

موازنه انرژی

انواع اصلی انرژی عبارتند از :

- گرما (Q)

- کار (W)

- انرژی داخلی (درونی) (U)

- انرژی پتانسیل (E_p)

- انرژی جنبشی (E_k)

کار (W)

کار از دیدگاه مکانیکی حاصلضرب نیرو در جابجایی است.

$$W = F.l$$

$$dW = F.dl$$

$$P = \frac{F}{A} \quad \Rightarrow \quad F = P.A$$

$$V = A.l$$

$$dV = A.dl$$

$$dW = P.A \times \frac{dV}{A} \quad \Rightarrow \quad dW = p.dV$$

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

گرما (Q)

گرما شکلی از انرژی در حال حرکت است که در اثر اختلاف دما بوجود می آید.

$$Q = mC \Delta T$$

ظرفیت گرمایی ویژه جسم (C): مقدار گرمای لازم برای تغییر دمای واحد جرم جسم به میزان ۱ درجه

$$[C] = \frac{[Q]}{[m][T]} \quad SI : C \quad \frac{j}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$Eng : C \quad \frac{Btu}{lb_m \cdot ^\circ F}$$

$$C_p = \alpha + \beta.T + \gamma.T^2$$

$$C_p = a + b.T + c.T^{-2}$$

$$Q = m \int_{T_1}^{T_2} C . dT$$

انرژی داخلی:

$$C_V = \left(\frac{du}{dT}\right)_V \quad \frac{du}{dT} = C_V \quad du = C_V \cdot dT$$

$$\Rightarrow \quad \Delta u = \int_{T_1}^{T_2} C_V \cdot dT$$

$$h = u + PV$$

$$C_p = \left(\frac{dh}{dT}\right)_p \quad dh = C_p \cdot dT$$

آنتالپی

$$\Delta h = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

مثال :

الف) با استفاده از ضمیمه E آخر کتاب معادله ی ظرفیت حرارتی گاز متان را بنویسید.

ب) اگر دمای گاز متان از 100 درجه ی سانتیگراد به 500 درجه ی سانتیگراد افزایش یابد ، تغییر

آنتالپی گاز متان را محاسبه کنید.

$$C_p = a + b(T) + c(T)^2 + d(T)^3$$

$$C_p = 34.31 + 5.469 \times 10^{-2}T + 0.3661 \times 10^{-5}T^2 - 11 \times 10^{-9}T^3$$

ب :

$$\Delta h = \int_{100}^{500} (34.31 + 5.469 \times 10^{-2}T + 0.3661 \times 10^{-5}T^2 - 11 \times 10^{-9}T^3) dT$$
$$\Rightarrow \Delta h = 20266.52133 \frac{j}{gmole}$$

انرژی پتانسیل

$$E_p = m \cdot g \cdot z$$

انرژی جنبشی

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

قانون اول ترمودینامیک

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E_{sys} = -\Delta E_{surr} \\ \Delta E_{sys} = \Delta U + \Delta E_p + \Delta E_k \\ \Delta E_{surr} = \pm Q \pm W \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \Delta U + \Delta E_p + \Delta E_k = \pm Q \pm W$$

قرارداد: گرمای داده شده به سیستم (+)، گرفته شده از سیستم (-)، کار انجام شده روی سیستم (-)، انجام شده توسط سیستم (+)

بیان ریاضی قانون اول ترمودینامیک

$$\Delta U + \Delta E_p + \Delta E_k = Q - W$$

فرم دیگری از قانون اول ترمودینامیک که برای سیستم های باز مناسب تر است:

$$W = \int PdV + W_s$$
$$= P\Delta V + W_s$$

از طرفی :

$$\int PdV = \int_{P_1V_1}^{P_2V_2} d(PV) = P_2V_2 - P_1V_1$$

$$\Rightarrow Q - [(P_2V_2 - P_1V_1) + W_s] = \Delta U + \Delta E_p + \Delta E_k$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad \text{میدانیم که :}$$

پس می توان رابطه فوق را به شکل زیر بازنویسی کرد :

$$Q - W_s = \underbrace{(U_2 + P_2V_2)}_{H_2} - \underbrace{(U_1 + P_1V_1)}_{H_1} + \Delta E_p + \Delta E_k$$

$$Q - W_s = \Delta H + \Delta E_p + \Delta E_k$$

استفاده از ظرفیت حرارتی متوسط در محاسبه Δh

$$\Delta h = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = C_{Pm} \int_{T_1}^{T_2} dT = C_{Pm} (T_2 - T_1) \quad C_{Pm} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} C_p dT}{T_2 - T_1}$$

مثال- مطلوب است تغییر آنتالپی یک کیلومول ازت (نیترژن) که در فشار ثابت ۱۰۰ kpa از ۱۸ درجه سانتیگراد تا ۱۱۰۰ درجه حرارت داده می شود.

$$\begin{aligned} \Delta h_{N_2} &= \Delta h_{N_2} - \Delta h_{N_2} \\ 18 \rightarrow 1100 & \quad 1100 \quad 18 \\ &= C_{Pm} (1100 - T_0) - C_{Pm} (18 - T_0) \\ & \quad \quad \quad =0 \quad \quad \quad =0 \\ &= 31.593 (1100 - 0) - 29.12 (18 - 0) = 34228.14 \frac{j}{gmole \cdot K} \end{aligned}$$

محاسبه آنتالپی برای مخلوط ها

| | | |
|---------|------------------------|--------------|
| 200 ° F | CO ₂ : 9.2% | آنالیز گاز : |
| | CO : 1.5% | |
| | N ₂ : 82 % | |
| 550 ° F | O ₂ : 7.3% | |

راه حل اول :

Base : 1lbmole of mix

$$\Delta H_{mix} = n_{CO_2} \Delta \hat{H}_{CO_2} + n_{CO} \Delta \hat{H}_{CO} + n_{O_2} \Delta \hat{H}_{O_2} + n_{N_2} \Delta \hat{H}_{N_2}$$

0.092 0.015 0.073 0.82

$$\Delta \hat{H}_{CO_2} = \int_{550}^{200} C_{PCO_2} \cdot dT = C_{Pm} (200 - T_0) - C_{Pm} (550 - T_0)$$
$$= 9.91(200 - 32) - 9.95(550 - 32)$$

مقادیر C_{pm} از جدول صفحه ۴۳۰ کتاب خوانده شده و مقدار 9.95 از طریق درونیابی بدست آمده است.

به همین ترتیب آنتالپی سایر اجزا محاسبه خواهد شد.

راه حل دوم:

Base : 1 lbmole of mix

از C_{Pmix} استفاده می کنیم:

$$C_{Pmix} = \sum_{i=1}^n y_i C_{Pi} = y_{CO_2} \cdot C_{PCO_2} + y_{CO} C_{PCO} + y_{O_2} C_{PO_2} + y_{N_2} C_{PN_2}$$

از جدول ضمیمه E صفحه 735 داریم:

$$C_{PCO_2} = 8.448 + 5.757 \times 10^{-3}T - 21.59 \times 10^{-7}T^2$$

$$C_{PCO} = 6.865 + 0.8024 \times 10^{-3}T - 0.7367 \times 10^{-7}T^2$$

$$C_{PO_2} = 7.104 + 0.7851 \times 10^{-3}T - 0.5528 \times 10^{-7}T^2$$

$$C_{PN_2} = 6.85 + 0.7624 \times 10^{-3}T - 0.7009 \times 10^{-7}T^2$$

که C_P ($\frac{Btu}{lbmole \cdot ^\circ F}$), T ($^\circ F$) می باشد.

$$C_{Pmix} = 0.092 \times (8.448 + 5.757 \times 10^{-3}T - 21.59 \times 10^{-7}T^2) + 0.015 \times (6.865 + 0.8024 \times 10^{-3}T - 0.7367 \times 10^{-7}T^2) + \dots + \dots$$

که نهایتاً معادله به فرم $a + bT + cT^2$ خواهد شد که با جایگذاری مقدار T جواب نهایی حاصل می گردد.

موازنه عمومی انرژی (Energy Balance)

$$Q - W_s = \underbrace{(H_2 - H_1)}_{\Delta H} + \underbrace{(E_{K2} - E_{K1})}_{\Delta E_K} + \underbrace{(E_{P2} - E_{P1})}_{\Delta E_P}$$

$$H_2 = H_{e1} + H_{e2} + H_{e3} + \dots = m_{e1} \cdot h_{e1} + m_{e2} \cdot h_{e2} + \dots$$

$$H_1 = H_{i1} + H_{i2} + H_{i3} + \dots = m_{i1} \cdot h_{i1} + m_{i2} \cdot h_{i2} + \dots$$

$$E_{K2} = E_{Ke1} + E_{Ke2} + E_{Ke3} + \dots = \frac{1}{2} m_{e1} \cdot u_{e1}^2 + \frac{1}{2} m_{e2} \cdot u_{e2}^2 + \dots$$

$$E_{K1} = E_{Ki1} + E_{Ki2} + E_{Ki3} + \dots = \frac{1}{2} m_{i1} \cdot u_{i1}^2 + \frac{1}{2} m_{i2} \cdot u_{i2}^2 + \dots$$

$$E_{P2} = E_{Pe1} + E_{Pe2} + E_{Pe3} + \dots = m_{e1} \cdot g \cdot z_{e1} + m_{e2} \cdot g \cdot z_{e2} + \dots$$

$$E_{P1} = E_{Pi1} + E_{Pi2} + E_{Pi3} + \dots = m_{i1} \cdot g \cdot z_{i1} + m_{i2} \cdot g \cdot z_{i2} + \dots$$

$$Q - W_s = \left(\sum_{j=1}^n m_{ej} \cdot h_{ej} - \sum_{j=1}^m m_{ij} \cdot h_{ij} \right) + \left(\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n m_{ej} u_{ej}^2 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m m_{ij} \cdot u_{ij}^2 \right)$$

$$+ \left(g \sum_{j=1}^n m_{ej} z_{ej} - g \sum_{j=1}^m m_{ij} \cdot z_{ij} \right)$$

موازنه انرژی همراه با واکنش های شیمیایی

نکته ۱ - وقتی که واکنش شیمیایی انجام می شود بسته به گرمازا یا گرماگیر بودن واکنش مقداری انرژی از سیستم جذب یا دفع می شود (داده یا گرفته می شود) که باید آنرا در محاسبات لحاظ کنیم.

نکته ۲ - گرمای واکنش در حقیقت یک تغییر آنتالپی است (بین مواد اولیه و محصولات) نه انتقال حرارت

نکته ۳ - نحوه لحاظ کردن تغییرات انرژی حاصل از واکنش در موازنه انرژی :

برای این منظور به آنتالپی هر سازنده یک کمیت مشخص که گرمای استاندارد تشکیل است (آنتالپی مولی استاندارد تشکیل) $(\Delta \hat{H}_f^o)$ می افزاییم. به عبارت دیگر :

$$\Delta \hat{H}_A = \Delta \hat{H}_{fA}^o + \int_{T_0}^T C_{PA} dT$$

و برای مخلوط چند جسم :

$$\Delta H_{mix} = \sum_{i=1}^n n_i \cdot \Delta \hat{H}_{fi}^o + \sum_{i=1}^n \int_{T_{ref}}^T n_i C_{Pi} dT$$

بدون واکنش شیمیایی



$$\Delta H = \Delta H_{out} - \Delta H_{in}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{in} &= (\Delta H_A + \Delta H_B)_{in} = \\ &(n_A \Delta \hat{H}_{fA}^o + \int_{T_0}^{T_{in}} n_A C_{PA} dT) + \\ &(n_B \Delta \hat{H}_{fB}^o + \int_{T_0}^{T_{in}} n_B C_{PB} dT) = \\ &(\Delta H_{fA}^o + \Delta H_{fB}^o) + \int_{T_0}^{T_{in}} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{out} &= (\Delta H_A + \Delta H_B)_{out} = \\ &(\Delta H_{fA}^o + \Delta H_{fB}^o) + \int_{T_0}^{T_{out}} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \int_{T_0}^{T_{out}} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT + \\ &\int_{T_{in}}^{T_0} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta H = \int_{T_{in}}^{T_{out}} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT$$

همراه با واکنش شیمیایی



$$\Delta H = \Delta H_{out} - \Delta H_{in}$$

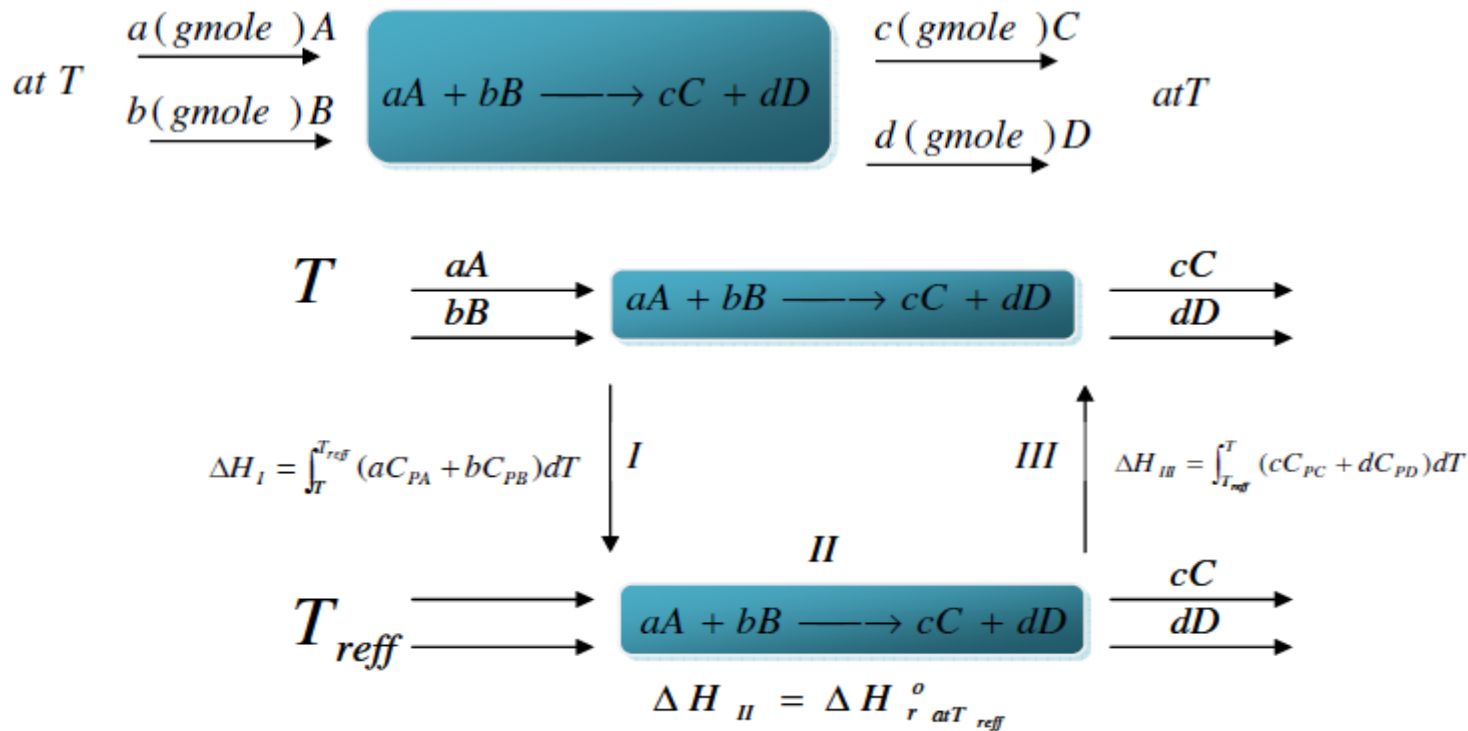
$$\begin{aligned} \Delta H_{in} &= (\Delta H_A + \Delta H_B)_{in} = \\ &(n_A \Delta \hat{H}_{fA}^o + \int_{T_0}^{T_{in}} n_A C_{PA} dT) + \\ &(n_B \Delta \hat{H}_{fB}^o + \int_{T_0}^{T_{in}} n_B C_{PB} dT) = \\ &(\Delta H_{fA}^o + \Delta H_{fB}^o) + \int_{T_0}^{T_{in}} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT \end{aligned}$$

$$\Delta H_{out} = (n_D \Delta \hat{H}_{fD}^o) + \int_{T_0}^{T_{in}} n_D C_{PD} dT$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta H &= \overbrace{(n_D \Delta \hat{H}_{fD}^o - n_A \Delta \hat{H}_{fA}^o - n_B \Delta \hat{H}_{fB}^o)}^{\Delta H_r^o} \\ &+ \int_{T_0}^{T_{out}} n_D C_{PD} dT - \int_{T_0}^{T_{out}} (n_A C_{PA} + n_B C_{PB}) dT \end{aligned}$$

مشاهده می شود که در اینجا آنتالپی های تشکیل حذف نمی شوند و ΔH_r^o آنتالپی واکنش نامیده می شود.

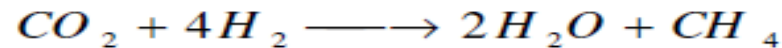
موازنه انرژی در حالیکه محصولات و ترکیب شونده ها در ۲۵ درجه سانتیگراد (دمای مبنا) نباشند:



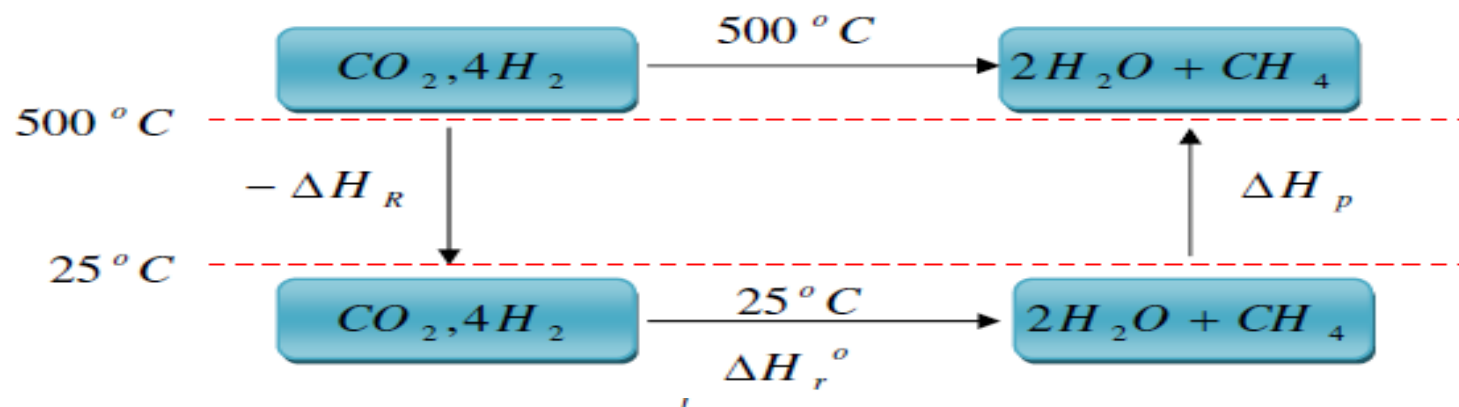
$$\Delta H = \Delta H_{\text{I}} + \Delta H_{\text{II}} + \Delta H_{\text{III}}$$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = (c\Delta\hat{H}_{fC}^{\circ} + d\Delta\hat{H}_{fD}^{\circ}) - (a\Delta\hat{H}_{fA}^{\circ} + b\Delta\hat{H}_{fB}^{\circ})$$

مخترعی تصور میکند کاتالیزر جدیدی ابداع کرده که بکمک آن واکنش زیر با میزان تبدیل ۱۰۰٪ انجام می‌گیرد:



مطلوبست مقدارحرارتی که باید به سیستم داده یا از آن خارج گردد در صورتیکه گازها در دمای 500 درجه ی سانتیگراد وارد شده و در همین دما خارج شوند.



راه حل اول:

$$\Delta H_{r_T} = \Delta H_P + \Delta H_r^o - \Delta H_R$$

$$C_{P_{CO_2}} = 36.11 + 4.233 \times 10^{-2}T - 2.887 \times 10^{-5}T^2 + 7.464 \times 10^{-9}T^3$$

$$C_{P_{H_2}} = 28.84 + 0.00765 \times 10^{-2}T - 0.3288 \times 10^{-5}T^2 - 0.869 \times 10^{-9}T^3$$

$$C_{P_{H_2O}} = 33.46 + 0.688 \times 10^{-2}T - 0.7604 \times 10^{-5}T^2 - 3.593 \times 10^{-9}T^3$$

$$C_{P_{CH_4}} = 34.31 + 5.469 \times 10^{-2}T - 0.3661 \times 10^{-5}T^2 - 11 \times 10^{-9}T^3$$

$$\Delta H_f^o \left(\frac{J}{\text{gmole}} \right) \begin{cases} \text{CO}_2(g) : 39351 \\ \text{H}_2(g) = 0 \\ \text{H}_2\text{O}(g) = 241827 \\ \text{CH}_4(g) = 7484 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r^o &= 2\Delta\hat{H}_{f\text{H}_2\text{O}}^o + 1 \times \Delta\hat{H}_{f\text{CH}_4}^o - 1 \times \Delta\hat{H}_{f\text{CO}_2}^o \\ &= 2(-241827) - 74848 - (-393513) = -164989 \frac{J}{\text{gmole}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_p &= \int_{T_o}^T (2C_{P\text{H}_2\text{O}} + C_{P\text{CH}_4}) dT = \\ &= \int_{25}^{500} (101.23 + 6.845 \times 10^{-2}T + 1.89 \times 10^{-5}T^2 - 18.19 \times 10^{-9}T^3) dT \\ &= 57122.29 \frac{J}{\text{gmole CO}_2} = 57.12 \frac{\text{kJ}}{\text{gmole CO}_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_R &= \int_{25}^{500} (C_{P\text{CO}_2} + 4C_{P\text{H}_2}) dT \\ &= \int_{25}^{500} (151.47 + 4.26 \times 10^{-2}T - 1.57 \times 10^{-5}T^2 + 3.98 \times 10^{-9}T^3) dT \\ &= 71948.25 \frac{J}{\text{gmole CO}_2} = 71.95 \frac{\text{kJ}}{\text{gmole CO}_2} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{rT} = 57.12 - 164.989 - 71.95 = -179.812 \frac{\text{kJ}}{\text{gmole}}$$

محاسبه دمای آدیاباتیک شعله

تعریف - حداکثر دمایی که می توان در اثر انجام یک فرآیند (واکنش های گرمازا) به آن دست یافت.

$$\Delta H = \Delta H_p - \Delta H_R + \Delta H_r^o$$

$$\Rightarrow Q = \Delta H_p - \Delta H_R + \Delta H_r^o$$

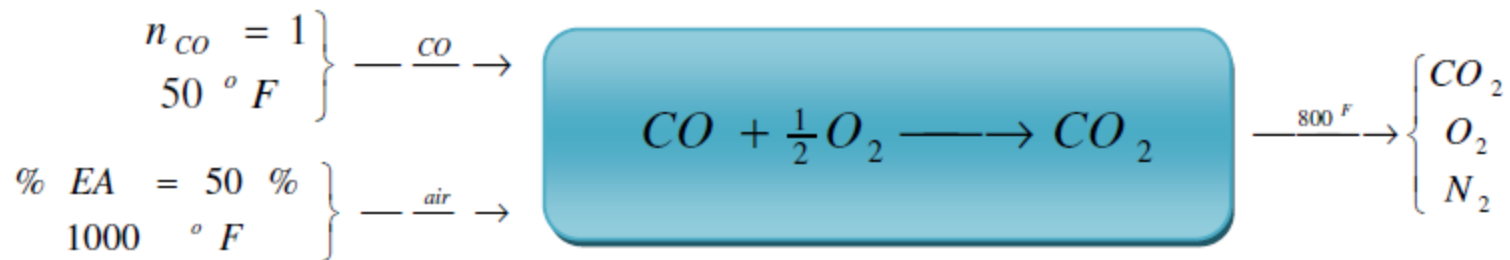
پس برای واکنش های گرمازا برای رسیدن به حداکثر دما باید سیستم را ایزوله کنیم تا گرما خارج نشود.

یعنی $Q=0$ است. ضمناً از احتراق ناقص هم باید صرف نظر شود.

$$\Rightarrow \Delta H_p - \Delta H_R + \Delta H_r^o = 0$$

$$\Rightarrow \Delta H_p = \Delta H_R - \Delta H_r^o$$

منوکسید کربن در ۵۰ درجه فارنهایت را با ۵۰٪ هوای اضافی در دمای ۱۰۰۰ درجه ی فارنهایت بطور کامل در فشار ۲ اتمسفر می سوزانند. محصولات احتراق در دمای ۸۰۰ درجه فارنهایت از کوره خارج می شوند. مطلوب است حرارت خروجی از محفظه احتراق بر حسب Btu به ازای هر پوند CO ورودی.



BASE : 1 lbmole CO

مورد نیاز $O_2 = 0.5 \text{ lbmole}$

ورودی $O_2 = 0.5 \times 1.5 \text{ lbmole}$

ورودی $N_2 = 0.5 \times 1.5 \times \frac{79}{21} = 2.82 \text{ lbmole}$

خروجی $O_2 = O_{2_{input}} - O_{2_{Cons}} = 0.5 \times 1.5 - 0.5 = 0.5(1.5 - 1) \text{ lbmole}$

خروجی $N_2 = N_{2_{input}} = 2.82 \text{ lbmole}$

$$\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_{CO_2} + \Delta H_{O_2} + \Delta H_{N_2} =$$

$$\Delta \hat{H}_{f_{CO_2}}^o + \int_{77}^{800} C_{P_{CO_2}} dT + 0.25 \Delta \hat{H}_{f_{O_2}}^o + \int_{77}^{800} 0.25 C_{P_{O_2}} dT$$

$$+ 2.82 \Delta \hat{H}_{f_{N_2}}^o + \int_{77}^{800} 2.82 C_{P_{N_2}}$$

$$\Rightarrow \Delta H_2 = \Delta \hat{H}_{f_{CO_2}}^o + \int_{77}^{800} (C_{P_{CO_2}} + 0.25 C_{P_{O_2}} + 2.82 C_{P_{N_2}}) dT$$

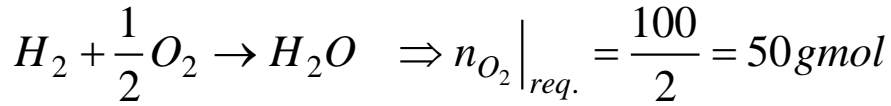
$$\Delta H_1 = \Delta H_{CO} + \Delta H_{O_2} + \Delta H_{N_2} =$$

$$\Delta \hat{H}_{f_{CO}}^o + \int_{77}^{50} C_{P_{CO}} dT + 0.75 \Delta \hat{H}_{f_{O_2}}^o + \int_{77}^{1000} 0.75 C_{P_{O_2}} dT$$

$$+ 2.82 \Delta \hat{H}_{f_{N_2}}^o + \int_{77}^{1000} 2.82 C_{P_{N_2}}$$

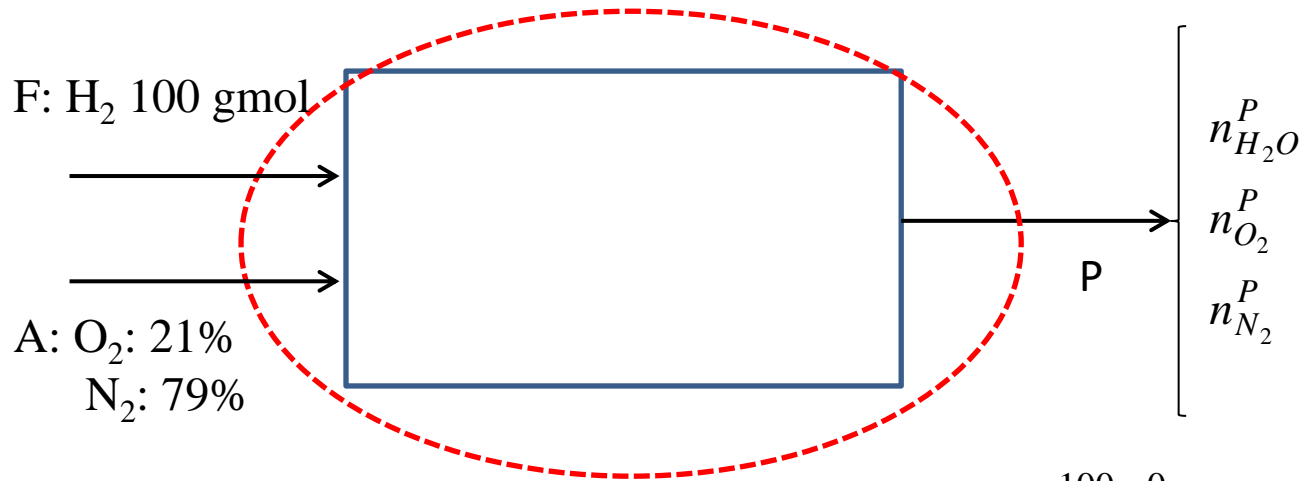
$$\Rightarrow \Delta H_1 = \Delta \hat{H}_{f_{CO}}^o + \int_{77}^{1000} (0.75 C_{P_{O_2}} + 2.82 C_{P_{N_2}}) dT + \int_{77}^{50} C_{P_{CO}} dT$$

- مطلوبست تعیین دمای آدیاباتیک شعله زمانی که هیدروژن با ۱۰۰ درصد هوای اضافی در فشار ۱ اتمسفر می سوزد. دمای هیدروژن و هوا در ورودی مشعل ۱۰۰ درجه سانتی گراد می باشد.



$$\% \text{ excess air} = \frac{n_{O_2} - 50}{50} * 100 = 100\% \Rightarrow n_{O_2}|_{in} = 100 \text{ gmol}$$

$$n_{N_2}|_{in} = \frac{0.79}{0.21} 100 = 376 \text{ gmol}$$



$$\xi = \frac{100 - 0}{1} = 100$$

$$n_{O_2}|_{out} = n_{O_2}|_{in} + \xi \nu_{O_2} = 100 + 100 \times \left(-\frac{1}{2}\right) = 50 \text{ gmol}$$

$$n_{N_2}|_{out} = n_{N_2}|_{in} + \xi \nu_{N_2} = 376 + 100 \times (0) = 376 \text{ gmol}$$

$$n_{H_2O}|_{out} = n_{H_2O}|_{in} + \xi \nu_{H_2O} = 0 + 100 \times (1) = 100 \text{ gmol}$$

$$\Delta H_P = n_{N_2} \Big|_{out} \int_{25}^T C_{p_{N_2}} dT + n_{O_2} \Big|_{out} \int_{25}^T C_{p_{O_2}} dT + n_{H_2O} \int_{25}^T C_{p_{H_2O}} dT$$

$$\Delta H_R = n_{H_2} \int_{25}^{100} C_{p_{H_2}} dT + n_{N_2} \Big|_{in} \int_{25}^{100} C_{p_{N_2}} dT + n_{O_2} \Big|_{in} \int_{25}^{100} C_{p_{O_2}} dT$$

$$\Delta H_r^0 = n_{O_2} \Big|_{out} \Delta H_{f_{O_2}}^0 + n_{N_2} \Big|_{out} \Delta H_{f_{N_2}}^0 + n_{H_2O} \Big|_{out} \Delta H_{f_{H_2O}}^0 - n_{O_2} \Big|_{in} \Delta H_{f_{O_2}}^0 - n_{N_2} \Big|_{in} \Delta H_{f_{N_2}}^0 - n_{H_2} \Big|_{out} \Delta H_{f_{H_2}}^0$$

$$\Delta H_P = 376 * \int_{25}^T 29 + 0.2199 * 10^{-2} T + 0.5723 * 10^{-5} T^2 - 2.871 * 10^{-9} T^3 dT$$

$$+ 50 * \int_{25}^{100} 29.1 + 1.158 * 10^{-2} T - 0.6076 * 10^{-5} T^2 + 1.311 * 10^{-9} T^3 dT$$

$$+ 100 \int_{25}^T C_{p_{H_2O}} dT$$

$$\Delta H_R = 100 * \int_{25}^{100} 29.1 + 1.158 * 10^{-2} T - 0.6076 * 10^{-5} T^2 + 1.311 * 10^{-9} T^3 dT$$

$$+ 100 * \int_{25}^T 28.84 + 0.00765 * 10^{-2} T + 0.3288 * 10^{-5} T^2 - 0.8698 * 10^{-9} T^3 dT$$

$$+ 376 * \int_{25}^{100} 29 + 0.2199 * 10^{-2} T + 0.5723 * 10^{-5} T^2 - 2.871 * 10^{-9} T^3 dT$$

$$\Delta H_r^0 = 100 * (-241.826)$$

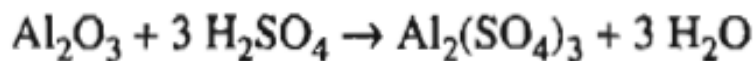
کويز ۳

سولفات آلومينيم از واکنش بوکسيت با اسيد سولفوریک بر اساس واکنش زیر به دست می آید.
بوکسيت حاوی % ۵۵/۴ اکسید آلومينیوم و مابقی ناخالصی است. محلول اسيد شامل % ۷۷/۷ اسيد سولفوریک و مابقی آب است. برای تولید ۱۷۹۸ پوند سولفات آلومينیوم، ۱۰۸۰ پوند بوکسيت و ۲۵۱۰ پوند اسيد سولفوریک استفاده می شود. مطلوبست تعیین: الف) ترکیب شوند اضافی ب) درصد ترکیب شونده اضافی ج) میزان تبدیل واکنش

Al: 27

S: 32

O: 16



$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3}|_{in} = 0.554 * 1080 = 598.32 \text{ Ib}$$

$$n_{\text{Al}_2\text{O}_3}|_{in} = \frac{598.32}{27 * 2 + 16 * 3} = 5.87 \text{ Ibmol}$$

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4}|_{in} = 0.777 * 2510 = 1950.27 \text{ Ib}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4}|_{in} = \frac{1950.27}{2 + 32 + 4 * 16} = 19.9 \text{ Ibmol}$$

$$\zeta_{\text{Al}_2\text{O}_3}^{\max} = \frac{0 - 5.87}{-1} = 5.87$$

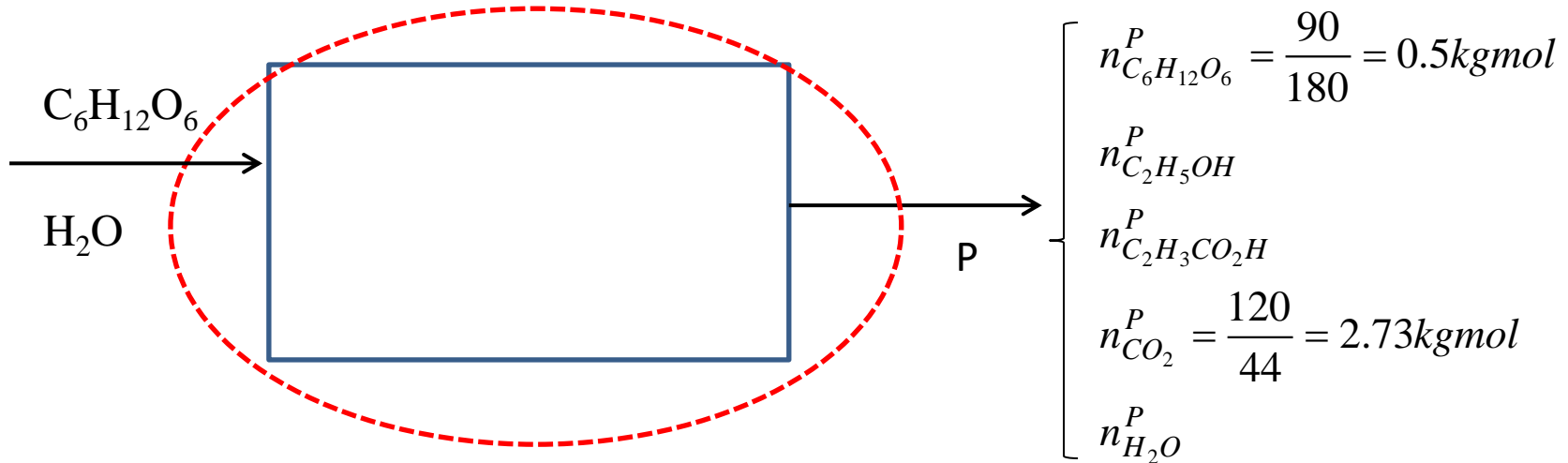
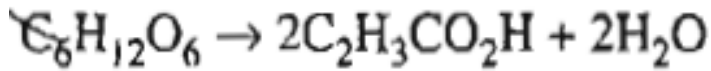
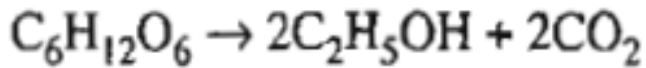
$$\zeta_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\max} = \frac{0 - 19.9}{-3} = 6.63$$

$$n_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{1798}{27 * 2 + 96 * 3} = 5.26 \text{ Ibmol}$$

$$\% \text{ EXCESS} = \frac{19.9 - 5.26 * 3}{5.26 * 3} * 100 = 26\%$$

$$X_i = \frac{5.26}{5.87} = 0.896$$

واکنش های زیر را در نظر بگیرید. خوراک ورودی به یک راکتور ۳۵۰۰ کیلوگرم محلول آبی ۱۲% گلوکز می باشد. طی فرایند تخمیر در راکتور ۱۲۰ کیلوگرم دی اکسید کربن تولید و ۹۰ کیلوگرم گلوکز واکنش نداده باقی ماند. درصد وزنی اتیل الکل و اسید پروپنویک خروجی را بیابید.



$$\left. \begin{aligned} n_{C_6H_{12}O_6}^P &= \frac{90}{180} = 0.5 \text{kgmol} \\ n_{C_6H_{12}O_6}^F &= \frac{3500 * 0.12}{180} = 2.33 \text{kgmol} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \zeta = \frac{0.5 - 2.33}{-1} = 1.83$$

$$n_{C_2H_5OH}^P = 0 + 2.33 * 2 = 4.66 \text{kgmol}$$

$$n_{C_2H_3CO_2H}^P = 0 + 2.33 * 2 = 4.66 \text{kgmol}$$

$$n_{CO_2}^P = \frac{120}{44} = 2.73 \text{kgmol}$$

$$n_{H_2O}^P = \frac{3500 * 0.88}{18} + 2.33 * 2 = 175.77 \text{kgmol}$$