

$\lim_{P \rightarrow P^*} \left( \frac{f}{P} \right) = 1$  (فشار واقعی به فشار استاندارد میل می‌کند)

$$g = g^* + RT \ln \frac{f}{f^*}$$

$$h = h^* + RT \ln \frac{f}{f^*}$$
\*  $\rightarrow P, T$

$\frac{f}{P}$  (فشار نسبی)

$g - g^* = RT \ln \frac{f}{f^*} = \left[ \int_{P^*}^P v dp \right]_T$

در این حالت  $v$  ثابت است (فشار کم)

$RT \ln f = RT \ln f^* + \left[ \int_{P^*}^P v dp \right]_T$  (فشار کم)

$RT \ln P = RT \ln P^* + RT \int_{P^*}^P \frac{dp}{P}$  (فشار زیاد)

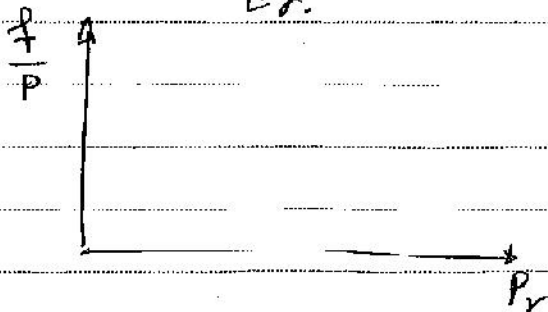
تغییر  $v$  در  $P$

$RT \ln \left( \frac{f}{P} \right) = RT \ln \left( \frac{f^*}{P^*} \right) + \left[ \int_{P^*}^P \left( v - \frac{RT}{P} \right) dp \right]_T$  (\*)

$\left[ PV = ZRT \right]_T, \left[ T_r, P_r \right]$  (میدان)

$\left( \ln \frac{f}{P} \right)_T = \left[ \int_{P^*}^P (1 - Z) d \ln P_r \right]_T$

در این حالت  $v$  ثابت است



$\left[ PV = RT \right]$

در این حالت  $v$  ثابت است

در این حالت  $v$  ثابت است

در این حالت  $v$  ثابت است

Subject.

Year. Month. Date. ( )

Partial molar property derivation

$$d\bar{G}_i = d\mu_i = RT d(\ln f_i)_T \quad (I)$$

$$\lim_{P_i \rightarrow 0} \left( \frac{f_i}{P_i} \right) = 1 \quad \lim_{P \rightarrow 0} \frac{f_i}{x_i P} = 1$$

$$\bar{G}_i = \bar{G}_i^* + RT \ln \frac{f_i}{f_i^*}$$

$$\bar{G}_i - \bar{G}_i^* = RT \ln \frac{f_i}{f_i^*} = \int_{P^*}^P \bar{V}_i dp \quad (II)$$

$$P^* \rightarrow 0 \quad \frac{f_i^*}{x_i P^*} = \frac{f_i^*}{P_i^*} = 1$$

$$(*) \quad \ln f_i = \ln(x_i P) + \left\{ \int_0^P \left[ \frac{\bar{V}_i}{RT} - \frac{1}{P} \right] dp \right\}_T$$

$$d\bar{G}_i = d\mu_i = -\bar{S}_i dT + \bar{V}_i dp$$

$$\left( \frac{\partial \bar{G}_i}{\partial P} \right)_T = \left( \frac{\partial \mu_i}{\partial P} \right)_T = \bar{V}_i$$

$$(II) \rightarrow \left( \frac{\partial \ln f_i}{\partial P} \right)_T = \frac{\bar{V}_i}{RT} \quad \checkmark$$

$$(III) \rightarrow \left( \frac{\partial \bar{G}_i}{\partial T} \right)_P - \left( \frac{\partial \bar{G}_i^*}{\partial T} \right)_{P^*} = R \ln \frac{f_i}{f_i^*} + RT \left[ \left( \frac{\partial \ln f_i}{\partial T} \right)_P - \left( \frac{\partial \ln f_i^*}{\partial T} \right)_{P^*} \right]$$

$$R \ln \frac{f_i}{f_i^*} = \bar{G}_i - \bar{G}_i^*$$

$$\left( \frac{\partial \ln f_i^*}{\partial T} \right)_{P^*} = 0$$

Subject:

Year:      Month:      Date:      ( )

$$\bar{S}_i^* - \bar{S}_i = \frac{\bar{G}_i}{T} - \frac{\bar{G}_i^*}{T} + RT \left( \frac{\partial \ln f_i}{\partial T} \right)_P$$

$$\bar{G}_i = \bar{H}_i - T\bar{S}_i$$

$$\left( \frac{\partial \ln f_i}{\partial T} \right)_P = \frac{\bar{H}_i^* - \bar{H}_i}{RT^2}$$

... mixing of P.M.P. !  $\bar{S}_i^*$  is  $\bar{S}_i^*$   
 Enthalpy

$$\left( \frac{\partial \ln f_i^0}{\partial P} \right)_T = \frac{v_i^0}{RT}$$

$$\left( \frac{\partial \ln f_i}{\partial T} \right)_P = \frac{h_i^* - h_i^0}{RT}$$

is  $\bar{S}_i^*$

Ideal solution

(Flouid state)

... mixing of  $f_i$  also

$$f_i = f_i^0 x_i$$

... mixing of  $f_i$

$i > j$

$$\left[ \frac{\partial \ln \left( \frac{f_i}{f_i^0} \right)}{\partial P} \right]_T = \frac{\bar{V}_i - v_i^0}{RT} \Rightarrow \boxed{\bar{V}_i = v_i^0}$$

$$\left[ \frac{\partial \ln \left( \frac{f_i}{f_i^0} \right)}{\partial T} \right]_P = \frac{h_i^0 - \bar{H}_i}{RT^2}$$

$$f_i = x_i f_i^0$$

$$\bar{H}_i = h_i^0$$

... mixing of  $f_i$

... mixing of  $f_i$

$$V_{\text{after mixing}} = \sum_i n_i \bar{V}_i$$

$$V_{\text{before mixing}} = \sum_i n_i v_i^0$$

Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: ( )

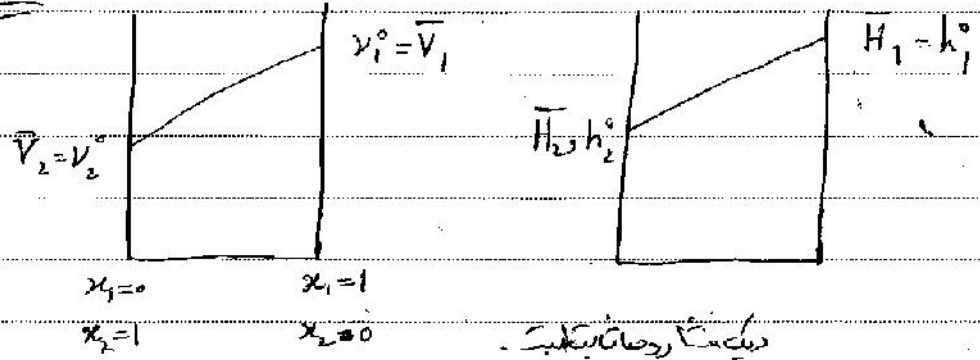
$$\Delta V_{\text{mixing}} = V_{\text{after}} - V_{\text{before}} = \sum_i n_i (\bar{V}_i - V_i^{\circ}) = 0$$

$\Delta V_{\text{mixing}} = 0$  because of the fact that the total volume of the mixture is equal to the sum of the volumes of the pure components. This is a characteristic of an ideal solution.

$$\Delta H_{\text{mixing}} = 0$$

$$V = (1-x_2)\bar{V}_1 + x_2\bar{V}_2 \iff V = (1-x_2)V_1^{\circ} + x_2V_2^{\circ}$$

de mo



Substitution, Euler

$$(d\bar{G}_i)_T = RT d \ln (f_i^{\circ} x_i) = RT d [\ln f_i^{\circ} + \ln x_i]$$

$$\implies \int_{g_i^{\circ}}^{\bar{G}_i} d\bar{G}_i = \int_{x_i=1}^{x_i} RT d(\ln x_i)$$

$$\implies \bar{G}_i = g_i^{\circ} + RT \ln x_i$$

$$\implies \bar{H}_i = h_i^{\circ} + RT \ln x_i$$

$$\bar{G}_i = \bar{H}_i - T\bar{S}_i$$

PAPCO pure:  $g_i^{\circ} = h_i^{\circ} - TS_i^{\circ}$



Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$\bar{s} - s_i^\circ = \frac{\bar{H}_i - h_i^\circ}{T} - \frac{\bar{G}_i - g_i^\circ}{T}$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{s}_i - s_i^\circ = -R \ln x_i}$$

$$\Delta S_{\text{mixing}} = \sum_i n_i (\bar{s}_i - \bar{s}_i^\circ) = - \sum_i n_i R \ln x_i$$

Flow taking place in container  
is flow

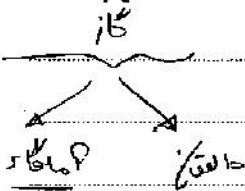
$$\text{Mixture: } \left\{ \begin{array}{l} x_{\text{CH}_4} = 0.75 \quad \text{CH}_4 \\ x_{\text{C}_2\text{H}_4} = 0.25 \quad \text{C}_2\text{H}_4 \end{array} \right\}$$

Flow data = ?



$$\left. \begin{array}{l} V = 0.5 \text{ m}^3 \\ T = 25^\circ\text{C} \\ P = 8.25 \text{ MPa} \end{array} \right\} \boxed{\text{M}}$$

Flow data = ?



$$V = n_A \bar{V}_A + n_B \bar{V}_B$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{V}_{\text{CH}_4} = \bar{V}_{\text{CH}_4}^\circ \\ \bar{V}_{\text{C}_2\text{H}_4} = \bar{V}_{\text{C}_2\text{H}_4}^\circ \end{array} \right\}$$

$$V = n_{\text{CH}_4} \bar{V}_{\text{CH}_4}^\circ + n_{\text{C}_2\text{H}_4} \bar{V}_{\text{C}_2\text{H}_4}^\circ$$

$$\boxed{\bar{V}_{\text{CH}_4}^\circ = \frac{ZRT}{P}}$$

$$T_{r_{\text{CH}_4}} = 1.56$$

$$P_{r_{\text{CH}_4}} = 1.78$$

$$\Rightarrow Z_{\text{CH}_4} = 0.88$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_r = \frac{T}{T_c} \\ P_r = \frac{P}{P_c} \end{array} \right\}$$

$$T_{r_{\text{C}_2\text{H}_4}} = 1.06$$

$$P_{r_{\text{C}_2\text{H}_4}} = 1.61$$

$$\Rightarrow Z_{\text{C}_2\text{H}_4} = 0.35$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_c = 282.4 \\ P_c = 5.104 \end{array} \right\}$$

$$\bar{V}_{\text{CH}_4}^\circ = \frac{ZRT}{P} = 0.2645 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$V_{C_2H_4}^0 = \frac{zRT}{P} = 0.1052$$

$$V = 0.75(0.2645) + 0.25(0.1052) \rightarrow V = 0.2247 \frac{m^3}{kmol}$$

$$M = \sum x_i M_i = 19.0 \rightarrow v = \frac{V}{M} = 0.011825 \frac{m^3}{kg}$$

$$\Rightarrow m = \frac{V}{v} = 42.3 \text{ kg}$$

$$P_{CH_4} = x_{CH_4} P = 6.188 \text{ MPa}$$

$$m_{CH_4} = \frac{P_{CH_4} V}{RT} = 20.62 \text{ kg}$$

$$P_{C_2H_4} = x_{C_2H_4} P = 2.063 \text{ MPa}$$

$$m_{C_2H_4} = \frac{P_{C_2H_4} V}{RT} = 11.67 \text{ kg} \rightarrow m = 31.65 \text{ kg}$$

9, 9, 11

activity ~~(or f<sub>i</sub>)~~ :

3 mols

$$\bar{G}_i = \bar{G}_i^* + RT \ln \frac{f_i}{f_i^*}$$

فشار مرجع برای گازها  
ism

$$\int_{G_A^\oplus}^{G_A} d\bar{G}_A = \int_{f_A^\oplus}^{f_A} d(\ln f_A)$$

$f_A^\oplus = z_A f_A^\ominus$

ref or ideal gas

$$\bar{G}_A = \bar{G}_A^\oplus + RT \ln \left( \frac{f_A}{z_A f_A^\ominus} \right)$$

$$\bar{G}_A = \bar{G}_A^\oplus - RT \ln x_A + RT \ln \left( \frac{f_A}{f_A^\ominus} \right)$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$\bar{G}_A = \bar{H}_A^\ominus - T \bar{S}_A^\ominus$$

$$\bar{S}_A^\ominus - S_A^\ominus = -R \ln \lambda_A$$

$$= \bar{H}_A^\ominus - T \bar{S}_A^\ominus + T S_A^\ominus - T S_A^\ominus + RT \ln \frac{f_A}{f_A^\ominus}$$

$$\bar{G}_A = \bar{g}_A^\ominus + RT \ln \left( \frac{f_A}{f_A^\ominus} \right)$$

$$\alpha = \frac{f_A}{f_A^\ominus}$$

8 lecture

Linear Combination  $k = \sum_i x_i k_i$

... من خواص و مقادیر ثابت

Linear Square root Combination

$$\Rightarrow k = \left( \sum_i x_i k_i^{\frac{1}{3}} \right)^3 \quad \text{Linear cubic root Combination}$$

Linear Combination

$$k = \frac{1}{2} \sum_i x_i k_i + \frac{3}{4} \left( \sum_i x_i k_i^{\frac{1}{4}} \right)^4 * \left( \sum_i x_i k_i^{\frac{3}{4}} \right)$$

... من خواص و مقادیر ثابت  
... من خواص و مقادیر ثابت

Generalized chart

... من خواص و مقادیر ثابت  
... من خواص و مقادیر ثابت

$$Z = \sum_i x_i z_i$$

... من خواص و مقادیر ثابت

Ray's rule

$$T_c = \sum_i x_i T_{ci}$$

$$\left. \begin{matrix} T_m \\ P_r \end{matrix} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{matrix} Z \\ \chi \\ \alpha \end{matrix} \right.$$

$$P_c = \sum_i x_i P_{ci}$$

... من خواص و مقادیر ثابت

Subject: \_\_\_\_\_

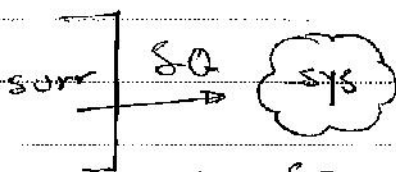
Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

وقتی که ماده دارای نظمیت پایین است → و حلوق ایده آل فرمون میانی است (روشن میانی است) خواص یافته که در حالت عادی می باشد (فانوس عمل می کنند) مثلاً همین هوای اطراف توپوش و واگرد نظر بگیریم تشکیل می شود دو جز ذراتی  $N_2$  و  $O_2$

می بینیم که در فشارهای بالاتر و دماهای پایین مثلاً ذراتی مایع می شوند و در حالتی که خیلی هنوز بکار می رود معیارهای تعادل ترمودینامیکی

کنشانی که  $\max S$  فرمیده → مسیر تعادل دینامیکی در ده

(ds) isolated system  $\geq 0$



$$(ds)_{sys} + (ds)_{surr} \geq 0$$

$$ds - \frac{\delta Q}{T} \geq 0$$

$$ds_{tot} = \frac{\delta Q}{T} + (ds)_{surr}$$

$$dA - Tds \leq 0$$

15 روی محیط تا اثر چیزانی نمی تواند اثر

$$dA = du + pdv \quad \text{1st law}$$

چون محیط خارجی بزرگ است

با فرض شبه تعادلی بودن فرآیند

(چون  $dA$  مقارنت پذیر است)

در حالت کلی این عبارت (1) با  $\leq$  است یا  $=$

20 1)  $du + pdv - Tds \leq 0$  در پایدارترین تعادل می باشد؟

در واقع پایدارترین تعادل حالتی است که این عبارت به صفر برسد

$$(ds)_{V,U} \geq 0$$

در شرایط تعادل و شرایط اطراف آن

در حالت انبساطی باشد

2)  $dH - vdp - Tds \geq 0$

3)  $dA + pdv + sdt \leq 0$   $(ds)_{P,H} \geq 0$

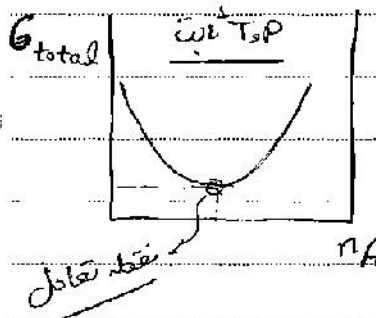
است هم جانشین شود  $dH$

4)  $dG - vdp + sdt \leq 0$

ثابت و در نظر گرفت

$(dU)_{S,V} \leq 0$  ,  $(dH)_{S,P} \leq 0$  ,  $(dA)_{T,V} \leq 0$

$(dG)_{T,P} \leq 0$   $\rightarrow$   $G$  : کم بیست کم و اول تر است  $\rightarrow$  0, 0, 0  
 معیار از تعادل است  $\rightarrow$  نقطه تعادل



$dG_{T,P} = 0$  کم بیست  $< 0$  یعنی در واقع داریم سمت نقطه تعادل می رویم

این سه مورد در حالت تعادل هم برقرار است. در حالت تعادل به گونه ای تعادل برقرار می شود (نقطه تعادل متناهی)

مقدار ثابت

فاز 1	$n^{(1)}$
فاز 2	$n^{(2)}$

$n^{(1)} + n^{(2)} = n$   $\rightarrow$  معادله مقدار ثابت است

$dn^{(1)} = -dn^{(2)}$

$G = G(T, P, n^{(1)}, n^{(2)})$

$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_{P,n} dT + \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_{T,n} dP + \left(\frac{\partial G}{\partial n_1}\right)_{T,P,n_2} dn_1 + \left(\frac{\partial G}{\partial n_2}\right)_{T,P,n_1} dn_2$

$T$  و  $P$  ثابت و اینها مدتها فکر کردیم  $\rightarrow$  معادله مقدار ثابت را به یاد می آوریم

$(dG)_{T,P} = 0 \Rightarrow dG = g^{(1)} dn^{(1)} + g^{(2)} dn^{(2)}$

شرط تعادل  $(g^{(1)} - g^{(2)}) dn = 0$   $\rightarrow$   $g^{(1)} = g^{(2)}$   $\rightarrow$  معادله کلاسیک  $\rightarrow$  برای حالت تعادل برقرار است

$P = 300 \text{ kPa}$

تساوی است

$g_f = h_f - T s_f = 561.47 - 406.7 (1.6718) = -118.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

یک نقطه ← معادله است و گاهی نامش  $\Delta G$  می تواند + یا - باشد

یک نقطه زیاد است ندارد. زیرا معادله خواص است و یک نقطه  $h_f = 561.47$  است

$g_g = h_g - T s_g = -118.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

تا قبل از این که این ماده می خالص در فضای مورد نظر ما به لحاظ شیمیایی به مقدار یکدیگر خود برسد، دچار تغییر در فشار و دما می شود و معادله  $g$  در واقع تا قبل از رسیدن به نقطه  $g$  قابل دو فاز مختلف از یک ماده می خالص با یکدیگر برسد. در این حالت تا کی؟ تا وقتی که در نقطه  $g$  تعادل شیمیایی برسد از آن لحظه بعد در واقع گیس فاز بخار با گیس فاز مایع می باشد و در این حالت که هر دو معادله بخار و مایع می باشد ← هر دو قدر هم مایع بخار هستند و یکسان

$T ds = dh - v dp$

$T_g P_g \rightarrow \int_f^g T ds = \int_f^g dh \Rightarrow T(s_g - s_f) = h_g - h_f$

$h_g - T_g s_g = h_f - T_g s_f$

$g_g = g_f$

\* در جدول ← این کار را نباید کرد یعنی خودتان خطا در شیمیایی بر او اعمال کردید

حالا اگر می بینیم که ما در مایع می بینیم، عالی است و لطیف است

Subject: \_\_\_\_\_

Year.      Month.      Date.      ( )



6



10



15



20

25

**PAPCO**



$$g^{(1)} = g^{(2)}$$

شکل قابل خان

$$g_f = g_v$$

مثلاً؟ (برای فاز بخار و مایع)

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$P = ?$$

شکل قابل در این حالت و این است که در این حالت

معروف است که این حالت را هم می‌گویند که در این حالت

مواد زیاد و آنهایی که کمی و غیره در نظر می‌گیریم

Graphite

Diamond

$\bar{g}$	0	2657.8	$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$
$v$	$0.00444 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	$0.00234$	$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$
$\beta_T = \kappa_T$	$0.304 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{MPa}}$	$0.016 \times 10^{-6}$	$\frac{1}{\text{MPa}}$

Isothermal Compressibility Factor.

(Case study) اینها هم قابل با این رابطه باشه :  $\beta_T = \kappa_T = -\frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial P} \right)_T$

$$\beta_T = \kappa_T = -\frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial P} \right)_T$$

در این رابطه  $\beta_T$  و  $\kappa_T$  به هم وابسته است

$$dg = v dp - s dT$$

$$\text{در حالت } T \text{ ثابت} \rightarrow dg_T = v dp_T$$

$$v = v_0 + \int_{P=1}^P \left( \frac{\partial v}{\partial P} \right)_T dP = v_0 - \int_{P=1}^P v \beta_T dP$$

در این رابطه  $\beta_T$  به هم وابسته است (این) یعنی ثابت است

$$v = v_0 - v_0 \beta_T P = v_0 (1 - \beta_T P)$$

$$dg_T = [v_0 (1 - \beta_T P)] dP_T$$

$$g - g_0 = v_0 (P - P_0) - v_0 \beta_T \left( \frac{P^2 - P_0^2}{2} \right) \quad P \gg P_0$$

$$g - g^0 = v^0 \left[ P - \frac{\beta_T P^2}{2} \right]$$

$$g^0_{G, v=0}$$

$$g_G = v^0_G \left( P - \beta_T \frac{P^2}{2} \right)$$

$$g_D = g^0_D + v^0_D \left( P - \beta_{TD} \frac{P^2}{2} \right)$$

$$g_G = g_D$$

$$v^0_G \left( P - \beta_{TG} \frac{P^2}{2} \right) = g^0_D + v^0_D \left[ P - \beta_{TD} \frac{P^2}{2} \right] \Rightarrow \boxed{P = 1493 \text{ MPa}}$$

از این دو روش برای تعیین نقطه حاد - فرسایش استفاده می شود.

فرسایش (کلی) - تغییر در خواص و تغییر در خواص مختلف متفاوت است

$$dG^{(\alpha)} = -s^{(\alpha)} dT + v^{(\alpha)} dp + \sum_{i=1}^G \mu_i^{(\alpha)} dn_i^{(\alpha)}$$

$$dG = -s dT + v dp + \sum_{i=1}^{\phi} \left( \sum_{\alpha=1}^r \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha} \right)$$

$$dG = 0$$

$$dG_{T,P} = \sum_{i=1}^{\phi} \left( \sum_{\alpha=1}^r \mu_i^{\alpha} dn_i^{\alpha} \right) = 0$$

$G \rightarrow \text{minimize}$

$$\sum_{\alpha=1}^r n_i^{\alpha} = \text{constant}$$

با استفاده از روش لگرانژ و (فرماندهی)

$$\mu_i^{(1)} = \mu_i^{(2)} = \mu_i^{(3)} = \dots = \mu_i^{(\phi)}$$

$$\boxed{(\phi - 1)r}$$

Subject:

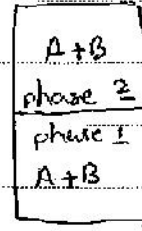
Year. Month. Date. ( )

$$\bar{G}_i^{(1)} = \bar{G}_i^{(2)} = \bar{G}_i^{(3)} = \dots = \bar{G}_i^{(\phi)}$$

$$f_i^{(1)} = f_i^{(2)} = \dots = f_i^{(\phi)}$$

$$dG^{(1)} = -S^{(1)} dT + V^{(1)} dp + \mu_A^{(1)} dn_A^{(1)} + \mu_B^{(1)} dn_B^{(1)}$$

$$dG^{(2)} = -S^{(2)} dT + V^{(2)} dp + \mu_A^{(2)} dn_A^{(2)} + \mu_B^{(2)} dn_B^{(2)}$$



$n_A^{(1)} + n_A^{(2)} = n_A$   
 $\frac{dG}{dT}$   
 $dn_A^{(1)} = dn_A^{(2)}$

$$dG_{T,P} = 0 \quad (1)$$

$$dG_{T,P} = dG_{T,P}^{(1)} + dG_{T,P}^{(2)} = 0$$

$\mu_A^{(1)} dn_A^{(1)} + \mu_A^{(2)} dn_A^{(2)} = 0$   
 $\mu_A^{(1)} dn_A^{(1)} - \mu_A^{(2)} dn_A^{(1)} = 0$   
 $\mu_A^{(1)} = \mu_A^{(2)}$

Ideal solution (of two substances)

$$p_A^{(1)} = p_A^{(2)} \rightarrow \text{مساوية الضغوط}$$

مساوية الجزيئات  $\rightarrow$   $\text{مساوية}$

$x_A p_A^L = y_A p_A^V \quad (1)$   
 $x_B p_B^L = y_B p_B^V \quad (2)$

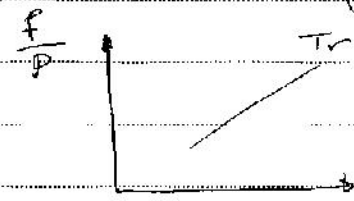
A relative }  
 B relative }  
 \*

$$x_A + x_B = 1 \quad (3)$$

$$y_A + y_B = 1 \quad (4)$$

Mole fraction

$\frac{P_A}{T_A} \rightarrow \frac{f_A^L}{T_A} = \frac{f_A^V}{T_A}$  (داده شده)  $\rightarrow$   $f_A^V = \frac{P_A}{T_A} T_A$   
 $\frac{P_B}{T_B} \rightarrow \frac{f_B^L}{T_B} = \frac{f_B^V}{T_B}$  (داده شده)  $\rightarrow$   $f_B^V = \frac{P_B}{T_B} T_B$   
 (فرضیه)  $\rightarrow$   $f_A^V = f_B^V$  (hypothetical)



(۹، ۱۱) :  $f_A^L = f_A^V$  و  $f_B^L = f_B^V$  (فرضیه)

$$\int_{f^{sat}}^{f^L} RT \left( \frac{df}{f} \right) = \int_{p^{sat}}^P v dp$$

این معادله برای حالت ایده‌آل و غیر ایده‌آل قابل استفاده است.

$$RT \ln \frac{f}{f^{sat}} = v(p - p^{sat})$$

در شرایط کم‌فشار

$$\frac{f^L}{f^{sat}} \approx \frac{p}{p^{sat}}$$

در شرایط کم‌فشار  $\rightarrow$   $\frac{f^L}{f^{sat}} = \frac{p}{p^{sat}}$   
 0.00  
 در شرایط کم‌فشار

12. کلسی اول، گاز ایده‌آل است.  $\rightarrow$  فرضیه  $f_A^L = f_A^V$  و  $f_B^L = f_B^V$

$$f_A^L = f_A^V \leftarrow \text{این معادله است}$$

$$f_A^{sat} = P^{sat}$$

فرضیه  $f_A^L = f_A^V$  و  $f_B^L = f_B^V$  است.

$$\begin{cases} f_A^L = P_A^{sat} \\ f_B^L = P_B^{sat} \end{cases}$$

$$\begin{cases} f_A^V = P \\ f_B^V = P \end{cases}$$

گاز ایده‌آل است.  $\rightarrow$   $f_A^V = P$  و  $f_B^V = P$   
 در شرایط کم‌فشار  $\rightarrow$   $f_A^L = f_A^V$  و  $f_B^L = f_B^V$

Subject:

Year. Month. 4 Date. 17 ( )

در واقع - جدول اول در جدول دوم

مکانیسم 4 مکان 4 جدول اول جدول دوم

$$\begin{cases} x_A P_A^{sat} = y_A P \\ x_B P_B^{sat} = y_B P \\ x_A + x_B = 1 \\ y_A + y_B = 1 \end{cases}$$

در جدول اول و دوم، با استفاده از این معادلات می‌توانیم متغیرها را پیدا کنیم.

مثال 2

مثال 2

21% O<sub>2</sub> , 79% N<sub>2</sub>

T = 80 K

P = 0.1 MPa

در این مثال، ما می‌خواهیم متغیرهای فشار و ترکیب را پیدا کنیم.

$$\begin{cases} P_{O_2}^{sat} = 0.03006 \text{ MPa} \\ P_{N_2}^{sat} = 0.1376 \text{ MPa} \end{cases}$$

در این مثال، ما می‌خواهیم متغیرهای فشار و ترکیب را پیدا کنیم.

B = O<sub>2</sub> , A = N<sub>2</sub>

$$\begin{cases} x_A = 0.654 \\ y_A = 0.894 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_A = 0.66 \\ y_A = 0.89 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_A (0.1376) = y_B (0.1) \\ x_B (0.03006) = y_B (0.1) \\ x_A + x_B = 1 \\ y_A + y_B = 1 \end{cases}$$

در این مثال، ما می‌خواهیم متغیرهای فشار و ترکیب را پیدا کنیم.

در این مثال، ما می‌خواهیم متغیرهای فشار و ترکیب را پیدا کنیم.

$\begin{cases} 1 \leftarrow \text{مکان} \\ 2 \leftarrow \text{ترکیب} \\ 3 \leftarrow \text{فشار} \end{cases}$

برای پیدا کردن متغیرهای فشار و ترکیب.

Gibbs phase rule

intensive متغیرهای

متغیرهای از هم وابسته

متغیرهای از هم وابسته

thermodynamic state

$$= (T, P, (n-1)\phi)$$

در این مثال، ما می‌خواهیم متغیرهای فشار و ترکیب را پیدا کنیم.

تکامل متغیرهای در حالت

(جزئیات بیشتر)

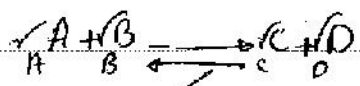
نقطه‌های در حالت

$$F = 2 + (n-1)\phi - (\phi-1)r = r - \phi + 2$$

$$\left. \begin{aligned} r=1 &\rightarrow F = 3 - \phi \\ \phi=3 &\rightarrow F = 0 \\ \phi=2 &\rightarrow F = 1 \end{aligned} \right\}$$

PAPCO

active و غیر فعال (non-reactive) بودن را نشان می‌دهد  
 وکتورهای  $\nu$  در سمت راست و  $\nu$  در سمت چپ



در حالت تعادل  $\nu_A dA + \nu_B dB = \nu_C dC + \nu_D dD$   
 در حالت تعادل  $\nu_A dA + \nu_B dB = \nu_C dC + \nu_D dD$

این وکتورهای  $\nu$  را می‌توانیم به صورت  $\nu_i dG_i$  بنویسیم

$$dG_A = -\nu_A d\epsilon$$

$$dG_B = -\nu_B d\epsilon$$

در حالت تعادل  $\nu_A dA + \nu_B dB = \nu_C dC + \nu_D dD$

$$dG_C = \nu_C d\epsilon$$

$$dG_D = \nu_D d\epsilon$$

$dG_{T,P} = 0$  این به معنی تغییر کل  $G$  در حالت تعادل است

$$dG_{T,P} = \sum_{i=1}^r \nu_i dG_i \quad (4-14)$$

$$dG_{T,P} = (\nu_C \bar{G}_C + \nu_D \bar{G}_D - \nu_A \bar{G}_A - \nu_B \bar{G}_B) d\epsilon$$

$$\bar{G}_i = G_i^\circ + RT \ln a_i$$

(Activity)  $a_i = \frac{p_i}{p_i^\circ}$  (\*)

$$dG_{T,P} = \left[ \nu_C (G_C^\circ + RT \ln a_C) + \nu_D (G_D^\circ + RT \ln a_D) - \nu_A (G_A^\circ + RT \ln a_A) - \nu_B (G_B^\circ + RT \ln a_B) \right] d\epsilon$$



$$\Delta G^\circ = \nu_C g_C^\circ + \nu_D g_D^\circ - \nu_A g_A^\circ - \nu_B g_B^\circ$$

نسبت مولی  
 مولی خاص  
 بر اساس درجه  
 ضرایب  
 محاسبات

مثال:  $5.60 \text{ mol } N_2$

نقطه  $ref$  به صورت کامل اختیار است نه  
 هر آن نقطه انتخابی و کسی رو مصرف کننده می کند  
 $11^\circ$   
 به این ترتیب محاسبه از این جهت است که در این حالت  
 محاسبات

$$dG_{T,P} = \left\{ \Delta G^\circ + RT \ln \frac{a_C^{\nu_C} a_D^{\nu_D}}{a_A^{\nu_A} a_B^{\nu_B}} \right\} d\xi = 0$$

در نقطه تعادل باید  $\Delta G = 0$  و در این صورت  
 $\ln \frac{a_C^{\nu_C} a_D^{\nu_D}}{a_A^{\nu_A} a_B^{\nu_B}} = - \frac{\Delta G^\circ}{RT} = \ln K$   
 \* از این به عنوان ثابت تعادل یاد می کنند (equilibrium constant)  
 universal gas constant

\*  $K$  با دمای دما و ضرایب جدول و ضرایب است  
 داده کتاب های ترمودینامیک  
 همیشه به صورت  $\ln K$  در دسترس است

$$K = \frac{a_C^{\nu_C} a_D^{\nu_D}}{a_A^{\nu_A} a_B^{\nu_B}}$$

\* در کتاب ترمودینامیک همیشه  $\ln K$  در دسترس است  
 و این  $\ln K$  را اضافه به این معادله می توانیم  
 برابری

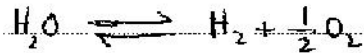
با فعلی این است که این  $\ln K$  را  $\ln K$  time scale می گویند

در هر یک روی  $\ln K$   $\rightarrow$  time scale  $\rightarrow$   $138$  و  $138$  است  
 \* نسبت  $\ln K$   $\rightarrow$   $70$  و  $70$  است  
 فرض بر این بودن  $\ln K$  است



Subject:

Year: Month: 9 Date: 11 ( )

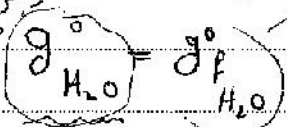


T = 298 K

داده شده است  
در 298 کلوین  
در 0.1 مپا  
در T, P

$\Delta G^\circ = ?$

298  
0.1 MPa



(298.15, 0.1 MPa)  $\rightarrow$  T, P

در T, P

$$(\Delta G^\circ) = (g^\circ_f)_{H_2} + \frac{1}{2} (g^\circ_f)_{O_2} - (g^\circ_f)_{H_2O}$$

در 298 کلوین  
در 0.1 مپا  
در T, P

$$\Delta G^\circ = 228583 \text{ kJ}$$

T = 2000 K  $\rightarrow$   $\Delta G^\circ = ?$

داده شده است  
در 2000 کلوین  
در 0.1 مپا

$$\Delta g = \Delta h - T \Delta s$$

$$C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

298  $\rightarrow$  2000 K

$$\Delta G^\circ = 135455 \text{ kJ}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$(\ln K)_{298} = - \frac{\Delta G^\circ_{298}}{RT} = -92.21$$

$$(\ln K)_{2000} = - \frac{135455}{8.314 \times 2000} = -8.106$$

$$f_i^\circ = P_i^\circ$$

$$K = \frac{a_C^{v_C} a_D^{v_D}}{a_B^{v_B} a_A^{v_A}} = \frac{y_C^{v_C} y_D^{v_D}}{y_A^{v_A} y_B^{v_B}} \left( \frac{P}{P^\circ} \right)^{(v_C + v_D - v_A - v_B)}$$

PAPCO

(=1)

اگر فرض کنیم که در حالت نهایی شرایط گازها از حالت اول برقرار است.

$$\frac{f}{p} = 1 \rightarrow \left[ \frac{f}{p} \right] = 1$$

یعنی اگر ثابت است.

در حالت نهایی شرایط متغیری و متغیرها هم در این فرآیند ثابت است (مثلاً دما).  
 به صورت گازها از حالت اول گرفته کردیم زیرا این تغییرات در حالت اول و دوم به صورت  
 یکنواختی (atomized) می شود و با یکدیگر تکرار می شود (مثلاً در حالت اول (preheated)  
 در صورت گازها از حالت اول گرفته کردیم.

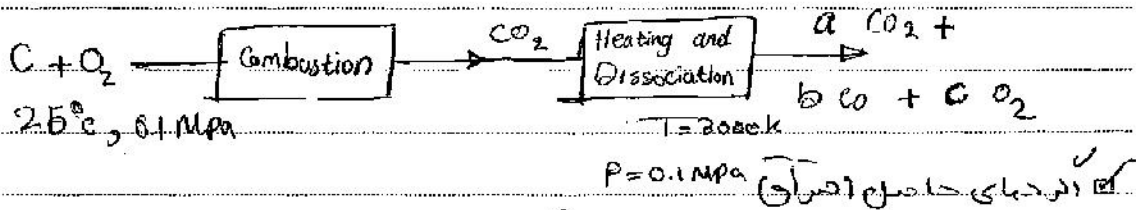
$$90, 1, 27 \rightarrow \frac{f}{p} = 1$$

10

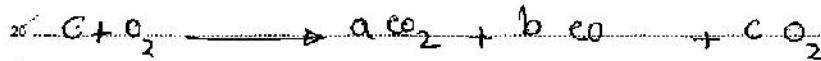
$$k = \frac{y_c^{r_c} y_o^{r_o}}{y_A^{r_A} y_B^{r_B}} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{r_c + r_o - r_A - r_B}$$

در حالت نهایی در این فرآیند متغیرها ثابت است (مثلاً دما).  
 متغیرها هم در این فرآیند ثابت است.

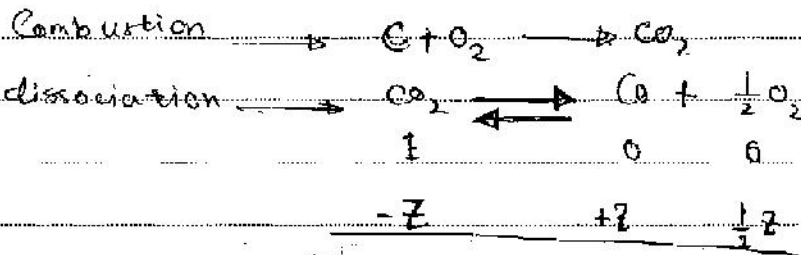
15



مقادیر a, b و c را از این فرآیند بدست می آوریم.



این فرآیند را می توان به صورت زیر نوشت:



25

(در حالت نهایی)

$$n_f = 1 - z + z + \frac{z}{2} = 1 + \frac{z}{2}$$

(در حالت نهایی حاصل از احتراق)  
 (مثلاً)

Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

$$y_{CO_2} = \frac{1-z}{1+\frac{z}{2}}, \quad y_{CO} = \frac{z}{1+\frac{z}{2}}, \quad y_{O_2} = \frac{\frac{z}{2}}{1+\frac{z}{2}}$$

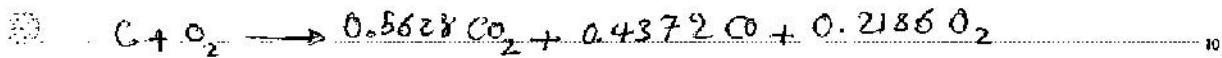
3000k  $\xrightarrow{\text{جواب}}$   $\ln K = -1.111$   $K = 0.329$

$$K = 0.329 = \frac{\left(\frac{z}{1+\frac{z}{2}}\right) \left(\frac{\frac{z}{2}}{1+\frac{z}{2}}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{1-z}{1+\frac{z}{2}}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$|0 \leq z \leq 1|$$

$$z = 0.4372$$

واکنش متعادلی و واکنش است بین اجزای متعادله ها



$$Q_{c.v} = H_P - H_R = \sum_P n_e (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h}) - \sum_R n_r (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h})$$

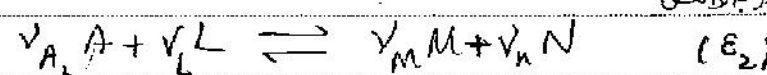
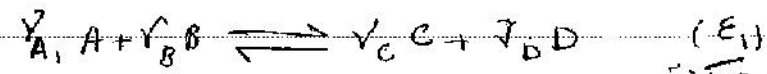
$$H_P = n_{CO_2} (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h})_{CO_2} + n_{CO} (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h})_{CO} + n_{O_2} (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h})_{O_2}$$

298.15  $\rightarrow$  300k

$$H_R = 1(0+0) + 1(0+0) = 0$$

$$Q_{c.v} = H_P - H_R = -121426 \frac{kJ}{kmol}$$

مثال 8  
درجه حرارتی استراتژی طراحی سیستم است. (درجه حرارتی استراتژی طراحی سیستم است)



$$dG_{T,P} = \bar{G}_A dn_A + \bar{G}_B dn_B + \bar{G}_C dn_C + \bar{G}_D dn_D + \bar{G}_L dn_L + \bar{G}_M dn_M + \bar{G}_N dn_N = 0$$

Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

$$dn_A = -\nu_{A_1} de_1 - \nu_{A_2} de_2, \quad dn_B = -\nu_B de_1$$

$$dn_C = \nu_C de_1, \quad dn_D = +\nu_D de_1, \quad dn_O = +\nu_O de_1$$

$$dn_M = \nu_M de_2, \quad dn_N = \nu_N de_2$$

$$dG_{T,P} = (\nu_C \bar{G}_C + \nu_D \bar{G}_D - \nu_{A_1} \bar{G}_{A_1} - \nu_B \bar{G}_B) de_1$$

$$+ (\nu_M \bar{G}_M + \nu_N \bar{G}_N - \nu_{A_2} \bar{G}_{A_2} - \nu_L \bar{G}_L) de_2$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta G_1^\circ &= \nu_C g_C^\circ + \nu_D g_D^\circ - \nu_{A_1} g_{A_1}^\circ - \nu_B g_B^\circ \\ \Delta G_2^\circ &= \nu_M g_M^\circ + \nu_N g_N^\circ - \nu_{A_2} g_{A_2}^\circ - \nu_L g_L^\circ \end{aligned} \right.$$

$$dG_{T,P} = \left[ \Delta G_1^\circ + RT \ln \frac{a_C^{\nu_C} a_D^{\nu_D}}{a_{A_1}^{\nu_{A_1}} a_B^{\nu_B}} \right] de_1 +$$

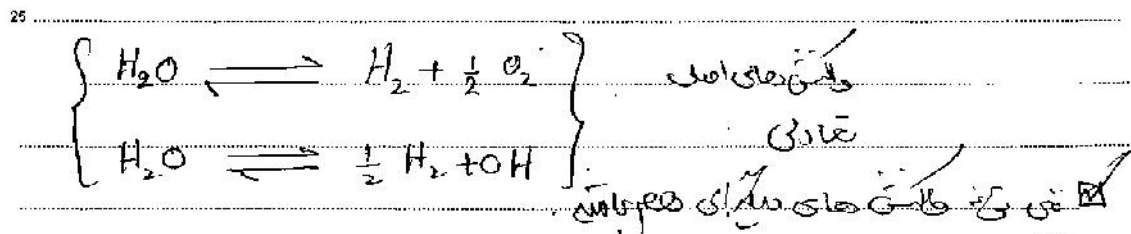
$$\left[ \Delta G_2^\circ + RT \ln \frac{a_M^{\nu_M} a_N^{\nu_N}}{a_{A_2}^{\nu_{A_2}} a_L^{\nu_L}} \right] de_2 = 0$$

$$\ln K_1 = -\frac{\Delta G_1^\circ}{RT}, \quad \ln K_2 = -\frac{\Delta G_2^\circ}{RT}$$

$$\left\{ \begin{aligned} K_1 &= \frac{a_C^{\nu_C} a_D^{\nu_D}}{a_{A_1}^{\nu_{A_1}} a_B^{\nu_B}} \\ K_2 &= \frac{a_M^{\nu_M} a_N^{\nu_N}}{a_{A_2}^{\nu_{A_2}} a_L^{\nu_L}} \end{aligned} \right.$$

$$P = 0.1 \text{ MPa}$$

1 kmol  $H_2O \rightarrow T = 3000 \text{ K}$

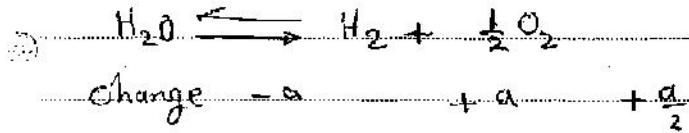


Subject:

Year:

Month:

Date:



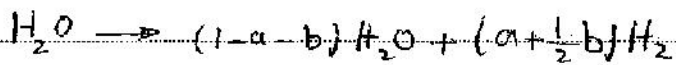
$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - a - b$$

$$n_{\text{H}_2} = a + \frac{1}{2}b$$

$$n_{\text{OH}} = b$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{1}{2}a$$

$$Y_{\text{H}_2} = \frac{a + \frac{1}{2}b}{1 + \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b}$$



$$\begin{cases} a \geq 0 \\ b \geq 0 \\ a + b < 1 \end{cases}$$

$$n_t = 1 + \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b$$

\* این روش، روشی است برای تولید صورتی از روش های دیگر است.  
روش های دیگر و این روش را می توانیم به روش دیگر تبدیل کنیم.

$$K_1 = \frac{Y_{\text{H}_2} Y_{\text{O}_2}^{\frac{1}{2}}}{Y_{\text{H}_2\text{O}}} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{1 + \frac{1}{2} - 1}$$

$$K_2 = \frac{Y_{\text{H}_2}^{\frac{1}{2}} Y_{\text{OH}}}{Y_{\text{H}_2\text{O}}} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{2} + 1 - 1}$$

$$K_1 = 0.6457, \quad K_2 = 0.053$$

$$Y_{\text{H}_2\text{O}} = 0.7069, \quad Y_{\text{OH}} = 0.098$$

$$Y_{\text{H}_2} = 0.1464$$

$$Y_{\text{O}_2} = 0.0484$$

Subject:

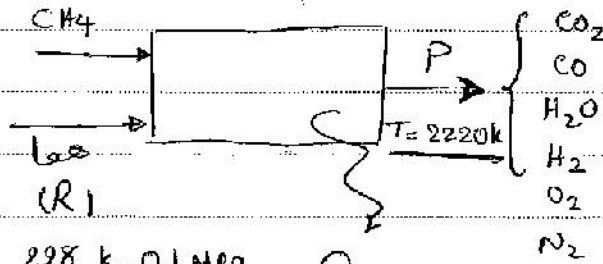
Open source کتابخانه ریاضی و فیزیک - کلاس های عمومی و تخصصی

Year:

Month:

Date:

( )



در صورتی که دمای ورودی و خروجی مشخص باشد  
 در صورتی که دمای ورودی و خروجی مشخص باشد

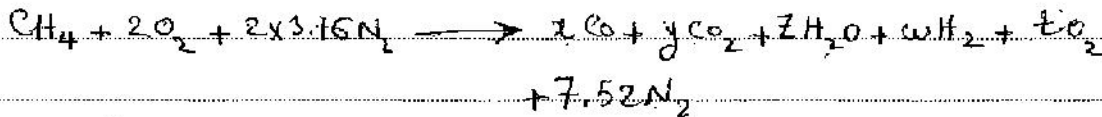
298 K, 0.1 MPa  $Q_{c.v}$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 1 \text{ (کربن)} \\ b = 0 \text{ (اکسیژن)} \end{array} \right\} \text{excess air}$$

امکان تعیین اتمون کربن



10



برای تعیین برنامبرهای (مغایب) : (مغایب) (مغایب) (مغایب) (مغایب) (مغایب) (مغایب)

$$\left. \begin{array}{l} C \Rightarrow x + y = 1 \\ H \Rightarrow 2w + 2z = 4 \\ O \Rightarrow x + 2y + z + 2t = 4 \end{array} \right\} \text{3 معادله}$$

معادله های موازنه

این اعداد مقدار کربن و هیدروژن و اکسیژن را نشان می دهد

20

$$IR = r - a$$

independent reactions  $5 - 3 = 2$  عدد مستقل واکنش ها

(مغایب)

مغایب واکنش ها که با این واکنش ها می توان واکنش های دیگر را نوشت

25

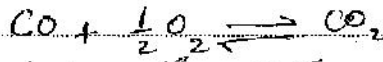


واکنش (5.30)

$$K_1 = \frac{Y_{CO} Y_{H_2O}}{Y_{CO_2} Y_{H_2}} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{1+1-1-1} = \frac{Y_{CO} Y_{H_2O}}{Y_{CO_2} Y_{H_2}} = \frac{xz}{yw} = 5.51$$

P4PCO





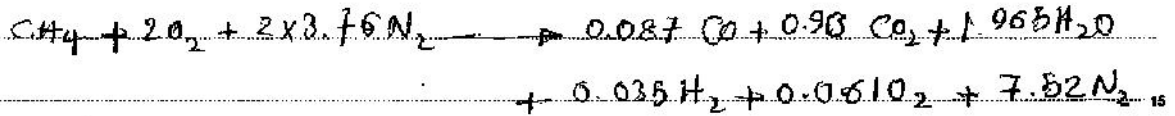
معین دو تا فقط موجودند، پس مستقل از هم اند. یعنی واکنش ها در این حالت مستقل و وابسته نیستند.

$$K_2 = \frac{Y_{CO_2}}{Y_{CO} Y_{O_2}^{\frac{1}{2}}} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{1 - \frac{1}{2}}$$

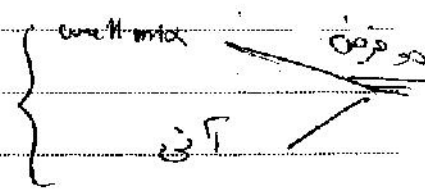
$$K_2 = \frac{y}{10.52+t} = \frac{y (10.52 + t)^{\frac{1}{2}}}{x t^{\frac{1}{2}}} = 13.8$$

146.95

$$\left\{ \begin{array}{l} x = 0.087, y = 0.913, z = 1.965, w = 0.085 \\ t = 0.061 \end{array} \right.$$



در قسمت تازه محاسبه CO، به ترتیب تولید می‌شود.



در حالت موجود هوای اضافی

میزان CO تولیدی زیاد است.

برای آن احتراق خوب طراحی نشده است، همی پارامترها کنترل پذیرند.

$$P_{h,CO} = h_p - h_R = -4800 \frac{Btu}{lbm}$$

تأثیر: حاصل قوی است، کنترل ثابت است، در انتهای ماب آینه است.



عازم های مختلف هم می تواند به یکدیگر تبدیل شود. اما همیشه این هم قوی تر است.  
یک تبادل انرژی با محیطی که در دلبسته باشد.

thermo-mechanical energy

تبدیل انرژی مکانیکی (قابل استفاده)

System → non-flow energy } chemical energy  
Control volume → flow energy } در جریان

در حالتی که تبادل انرژی وجود داشته باشد. هم می تواند تبادل انرژی داشته باشد.

در مثال اول: سیستم رو به بیرون می کشیم.  $n$  رو به بیرون دارد.  $n$  رو به بیرون می کشیم.  $n$  رو به بیرون می کشیم.

maximum useful work ?

State 1  
 $U^{(1)}, S^{(1)}, V^{(1)}, N_i^{(1)}$   
 $T_0, P_0, M_i$

State 2  
 $U^{(2)}, S^{(2)}, V^{(2)}, N_i^{(2)}$   
 $T_0, P_0, M_{0,i}$

دینامیک سیال (Siklos)  $i=1, 2, \dots, n$   
 $Q_0$   $T_0$   
 $u(t), s(t), v(t)$   
 $N_i(t)$

$\dot{E}_w = \dot{W} - P_0 \frac{dV}{dt}$

در مثال اول: تبادل انرژی رو به بیرون می کشیم. این سیستم رو به بیرون می کشیم.

$$\frac{dN_i}{dt} = \dot{N}_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q}_0 - \dot{W} + \sum_{i=1}^n \dot{N}_i h_{0,i}$$

$$\dot{S}_{gen} = \frac{ds}{dt} - \frac{\dot{Q}_0}{T_0} - \sum_{i=1}^n \dot{N}_i \bar{s}_{0,i} \geq 0$$

با حذف  $\dot{Q}_0$  بین این دو رابطه داریم. استخوان کبری

Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

$$N_i^{(2)} - N_i^{(1)} = \int_t \dot{N}_i dt \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$U^{(2)} - U^{(1)} = Q_0 - E_w - P_0 (V^{(2)} - V^{(1)}) + \sum_{i=1}^n \bar{h}_{o,i} \int_t \dot{N}_i dt$$

$$S_{gen} = S^{(2)} - S^{(1)} - \frac{Q_0}{T_0} - \sum_{i=1}^n \bar{s}_{o,i} \int_t \dot{N}_i dt$$

$$E_w = U^{(1)} - T_0 S^{(1)} + P_0 V^{(1)} - \sum_{i=1}^n \mu_{o,i}^{(1)} N_i^{(1)} - \left[ U^{(2)} - T_0 S^{(2)} + P_0 V^{(2)} - \sum_{i=1}^n \mu_{o,i}^{(2)} N_i^{(2)} \right] = T_0 S_{gen}$$

$E_w$   $\xrightarrow{\text{maximum}}$   $S_{gen} = 0$   $\rightarrow \checkmark$   
 Available work  $\leftarrow$  maximum useful work

$$U = TS - PV - \sum_{i=1}^n \mu_{o,i} N_i$$

$$(E_w)_{rev} = U - T_0 S + P_0 V - \sum_{i=1}^n \mu_{o,i} N_i$$

$$= (u - u^*) - T_0 (s - s^*) + P_0 (v - v^*)$$

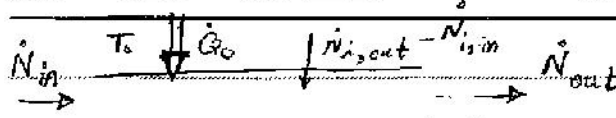
Non-flow energy

$$U^* = T_0 s^* - P_0 v^* + \sum_{i=1}^n \mu_i^* N_i$$

$$(E_w)_{rev} = (u - u^*) - T_0 (s - s^*) + P_0 (v - v^*) + \sum_{i=1}^n (\mu_i^* - \mu_{o,i}) N_i$$

$$(E_w)_{rev} = \text{---} + \text{---}_{ch}$$

$$\text{---}_{ch} = \sum_{i=1}^n (\mu_i^* - \mu_{o,i}) N_i$$



dead state:  $P_0, T_0, \mu_0$

$$\sum_{i=1}^n \dot{N}_{i,in} = \sum_{i=1}^n \dot{N}_{i,out}$$

$$= (T_0, P_0, \mu_0)_{in} \quad (T_0, P_0, \mu_0)_{out}$$

$(T_0, P_0, \mu_0)_{i}$  dead state

اینجا در حالت مرده داریم  
 که در اینجا  $P_0, T_0, \mu_0$  است  
 برای  $S, S$  است

$$E_w = Q_0 + \sum_{i=1}^n (\bar{h}_i \cdot \dot{N}_i)_{in} - \sum_{i=1}^n (\bar{h}_i \cdot \dot{N}_i)_{out} + \sum_{i=1}^n \bar{h}_{0,i} (\dot{N}_{i,out} - \dot{N}_{i,in})$$

$$\dot{S}_{gen} = -\frac{Q_0}{T_0} - \sum_{i=1}^n (\bar{s}_i \cdot \dot{N}_i)_{in} + \sum_{i=1}^n (\bar{s}_i \cdot \dot{N}_i)_{out} - \sum_{i=1}^n \bar{s}_{0,i} (\dot{N}_{i,out} - \dot{N}_{i,in})$$

$$E_w = \sum_{i=1}^n [(\bar{h}_i - T_0 \bar{s}_i)_{in} - \mu_{0,i}] \dot{N}_{i,in} - \sum_{i=1}^n [(\bar{h}_i - T_0 \bar{s}_i)_{out} - \mu_{0,i}] \dot{N}_{i,out}$$

$$= T_0 \dot{S}_{gen}$$

اینجا در حالت مرده داریم - application

$$(\bar{h}_i - T_0 \bar{s}_i)_{out} = \bar{g}_{0,i} = \mu_{0,i}$$

ideal solution

$$E_{w,rev} = \bar{h}_i - T_0 \bar{s}_i - \sum_{i=1}^n \mu_{0,i} \dot{N}_{i,m}$$

$$\bar{h} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \bar{h}_{i,in} \dot{N}_{i,in}$$

این حالت مرده است

$$\bar{s} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \bar{s}_{i,in} \dot{N}_{i,in}$$

$$\dot{N} = \sum_{i=1}^n \dot{N}_{i,in}$$

Real guess

Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. \_\_\_\_\_ ( )

$$\frac{(\dot{E}_W)_{rev}}{\dot{N}} = \sum_{i=1}^n (h_{i,in} - T_0 s_{i,in} - M_{0,i}) x_i$$

$$\frac{(\dot{E}_W)_{rev}}{\dot{N}} = \bar{h} - T_0 \bar{s} - \sum_{i=1}^n M_{0,i} x_i$$

$$\bar{e}_x = \bar{h} - h^* - T_0 (\bar{s} - s^*)$$

فوق  
تحت

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^n h_i^* x_i$$

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^n s_i^* x_i$$

تحت

تحت

$$\bar{e}_t = \bar{e}_x + \bar{e}_{ch}$$

total  
energy

thermo  
mechanical  
energy

chemical  
energy

$$\bar{e}_{ch} = \sum_{i=1}^n (u_i^* - M_{0,i}) x_i$$

$$\bar{h}^* = u^* + P_0 \bar{v}^*$$

$$\bar{u}^* = T_0 \bar{s}^* - P_0 \bar{v}^* + \sum_{i=1}^n \mu_i^* x_i$$

$$\int_{ch} = \frac{\dot{E}_{ch}}{\dot{N}} = \bar{e}_{ch} \begin{cases} \text{flow} \\ \text{non-flow} \end{cases} \begin{cases} \text{chemical} \\ \text{energy} \end{cases}$$

$$\dot{E}_W = \frac{dE_t}{dt} + \sum_{i=1}^n (\dot{E}_Q)_i + \sum_{i=1}^n (\dot{N} \bar{e}_{t,i}) - \sum_{k=1}^n (\dot{N} \bar{e}_{t,k}) - T_0 \dot{S}_{gen}$$

تحت

Subject:

Year: 9<sup>th</sup> Month. 10 Date: Feb 11

ماده Fraction  
فونکشن سیمیا

$$\dot{m}_{ch} = \sum_{i=1}^n (m_i^* - m_{o,i}) N_i$$

$$e_{ch} = \sum_{i=1}^n (m_i^* - m_{o,i}) x_{i,a}$$

میزان تغییرات انرژی

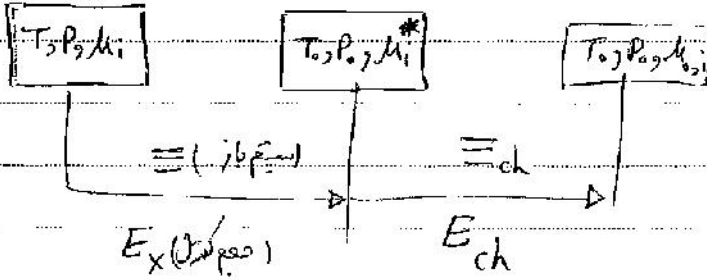
تکانه انرژی در شرایط

$T_o, P_o$

در ابتدا با معیار  $m_{o,i}^*$

(dead state)

در تمام حالتها



10 Air Conditioning:

$$h_{air} = h_{dry} + \omega h_{vapor}$$

Dry air

vapor (water)

$$R_a = 0.287 \frac{kJ}{kg \cdot K} = \frac{R}{29}$$

$$R_v = 0.461 \frac{kJ}{kg \cdot K} = \frac{R}{18}$$

$$c_{p,a} = 1.003 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$c_{p,v} = 1.872 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$M_a = 28.97 \frac{kg}{kmol}$$

$$M_v = 18.015 \frac{kg}{kmol}$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

(dry basis)

$$\omega = \frac{N_v}{N_a}$$

$$\frac{m_v}{M_v} = 1.608 \omega$$

humidity ratio

(moist basis)

$$x_a = \frac{1}{1 + \omega}$$

$$x_a = \frac{1}{1 + \omega}$$

$$x_v = \frac{\omega}{1 + \omega}$$

$$x_v + x_a = 1$$

mole fraction

(جزء مول)

$$\phi = \frac{P_v}{P - P_a} = \frac{x_v}{x_v (Sat)}$$

$$x_v = \frac{P_v}{P}$$

relative humidity (نسبت رطوبت)

$$P_v = \phi P$$

Subject:

Year:      Month:      Date:      ( )

$$\phi = \frac{P}{P_{sat}(T)}$$

$$P_g$$

$$P_a = P - P_v$$

$$\phi = \frac{w P_a}{0.622 P_{sat}(T)}$$

$$\phi = \frac{w}{w + 0.622} \frac{P}{P_{sat}(T)}$$

Total energy: air humid air

$$e_x = h - h^* - T_0 (s - s^*)$$

$$e_{ch} = \sum_{i=1}^n (u_i^* - u_{0,i}) x_i$$

$$\bar{e}_x = x_a [\bar{h}_a - \bar{h}_a^* - T_0 (\bar{s}_a - \bar{s}_a^*) + u_a^* - u_{0,a}]$$

$$+ x_v [\bar{h}_v - \bar{h}_v^* - T_0 (\bar{s}_v - \bar{s}_v^*) + u_v^* - u_{0,v}]$$

$$\bar{h}_a - \bar{h}_a^* = c_{p,a} (T_a - T_0) \quad \text{است } T_0 \quad \text{است } T_0$$

$$\bar{s}_a - \bar{s}_a^* = c_{p,a} \ln \frac{T}{T_0} - \bar{R} \ln \frac{P}{P_0}$$

$$u_a^* - u_{0,a} = \bar{R} T_0 \ln \frac{z_a}{x_{0,a}}$$

توان جنبه‌ای

$$\bar{e}_t = (x_a \bar{c}_{p,a} + x_v \bar{c}_{p,v}) T_0 \left[ \frac{T}{T_0} - 1 - \ln \frac{T}{T_0} \right] + \bar{R} T_0 \ln \frac{P}{P_0}$$

$$+ \bar{R} T_0 \left[ x_a \ln \frac{x_a}{x_{0,a}} + x_v \ln \frac{x_v}{x_{0,v}} \right]$$

$w = 0$  ,  $w = 0$        $\phi = 0.6$

تغییر انرژی مناسب تر است  
 از آنجایی که در این فرآیند جزئی است  
 صاف تر است می‌شود (کارایی کم تر است)



Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

$$e_{t,a} = (c_p)_a T_0 \left( \frac{T}{T_0} - 1 + \ln \frac{T}{T_0} \right) + R_a T_0 \ln \frac{P}{P_0} + R_a T_0 + \ln(1 + \tilde{w}_0)$$

$$e_{t,w} = \bar{h}_w(T_2, P) - T_0 \bar{s}_w(T_2, P) - u_{0,w}$$

due to  $\leftarrow$

$$u_{0,w} = \bar{g}_{0,w} = \bar{h}_0(T_0, P_{0,w}) - T_0 \bar{s}_0(T_0, P_{0,w})$$

$$P_{0,w} = x_{0,w} P_0 = \frac{\tilde{w}_0}{1 + \tilde{w}_0} P_0$$

$$e_{t,w} = h_w(T_2, P) - h_0(T_0, P_{0,w}) - T_0 s_w(T_2, P) + T_0 s_0(T_0, P_{0,w})$$

$$h_w(T_2, P) \approx h_f(T) + \left[ \frac{P - P_{sat}(T)}{P} \right] v_f(T)$$

$$h_0(T_0, P_{0,w}) \approx h_g(T_0)$$

$$s_0(T_0, P_{0,w}) = s_g(T_0) - R \ln \frac{P_{0,w}}{P_{sat}(T_0)}$$

$$e_{t,w} = h_f(T) - h_g(T_0) - T_0 s_f(T) + T_0 s_g(T_0) + \left[ \frac{P - P_{sat}(T)}{P} \right] v_f - R_a T_0 \ln P_0$$

Evaporative coolers



$$m_w = m_w$$

1st e  $m_a h_a(T_1) + m_w h_w(T_1, P_1) = m_a h_a(T_2) + m_w h_w(T_2)$

PAPCO



$$h_a(T_1, p_1) + w h_w(T_1, p_1) = h_a(T_2) + w h_v(T_2, p_2)$$

$$h_a(T_1) + w h_f(T_1) = h_a(T_2) + w h_g(T_2)$$

(to 0200)
(to 0200)

$$\frac{T_0 \delta_{gen}}{m_a} = e_{t,a} + w e_{t,w} - e_t$$

$$\eta_{II} = \frac{e_t}{e_{t,a} + w e_{t,w}}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm}$$

$$\phi_0 = 0.6 \Rightarrow \omega = 0.0119 \quad \tilde{\omega}_0 = 0.0191$$

$$\begin{cases} T_1 = T_0 = 25^\circ\text{C} \\ T_2 = 15^\circ\text{C} \end{cases} \quad \omega = 0.00414, \quad \tilde{\omega} = 0.00666$$

$$e_{t,a} = R_a T_0 \ln(1 + \tilde{\omega}_0) = 1.619 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w e_{t,w} = -w R_v T_0 \ln \phi_0 = 0.29 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$e_t = (c_{p,a} + w c_{p,v}) T_0 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 - \ln \frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$+ R_v T_0 \left[ (1 + \tilde{w}) \frac{\ln(1 + \tilde{w}_1)}{1 + \tilde{w}} + \tilde{w} \ln \frac{\tilde{w}_1}{\tilde{w}_0} \right] = 0.68$$

$$\eta_{II} = \frac{0.631}{(1.619 + 0.631)} = 0.33$$

Mark  
 Advanced Thermodynamics

Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. ( ) \_\_\_\_\_

{ chemical availability }  
MoRan

تجزیہ و تحلیل کے لیے

work - chemical energy

جو -> chemical availability

27 B1 }  
EoS

10

15

20

25