T_1)$$

التر نقاط ابتدا و انتها دما یکسان است پس  $W_1 = W_2$

$$W_1 = W_2 \text{ و } \Delta U_1 = \Delta U_2 \Rightarrow Q - W = \Delta U \Rightarrow Q_1 = Q_2$$

البته در فرآیند فشار ثابت چون دماها برابر است پس  $\Delta U_1 = \Delta U_2$  با هم برابر است.

$$\Delta U_2 = \Delta U_1 \xrightarrow{\text{یعنی}} T_1 = T_1' \text{ و } T_2 = T_2' \xrightarrow{\text{در نتیجه}} Q - W = \Delta U \Rightarrow Q_1 = Q_2$$

$C_p, C_v =$

مسائلی که خواص ثابت نباشند:  
خواص ثابت مانند  $C_p, C_v, \rho, C$

$C \neq cte \Rightarrow Q = \int_{T_1}^{T_2} m C_{(T)} dT$

$C \neq cte \Rightarrow \Delta u = \int_{T_1}^{T_2} n C_v dT$

$C = aT + B \Rightarrow Q = \int_{T_1}^{T_2} m C dT = m \int_{T_1}^{T_2} C dT = m \int_{T_1}^{T_2} (aT + b) dT$

\*  $\int T^n = \frac{1}{n+1} T^{n+1} \Rightarrow Q = m \left[ \frac{a}{1+1} T^{1+1} + \frac{b}{0+1} T^{0+1} \right]_{T_1}^{T_2}$

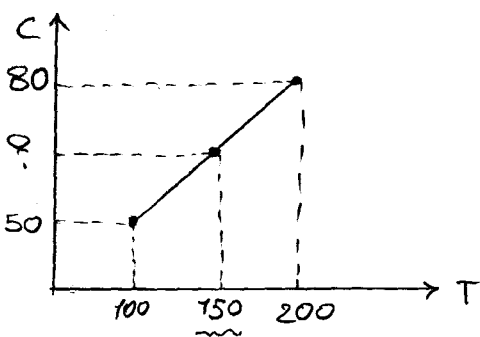
$Q = m \left[ \frac{a}{2} T^2 + bT \right]_{T_1}^{T_2} = \left[ \frac{a}{2} T_2^2 + bT_2 - \frac{a}{2} T_1^2 - bT_1 \right] m$

سؤال: اگر  $C$  را به شکل تابعی از دما بدهیم، صورت بالا جایگزین می‌کنیم. یعنی در واقع باید تبدیل کردی کنیم.

سؤال:  $C = 0.2T + 5$        $C = T^2 + 3T$

اگر با استفاده از جدول باید دما را حساب کنیم؟ روش زیر مناسب می‌کنیم.

T	100	200	300
C	50	80	90



سؤال:  $C$  را در دمای 150 حساب کنیم!

$\frac{C - C_B}{T - T_B} = \frac{C_A - C_B}{T_A - T_B}$

$\frac{C - 80}{150 - 200} = \frac{50 - 80}{100 - 200} \Rightarrow C = 65$

1 در مورد قانون مولزنی انرژی در یک سیستم  $\Delta u = Q - W$  چون  $Q$  و  $W$  تابع نوع مسیر یا فرآیند هستند

بنابراین باید اطلاعات مربوط به فرآیند را بدانیم، یا فن  $Q$  و  $W$  و  $\Delta u$  در یک فرآیند

2 امکان دارد نوع فرآیند را دانسته باشیم و ضابطه دوگسیت را نسبت بهم درست آوریم. (ضابطه‌ای فرآیند)

3 نسبت آوردن  $Q$ ،  $W$  و  $\Delta u$  در فرآیند باید ضابطه مشخصی توسط طراح

فرانژید پلی تروپیک :

فرانژی است که در آن  $P.V^n = cte$  است.  $n$  توان پلی تروپیک است.

اگر  $n=1$  باشد در شیم  $P.V^1 = cte$  در شیم به رابطه ای هم در فای رسم.

اگر  $n=0$  باشد  $P.V^0 = cte$  و  $V=1$  در شیم  $P=cte$  یعنی فرانژید عسار ثابت.

اگر توان  $P$  یک نبود در شیم باید توهم داشت که یا قابل تبدیل است یا خیر :

1)  $P^2 V^3 = cte \Rightarrow (P^2 V^3)^{1/2} = (cte)^{1/2} \Rightarrow PV^{3/2} = cte$  ← عنوان مثال

2)  $P = \frac{K}{V^3} \Rightarrow P.V^3 = cte, n=3$

3)  $P^3 V^4 = cte \Rightarrow (P^3 V^4)^{1/3} = (cte)^{1/3} \Rightarrow PV^{4/3} = cte, n=4/3$

$P.V^\gamma = cte \Rightarrow n = \gamma = \frac{Cp}{Cv}$  فرانژید اینزوتروپیک

فرانژید پلی تروپیک که توان  $n$  آن برابر  $\gamma$  باشد فرانژید اینزوتروپیک گویند یعنی فرانژید یک در روی یک بر شست پذیر.

نمودار همبسته غیر خطی است. ضریب انقباض  $\gamma =$

اگر متوجه شدیم که فرانژی پلی تروپیک هست یعنی  $P$  را بر حسب  $V$  حساب کنیم و از طریق آن  $w$  و  $Q$  را حساب کنیم. هوازهی انرژی در یک کشور توسط ترازنامه ی انرژی آن کشور سنجیده می شود.

ساخت انرژی مصرف  $EJ =$  تولید  
ساخت انرژی : هر چه قدر  $EI$  کمتر باشد بهتر است. مثال : محاسبه کنید

$P.V^3 = cte$   
 $P_1 = 100, P_2 = 400$   
 $V_1 = 10, V_2 = ?$   
 $w = \int P dV \rightarrow P = \frac{K}{V^3} \Rightarrow \int \frac{K}{V^3} dV \Rightarrow K \int V^{-3} dV$   
 $\Rightarrow K \left[ \frac{V^{-2}}{-2} \right]_{V_1}^{V_2} \Rightarrow \left[ \frac{V^{-2}}{-2} \right]_{V_1}^{V_2} K \Rightarrow w =$

$\Rightarrow K = P_1 V_1^3 \rightarrow K = 100 (10)^3 = 10^5 \Rightarrow P_1 V_1^3 = P_2 V_2^3 \Rightarrow 10^5 = 400 \times V_2^3 \Rightarrow V_2 =$

در مورد حسابی که  $\Delta u$  ربطی به نوع فرآیند ندارد از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$\Delta u = nC_v(T_2 - T_1)$$

تغییرات  $P_1 V_1 = nRT_1 \rightarrow$   $T$  نسبت می‌آید

$$Q - W = \Delta u$$

$P_2 V_2 = nRT_2 \rightarrow$   $T$  نسبت می‌آید

مثال: یک گاز مولاری انرژیک برای یک فرآیند اینترتروپیک، رابطه  $P$  به حسب  $V$  برای یک گاز ایده‌آل

$$Q = 0 \quad \Delta u = Q - W \Rightarrow \Delta u = -W$$

نسبت آورید! در فرآیند اینترتروپیک (درمانی که به نسبت پذیر است)

$$nC_v dT = -PdV \Rightarrow nC_v dT = -\frac{nRT}{V} dV$$

در فرآیند اینترتروپیک  $PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$

$$\Rightarrow C_v \frac{dT}{T} = -R \frac{dV}{V} \quad , \quad C_p - C_v = R$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{T} = -\frac{C_p - C_v}{C_v} \frac{dV}{V} \Rightarrow \frac{dT}{T} = -(\gamma + 1) \frac{dV}{V} \Rightarrow \int \frac{dT}{T} = -(\gamma + 1) \int \frac{dV}{V}$$

$$\Rightarrow \ln T \Big|_{T_1}^{T_2} = -(\gamma + 1) \ln V \Big|_{V_1}^{V_2} + C \Rightarrow \ln T \Big|_{T_1}^{T_2} = \ln V^{-(\gamma + 1)} \Big|_{V_1}^{V_2} \Rightarrow \ln T_2 - \ln T_1 = \ln(V_2)^{-(\gamma + 1)} - \ln(V_1)^{-(\gamma + 1)}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{T_2}{T_1} = \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{-(\gamma + 1)} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{-(\gamma + 1)}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 V_2 / nR}{P_1 V_1 / nR} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{-\gamma} \times \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^1$$

$P_1 V_1 = nRT_1$   
 $P_2 V_2 = nRT_2$

$$\frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma \times \left( \frac{V_2}{V_1} \right) \Rightarrow P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow PV^\gamma = \text{const}$$

$PV^\gamma = \text{const}$  اینترتروپیک  $Q - W = \Delta u$  در حالت اول:

$$-W = \Delta u \rightarrow -PdV = nC_v dT$$

$$\Rightarrow PV = nRT \xrightarrow{\text{دifferential}} VdP + PdV = nRdT \rightarrow dT = \frac{VdP + PdV}{nR}$$

$$-PdV = \frac{1}{nR} \times nC_v (VdP + PdV) = (PdV)R + C_v VdP + C_v PdV$$

$$\Rightarrow \underbrace{[R + C_v]}_{C_p = \gamma C_v} PdV + C_v VdP = 0 \Rightarrow \gamma PdV + VdP = 0 \Rightarrow PV^\gamma = \text{const}$$

$$C_p = \gamma C_v$$

مسئله: گاز ایده‌آلی در یک فرآیند  $P.V^3 = \text{cte}$  از شرایط اولی به  $P_1=50$ ,  $P_2=100$ ,  $V_1=1$ ,  $V_2=?$  می‌رسد.

$P.V^3 = \text{cte} \Rightarrow P = \frac{K}{V^3}$

$P_1=50 \rightarrow P_2=100$

$V_1=1 \rightarrow V_2=?$

$n = 1 \text{ mol}$

$C_v = \frac{3}{2}R$

$P_1 V_1^3 = K$

$50 \times 1^3 = K \Rightarrow 50$

$P_1 V_1^3 = P_2 V_2^3 \Rightarrow 50 = 100 \times V_2^3 \Rightarrow V_2 = \sqrt[3]{0.5} = 0.8$

الف - دمای ابتدا و انتهای فرآیند  
 ب - کار انجام شده در طول فرآیند  
 ج - میزان انتقال حرارت در طول فرآیند  
 د - رسم نمودار P-V

$w = \int P dV \Rightarrow w = \int \frac{K}{V^3} dV = K \int \frac{dV}{V^3}$

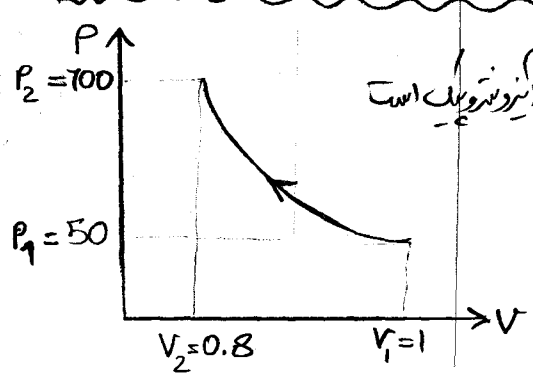
$\Rightarrow K \left[ \frac{V^{-2}}{-2} \right]_{V_1}^{V_2} \Rightarrow 50K \frac{V_2^{-2} - V_1^{-2}}{-2} = 50K \frac{(0.8)^{-2} - 1^{-2}}{-2}$

$w = -14 \text{ J}$

$P_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow 50 \times 1 = 1 \times 0.082 \times T_1 \Rightarrow T_1 = 609$  و  $P_2 V_2 = nRT_2 \Rightarrow T_2 = 975$

$\Delta u = n C_v \Delta T = 1 \times \frac{3}{2} \times 0.082 \times (T_2 - T_1) \Rightarrow \Delta u = 43.5$

$Q - w = \Delta u \Rightarrow Q = \Delta u + w \Rightarrow Q = 30$



منحنی  $\leftarrow$  چون فرآیند ایزوترمیک است باید غنیه خطی رسم شود.

نکته: برای ترمویک هم غنیه خطی است.

مسئله: رابطه  $w$  و  $\Delta u$  را برای یک فرآیند ایزوترمیک درست آورید.

$\Delta u = -w \leftarrow Q - w = \Delta u \leftarrow Q = 0$  در فرآیند ایزوترمیک

$P.V^\delta = K \Rightarrow P = \frac{K}{V^\delta}$

$w = \int P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{K}{V^\delta} dV = K \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\delta} = K \left[ \frac{V^{-\delta+1}}{-\delta+1} \right]_{V_1}^{V_2}$

موازنه انرژی: ۱- کل مجموعه سیستم  
 ۲- درون سیستم یا حجم کنترل

انجام موازنه انرژی برای رسیدن به یک حالت پایدار است (T)

پارامترهایی که در رابطه با انرژی داریم: ۱- کما 2- کار 3- انرژی درونی 4- تلفات

در واقع انرژی رابطه ای است بین کما، کار و انرژی درونی.

ارتباط بین کما + کار + انرژی درونی ← قانون اول ترمودینامیک است که هم برای سیستم است هم برای حجم کنترل

۱- جامد } ماده به چند حالت:  
 ۲- مایع }  
 ۳- گاز }  
 ۴- ترسبات دو فازی }  
 وجود در درجه که عمدتاً به صورت مایع و بخار است.

جامد (S) یک مقدار درجه نام T<sub>1</sub>. انتقال حرارت در جامدات به صورت  $Q = mc\Delta T$  است.

اختلاف دما  
 ظرفیت گرمایی ویژه  
 کما

که برای کل جسم در نظر گرفته می شود.  
 اختلاف دما و انتقال حرارت باعث تغییر دما می شود.

ویژگی های یک منبع گرمایی: به منبع جسمی حرارتی می گویند. 1- توان گرمایی دارد (P) 2- زمان

$Q = P \cdot T \cdot \gamma$  زمان  
 زمان = زمان منبع حرارتی، حجم راندها، سیستم باشد Q سیستم است.

زمان به حسب ک برآورد می آید.  $Q = Q_{\text{جسم}} = P \cdot T \cdot \gamma = m \cdot c \cdot \Delta T$   
 از آنجا که  $Q = Q_{\text{جسم}}$  می توان به واحدها  $P \cdot T \cdot \gamma$  را از زمان (S) راندها  $m \cdot c \cdot \Delta T$  اختلاف دما (K)  $Q$  منبع انرژی به واحد رول

مصرف کار برای گرم کردن مقداری آب مورد نظر باشد.  
 میزان صرفه جویی باید زیاد باشد، باید راندها منبع بالا باشد، در نتیجه مقدار مصرف کار کم می شود. در جسم

کما هم فرار می کنند، اختلاف دما باعث انتقال حرارت می شود، در تعادل برآورد.