

Subject:

جزوه‌ی موازنه انرژی و مواد

۹۲۳۲۰۷۲ احمد رضا مرادی

Year. Month. Date. (1)

$lb_m$  پوند کم  
 $ft$  فوت  
 $lb_f$  پوند نیرو  
 $h$  ساعت  
 فصل اول - فصل دوم - فصل سوم - فصل چهارم - فصل پنجم - فصل ششم - فصل هفتم - فصل هشتم - فصل نهم - فصل دهم - فصل یازدهم - فصل بیستم

(کمیت داده شده)  $\times$  (ضریب تبدیل) = (کمیت واحد مطلوب)

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

$$\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = \frac{1000 \text{ g}}{1000 \text{ g}} = 1$$

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1$$

$$10 \frac{lb_m}{ft \cdot h} = ? \frac{kg}{m \cdot s}$$

کمیت داده شده

$$\frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$10 \frac{lb_m}{ft \cdot h} \times \frac{454 \text{ g}}{1 \text{ lb}_m} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ft}}{2.54 \text{ cm}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$$

$$= 10 \times \left( \frac{454 \times 100}{1000 \times 2.54 \times 3600} \right) = \frac{\text{کمیت}}{\text{مقدار}} \frac{kg}{m \cdot s}$$

ضریب تبدیل

$$(P + \frac{a}{v^2})(v - b) = nRT$$

PVT

تثبیت

تول

رابطه

- $a [=] \text{ atm} \cdot \text{cm}^6$
- $P [=] \text{ atm}$
- $v [=] \text{ cm}^3$
- $b [=] \text{ cm}^3$

$$F = m \cdot a \rightarrow F = C \cdot m \cdot a$$

$$\Rightarrow C = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}$$

Subject:

Year. Month. Date. 2

$$F = c \cdot m \cdot a$$

$$g_c = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$1 \text{ lbf} = c \times 1 \text{ lb}_m \times g_c$$

$$g_c = \frac{32.174 \text{ ft}}{32.2 \text{ s}^2}$$

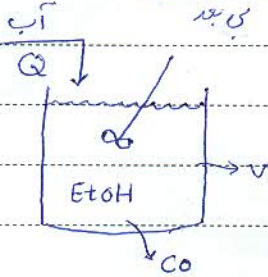
$$\Rightarrow c = \frac{1 \text{ lbf}}{1 \text{ lb}_m \times 32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}} = \frac{1}{32.2} \frac{\text{lbf}}{\text{lb}_m \times \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}}$$

$$W = F = \frac{1}{g_c} \times m \times g$$

$$F = \frac{1}{g_c} \times m \times a$$

مسئله 20: معادله زیر مبنی تغییرات غلظت در یک مخزن مخلوط کننده می باشد که در ابتدا مخزنی آبیان با غلظت اولیه  $c_0$  و به آن آب خالص با شدت ثابت افزوده شده است.

$$c = k \exp\left(\frac{-Q \cdot T}{V}\right)$$



تدریجاً غلظت از  $c_0$  به  $c$  تغییر می کند.  
 $Q$  = دبی جریان آب اضافه شده  
 مخزن

حجم مخزن  $V$

زمان  $T$

ثابت  $k$  معادله  
 مقدار آن از شرایط اولیه مخزن حاصل می شود

الف) واحد  $k$  در این معادله چیست؟

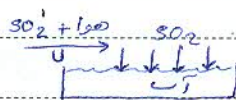
ب) واحد صحیح برای  $Q$  چیست؟

$$k [?] \quad \frac{1}{\text{حجم}}$$

الف) واحد  $k$  همان واحد است ←

ب) واحد  $Q$  همان واحد است  
 یعنی حجم بر زمان

مسئله 21: بررسی سرعت انتقال جرم  $SO_2$  موجود در جریان هوا به داخل آب نشان داده است که ضریب



$$k_x = k \cdot u \cdot 1487$$

الف) بعد ثابت  $k$  چیست؟

ضریب انتقال جرم  $k_x$

$$\frac{\text{mol}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

$$U = \text{سرعت آب} \quad \text{cm/s}$$

Subject:

Year. Month. Date. (3)

k چیست؟

$$k [z] = \frac{k_x}{U^{0.487}} = \frac{\text{mol/cm}^2 \cdot \text{s}}{(\text{cm/s})^{0.487}}$$

$$= \frac{\text{mol} \cdot \text{s}^{0.487}}{\text{cm}^{2.487} \cdot \text{s}} \Rightarrow k [z] = \frac{\text{mol}}{\text{cm}^{2.487} \cdot \text{s}^{0.513}}$$

ب) اگر خواهیم سرعت را بر حسب ft/s بیان کرده و اصل معادله را تغییر ندهیم واحد k چه خواهد شد؟

ک<sub>x</sub> را بر حسب mol/cm<sup>2</sup>·s بیان شود و k بر حسب چه خواهد شد؟

$$k_x = k \cdot U^{0.487}$$

$$U: \text{cm/s}$$

$$k_x: \frac{\text{mol}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

$$U' = \frac{\text{ft}}{\text{s}} \quad U' \frac{\text{ft}}{\text{s}} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = (U' \times 30.48) \text{ cm/s}$$

$$\Rightarrow k_x = k \cdot (U' \times 30.48)^{0.487}$$

$$\Rightarrow k_x = \underbrace{5.281}_{k'} \cdot k \cdot U'^{0.487} = k' \cdot U'^{0.487}$$

$$U' = \frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

$$k_x = \text{mol/cm}^2 \cdot \text{s}$$

$$k' [z] = \frac{\text{mol/cm}^2 \cdot \text{s}}{(\text{ft/s})^{0.487}}$$

ک<sup>۱</sup> چیست؟ : mol

$$1 \text{ kg mol} = 1000 \text{ g mol} = 1000 \times 61.22 \times 10^{23}$$

$$1 \text{ lb mol} = 454 \text{ g mol} = 454 \times 61.22 \times 10^{23}$$

$$1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg mol} = 10^6 \times 1000 \times 61.22 \times 10^{23}$$

Subject:

Year. Month. Date. (H)

American Engineering :  $\left. \begin{matrix} \text{lb}_m \\ \text{s} \\ \text{ft} \\ \text{lb}_f \end{matrix} \right\}$

$\left. \begin{matrix} \text{cgs} \\ \text{SI} \\ \text{FPS} \end{matrix} \right\}$   $\left. \begin{matrix} \text{کلمت} \\ \text{اصلي} \end{matrix} \right\}$

$\left. \begin{matrix} \text{انگريزي} \\ \text{پير} \\ \text{lb} \\ \dots \end{matrix} \right\}$

چند سوال پوچھا؟  $\text{NaOH}$  7.5 g mol  $\text{NaOH}$  وچ موجود؟

$$7.5 \text{ g mol NaOH} \times \frac{1 \text{ lb mol}}{454 \text{ g mol}} \times \frac{40 \text{ lb NaOH}}{1 \text{ lb mol NaOH}} = 0.166 \text{ lb NaOH}$$

$$M_{\text{NaOH}} = 40 \text{ amu}$$

$$1 \text{ g mol NaOH} = 40 \text{ g}$$

$$1 \text{ lb mol NaOH} = 40 \text{ lb}$$

$$1 \text{ ton mol NaOH} = 40 \text{ ton}$$

سوال 25. مائیکل آفٹر فیل اول

مائی ایٹل اول  $\mu$  سے زیادہ ریفیو سے ریٹولڈ  $\mu$  یا شدہ  $\mu$  کی حالت میں

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu} \quad U = \frac{3 \text{ cm}}{\text{s}} \quad D = 2 \text{ mm} \quad \mu = 0.025 \text{ poise}$$

Re : ریٹولڈ

$\rho$  : کثافت

U : سرعت

D : قطر

$\mu$  : ویسکوزیٹی

$$\rho = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad U = \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad D = \text{m}$$

$$\mu \cdot [\equiv] = \frac{F/A}{du/dy} = \frac{\text{N/m}^2}{\text{m/s}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

Subject:

Year:      Month:      Date: 5

$$\left. \begin{aligned} N &= \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ \text{dyn} &= \text{g} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \end{aligned} \right\} 1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$$

$$\text{erg} = \text{dyn} \times \text{cm} = 1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$$

$$\mu [z] = \frac{\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2}}{\frac{\text{cm}}{\text{s}}} = \frac{\text{dyn} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2} = \text{poise} \quad \cdot 0.1 \text{ poise} = \text{cp}$$

$$1 \text{ poise} = 0.1 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ cp} = 0.001 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$D = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$U = 3 \text{ cm/s} = 3 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$\rho = 25 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{454 \text{ g}}{1 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{2.8 \times 10^{-2} \text{ m}^3} = 401 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Re = \frac{401 \times 3 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-3}}{10^{-6} \times 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}}$$

$$Re = 2.4 \times 10^7$$

( mass fraction ) کیری

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1} m_j}$$

$$\text{CP} = W_i = 100 w_i$$

$$\sum w_i = 1.0$$

Subject:

Year. Month. Date. 6

mol fraction

$$y_i = \frac{n_i}{\sum n_j}$$

$n_i$  تعداد مولها جزء از مخلوط  
مخلوط شامل آن جزء است

معمولاً کسرهای جزء از وزن گاز را بصورت  $y_i$  و در فاز مایع  $X_i$  بصورت  $x_i$  نمایش می دهند

$$Y_i \text{ یا } X_i = 100 y_i \text{ یا } 100 x_i$$

$$\sum y_i = 1.0$$

برای یک مخلوط دو جزئی:

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 &= \frac{m_1}{m_1 + m_2} \\ \omega_2 &= \frac{m_2}{m_1 + m_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1 M_1}{n_2 M_2} = \frac{n_1}{(n_1 + n_2)} \times \frac{M_1}{M_2} \Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{x_1}{x_2} \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$\frac{\omega_1}{1 - \omega_1} = \frac{x_1}{1 - x_1} \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$\text{volume fraction: } v_i = \frac{V_i}{\sum V_i}$$

$V_i$ : حجم ماده از مخلوط

$$pV = nRT$$

فعال گاز ایده آل:

$$R = 8.314 \frac{J}{g \cdot mol \cdot K}$$

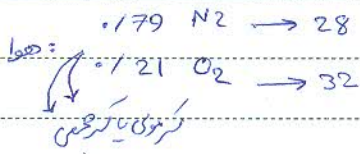
فقط برای گاز های ایده آل کسر حجمی یک جزء در مخلوط با کسر مولی آن در آن مخلوط یکی است

ppm قسمت در میلیون

ppb " " " " " " " "

Subject:

Year. Month. Date. 7



$$\bar{M}_{air} = .179 \times 28 + .121 \times 32$$

$$M_{air} = 28 \times 8.4 \approx 29$$

یادآوری:

$$\bar{f} = \frac{\int_a^b f(x) dx}{\int_a^b dx}$$

چگالی: Density =  $\rho = \frac{m}{V}$

چگالی ویژه: specific Gravity  
 $\rho_{sp. Gr}$

نسبت جرمی مواد در مخلوط

$sp. Gr =$  نسبت جرمی مواد در مخلوط نسبت به جرمی مایع مرجع (دانشی مایع مورد نیاز)

$$sp. Gr = \frac{\rho_1}{\rho_{Ref}}$$

دانشی آب مرجع  $\frac{1g}{cm^3}$

$$sp. Gr = \frac{\rho_{25^\circ C}}{\rho_{4^\circ C}}$$

$$(\rho_{H_2O})_{60^\circ F} \approx 62.4 \frac{lb}{ft^3}$$

$$^\circ API = \frac{141.5}{sp. Gr_{60^\circ F}} - 131.5$$

مواد نفتی سبتر از آب  $^\circ API$  بزرگتر دارند و مواد نفتی سنگین تر  $^\circ API$  کمتر دارند.

American Petroleum Institute

$$^\circ API = 10$$

(بشدت تقریباً) 159 lit  
 158.97 lit

$$^\circ API = 57.0$$

$$^\circ API = 42.0$$

Subject:

Year. Month. Date. (8)

$$1 \text{ gal} = 3.78 \text{ lit} = 4 \text{ lit}$$

$$1 \text{ batell} = 42 \text{ gal}$$

$$p = \frac{m}{V} \rightarrow \text{چگندگی} = \frac{1}{p} = \frac{V}{m}$$

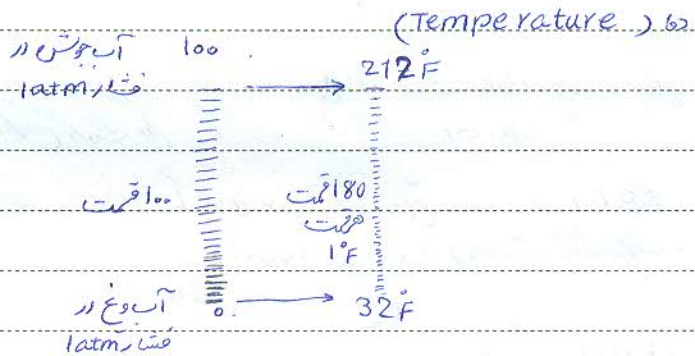
$$pV = nRT$$

$$p \frac{V}{n} = RT$$

$$pV = nRT$$

{ °K  
°C

{ °R در برابری  
°F



$$0^\circ \text{K} = -273^\circ \text{C}$$

$$273^\circ \text{K} = 0^\circ \text{C}$$

$$K = ^\circ \text{C} + 273.15$$

x y  
(°C, °F)

(0°C, 32°F)  
(100°C, 212°F) } همبندی دما در آب

$$\frac{212-32}{100-0} = \frac{F-32}{C-0} \Rightarrow 1.8 = \frac{F-32}{C} \Rightarrow F = 1.8C + 32$$

$$\Delta C = 1.8 \Delta F$$

$$0^\circ \text{R} = -459.6^\circ \text{F} = -460^\circ \text{F} = 0^\circ \text{R}$$

$$^\circ \text{R} = ^\circ \text{F} + 460$$

$$1^\circ \text{F} = 1^\circ \text{R}$$

مواد ساده شده می انتقال حرارت از بی لوله به هوا به صورت زیر نوشته می شود

$$h = \frac{0.26 G^{0.6}}{D^{0.6}}$$



Subject:

Year. Month. Date. 9

فشاری حالت حرارتی آلوئینیم در 32°F = 117  $\frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \frac{^\circ\text{F}}{\text{ft}}}$  - فشری حالت حرارتی آلوئینیم در 32°F

فشاری حالت حرارتی آلوئینیم در 32°F = 117  $\frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \frac{\text{K}}{\text{ft}}}$

$$^\circ\text{F} = 1.8 \text{ } ^\circ\text{C} + 32$$

$$\begin{cases} 1 \Delta^\circ\text{C} \rightarrow 1.8 \Delta^\circ\text{F} \\ 1 \Delta^\circ\text{C} \rightarrow 1 \Delta\text{K} \end{cases}$$

$$= 117 \times 1.8 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \frac{\text{K}}{\text{ft}}}$$

$$1 \Delta\text{K} \rightarrow 1.8 \Delta^\circ\text{F}$$

فشاری حالت حرارتی آلوئینیم در 32°F

$$P = \frac{F}{A} = \frac{N}{\text{m}^2}$$

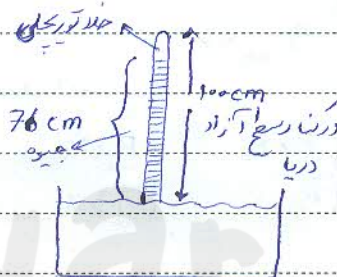
$$P [\text{N}] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

$$1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

$$101325 \text{ Pa}$$

$$10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$$

فشاری: (pressure)



فشاری 76 cm Hg = فشاری 1 atm

760 mmHg

1 mm Hg = 1 torr

$$P = \rho g h$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m_{\text{Hg}} g}{A} = \frac{\rho_{\text{Hg}} \times A \times h \times g}{A}$$

$$P = \rho_{\text{Hg}} \times h \times g = 13000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.76 \text{ m} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

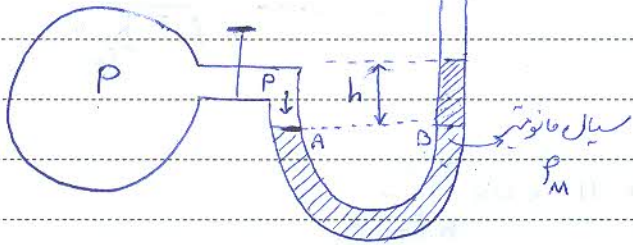
$$P = 101396 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

$$P = \rho_{\text{Hg}} \times g \times h_{\text{Hg}} = \rho_{\text{H}_2\text{O}} \times g \times h_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$13600 \times 0.76 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times h_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$h_{\text{H}_2\text{O}} = 10.336 \text{ mH}_2\text{O} = 0.76 \text{ mHg} = 1 \text{ atm} = 101396 \text{ Pa}$$

فشارنج (manometer) به عبارت دیگر فشار سنج



$$P_A = P_B$$

$$P = \rho_M g h + P_0 \quad \text{فشار مطلق (Absolute Pressure)}$$

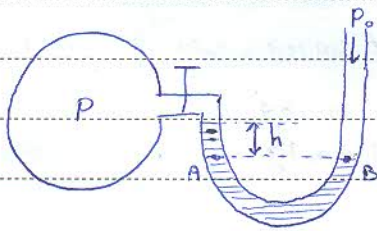
فشار مطلق داخل مخزن

$$P - P_0 = \rho_M g h = \text{فشار نسبی داخل مخزن} \quad (P_{\text{gauge pressure}} = P_g)$$

$$P_{\text{min}} = 0$$

اگر فشار در جایی مثبت باشد این فشار را به صورت مثبت بیان کرده است

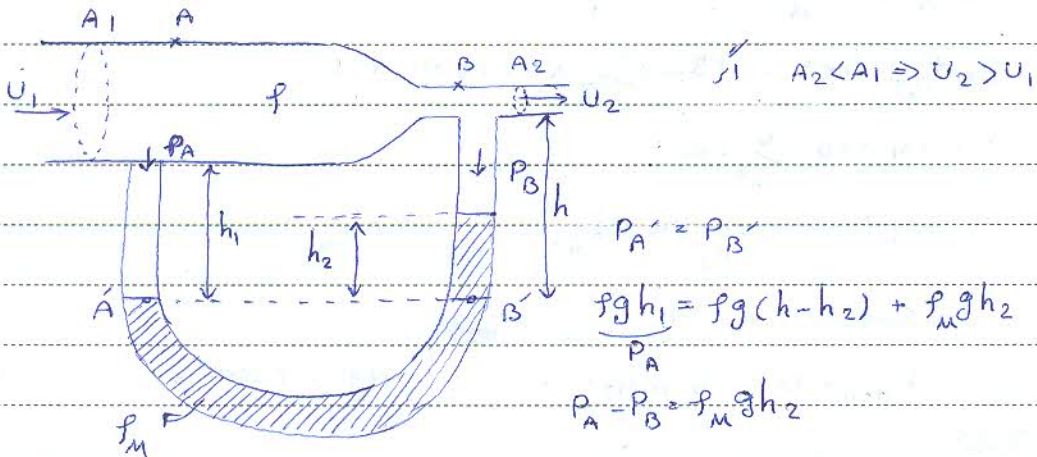
$$\begin{cases} P = P_0 \\ P_g = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} P > P_0 \\ P_g > 0 \end{cases} \quad \begin{cases} P < P_0 \\ P_g < 0 \end{cases} \quad P_{\text{min}} = -1 \text{ atm}$$



$$P_A = P_B$$

$$P + \rho_M g h = P_0$$

$$P_g = P - P_0 = -\rho_M g h$$



$$A_2 < A_1 \Rightarrow U_2 > U_1$$

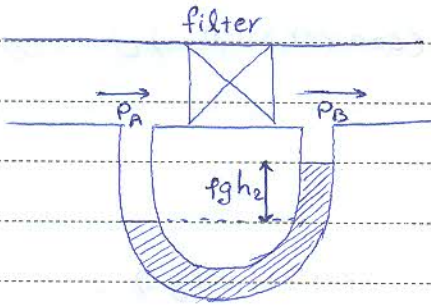
$$P_{A'} = P_{B'}$$

$$\rho g h_1 = \rho g (h - h_2) + \rho_M g h_2$$

$$P_A - P_B = \rho_M g h_2$$

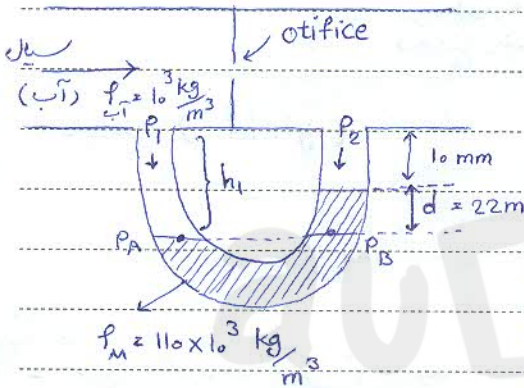
Subject:

Year. Month. Date. (11)



$$P_A - P_B = fgh_2$$

مثال 24 فصل 1: (مطالعه شود) در اندازه گیری



افت در  $P_2$  بیشتر است از  $P_1$  (افت فشار)  $(P_1 - P_2)$

$$P_A = P_1 + fgh_1$$

$$P_B = P_2 + fg(h_1 - d) + f_Mgd$$

$$P_A = P_B \Rightarrow P_1 - P_2 = (fg(h_1 - d) + f_Mgd - fgh_1)$$

$$\Rightarrow P_1 - P_2 = (f_M - f)gd$$

Reactant: واکنشگر

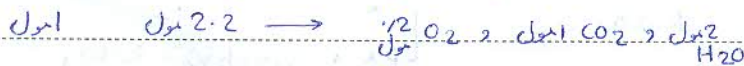
ترکیب شونده محدودکننده

Reactor: راکتور واکنش

(Limiting Reactant)

product: محصول

ترکیب شونده اضافی یا ترکیب شونده اضافی (Excess Reactant)



Subject:

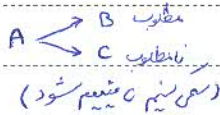
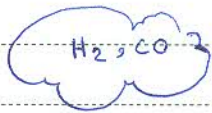
Year. Month. Date. 12

تبدیل (conversion)

$$\frac{\text{مقدار واکنش کرده} - \text{مقدار واکنش کرده در ورودی}}{\text{مقدار واکنش کرده در ورودی}} \times 100 = \text{درصد تبدیل}$$

$$\frac{\text{مقدار واکنش کرده} - \text{مقدار واکنش کرده در ورودی}}{\text{مقدار واکنش کرده در ورودی}} \times 100 = \text{درصد تبدیل}$$

تولید انتخابی (selectivity) (گرفتن دیگری)



بازده (yield)

$$\text{yield} = \frac{\text{مقدار ماده حاصله}}{\text{مقدار ماده حاصله در ورودی}}$$

الترین را می‌توان از حرارت دادن کربنات پتاسیم ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) به‌دست آورد. پوند آن 60 کیلوگرم است.  
و یا از نیترات پتاسیم ( $\text{KNO}_3$ ) به‌دست می‌آید. پوند آن 40 کیلوگرم است. در دست آوردن کدام روش  
الترین میزان تری را تولید می‌کند:



پس، تولید 1 lb گاز الترین:

$$M_{\text{KClO}_3} = 122.5 \text{ lb/lb-mol}$$

$$M_{\text{KNO}_3} = 101 \text{ lb/lb-mol}$$

$$2 \times 122.5$$

$$3 \times 32$$

مورد نیاز  $\text{KClO}_3$ :

$$\left[ \begin{array}{l} x \\ p \times 255 \text{ lb} \times 60 \text{ KClO}_3 \end{array} \right]$$

$$\text{نیت} = 255 \times 60 = 15300$$

$$= 15300$$

Subject:

Year. Month. Date. 43

$2 \times 101 \text{ lb } \text{KNO}_3$        $1 \times 32 \text{ lb } \text{O}_2$

$$p \times 63 \text{ lb } \text{KNO}_3$$

کست  $26.3 \times 40 = 252$

فصل اول: مسائل: 3، 8، 18، 22، 24، 29، 39، 44، 52، 60، 68، 78، 80، 93، 98، 105، 113

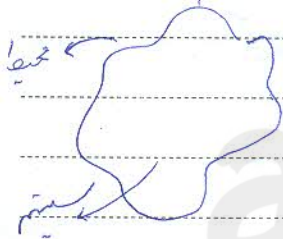
فصل دوم:

موالنه مواد: (Material Balance)

موالنه مواد شملي است به قانون بقای جرم

قانون بقای جرم برای یک سیستم نوشته می شود و برای بازه زمانی مشخص سترفی می شود (حقیقاً یا محاسباً)

تجمع جرم، تغییرات جرم سیستم است نسبت به زمان در بازه زمانی مورد آزمایش



$$\frac{dm}{dt} \neq 0$$

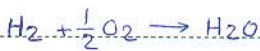
نسبت تغییرات جرم  
ناپایدار است

Unsteady state

قانون بقای جرم بیان می کند برای یک سیستم مشخص:

$$\left( \begin{array}{l} \text{مجموع جرم ها ورودی} \\ \text{به سیستم در بازه زمانی معلوم} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{l} \text{مجموع جرم ها خروجی از} \\ \text{سیستم در بازه زمانی معلوم} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{تولید جرم بر اثر واکنش} \\ \text{شیمیایی در سیستم در بازه} \\ \text{زمانی معلوم} \end{array} \right)$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{از بین رفتن جرم بر اثر} \\ \text{واکنش شیمیایی در سیستم} \\ \text{در بازه زمانی معلوم} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{تجمع جرم در سیستم در} \\ \text{بازه زمانی معلوم} \end{array} \right) \quad ; \quad \text{معادله عمومی موالنه جرم}$$





Subject:

Year. Month. Date. (15)

lb mol C      lb mol O<sub>2</sub> نیاز

+

x = 2 lb mol

2/17 > 2

بنابراین C واکسن را محدود کننده و O<sub>2</sub> واکسن را اضافی

خروجی C = 0/10 lb mol

خروجی O<sub>2</sub> =  $\frac{2/17}{(2/17)} - 2$  = 0/17 lb mol = 5/44 lb O<sub>2</sub>

خروجی N<sub>2</sub> =  $\frac{2/17}{(2/17)} N_2$  = 8/17 lb mol = 230/56 lb N<sub>2</sub>

خروجی CO<sub>2</sub> =  $(\frac{2/17}{(2/17)} CO_2) - (CO_2 \text{ خروجی}) + (CO_2 \text{ تولید شده}) - (CO_2 \text{ مصرف شده}) = 0/10$

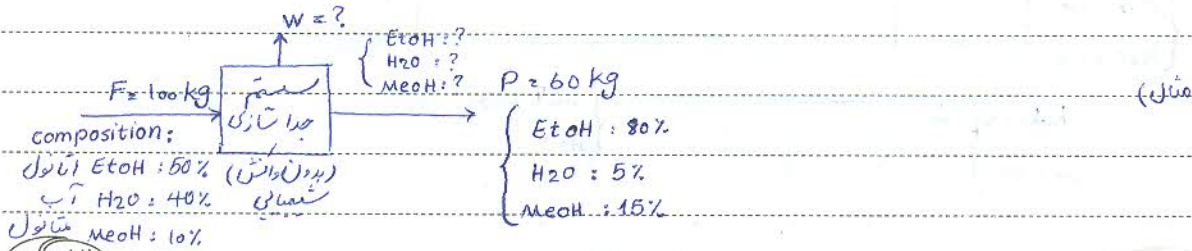
CO<sub>2</sub> تولید شده = CO<sub>2</sub> خروجی

CO<sub>2</sub> خروجی } 2 lb mol CO<sub>2</sub>  
 جم : 2 x 44 = 88 lb CO<sub>2</sub>

جدول موازنه جرم:

مواد	lb ورودی	lb خروجی	lb mol ورودی	lb mol خروجی
C	24	0/10	2/10	0/10
CO <sub>2</sub>	0/10	88	0/10246	2/10
N <sub>2</sub>	230/56	230/56	8/17	8/17
O <sub>2</sub>	69/44	5/44	2/17	0/17
Total	324	324	12/34	10/34

قانون بقای جرم      قانون بقای انرژی



$$(کل جرم خروجی) - (کل جرم ورودی) = 0$$

$$100 - [W + P] = 0 \quad \text{I}$$

$$W = 40 \text{ kg}$$

بر مقدار مواد شیمیایی که سیستم با آن درگیر است می توانیم

معادله موازنه شیمیایی بنویسیم

این سیستم با سه جزء درگیر است و بر اساس موازنه می توان یک معادله موازنه جرم نوشت:

$$\text{EtOH: } \left( \frac{\text{EtOH}}{\text{ورودی}} \right) - \left( \frac{\text{EtOH}}{\text{خروجی}} \right) = 0$$

$$w_{\text{EtOH}/F} \times F - [w_{\text{EtOH}/W} \times W + w_{\text{EtOH}/P} \times P] = 0$$

$$\text{II} \quad 0.15 \times 100 - [w_{\text{EtOH}/W} \times 40 + 0.18 \times 60] = 0$$

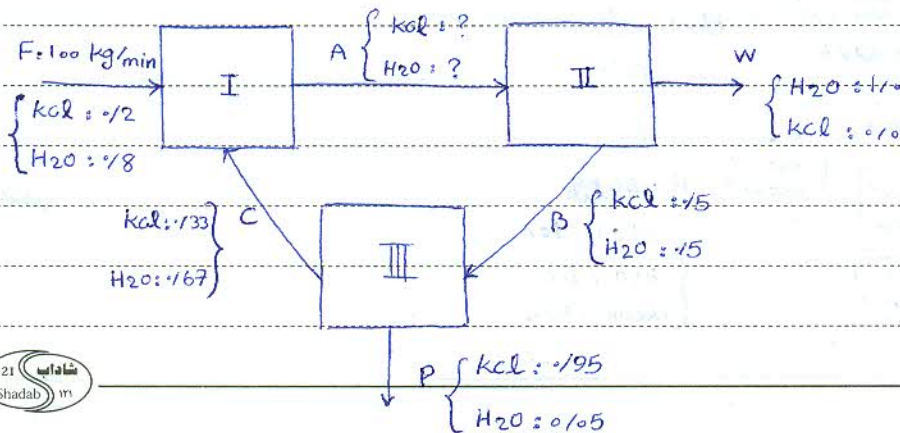
$$\text{III} \quad \text{MeOH: } w_{\text{MeOH}/F} \times F - [w_{\text{MeOH}/W} \times W + w_{\text{MeOH}/P} \times P] = 0$$

$$\text{IV} \quad \text{H}_2\text{O: } w_{\text{H}_2\text{O}/F} \times F - [w_{\text{H}_2\text{O}/W} \times W + w_{\text{H}_2\text{O}/P} \times P] = 0$$

$$\text{مغزلات} \begin{cases} w_{\text{EtOH}/W} \\ w_{\text{MeOH}/W} \\ w_{\text{H}_2\text{O}/W} \end{cases}$$

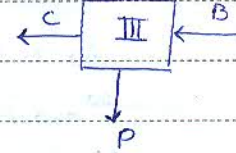
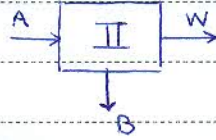
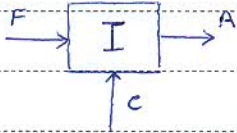
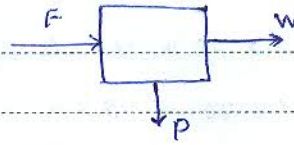
$$w_{\text{EtOH}/W} + w_{\text{MeOH}/W} + w_{\text{H}_2\text{O}/W} = 1/0$$

سیستم های متصل از چند واحد است:





$\left\{ \begin{array}{l} A, W, B, C, P : (\text{جرمات} = 7) \\ \omega_{KCl/A} \rightarrow \omega_{H_2O/A} \end{array} \right.$



$F + C = A \quad 100 + C = A$

برای سیستم I:

$\omega_{KCl/F} \times F + \omega_{KCl/C} \times C = \omega_{KCl/A} \times A \quad : 12 \times 100 + 133 \times C = \omega_{KCl/A} \times A$

$\omega_{H_2O/F} \times F + \omega_{H_2O/C} \times C = \omega_{H_2O/A} \times A$

$F = W + P$

برای کل:

موازنه جرم کل:  $A = W + B$

برای واحد II:

موازنه KCl:  $\omega_{KCl/A} \times A = 0.10 \times W + 0.15 \times B$

برای واحد III:

موازنه جرم کل:  $B = C + P$

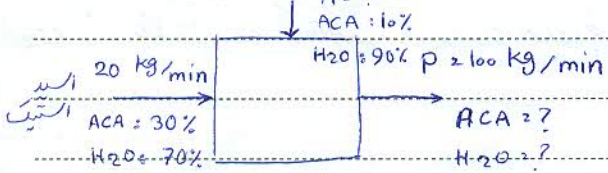
موازنه KCl:  $0.15 \times B = 0.33 \times C + 0.95 \times P$

$\omega_{KCl/A} + \omega_{H_2O/A} = 1 \quad \frac{1}{2} F = W + P$

ف 2 خود آنرا بی 3 ص 144

محلولی از 11% سیدالتیب در آب را به 20 لیتر در دقیقه از آب محلول 30% سیدالتیب

در آب می افزایم محلول محصول P با شیب 100 kg/min در آب می شود. ترتیب سیدالتیب P چیست



مجموعت مسئله : A و  $\omega_{H_2O/P}$  و  $\omega_{ACA/P}$

$$ACA \text{ موازنه} : \cdot/3 \times 20 + \cdot/1 \times A = \omega_{ACA/P} \times 100$$

$$H_2O \text{ «} : \cdot/7 \times 20 + \cdot/9 \times A = \omega_{H_2O/P} \times 100$$

$$\text{موازنه جرم کل} : A + B = P \Rightarrow A + 20 = 100$$

$$A = 80 \text{ kg/min}$$

$$\omega_{ACA/P} = \cdot/14$$

$$\omega_{H_2O/P} = \cdot/86$$

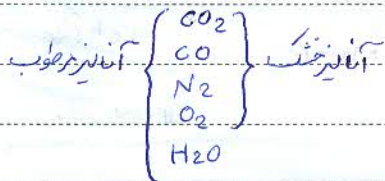
موازنه جرم برای سیستم های اجزائی :

گاز ورودی :

آنانیز ارسات یا خشت

↓  
orsat

اکثرین لازم یا نظری یا نظری



$$\text{مقدار اضافی} = \frac{\text{مقدار اضافی}}{\text{مقدار لازم}} \times 100$$

$$\text{درصد هوای اضافی} = \text{درصد اکسیژن اضافی} = \frac{\text{مقدار هوای اضافی}}{\text{مقدار هوای لازم}} \times 100 = \frac{\cdot/21 \times \text{مقدار اضافی}}{\cdot/21 \times \text{مقدار لازم}} \times 100$$

$$\frac{\text{مقدار } O_2 \text{ اضافی}}{\text{مقدار } O_2 \text{ لازم}} \times 100$$

\* مقدار اکسیژن لازم یا نظری هوای مورد نیاز برای احتراق کامل محاسبه شود. (حتی اگر واکنش اجزائی رخ داده باشد)

مثال 2 فصل 5 : در سال ها اخیر مواد رنگدانه را غیر از پتین برای جهت بویخت و رسیدن نظریه نظری مقدار داده اند

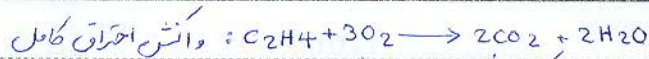
ص 147 زیر آن روختن آنها مواد آلوده کننده ای نظری تولید می شود مثلاً آبلین تحت فشار به عنوان یک منبع اقتصاد تولید

قدرت پیشنهاد شده است. فرض می کنیم در یک آزمایش  $C_2H_4$  20 lb و  $H_2O$  400 lb هوا روخت و تولید 44 lb

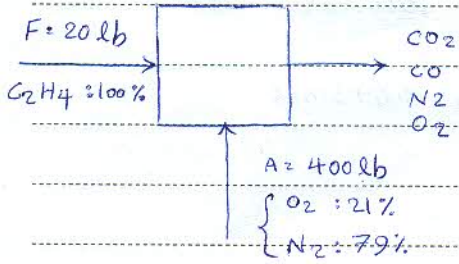
$CO_2$  و  $CO$  12 lb کرده است. درصد هوای اضافی چیست؟

Subject:

Year. Month. Date. ( 19



$O_2$  لازم بر مبنای واکنش فوقی کمی می شود



$O_2$  مورد نیاز:  $20 \text{ lb } C_2H_4 \times \frac{1 \text{ lb mol } C_2H_4}{28 \text{ lb } C_2H_4} \times \frac{3 \text{ lb mol } O_2}{1 \text{ lb mol } C_2H_4}$

$O_2$  مورد نیاز = 2.14 lb mol

$O_2$  دردی =  $400 \text{ lb air} \times \frac{1 \text{ lb mol air}}{29 \text{ lb air}} \times \frac{0.21 \text{ lb mol } O_2}{1 \text{ lb mol air}}$

= 2.90 lb mol  $O_2$  دردی

$O_2$  اضافی =  $\frac{1}{2} O_2$  دردی -  $p_{CO} O_2$  =  $2.90 - 2.14 = 0.76 \text{ lb mol}$

درصد  $O_2$  اضافی =  $\frac{\text{درصد } O_2 \text{ اضافی}}{\text{درصد } O_2 \text{ لازم}} \times 100 = \frac{0.76}{2.14} \times 100 = 35.5\%$

مسئله 23 از فصل 2

بنزین هواپیمای ایزوآکتان  $C_8H_{18}$  می باشد اگر آن را با 20% هوا اضافی

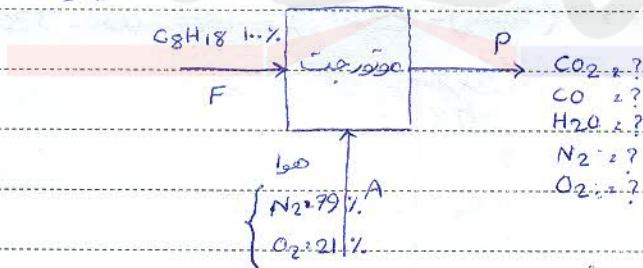
سوزانند و 30% کربن موجود در ایزوآکتان به مونوکسید کربن تبدیل شود

تجزیه گازهای احتراق چه خواهد بود

کربن موجود در ایزوآکتان

30% تبدیل می شود

تجزیه گازهای ایزوآکتان ؟



مثلاً: ایزوآکتان دردی 100 mol

مقدار کربن که به CO تبدیل می شود:  $0.3 \times 8 \times 100 = 240 \text{ mol}$

مقدار  $CO_2$ :  $0.7 \times 8 \times 100 = 560 \text{ mol}$   
 Total = 800 mol

mol octan	mol $O_2$
1	12.5
100	$x = 1250 \text{ mol } O_2$

مقدار  $O_2$  لازم برای احتراق کامل:

درصد  $O_2$  اضافی =  $\frac{\text{درصد } O_2 \text{ اضافی}}{\text{درصد } O_2 \text{ لازم}} \times 100 = 20$

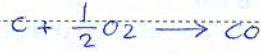
Subject:

Year. Month. Date. 20

$$\frac{1250 \text{ (وزنی } O_2)}{1250} \times 100 = 20 \Rightarrow \frac{1}{10} O_2 = 1500 \text{ mol}$$

$$N_2 = \frac{79}{21} \times (1500) = \frac{79}{21} (1500) = 5643 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow N_2 = 5643 \text{ mol}$$



$$\text{قندار } C \text{ تبدیل شده } = 240 \text{ mol}$$

$$\text{قندار } C \text{ تبدیل شده } = 560 \text{ mol}$$

$$O_2 = \frac{1}{2} (240) = 120 \text{ mol}$$

$$O_2 = 1 (560) = 560 \text{ mol}$$

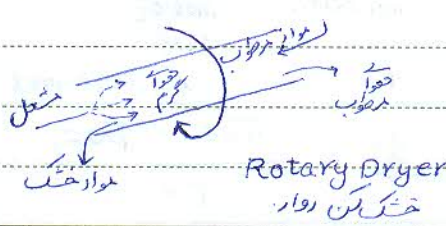
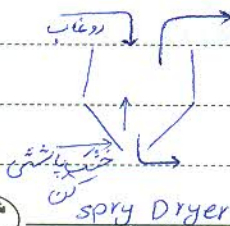
$$H_2O = \frac{1}{2} (900) = 450 \text{ mol}$$

$$H_2O = 9 (100) = 900 \text{ mol}$$

$$\text{کل } O_2 = 120 + 560 + 450 = 1130 \text{ mol}$$

$$O_2 = (1500) - (1130) = 370 \text{ mol}$$

	(mol)	(mol)%	(mol)%
CO <sub>2</sub>	560	7.26	8.22
CO	240	3.11	3.52
H <sub>2</sub> O	900	11.67	—
O <sub>2</sub>	370	4.80	5.43
N <sub>2</sub>	5643	73.16	82.83
کل	7715	100.00	100.00

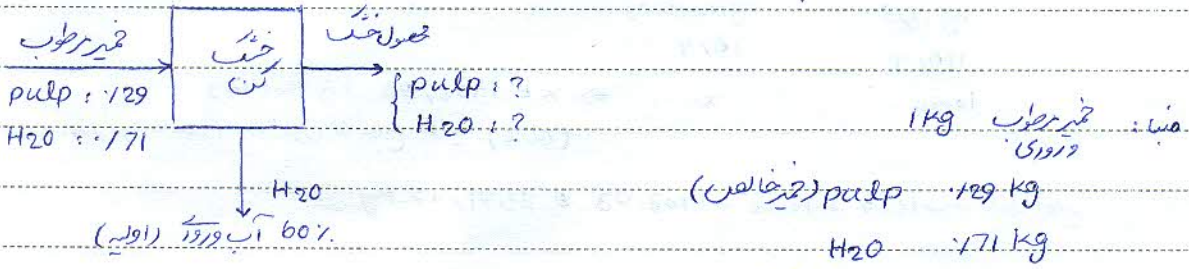


سیمی خشک کن  
(Drying Dryer)

Subject:

Year. Month. Date. (2)

مثال 7، فصل 2. یک خمیر کاغذ برطوب محضی 71٪ آب است پس از خشک کردن خمیر معلوم می شود که 60٪ آب اولیه خارج شده است. ترکیب خمیر خشک چوبی را بدست آورید.



فقار آب بخار شده در روزی:  $16 \times 171 = 2736 \text{ kg}$   
 $\text{H}_2\text{O}$  در روزی

$129 - 2736 = -1607 \text{ kg}$  آب باقی مانده همراه خمیر که همراه محصول خشک خارج می شود

$\text{pulp} = 129 \text{ kg}$  در روزی

جرم خمیر خشک در هر روز از خشک کن:

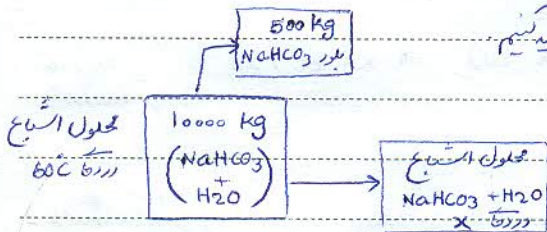
	kg	درصد چوبی
pulp	129	49
H <sub>2</sub> O	1284	51
	1574	100

کریستالیزور: محلول غلیظ یک ماده را به کریستال آن ماده تبدیل می کند. در مصفاها شکر، نمک، گریستال محلول اطراف (crystallizer) اشباع شده می باشد و در همین شکر، گریستال محلول و کریستال در حال شکر در حال تولید می شود.

مثال 8، فصل 2: در مخزنی 10000 kg محلول اشباع  $\text{NaHCO}_3$  در  $60^\circ\text{C}$  وجود دارد.

500 kg  $\text{NaHCO}_3$  بیشتر از محلول مذکور ته نشین می شود.

محلول را تا چه درجه ای باید سرد کنیم؟



دما (°C)	صلابت $\text{NaHCO}_3$ / 100g $\text{H}_2\text{O}$
60	16.4
50	14.45
40	12.7
30	11.7
20	9.6
10	8.15

Subject:

Year. Month. Date. 22

خطای اطلاعات مربوط به محلول اشباع  $\text{NaHCO}_3$  در آب  $60^\circ\text{C}$  داریم:

$$\text{وزن محلول} = 100 + 16.4 = 116.4$$

$$\text{محلول kg} \quad \text{kg NaHCO}_3$$

$$116.4 \quad 16.4$$

$$10000$$

$$x$$

$$\Rightarrow x = 1408/93 \text{ kg NaHCO}_3$$

وزن  $\text{NaHCO}_3$  در محلول اشباع اولیه ( $60^\circ\text{C}$ )

$$\text{وزن آب در محلول اولیه} = 10000 - 1408/93 = 8591/07 \text{ kg}$$

$$\text{وزن NaHCO}_3 \text{ در محلول اشباع در } 60^\circ\text{C} = \left( \frac{\text{وزن اولی}}{\text{NaHCO}_3} \right) - \left( \frac{\text{وزن بلور}}{\text{تکلیف شده}} - \frac{\text{باقی مانده}}{\text{از فاز محلول}} \right) = 1408/93 - 500 = 908/93 \text{ kg}$$

$$\text{مقدار آب در محلول} = 8591/07$$

اشباع در  $60^\circ\text{C}$

مقدار (x)

آب kg

محلول برگزیده kg  $\text{NaHCO}_3$

$$8591/07$$

$$908/93$$

$$100$$

$$x$$

$$\Rightarrow x = 10158$$

g  $\text{NaHCO}_3$  / 100g  $\text{H}_2\text{O}$

در محلول اشباع نهایی (برگزیده)

$$x_1 = 30^\circ\text{C} \rightarrow y_1 = 11.1$$

$$x_2 = 20^\circ\text{C} \rightarrow y_2 = 9.6$$

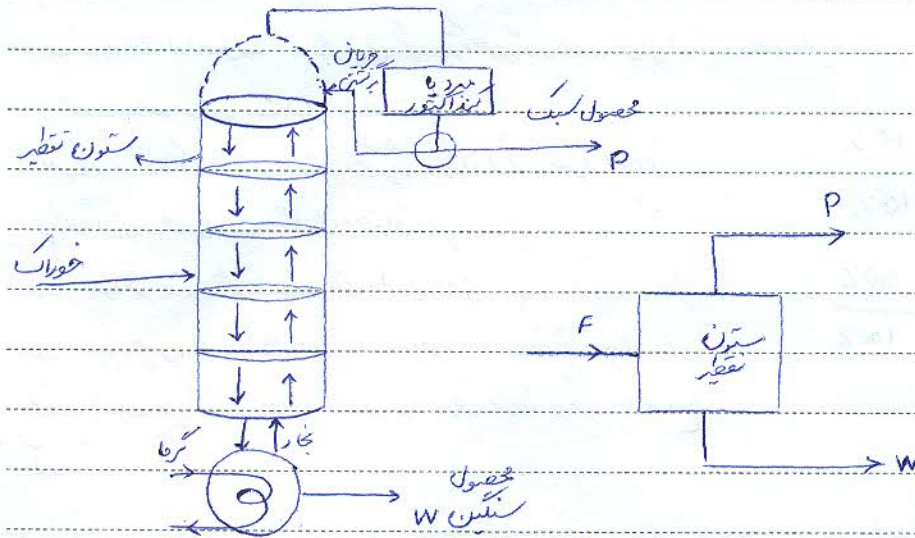
$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{x - x_1} \Rightarrow y - 11.1 = 0.15(x - 30)$$

$$y = 10158 \Rightarrow 10158 - 11.1 = 0.15(x - 30) \Rightarrow x = 26153^\circ\text{C}$$

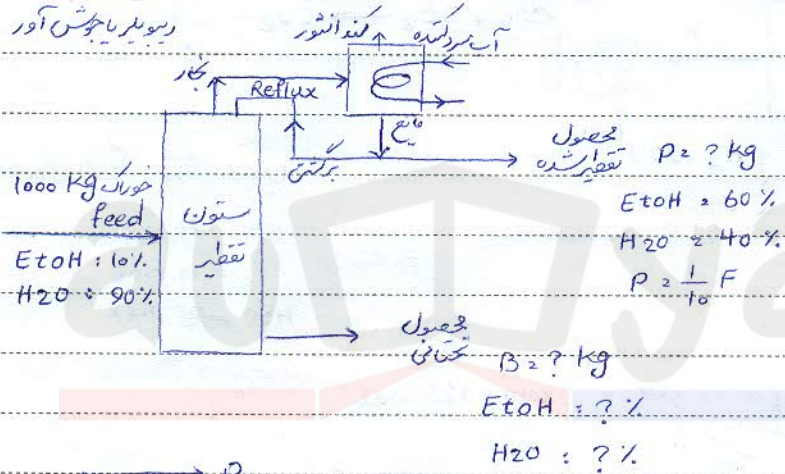
Distillatin tower

Subject :

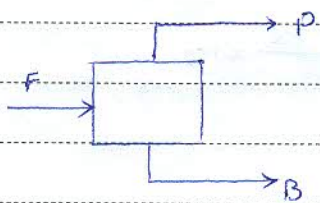
Year. Month. Date. (23)



مثال 9 فصل 2 =



EtOH = ?%  
H2O = ?%



$$B = F - P = 900 \text{ kg}$$

$$P = \frac{1}{10} F = 100 \text{ kg}$$

EtOH  $0.11 \times 1000 = 0.16 \times 100 + \omega_{EtOH/B} \times 900$

H2O  $0.19 \times 1000 = 0.14 \times 100 + \omega_{H2O/B} \times 900$

$$\omega_{EtOH/B} = 4.44\%$$

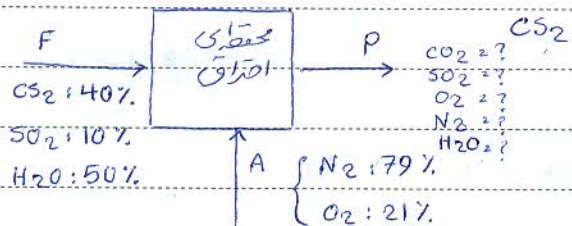
$$\omega_{H2O/B} = 95.56\%$$

Subject:

Year. Month. Date. 24

مسئله 27 از فصل 2 = تجزیه کروماتوگرافی گازهای فروری از نیب واحد تولید ابرناف ها مصنوعی ترکیبات زیر

در جلب درصد هوای رایتان راره است  
 پیشنهاد شده در این موارد به وسیله سوزاندن در هوا اجزای  
 نامبرکت محصولات گازی احتراق پس از عبور از نیب در روش  
 وارد هوا خواهد شد و مقدار نیبها  $SO_2$  (بر مبنای خب) در این  
 گاز نباید بیش از 2٪ باشد. حداقل درصد هوا اجزای راره  
 بجای حساب کنید. گازهای حاصل از احتراق شرط مذکور را ارضاع  
 کند



منا: 100 مول خوراک ورودی برای این:

$$CS_2 = 40 \text{ mol}$$

$$SO_2 = 10 \text{ mol}$$

$$H_2O = 50 \text{ mol}$$

مقدار  $O_2$  لازم برای سوزش استوکیومتری  $= 3 \times 40 = 120 \text{ mol}$

درصد  $O_2$  لازم =  $\frac{O_2 \text{ مورد نیاز}}{O_2 \text{ اجزای}} \times 100$

مقدار  $O_2$  اجزای = x mol

$O_2$  مورد نیاز =  $(120 + x) \text{ mol}$

مقدار  $N_2$  مورد نیاز =  $\frac{79}{21} (120 + x) \text{ mol}$   $N_2$  مورد نیاز =  $\frac{79}{21} (120 + x)$

مجموع مولها =  $40 + 2 \times 40 + 10 + x + \frac{79}{21} (120 + x)$

طبق شرط باشد:  $\frac{2 \times 40 + 10}{40 + 2 \times 40 + 10 + x + \frac{79}{21} (120 + x)} \times 100 \leq 2 \Rightarrow x = 816.4 \text{ mol}$   
 مقدار حداقل  $O_2$  اجزای

درصد  $O_2$  اجزای =  $\frac{816.4}{120} \times 100 = 680.3\%$



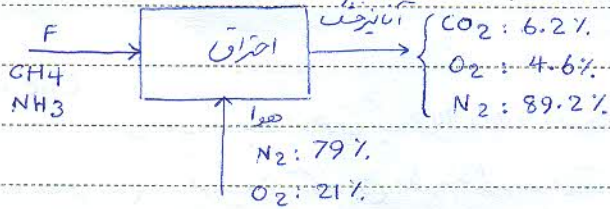
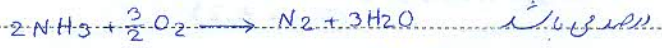


مسئله 43 فصل 2) مخلوطی از چند سوخت گازی را در یک بوری آزمایشی بازنش می‌سوزانند.

محصولات احتراق را در یک دستگاه آنالیز تجزیه می‌کنند. گازها حاصل از احتراق فقط  $CO_2$ ،

$H_2O$  و  $N_2$  باشند ترکیب نسبی سوخت را در موارد زیر تعیین کنید.

الف) سوخت مخلوطی از متان و آمونیاک بود. در تجزیه آنالیز نشان می‌دهند:



مبنای:  $100 \text{ gr mol}$  گازهای خشک حاصل از احتراق

مقدار گازها حاصل از احتراق

- $N_2: 89.2 \text{ gr mol}$
- $O_2: 4.6 \text{ gr mol}$
- $CO_2: 6.2 \text{ gr mol}$

بازرسی مقدار سوخت نشان  $CH_4 = 6.2 \text{ gr mol}$  (درصدی)

مقدار  $N_2$  حاصل از سوخت  $NH_3$

$x \text{ gr mol} = NH_3$

$\Rightarrow$  مقدار  $NH_3$  سوخت  $2x \text{ gr mol}$

$NH_3$  از  $29 \text{ gr mol}$  احتراق  $O_2$  لازم برای  $\frac{3}{2}x \text{ gr mol}$

$CH_4$  از  $6.2 \text{ gr mol}$  احتراق  $O_2$  لازم برای  $12.4 \text{ gr mol}$

کل  $O_2$  لازم  $(12.4 + \frac{3}{2}x) \text{ gr mol}$

$O_2$  در دسترس  $= O_2$  لازم +  $O_2$  خردی

$O_2$  در دسترس  $= 12.4 + \frac{3}{2}x + 4.6 = (17 + 1.5x) \text{ gr mol}$

$N_2$  در دسترس  $= \frac{79}{21} (17 + 1.5x) \text{ gr mol}$

$N_2$  خردی از سوخت  $NH_3$  حاصل از سوخت  $NH_3$  +  $N_2$  در دسترس هوا  $= \frac{79}{21} (17 + 1.5x) + x$

از طرفی  $N_2$  خردی  $= 89.2 \text{ gr mol} \Rightarrow$



Subject:

Year. Month. Date. 27

$$p \text{ kg/h} \quad Bz \text{ kg/h}$$

$$75.9 = 67.4$$

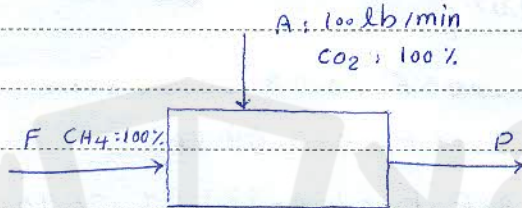
$$\frac{350}{x} = 310.8 \text{ kg/h}$$

به همین ترتیب مقدار واقعی بقیه جریان ها را با تناسب بدست می آید

مسئله 56 (فصل 2) 100 پوند بر دقیقه گاز CO2 را پس از عبور از یک لوله کوچک 15 اینچی وارد خط لوله اصلی کرده و نمونه هایی از گاز حاصل را در هر روز جریان بدست آورده و مقدار CO2 موجود در آنها را اندازه گیری کنید. یک ساعت پس از شروع آزمایش نمونه هایی در مواضع مختلف زمانی تهیه کرده و تجزیه می کنید. نتایج حاصل به آمار زیر است

زمان	CO2 %
1h-0min	2.0
10 min	2.2
20 "	1.9
30 "	2.1
40 "	2.0

این شدت جریان گاز را در نقطه ای نزدیک به لوله پیوند در دقیقه می گویید



میانگین CO2 روزانه =  $\frac{2.0 + 2.2 + 1.9 + 2.1 + 2.0}{5} = 2.04\%$

درصد CH4 روزانه =  $100 - 2.04 = 97.96\%$

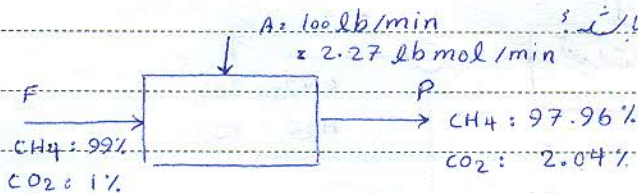
مقدار جریان CO2 =  $\frac{100 \text{ lb CO}_2}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ lb mol CO}_2}{44 \text{ lb CO}_2} = 2.27 \text{ lb mol / min}$

موازنه CH4 :  $\begin{cases} 1.0F + 0.0A = 0.9796P \\ F = P - A \end{cases} \Rightarrow F = 109 \text{ lb mol CH}_4 / \text{min} = 1744 \text{ lb CH}_4 / \text{min}$

موازنه کل :  $\begin{cases} F = P - A \\ A = 2.27 \text{ lb mol / min} \\ P = \dots \end{cases}$

مسئله 57 (از نظر شما) از ابتدا گاز طبیعی را در نقطه ای نزدیک مخزن CO2 بدست آورده و تعیین کنید که بهترین

اولیه دارای چند درصد خطای باشد؟



موازین مثال 2:  $199 F = 0.9726 P$

معادله 1:  $F = P - A$

$\Rightarrow F = 213.82 \text{ lb mol/min}$

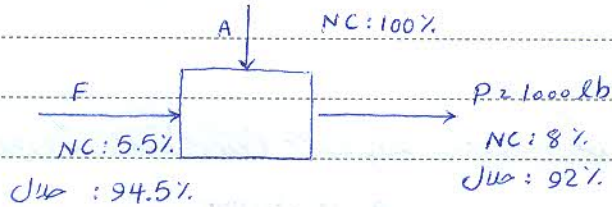
$F = 109$  در قسمت الف

$\Rightarrow \% \text{ حفظ} = 100\%$

مسئله 59 فصل 2: 1000 پوند مخلوط نیتروسلولز مورد احتیاج است. مخلوط نیتروسلولز موجود در

ترن 5.5% است. کوال برطراک این است که چند نیلوم نیتروسلولز خشک را باید به این مخلوط افزود تا درصد

مورد نظر برسد آید.

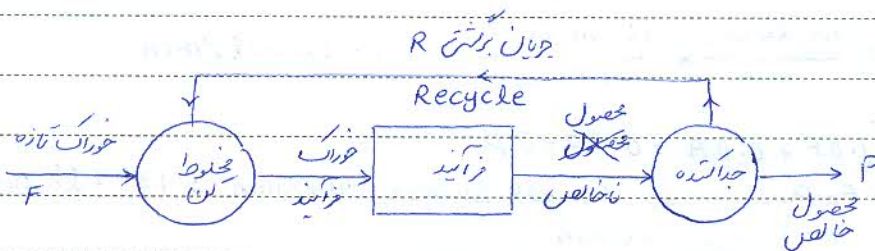


موازین مثال 2:  $0.945 F + 0.0 A = 0.92 \times 1000$

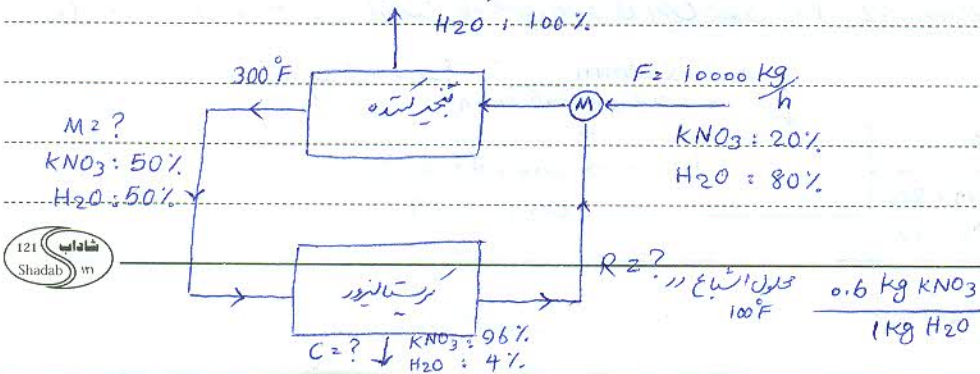
$\Rightarrow F = 973.54 \text{ lb}$

$A = P - F = 1000 - 973.54 = 26.46 \text{ lb NC}$

جریان های برگشتی بدون دانش شیمیایی:



مثال 24 فصل 2: قلیح مربوط به آب نیتروسلولز در شکل مشاهده می شود. مطلوب است محاسبه شدت جریان برگشتی؟



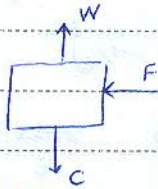
Subject:

Year. Month. Date. 29

موازنه برای جریان  $KNO_3$  در محلول برشته R

$$\frac{0.6}{1+0.6} \times 100 = 37.5\%$$

R در  $H_2O$  در حد  $100 - 37.5 = 62.5\%$



موازنه برای کل فرآیند:

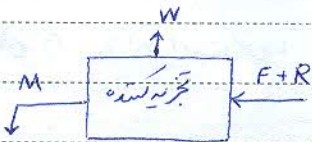
موازنه  $KNO_3$ :

$$0.2 \times 10000 = 0.0 \times W + 0.96C$$

$$\Rightarrow C = 2083.33 \text{ kg/h}$$

موازنه کل:

$$F = W + C \quad W = 10000 - 2083.33 \Rightarrow W = 7916.67 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$



موازنه  $KNO_3$  برای تجزیه کننده:

$$0.2(10000) + 0.375(R) = 0.0W + 0.5M$$

موازنه کل برای تجزیه کننده:

$$F + R = M + W \Rightarrow 10000 + R = M + 7916.67$$

محصول در تعداد در هر چرخه خوب:

$$\begin{cases} R = 7666.68 \text{ kg/h} \\ M = 9750.01 \text{ kg/h} \end{cases}$$

\*\* مثال 25 فصل 2 با حتماً بخون \*\*

جریان برشته همراه با واکنش شیمیایی:

مسئله 71 از فصل 2) واکنش بین  $A$  و  $B$  موجود در خوراک تازه می‌رود به یک راکتور با جریان برشته صورت



زیر است

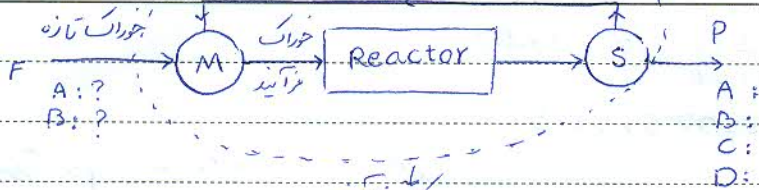
نسبت مطلوب جریان برشته یعنی نسبت مول برشته به مول خوراک تازه را تعیین کنید در صورتی که  $A$  در خوراک تازه

20% اضافه باشد و میزان تبدیل  $B$  در یک گذر از راکتور 60% و میزان تبدیل کلی  $B$  در کل تحول 90% است

پس از خروج محصولات از راکتور جریان منتظر از  $B$  خالص از آن جدا شده و جریان برشته را تنظیم می‌دهد:

Subject:

Year. Month. Date. 30 B: 100% R



عمل خانه B در جواب تازه

مولدیت A:	mol B	mol A
	5	2
	1	$x = \frac{2}{5} \text{ mol A}$

$F = \text{مولدیت A} + \text{ورودی A} = \frac{2}{5} + 0.2 \times \frac{2}{5} = 0.48 \text{ mol A}$

$F = (\text{B ورودی}) + (\text{A ورودی}) = 1 + 0.48 = 1.48 \text{ mol}$

چون تبدیل کلی B 90% است پس:

مولدیت B = 0.9 mol

مولدیت C:	mol B	mol C
	5	3
	0.9	$x = 0.54 \text{ mol C}$

مولدیت D:	mol B	mol D
	0.9	$x = 1.08 \text{ mol D}$

مولدیت A:	mol A	mol B
	2	5
	x	0.9 $\Rightarrow x = 0.36 \text{ mol A}$

خروجی A = (A ورودی) - (مولدیت A) = 0.48 - 0.36 = 0.12 mol A

خروجی B = (B ورودی) - (مولدیت B) = 1 - 0.9 = 0.1 mol B

$P = 0.12 + 0.1 + 0.54 + 1.08 = 1.84 \text{ mol}$

ورود به راکتور B = (R+1) mol

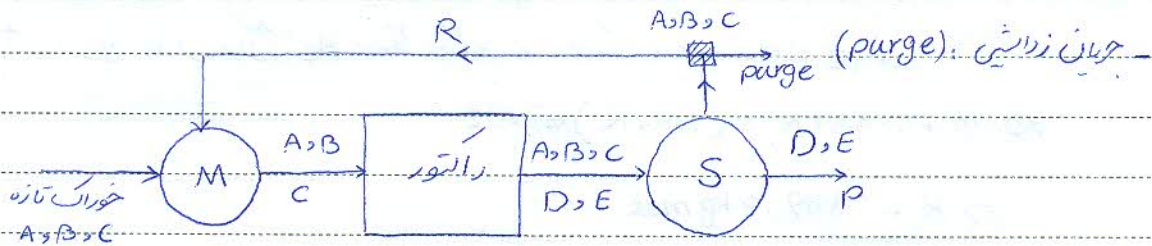
خروجی از راکتور = 0.4(R+1) mol

موازنه B از طرف S:  $0.4(R+1) = R + 0.1 \Rightarrow R = 0.5 \text{ mol B}$

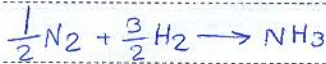
نسبت برگشتی =  $\frac{0.5}{1.48} = 0.338$

مسائل: 68, 67, 652, 639, 635, 633, 29, 28, 19, 16, 13, 9, 6

74 (محل 2)



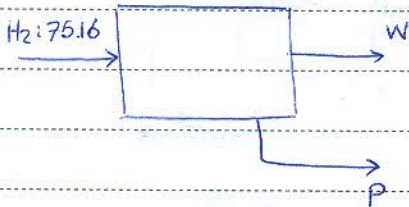
مسئله 75 (انتهای فصل 2) خوراک  $F=100 \text{ kg mol}$  مطابق شکل متعلق است.  $N_2$  (75/16%)  $H_2$  (24/57%)  $Ar$  (0/27%) است. خوراک تازه با گاز برگشت مخلوط شده و وارد راکتور می شود. مخلوط گاز راکتور 80%  $H_2$  (79/52%) می باشد. در حالی که گاز خروجی از جدا کننده آمونیاک 100%  $H_2$  (80/01%) بوده و فاقد آمونیاک است. در محصول آمونیاک گاز حل شده موجود نیست. برای  $100 \text{ kg mol}$  از خوراک تازه چند لیتر گاز بول برگشت در راه می شود. و چند لیتر گاز بول زبوره می شود. هم چنین میزان تبدیل هیدروژن را تعیین کنید. از راکتور چه قدر است. برگشت



برای تولید  $p \text{ kg mol}$  آمونیاک تنها  $\frac{3p}{2}$  هیدروژن و  $\frac{1}{2}p$  نیتروژن مصرف شده است.

بنابراین:

از گرمای  $N_2$  در جریان زدایش (W) را فرض کنیم



$H_2$  موازنه کل:  $75.16 = \frac{3}{2}P + 0.8001W$

$N_2$  موازنه کل:  $24.57 = \frac{1}{2}P + x \cdot W$

$Ar$  موازنه کل:  $0.27 = (1 - 0.8001 - x)W$

$x = 0.1154$

$W = 3.195 \text{ kg mol}$

$P = 48.40 \text{ kg mol}$

Subject:

Year. Month. Date. 32

برای محاسبی R از جوازته H<sub>2</sub> در صفا احتساب R با جوازته تازه استفاده می کنیم:

$$75.16 + 0.8001R = (100 + R) \times 7.952$$

$$\Rightarrow R = 889.8 \text{ kg mol}$$

برای محاسبه میزان تبدیل H<sub>2</sub> در سب گذر از راکتور:

تولیدی مقدار NH<sub>3</sub> z p = 48.4 kg mol

مصرف شده در سب گذر از راکتور H<sub>2</sub> مقدار =  $\frac{3}{2}(48.4) = 72.61 \text{ kg mol}$

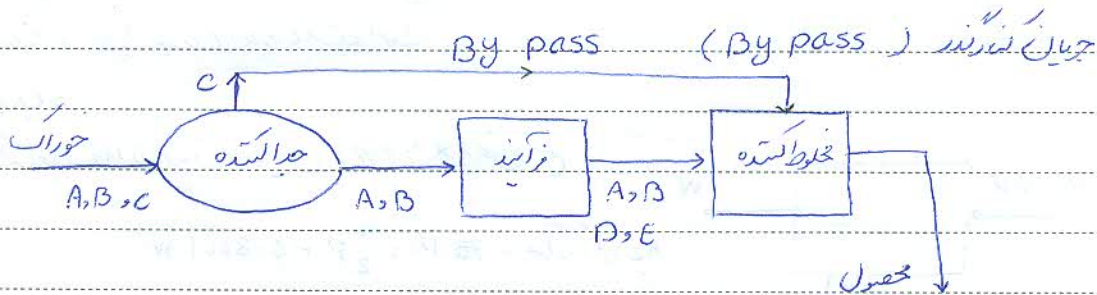
H<sub>2</sub> ورودی به راکتور z  $75.16 + 0.8001(889.8)$

z 787.09 kg mol

در صد تبدیل H<sub>2</sub> در سب گذر z  $\frac{72.61}{787.09} \times 100 = 9.22\%$

H<sub>2</sub> مصرف شده در سب گذر تبدیل در سب گذر z  $\frac{\text{مصرف شده در سب گذر}}{\text{ورودی}}$

در صد تبدیل در سب گذر z  $\frac{\frac{3}{2}(48.4)}{75.16} \times 100 = 96.6\%$





Subject:

Year. Month. Date. 33

$$pV = nRT \Rightarrow p\hat{v} = RT$$

R: ثابت عمومی گیس

$\hat{v}$ : حجم واحد مول گیس  
یا حجم ویژه

Equation of state: EOS معادله حالت

$$\left\{ \begin{array}{l} P = 14.7 \text{ psia} \\ \hat{v} = 359 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb mol}} \\ T = 492^\circ \text{R} \\ \Rightarrow R = \frac{P\hat{v}}{T} = 10.73 \frac{\text{psia} \cdot \text{ft}^3}{^\circ \text{R} \cdot \text{lb mol}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P = 1 \text{ atm} \\ \hat{v} = 22.400 \frac{\text{cm}^3}{\text{g mol}} \\ T = 273 \text{ K} \\ \Rightarrow R = \frac{P\hat{v}}{T} = 82.06 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{kg mol} \cdot \text{K}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \\ \hat{v} = 22.4 \frac{\text{m}^3}{\text{kg mol}} \\ T = 273 \text{ K} \\ \Rightarrow R = \frac{p\hat{v}}{T} = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{g mol} \cdot \text{K}} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} P_t V_t = n_t RT \\ P_i V_t = n_i RT \end{array} \Rightarrow \frac{P_i V_t}{P_t V_t} = \frac{n_i RT}{n_t RT} \Rightarrow \frac{P_i}{P_t} = \frac{n_i}{n_t} = y_i$$

نسبت مولی      نسبت مولی

$$P_i = y_i P_t$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = P_t$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = y_1 P_t \\ P_2 = y_2 P_t \\ \vdots \\ P_n = y_n P_t \end{array} \right. \Rightarrow \underbrace{P_1 + P_2 + \dots + P_n}_{P_t} = \underbrace{(y_1 + y_2 + \dots + y_n)}_1 P_t$$



Subject:

Year. Month. Date. 34

قانون دالتون :  $P_1 + P_2 + \dots + P_n = P_T$   
 (فقط برای گازها)

$$P_t V_t = n_t RT \Rightarrow \frac{P_t V_i}{P_t V_t} = \frac{n_i RT}{n_t RT} \Rightarrow \frac{V_i}{V_t} = \frac{n_i}{n_t} = y_i$$

$$\Rightarrow V_i = y_i V_t \quad V_1 + V_2 + \dots + V_n = (y_1 + y_2 + \dots + y_n) V_t$$

$$\sum_{i=1}^n V_i = V_t = \text{حجم کل}$$

مثال 7: نمونه‌ای از مخلوط NO و NO<sub>2</sub> را در یک ظرف به حجم 100 cm<sup>3</sup> و دما 30 °C جمع‌آوری کرده‌اند. در این ظرف مجزی 0.1291 g NO و NO<sub>2</sub> باشد فشار ظرف 170 kPa باشد. چند درصد مخلوط را گاز NO تشکیل می‌دهد. (R = 8.314  $\frac{J}{kg \cdot mol \cdot K}$ )

$$P \cdot V = nRT$$

$$n_t = \frac{(170 \times 10^3 \text{ Pa})(100 \times 10^{-6} \text{ m}^3)}{(8.314 \times 1000 \frac{J}{kg \cdot mol \cdot K})(30 + 273 \text{ K})} = 6.748 \times 10^{-6} \text{ kg mol}$$

$$= 6.748 \times 10^{-3} \text{ g mol}$$

$$M_{NO} = 30 \frac{g}{g \cdot mol} \quad M_{NO_2} = 46 \frac{g}{g \cdot mol}$$

$$\frac{6.748 \times 10^{-3}}{1} = \frac{0.21}{x}$$

$$M_{mixture} = 43.12 \frac{g}{g \cdot mol}$$

$$M_{mixture} = x_1 M_1 + (1-x_1) M_2 \Rightarrow 43.12 = x_1 \times 30 + (1-x_1) \times 46$$

$$x_1 = 0.18 \text{ یا } 18\% \text{ NO در مخلوط}$$

راستین (مجموعه) گازها:

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad P = \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{M} RT = \frac{f}{M} RT$$

$$P = \frac{f}{M} RT$$

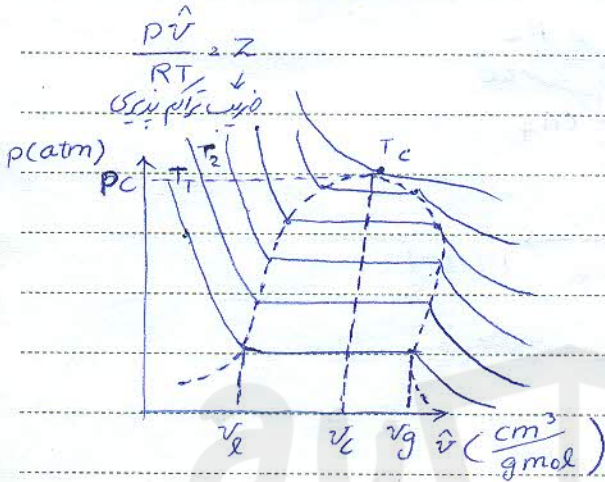
Subject:

Year. Month. Date. 35

برای دو گاز ایده آل اول در شرایطی متفاوت در میان

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{f_1}{M_1} RT \\ P_2 &= \frac{f_2}{M_2} RT \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

$$\frac{P_1 \hat{v}_1}{RT} > 1 \quad \frac{P_2 \hat{v}_2}{RT} < 1$$



معادله واندر والس

$$\left(p + \frac{n^2 a}{v^2}\right) (v - nb) = nRT$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_{T_c} = \left(\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right)_{T_c} = 0$$

از این شرط در معادله واندر والس استفاده شده  
در ضرایب a و b بر حسب T\_c و P\_c هر دو تعیین شده

$$\begin{cases} a = \frac{27 R^2 T_c^2}{64 P_c} \\ b = \frac{RT_c}{8 P_c} \end{cases}$$

$$v^3 - \left(nb + \frac{nRT}{P}\right) v^2 + \frac{n^2 a}{P} v - \frac{n^3 ab}{P} = 0$$

خواصیت کاهش یافته یا مقیاس (Reduced properties)

$$P_2 \hat{v}_2 = zRT_2$$

$$P.V = nRT$$

$$P\hat{v} = zRT$$

$$nZRT = P.V$$

$$z = \frac{P\hat{v}}{RT}$$

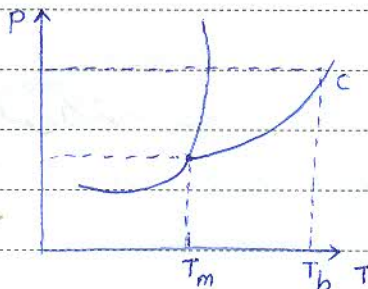
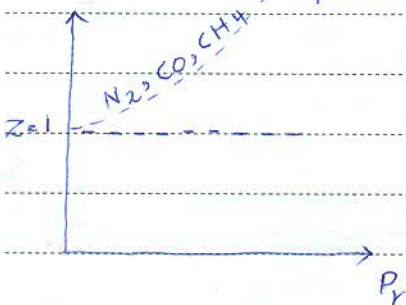
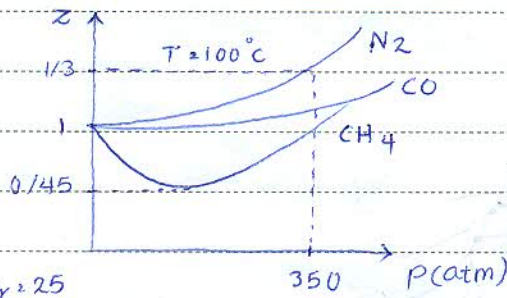
تغییراتی  $\left\{ \begin{array}{l} T_c \\ P_c \\ v_c \end{array} \right.$

تغییرات نرمی

$$v_r = \frac{v}{v_c}$$

$$P_r = \frac{P}{P_c}$$

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$



$$v_{ri} = \frac{\hat{v}_i}{\hat{v}_{ci}}$$

$\hat{v}_{ci}$  = حجم بحرانی

$$\hat{v}_{ci} = R \frac{T_c}{P_c}$$

13

مثال) حجم فزون مادی آمونیاک 120 فوت مکعب است. نسبت افزایش وزن این حجم از آمونیاک طلا 125 تعیین شده. فشار گاز 292 psig و دما آن 125°F. مبادا شد متری درسی شده حجم ویژه این گاز 112 ft<sup>3</sup> بر پوند وزن آن 100 پوند است. کدام وزن صحیح است؟

اگر حجم ویژه گاز از قانون گاز ایده آل آن محاسبه کنیم داریم

$$R = 10.73 \frac{\text{Psia ft}^3}{\text{lb mol } ^\circ\text{R}}$$

$$T = 125^\circ\text{F} + 460 = 585^\circ\text{R}$$

$$P = 292 + 147 = 307 \text{ Psia}$$

5

اگر  $1 \text{ lb NH}_3$  داشته باشیم

$$n = \frac{\text{lb}}{17 \frac{\text{lb}}{\text{lb mol}}}$$

$$v = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{1}{17} \times 10.73 \times 585}{307} \Rightarrow v = 1.2 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}}$$

10

فرض فردا اول بر مبنای ایده آل بودن رفتار  $\text{NH}_3$  است

اگر فرض کنیم گاز  $\text{NH}_3$  در شرایط مسدود ایده آل نیست

$$Pv = nZRT$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P = 307 \text{ Psia} \\ v = 1.20 \text{ ft}^3 \\ T = 585^\circ\text{R} \end{array} \right.$$

صفحه کتاب  
برای  $\text{NH}_3$

$$T_c = 405 \text{ K} = 729^\circ\text{R}$$

$$P_c = 111.3 \text{ atm} = 1640 \text{ psia}$$

$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{585}{729} = 0.803$$

$$P_r = \frac{P}{P_c} = \frac{307}{1640} = 0.187$$

با مراجعه به نمودار 3-7 (c) من 298 برای  $T_r = 0.803$  و  $P_r = 0.187$

$$Z = 0.845$$

$$Pv = nZRT \quad P\hat{v} = ZRT \Rightarrow \hat{v} = \frac{ZRT}{P} = Z \cdot \hat{v}_{\text{ideal}}$$

$$\hat{v} = 1.2 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} \quad \hat{v} = 1.2 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} \times 0.845 = 1.01 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}}$$

مخزن به حجم  $5 \text{ ft}^3$  مخدومی  $50 \text{ lb}$  پروپان است و در زیر آفتاب قرار گرفته است و فشار سطح فشار  $665 \text{ psig}$

را نشان می دهد. با استفاده از ضرایب تراکم پذیری دما پروپان داخل مخزن را حساب کنید.

25

$$v = 5 \text{ ft}^3 \quad m = 50 \text{ lb } \text{C}_3\text{H}_8 \quad P = 665 \text{ psig} \quad n = \frac{50 \text{ lb}}{44 \frac{\text{lb}}{\text{lbmol}}} = 1.135 \frac{\text{lb}}{\text{mol } \text{C}_3\text{H}_8}$$

$$P = 665 \text{ psig} + 14.7 = 680$$

بازوی بر همپسری انبساطی کتاب

$$\begin{cases} T_c = 370 \text{ K} = 666^\circ \text{R} \\ P_c = 42.1 \text{ atm} = 617 \text{ psia} \end{cases}$$

مضی 3-10 کتاب تغییرات  $Z_T$  بر حسب  $P_r$  بر رسم شده است

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{Z_T}{T_r} &= \frac{PV}{nRT_c} & Z_{T_r} &= \frac{PV}{nRT_c} & Z_{T_r} &= \frac{680 \text{ psia} \times 5 \text{ ft}^3}{666^\circ \text{R} \times 1.135 \text{ lbmol} \times 10.73 \frac{\text{psia} \cdot \text{ft}^3}{\text{lbmol} \cdot ^\circ \text{R}}} \end{aligned} \right.$$

$$Z_{T_r} = 0.142 \quad P_r = \frac{P}{P_c} = \frac{680}{617} = 1.11 \quad \text{با استفاده از مضی 3-10}$$

$$T_r = \frac{T}{T_c} \quad 1.02 = \frac{T}{666} \Rightarrow T = 680^\circ \text{R}$$

مخلوط چند گاز

$$b_{\text{mixture}} = b_A y_A + b_B y_B + \dots + \text{O}$$

$$a^{\frac{1}{2}}_{\text{mixture}} = a^{\frac{1}{2}}_A y_A + a^{\frac{1}{2}}_B y_B + \dots + \text{O}$$

$$PV = nZRT \quad \text{برای مخلوط گازها} \quad PV = nZ_{\text{mixture}} RT$$

$$Z_{\text{mixture}} = Z_A y_A + Z_B y_B + \dots + \text{O}$$

مضی 3-10 کتاب تغییرات  $Z_T$  بر حسب  $P_r$  بر رسم شده است

$$P_c = P_{cA} y_A + P_{cB} y_B + \dots + \text{O}$$

$$T_c = T_{cA} y_A + T_{cB} y_B + \dots + \text{O}$$

$$P_r' = \frac{P}{P_c} \quad \text{و} \quad T_r' = \frac{T}{T_c}$$

شارش بطلیل یافته

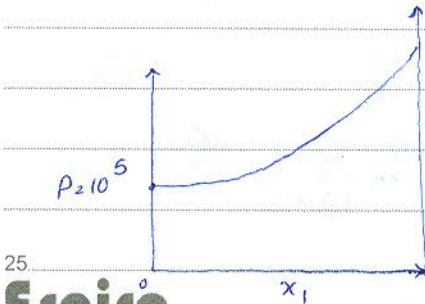
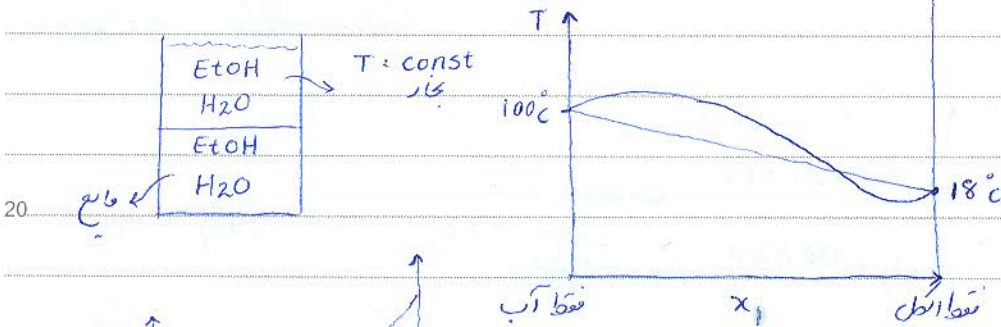
برای بخار آب

5	$T_c (^\circ C)$	$P (kpa)$	شارش بخار آب
	0/01	0/6	
	30	4/2	
	95	84/6	(نقطه شبنم) اگر فشار را در این
	100	101/35	حالت افزایش دهم فشار افزایش
10			پیدا می کند! حجم کاهش پیدا می کند + قطرات مایع

« رابطه آنتوان »

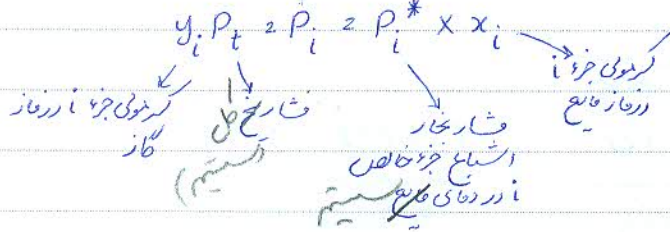
$$\log P^* = \frac{-A}{T+C} + B$$

15  $P^*$ : فشار بخار اشباع  $T = k$  در برابر  $A, B, C$ : ثابت های نوع ماده بستگی دارد.

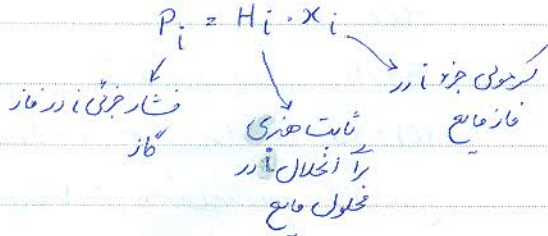


قانون راولت برای محلول های غایب و بخار در حال تعادل

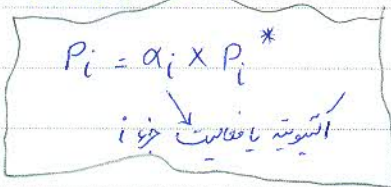
فشار جزئی از فشار گاز



قانون هنری :



$P_i = a_i \cdot P_i^*$



مثال 20) حداقل حجم هوا خشک به حجم  $m^3$  در  $20^\circ C$  و  $100 kPa$  را برابر تغییر کالکولیم اسل معمولی لازم است را بر دست آورید در صورتی که فشار ثابت برابر با  $100 kPa$  بود

$P_{total} = P_{air} + P_{alcohol}$

$P_{EtOH} = 5/93 kPa$  (فشار جزئی هوا)

$P_{total} = 100 kPa$  (سین از اشباع شدن آن بخش)

$100 - 5/93 = 94/1 kPa$

$\frac{n_{EtOH}}{n_{هوا}} = \frac{P_{EtOH}}{P_{air}}$

$n_{EtOH} = \frac{6 kg}{46 \frac{kg}{kg mol}} = 0/13$



$$n_{\text{air}} = \frac{0.13 \times 94.1}{5.93}$$

$$n_{\text{air}} = 2.170 \text{ kg mol}$$

اگر هوا خشک باشد

$$P_{\text{total}} \cdot v_{\text{air}} = n_{\text{air}} RT$$

$$v_{\text{air}} = \frac{2.170 \text{ kg mol} \times 8.314 \times 10^3 \times 297 \text{ K}}{100 \times 10^3 \text{ Pa}} \Rightarrow v_{\text{air}} = 5.11 \text{ m}^3$$

مثال (23) می خواهیم مخلوطی از زمان جدان و نزول آنان در فاز مایع را تعیین کنیم. ترکیب نسبی بخار اولیه را تعیین کنید در صورتی که فشار کل 1 atm و دما  $121^\circ \text{C}$  باشد. ابتدا فشار بخار هر جزء را از معادله آنتوان به دست می آوریم

$$\log p^* = A - \frac{B}{C+t} \quad p^*, \text{ mmHg}, \quad t, ^\circ \text{C}$$

$$n\text{-Hexane (C}_6\text{)} = \begin{array}{ccc} A & B & C \\ 6187776 & 11711530 & 2241366 \end{array}$$

$$n\text{-octane (C}_8\text{)} = \begin{array}{ccc} 6192374 & 1355126 & 2091517 \end{array}$$

مماسه بخار

نسبتاً: 1 kg mol مخلوط مایع  $\text{C}_8$  و  $\text{C}_6$

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{\text{C}_6}^* = 3059 \text{ mmHg} \\ p_{\text{C}_8}^* = 666 \text{ mmHg} \end{array} \right.$$

قانون راولت:

$$\textcircled{I} \quad P_t \cdot y_{\text{C}_8} = P_{\text{C}_8} = P_{\text{C}_8}^* \cdot x_{\text{C}_8}$$

$$\textcircled{II} \quad P_t \cdot y_{\text{C}_6} = P_{\text{C}_6} = P_{\text{C}_6}^* \cdot x_{\text{C}_6}$$

$$\text{معروضین} \begin{cases} P_{c_8} + P_{c_6} = P_t \\ x_{c_8} + x_{c_6} = 1/0 \\ y_{c_8} + y_{c_6} = 1/0 \end{cases}$$

$$\textcircled{I} \Rightarrow y_{c_8} = \left( \frac{P_{c_8}^*}{P_t} \right) x_{c_8}$$

با جمع معادلات  $\textcircled{I}$  و  $\textcircled{II}$

$$P_t (y_{c_8} + y_{c_6}) = P_{c_8}^* \cdot x_{c_8} + P_{c_6}^* \cdot x_{c_6}$$

$$P_t = P_{c_8}^* + P_{c_6}^* (1 - x_{c_8})$$

$$P_t = P_{c_8}^* \cdot x_{c_8} + P_{c_6}^* - P_{c_6}^* \cdot x_{c_8}$$

$$x_{c_8} = \frac{P_t - P_{c_6}^*}{P_{c_8}^* - P_{c_6}^*}$$

$$x_{c_8} = \frac{760 - 3059}{666 - 3059}$$

$$\begin{cases} x_{c_8} = 0.19619 \\ x_{c_6} = 1 - x_{c_8} = 0.1038 \end{cases}$$

قانون را اولت:

$$y_{c_8} = \left( \frac{666}{760} \right) \times 0.19619 \Rightarrow y_{c_8} = 0.18429$$

$$y_{c_6} = 1 - y_{c_8} = 0.11571$$

اشباع نسبي = Relative saturation

$$= RS = \frac{P_{\text{vapor}}}{P_{\text{saturation}}} = \frac{P_{\text{بخار}}}{P_{\text{اشباع بخار}}}$$

$$5 \quad RS = \frac{P_1}{P_1^*}$$

$$RS = \frac{\frac{P_1}{P_t}}{\frac{P_1^*}{P_t}} = \frac{v_1/v_t}{v_{\text{sat}}^*/v_t} = \frac{n_1}{n_{1,\text{sat}}} = \frac{n_1 M_1}{n_{1,\text{sat}} M_1} = \frac{\text{Mass}_1}{\text{Mass}_{1,\text{sat}}}$$

$$10 \quad \text{رطوبت} = \text{Humidity} = H = \frac{\text{mass}_{\text{بخار}}}{\text{mass}_{\text{هوا خشک}}}$$

$\frac{n_{\text{mol vapor}}}{n_{\text{mol vapor-free gas}}}$  = اشباع مولی = molal saturation

$\frac{n_{\text{mol vapor-free gas}}}{n_{\text{mol vapor-free gas}}}$   
بخار (هوا) بخار آزاد

$$15 \quad \left. \begin{array}{l} \text{بخار 1} \\ \text{بخار 2} \end{array} \right\} \Rightarrow P_t = P_1 + P_2, n_t = n_1 + n_2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$= \frac{n_1}{n_t - n_1} = \frac{P_1}{P_t - P_1} = \frac{v_1}{v_t - v_1}$$

$$20 \quad \frac{n_{\text{vapor}} \times M_{\text{vapor}}}{n_{\text{dry gas}} \times M_{\text{dry gas}}} = \frac{m_{\text{vapor}}}{m_{\text{dry gas}}} = H \text{ رطوبت}$$

$$\frac{\text{بخار (هوا) خشک}}{\left( \frac{\text{mol vapor}}{\text{mol vapor-free gas}} \right) \text{ رطوبت}}$$

$$25 \quad \text{absolute saturation} = as = \left( \frac{\text{mol vapor}}{\text{mol vapor-free gas}} \right) \text{ اشباع}$$

$$\text{رصد اشباع مطلق} = a_5 \times 100$$

$$P_t = P_1 + P_2$$

$$(P_1) \text{ اشباع} = (P_1) \text{ saturation} = P_1^*$$

$$\left. \begin{aligned} \text{رصد اشباع مطلق یا} \\ \text{رصد رطوبت مطلق} \end{aligned} \right\} = \frac{\left( \frac{P_1}{P_t - P_1} \right)}{\left( \frac{P_1^*}{P_t - P_1^*} \right)} \times 100 \Rightarrow \left( \frac{\text{اشباع نسبی}}{\text{رطوبت نسبی}} \right) \times$$

$$\text{نسبت درشتیم} = \text{رطوبت نسبی} = \frac{P_1}{P_1^*}$$

$$\left( \frac{P_t - P_1^*}{P_t - P_1} \right) \times 100$$

10 مثال 25 فصل 3 گاز He محوی 12٪ حجمی این است که باشد مطلوب است درصد اشباع نسبی، درصد اشباع مخلوط در 30°C و فشار 98 kPa

$$\left. \begin{aligned} \text{بر فشار بخار اشباع EtAC} \\ \text{در دما 30°C نیابت} \end{aligned} \right\} \Rightarrow (P_{EtAC}^*)_{30^\circ C} = 1519 \text{ kPa}$$

$$15 \text{ اگر فاز گاز ایده آل بوده و قانون دالتون صادق باشد} \Rightarrow P_{EtAC} = P_t \times y_{EtAC} = P_t \left( \frac{n_{EtAC}}{n_t} \right) = P_t \left( \frac{v_{EtAC}}{v_t} \right)$$

$$= 0.12 \times 98$$

$$P_{EtAC} = 11,76 \text{ kPa} ; P_{He} = P_t - P_{EtAC} = 98 - 11,76 = 86,2 \text{ kPa}$$

$$20 \text{ درصد اشباع نسبی} = \frac{P_{EtAC}}{P_{EtAC}^*} \times 100 = \frac{11,76}{1519} \times 100 = 74,10 \%$$

$$\left. \begin{aligned} \text{رصد اشباع مطلق} \\ \text{یا درصد رطوبت مطلق} \end{aligned} \right\} = \frac{\left( \frac{P_{EtAC}}{P_t - P_{EtAC}} \right)}{\left( \frac{P_{EtAC}^*}{P_t - P_{EtAC}^*} \right)} \times 100 = \frac{11,76}{98 - 11,76} \times 100 = 70 \%$$

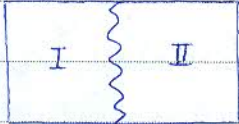
فصل 3) 9 ، 25 ، 38 ، 67 ، 76 ، 79 ، 89 ، 98

فصل 4) موازنه انرژی اثری

خاصیت: هر یک از راه برای سیستم قابل اندازه گیری باشد خاصیت گویند.

5

خاصیت غیر متمرکز (property Extensive)



$$V_t = V_I + V_{II}$$

10

خاصیت متمرکز (property Intensive)

توابع مسیر (path function): مقدار آن ها با تغییرات مقدار آن ها به مسیر و تاریخچه آن ها بستگی دارد.

در حالت باقیقی ای (state function)

$$\left. \begin{array}{l} \text{توابع} \\ \text{مسیر} \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q \\ W \end{array}$$

15

توابع  $\left. \begin{array}{l} \text{آنتالپی} \\ \text{نقطه ای} \end{array} \right\}$  مجموع انرژی جنبش و پتانسیل مولکولی = (Internal Energy) انرژی درونی

$$\hat{U} = \hat{U}(T, \hat{V})$$

$$d\hat{u} = \left( \frac{\partial \hat{u}}{\partial T} \right)_{\hat{V}} dT + \left( \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{V}} \right)_T d\hat{V}$$

20

ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت

$$\oint d\hat{u} = 0 \Rightarrow \left( \frac{\partial \hat{u}}{\partial T} \right)_{\hat{V}} = c_v \Rightarrow d\hat{u} = c_v dT + \left( \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{V}} \right)_T d\hat{V} \quad , \quad d\hat{u} = c_v dT$$

چون انرژی درونی یک تابع ایستاد است  $\Rightarrow$  برای آن  $d\hat{u} = c_v dT$  را می توان نوشت

25

$$\hat{H} = \hat{U} + P\hat{V}$$

$$\hat{H} = \hat{H}(T, P)$$

$$d\hat{H} = \left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial P}\right)_T dP$$

$$d\hat{H} = c_p dT + \left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial P}\right)_T dP \Rightarrow d\hat{H} = c_p dT$$

ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت  $\sim 0$

$$\text{برای گاز ایده‌آل: } d\hat{H} = c_p dT$$

سیستمی که یک فاز می باشد ممکن نیست

برای گازهای ایده‌آل ثابت می‌شود اگر گاز تک‌اتمی باشد در رده‌ها بالا و در رده‌ها پایین  $c_p = \frac{5}{2}R$  می‌باشد  
چند اتمی خطی:

$$\frac{7}{2}R \quad (3n - \frac{3}{2})R$$

$$4R \quad (3n - 2)R$$

$n$  تعداد اتم‌های سازنده مولکول

چند اتمی غیر خطی:

$$c_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (0 - 100^\circ\text{C})$$

liquid

$$c_p = a' + b'T + c'T^2 + d'T^3 \quad (0 - 1500^\circ\text{C})$$

$\pm 0.1$   
خطا

برای گاز ایده‌آل:

$$c_p = \left(\frac{\partial \hat{H}}{\partial T}\right)_P = \frac{\partial}{\partial T} [\hat{U} + P\hat{V}]_P$$

$$= \left(\frac{\partial \hat{u}}{\partial T}\right)_P + \frac{\partial}{\partial T} (P\hat{v})_P$$

$$= \left(\frac{\partial \hat{u}}{\partial T}\right)_{\hat{v}} + \frac{\partial}{\partial T} (P\hat{v})_P$$

$$c_p = c_v + \frac{\partial}{\partial T} (P\hat{v})_P = c_v + \frac{\partial}{\partial T} (RT)_P$$

$$P\hat{v} = RT$$

$C_p$  مواد جامد :  $C_p$  مواد جامد برابر با میانگین  $C_p$  عناصر از تنه‌ای حجم جامد می باشد

مثال 5 ف 4) ظرفیت حرارتی  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  را به دست آورید

مبنای  $1 \text{ g mol}^{-1}$  بر اساس مولکول

5 قانون کپ :

$$C_p = 2 \times 6.2 + 1 \times 5.4 + 14 \times 4.0 + 20 \times 2/3$$

$$= 119/8 \frac{\text{cal}}{\text{g mol}^\circ \text{C}}$$

مقدار تجربی :  $141 \text{ cal/g mol}^\circ \text{C}$

10 مثال

ظرفیت حرارتی محلول 21.6٪ از  $NaCl$  در آب را به دست آورید

$$(C_p)_{\text{آب خالص}} = 1 \text{ cal/g}^\circ \text{C}$$

$$(C_p)_{\text{محلول}} = 1 - 1 \times \frac{21.6}{100} = 0.784 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ \text{C}}$$

15

$$25^\circ \text{C} \text{ مقدار تجربی در } 20.806 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ \text{C}}$$

برای هیدروکربنهای مایع و مشتقات نفتی :

Fallon و Watson

$$20 \quad C_p = \left[ (0.355 + 0.128 \times 10^{-7} \text{ API}) + (0.503 + 0.117 \times 10^{-2} \text{ API}) \times 10^{-3} t \right]$$

$$\times (0.05k + 0.041)$$

$$^\circ \text{API} = \frac{141.5}{\text{SP Gr}_{60F}} - 131.5$$

$$t : ^\circ \text{F}$$

$$k : \text{ضریب انقباض هوا}$$

$$13 \text{ متن از 10/1 تا 13}$$

در ضمیمه کتاب آورده شده

برای مایعات آبی در  $25^{\circ}\text{C}$  :

$$c_p = k M^a$$

$$c_p : \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$$

$$M : \text{وزن مولی}$$

$$k, a$$

$$\left. \begin{array}{l} a = -0.1 \\ k = 0.85 \end{array} \right\} \text{برای آب ها}$$

$$\left. \begin{array}{l} a = -0.10139 \\ k = 0.1587 \end{array} \right\} \text{برای نفت ها}$$

10

برای گازها در فشارات متغیر :

$$c_p = \frac{(4.10 - S)(T + 670)}{6450}$$

$$c_p : \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}}$$

$$T : ^{\circ}\text{F}$$

$$S : \frac{60^{\circ}\text{F}}{60^{\circ}\text{F}}$$

(ماده صحایبه هوایم باشد)

15

$$c_p = a - b \log_{10} T_r$$

20

25



$$c_{pA} = a + bT + cT^2$$

$$\Delta \hat{H} = \int_{T_1}^{T_2} c_{pA} dT = \left[ aT + \frac{b}{2} T^2 + \frac{c}{3} T^3 \right]_{T_1}^{T_2}$$

$$5 \quad \Delta \hat{H}_{T_1 \rightarrow T_2} = \bar{c}_{pm} (T_2 - T_1)$$

$$\bar{c}_{pm} = \frac{\Delta \hat{H}_{T_1 \rightarrow T_2}}{T_2 - T_1}$$

$$f(x) = \frac{\int_{x_1}^{x_2} f(x) dx}{\int_{x_1}^{x_2} dx}$$

10

سه جزءه 3 باکتری ها

مقدار گازي شامل  $y_3, y_2, y_1$ 

$$15 \quad \Delta \hat{H} = \int_{T_1}^{T_2} y_1 c_{p1} dT + \int_{T_1}^{T_2} y_2 c_{p2} dT + \int_{T_1}^{T_2} y_3 c_{p3} dT$$

$$\Rightarrow \Delta \hat{H} = \int_{T_1}^{T_2} \sum_{i=1}^3 y_i c_{pi} dT$$

تقریب گرمای همان ذوب :

برای عناصر و مواد دیگر :

20

$$\frac{\Delta \hat{H}_f}{T_f} = \text{ثابت} \begin{cases} 2-3 & \text{بر عناصر} \\ 5-9 & \text{بر آلیاژها} \\ & \text{شیمیائی} \\ 9-11 & \text{برای ترکیبات} \\ & \text{آبی} \end{cases}$$

$$T_f = (K) \text{ در ذوب}$$

25

$$\Delta \hat{H}_f = \frac{\text{cal}}{\text{gmol}} \text{ گرمای ذوب}$$

برای گرمای ذوب تبخیر:

$$\frac{\Delta H_v}{T_b} = 21 \frac{\text{cal}}{\text{gmol}}$$



$$\Delta H_v = \text{گرمای تبخیر} \left( \frac{\text{cal}}{\text{gmol}} \right)$$

قانونی ترانتون (Trouton)

$$T_b: \text{نقطه جوش (K)}$$

معادله کلانزینس - کلایپرون برای گرمای تبخیر:

$$\left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_v = \left( \frac{\partial s}{\partial v} \right)_T$$

$$\left( \frac{dp}{dT} \right)_{\text{sat}} = \frac{\hat{s}_g - \hat{s}_l}{\hat{v}_g - \hat{v}_l} = \frac{\Delta \hat{H}}{T \Delta \hat{v}}$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta \hat{H}}{T \Delta \hat{v}} \quad , \quad \hat{v}_g \gg \hat{v}_l$$

$$\hat{v}_g - \hat{v}_l = \Delta \hat{v} \approx \hat{v}_g \Rightarrow \frac{dp}{dT} = \frac{\Delta \hat{H}}{T \hat{v}_g}$$

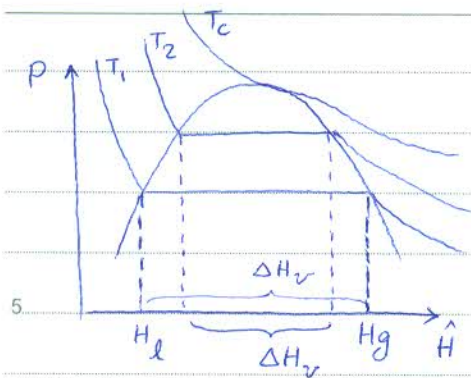
$$p \hat{v}_g = zRT \Rightarrow \hat{v}_g = \frac{zRT}{p}$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta \hat{H}}{\frac{zRT^2}{p}} \Rightarrow \frac{dp}{p} = \frac{\Delta \hat{H}}{zR} \frac{dT}{T^2}$$

اگر ثابت گازیه آل باشد  $z=1$ :

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dp}{p} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta \hat{H}}{R} \frac{dT}{T^2}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{R} \int_{T_1}^{T_2} \Delta \hat{H} \frac{dT}{T^2}$$



به شرط آنکه  $T_1$  به  $T_2$  نزدیک باشد آنکه تقریباً  $\Delta \hat{H}_v$  در این فاصله ثابت خواهد بود

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta \hat{H}_v}{R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$$\Delta \hat{H}_v = \nu$$

معادله آنتوان :

$$\ln p = A - \frac{B}{C+T} \Rightarrow \begin{matrix} T_1 \rightarrow P_1 \\ T_2 \rightarrow P_2 \end{matrix}$$

P: فشار

T: دما

A, B, C: ثابت برای هر ماده

با تلفیق معادله آنتوان در شرایط بحرانی با معادله کلایپرون-طلاپرون:

$$\frac{\Delta \hat{H}_v}{RT_c} = \frac{B}{T_c} \left[ \frac{T_r}{T_r + \left(\frac{C}{T_c}\right)} \right]^2$$

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

$T_c$ : دمای بحرانی

مسئله 44 از انتهای فصل: فشار بخار فنیل هیدرازین ( $C_6H_5N_2H_3$ ) بین  $25^\circ C$  تا  $240^\circ C$  از معادله زیر به دست می آید.

$$\log P^* = 7.19046 - \frac{23661.4}{T+230}$$

که  $P^*$  بر حسب اتمسفر و  $T$  بر حسب درجه سلسیوس باشد. برای تغییر فنیل هیدرازین را در  $200^\circ F$  حساب کنید.

در انتهای راه حل کلایپرون-طلاپرون به معادله زیر رسیدیم

$$\frac{dp^*}{p^*} = \frac{\Delta \hat{H}}{RT^2} dT$$

$$d \ln p^* = \frac{\Delta \hat{H}}{RT^2} dT$$

از طرفی :  $\ln p^* = 2.303 \log p^*$

$$\frac{d [2.303 \log p^*]}{dT} = \frac{\Delta \hat{H}}{RT^2}$$

$$\frac{d \log p^*}{dT} = \frac{\Delta \hat{H}}{2.303 RT^2} \quad \text{I}$$

اگر از معادله آنتوان نسبت به T مشتق بگیریم

$$\frac{d \log p^*}{dT} = \frac{23661.4}{(T+230)^2} \quad \text{II}$$

توجه شود که قبل از تلفیق دو معادله I و II، T در معادله I بر حسب طولی و T در معادله II بر حسب °C است

$$T = 200^\circ F = 93.33^\circ C$$

$$\frac{d \log p^*}{dT} = \frac{23661.4}{(93.33+230)^2} = 0.0226$$

با قرار دادن در رابطه I :

$$T = 93.33 + 273 = 366.33 K$$

$$2.303 (366.33)^2 [0.0226] = \frac{\Delta \hat{H}_v}{8.314} \Rightarrow \Delta \hat{H}_v = 58070.74 \frac{J}{\text{gmol}}$$

برای یک بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  موازنه عمومی انرژی برای سیستم بازه‌ها با واکنش شیمیایی :

$$\left( \text{تجمع انرژی در سیستم} \right) = \left( \text{مجموع انرژی ها در ورود} \right) - \left( \text{مجموع انرژی ها خروجی} \right) + \left( \text{تولید انرژی} \right) - \left( \text{از بین رفتن انرژی} \right)$$

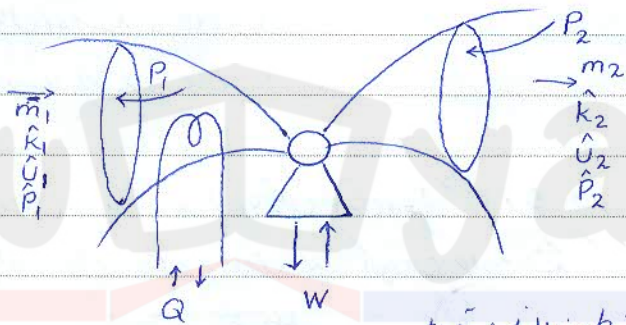
برای یک سیستم بسته (نسبت به درود خروجی) در طول واکنش شیمیایی:

انرژی درونی	$\Delta U = U_{t_2} - U_{t_1}$	$\longleftrightarrow$ W	$t_1$ : زمان شروع بررسی
انرژی جنبشی	$\Delta K = K_{t_2} - K_{t_1}$		$t_2$ : زمان پایان بررسی
انرژی پتانسیل شیمیایی	$\Delta P = P_{t_2} - P_{t_1}$	$\longleftrightarrow$ Q	$\Rightarrow \Delta E = Q - W$
$\Delta E = E_{t_2} - E_{t_1} = \Delta U + \Delta K + \Delta P$			

اگر تغییر انرژی جنبشی و پتانسیل نداشته باشیم:  $\Delta E = \Delta U = Q - W$

10

بازه زمانی  $t_1 \rightarrow t_2$



15

- $m_1$ : کل جرم درود طی زمان  $t_1$  تا  $t_2$
- $m_2$ : کل جرم خروجی طی زمان  $t_1$  تا  $t_2$
- $m_{t_1}$ : جرم سیستم در لحظه  $t_1$
- $m_{t_2}$ : جرم سیستم در لحظه  $t_2$
- سیستم باز در طول واکنش شیمیایی:

20

$$m_{t_2} (\hat{U} + \hat{K} + P)_{t_2} - m_{t_1} (\hat{U} + \hat{K} + P)_{t_1} =$$

$$(\hat{U}_1 + \hat{K}_1 + P_1) m_1 - (\hat{U}_2 + \hat{K}_2 + P_2) m_2 + Q - W + P_1 \hat{V}_1 m_1 - P_2 \hat{V}_2 m_2$$

انرژی های درود همراه جرم درود طی زمان  $t_1$  تا  $t_2$

25

$$\left. \begin{aligned} \hat{U}_1 + P_1 \hat{V}_1 &= \hat{H}_1 \\ U_2 + P_2 \hat{V}_2 &= \hat{H}_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta E = E_{t_2} - E_{t_1} = -\Delta \left[ (\hat{H} + \hat{K} + \hat{P}) m \right] + Q - W$$

↓  
حرفهای درون

اگر چند ورودی و خروجی داشته باشیم :

$$E_{t_2} - E_{t_1} = \sum_{in} m_i (\hat{H}_i + \hat{K}_i + \hat{P}_i) - \sum_{out} m_o (\hat{H}_o + \hat{K}_o + \hat{P}_o) + Q - W$$

اگر سیستم پایا باشد  $E_{t_2} - E_{t_1} = 0$

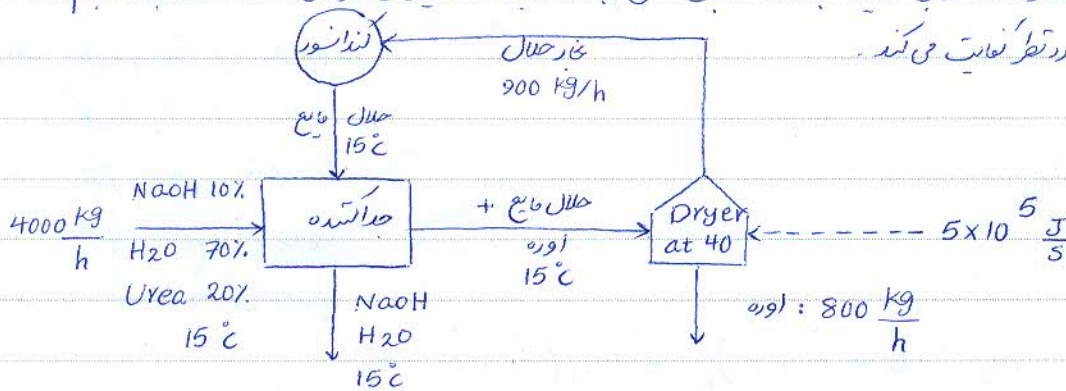
اگر سیستم آدیباتیک (بی ورودی) باشد :  $Q = 0$

اگر سیستم هم دما از ورودی تا خروجی باشد :  $T = cte$

اگر فشار (ایزوباریک) باشد :  $P = cte$

مسئله 85 از انتهای فصل 4) یک خشک کن با توان حرارتی  $5 \times 10^5 \text{ J/s}$  را جهت خشک کردن

محصولات غذایی از یک جداکننده مطابق شکل به کار می برند. آیا توان حرارتی خشک کن برای انجام کار مورد نظر تعاقب می کند.



$c_p \text{ (J/kg}^\circ\text{C)}$        $H_{vap} \text{ (J/kg)}$

آب      2500

محلول      2800

$4.5 \times 10^5$

تغییر آنتالپی اوره و حلال از  $15^\circ\text{C}$  تا  $40^\circ\text{C}$  و نیز گرمای تبخیر حلال را حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \text{تغییر آنتالپی اوره} &= 800 \times 2500 (40 - 15) = 5 \times 10^7 \frac{\text{J}}{\text{h}} \\ \text{حلال} &= 9000 \times 2800 (40 - 15) + 9000 \times 4/5 \times 10^5 = 468 \times 10^7 \frac{\text{J}}{\text{h}} \end{aligned}$$

5

$$\text{کل انرژی لازم} = (5 + 468) \times 10^7 \frac{\text{J}}{\text{h}} = 473 \times 10^7 \frac{\text{J}}{\text{h}} = 13/14 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

روداد زمان

$$13/14 \times 10^5 > 5 \times 10^5$$

پس توان خشک‌کن کفایت نمی‌کند

10

$$\hat{\Delta H}_A = \hat{\Delta H}_{f_A} + \int_{T_{ref}}^T c_{p_A} dT$$

آنتالپی یک ماده در دما خاص (ماده A)

$$\Delta H_{\text{mixture}} = \sum_{i=1}^n n_i \hat{\Delta H}_{f_i} + \sum_{i=1}^n \int_{T_{ref}}^T n_i c_{p_i} dT$$

برای مخلوط‌ها شامل جزء

15

الیه بستی مواد 2 وارد و مواد 3 و 4 خارج شوند

$$\Delta H_{\text{output}} = n_3 \hat{\Delta H}_{f_3} + n_4 \hat{\Delta H}_{f_4} + \int_{T_{ref}}^{T_{out}} (n_3 c_{p_3} + n_4 c_{p_4}) dT$$

20

$$\Delta H_{\text{input}} = n_1 \hat{\Delta H}_{f_1} + n_2 \hat{\Delta H}_{f_2} + \int_{T_{ref}}^{T_{in}} (n_1 c_{p_1} + n_2 c_{p_2}) dT$$

کل تغییر آنتالپی مواد خردی نسبت به دردم:

$$\Delta H_{\text{out}} - \Delta H_{\text{in}} = (n_3 \hat{\Delta H}_{f_3} + n_4 \hat{\Delta H}_{f_4})$$

$$- (n_1 \hat{\Delta H}_{f_1} + n_2 \hat{\Delta H}_{f_2}) + \int_{T_{ref}}^{T_{out}} (n_3 c_{p_3} + n_4 c_{p_4}) dT$$

25

Espira

$$- \int_{T_{ref}}^{T_{in}} (n_1 c_{p_1} + n_2 c_{p_2}) dT$$

اگر دمای ورودی و دمای خروجی (T<sub>out</sub>) برابر با T<sub>ref</sub> باشد (یعنی فرآیند در دما یکنواخت صورت گیرد)

$$\Delta H_{out} - \Delta H_{In} = (n_3 \hat{\Delta H}_{f3} + n_4 \hat{\Delta H}_{f4}) - (n_1 \hat{\Delta H}_{f1} + n_2 \hat{\Delta H}_{f2})$$

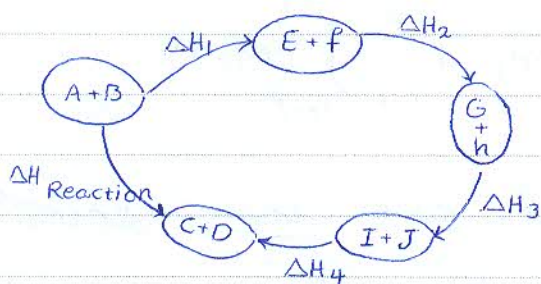
برای یک واکنش شیمیایی در تبدیل اعداد 4 به 3

$$\Delta H_{out} - \Delta H_{In} = \Delta H_{Reaction} = \sum (\text{تعداد تبدیل} \times \text{استاندارد} \text{ گرمای تشکیل}) - \sum (\text{تعداد تبدیل} \times \text{استاندارد} \text{ گرمای تشکیل})$$



$$\Delta H^{\circ}_{Reaction} = \Delta H^{\circ}_{f, CH_4}$$

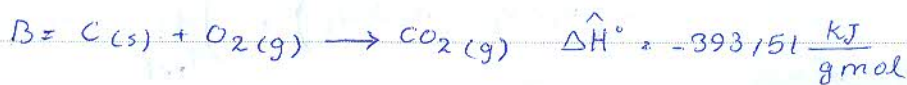
قانون Hess :



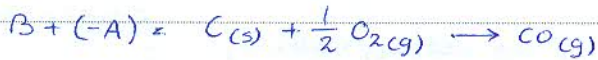
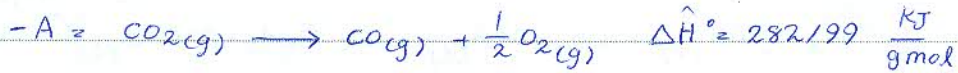
$$\Delta H_{Reaction} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

مثال 4-23

گرمای تشکیل CO از انرژی تشکیل CO<sub>2</sub> و گرمای واکنش سوختن CO تعیین نمایید.





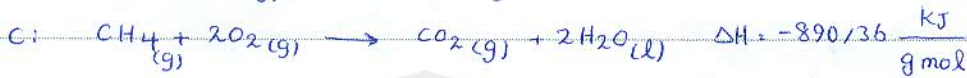
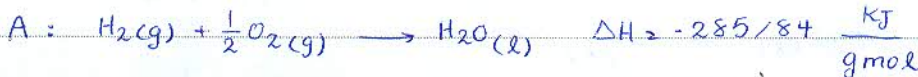


$$\Delta H = -393/51 + (+282/99) = -110/52 \frac{kJ}{gmol}$$

کربن تکسین CO

5

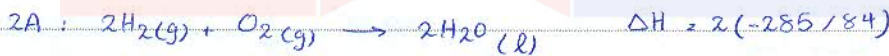
خورد زبانی اصل سے 491 : با استفادہ از اطلاعات زیر گرمی تکسین تھان راتسین کنید



زبان یافتن  $\Delta H$  واکنش زیر هستیم



15



$$\Delta H = 2(-285/84) - 393/51 + 890/36 = -74/83 \frac{kJ}{gmol}$$

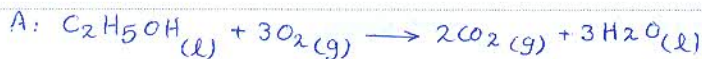
HHV = High Heating value گرمی به نسبت آلوده از واکنش در زمانی در  $H_2O$  فاز مایع باشد

LHV & NHV : low (net) Heating value گرمی به نسبت آلوده از واکنش در زمانی در  $H_2O$  در فاز گاز باشد

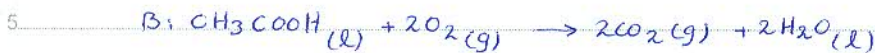
25



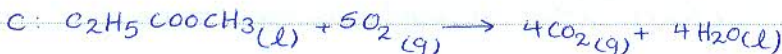
combustion = احتراق



$$\Delta H_c^\circ / C_2H_5OH = \dots$$



$$\Delta H_c^\circ / CH_3COOH = \dots$$



$$\Delta H_c^\circ / C_2H_5COOCH_3 = \dots$$



$$\Delta H_c^\circ / H_2O = 0/0$$

$$(A+B) - (C+D) :$$



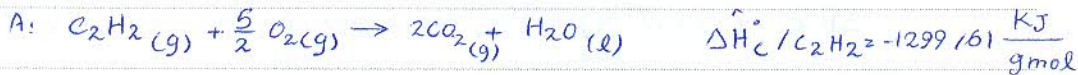
$$\Delta H = [\Delta H_c^\circ / C_2H_5OH + \Delta H_c^\circ / CH_3COOH] - [\Delta H_c^\circ / C_2H_5COOCH_3 + \Delta H_c^\circ / H_2O]$$

15

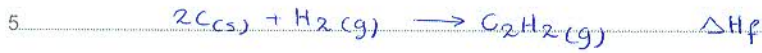
$$\Delta H_{\text{Reaction}}^\circ = \sum_i n_i \Delta H_c^\circ / \text{Reactants} - \sum_i n_i \Delta H_c^\circ / \text{Products}$$

مثال) برای استاندارد شدن استین را با استفاده از فرمای احتراق محاسب کنید

20



25



$= 2B + C - A = 2(-393/91) + (-285/84) + 1299/61 = 226.175$

$\frac{KJ}{gmol}$

$\Delta H_f / C_2H_2 = [ \text{تجمع گرماهای احتراق مواد اولیه} ] - [ \text{تجمع گرمای احتراق محصولات} ]$

10  $Q_p - Q_v = \Delta(PV) = \Delta nRT$

تغییرات تعداد مول هر  
 رقیق گاز به ضمیمه واکنش  
 با فرض اینکه گاز ایده آل  
 باشد

گرمای واکنش در حجم ثابت  
 گرمای واکنش در فشار ثابت

بر عنوان مثال:



$\Delta n = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$   
 تغییرات تعداد مول هر  
 رقیق گاز

$Q_p - Q_v = \Delta nRT = \frac{1}{2}RT$

مثال 3 فصل 4) یک نوع آهن فسیل از 85%  $FeS_2$  و 15% ناخالصی (مواد بی اثر است و ...)

20 رابا 200% هوای اضافی بر مبنای کلانی بیروت واکنش زیر بر سرشته می کنند تا  $SO_2$  حاصل شود



تمام ناخالصی ها به اضمام  $Fe_2O_3$  در سپاند جاود باقی می ماند و این سپاند محضی 4%  $FeS_2$  است

گرمای استاندارد واکنش را با آن هر کجا که می شود از کتاب بیروت آورید

$$\left. \begin{array}{l} \text{کانی پیریت} \\ \text{FeS}_2 : 85\% \\ \text{موادی اثر} : 15\% \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{آنانیز سیماندا جابده} \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \\ \text{FeS}_2 : 4\% \\ \text{موادی اثر} \end{array} \right\}$$

مبنا : 100 kg کانی

$$\left. \begin{array}{l} \text{مقدار FeS}_2 : 85 \text{ kg} \\ \text{موادی اثر} : 15 \text{ kg} \end{array} \right\}$$

$$M_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 160$$

$$M_{\text{FeS}_2} = 120$$

$$M_{\text{SO}_2} = 64$$

$$M_{\text{O}_2} = 32$$

برای FeS<sub>2</sub>

$$85 \text{ kg} = 0.708 \text{ kgmol}$$

$$\text{kgmol FeSO}_2 \quad \text{kgmol}$$

$$4 \quad 11$$

$$0.708 \quad x$$

$$x = 1.947 = 1.95 \text{ kgmol O}_2 \text{ لازم یا مورد}$$

$$\text{مقدار O}_2 \text{ در ورود} \quad (1+2) \times 1.95 = 5.85 \text{ kgmol}$$

$$N_2 \quad \frac{79}{21} \times (5.85) = 22 \text{ kgmol}$$

فرض می کنیم x kgmol از FeS<sub>2</sub> در حالت برگشت نکرده و در معادله باقی مانده است.

$$\text{وزن FeS}_2 \text{ برگشت کرده در حالت} = (85-x) \text{ kg}$$

$$\text{وزن Fe}_2\text{O}_3 \text{ تولید} \quad \text{kg FeS}_2 \quad \text{kg Fe}_2\text{O}_3$$

$$4 \times 120 \quad 2 \times 160$$

$$(85-x) \quad a$$

$$\text{وزن Fe}_2\text{O}_3 \text{ تولید شده} \quad a = \frac{2 \times 160 (85-x)}{4 \times 120} = (85-x) \frac{2}{3} \text{ kg}$$

Subject

YEAR: MONTH: DATE: 61

$$\text{وزن پیمان 85} = 15 + x + \frac{2}{3}(85-x)$$

$$\text{وزن } FeS_2 \text{ در پیمان} = x \times \frac{4}{100} \left[ 15 + x + \frac{2}{3}(85-x) \right]$$

$$x = 2191 \text{ kg} \quad \text{وزن } FeS_2 \text{ در دانش شرکت بهره}$$

$$\text{5.1/} \quad \text{وزن } FeS_2 \text{ شرکت بهره} = 85 - 2191 = 821049 \text{ kg} = 0.684 \text{ kg mol}$$

$$\text{وزن } Fe_2O_3 \text{ تولیدی} = \frac{2}{4}(0.684) = 0.342 \text{ kg mol}$$

$$\text{وزن } SO_2 \text{ تولیدی} = \frac{8}{4}(0.684) = 1.368 \text{ kg mol}$$

$$\text{وزن } O_2 \text{ مصرفی} = \frac{11}{4}(0.684) = \dots$$

$$\Delta H^\circ_{\text{Reaction}} = \sum \text{تولید} - \sum \text{مردار اولیه}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{Reaction}} = \left[ 0.342 \times \Delta H^\circ_{f, Fe_2O_3} + 1.368 \times \Delta H^\circ_{f, SO_2} \right] - \left[ 0.684 \times \Delta H^\circ_{f, FeS_2} + (n_{O_2} \times \Delta H^\circ_{f, O_2}) \right]$$

15

$FeS_2$	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/gmol)
$FeS_2$	$-17719 = 177900 \text{ kJ/kg mol}$

$O_2$	0/0
-------	-----

20 $N_2$	0/0
----------	-----

$Fe_2O_3$	$-822156 = -822156 \text{ kJ/kg mol}$
-----------	---------------------------------------

$SO_2$	$-296190 = -296900$
--------	---------------------

$$\Delta H^\circ_{\text{Reaction}} = -564008164 \text{ kJ/100 kg } \text{جیب}$$

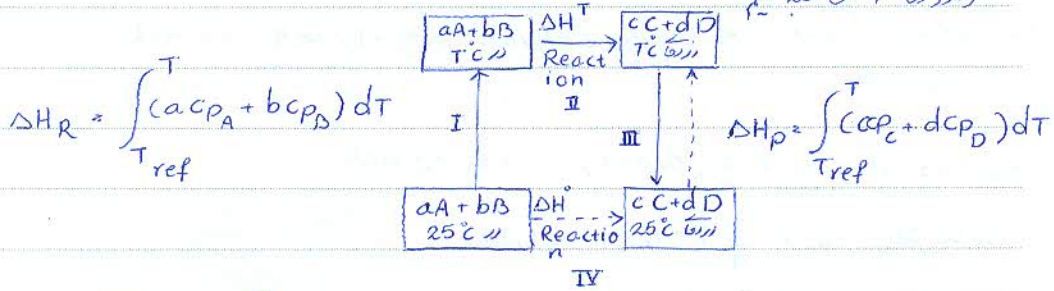
$$\text{25 } \Delta H^\circ_{\text{Reaction}} = -5640109 \text{ kg/1kg } \text{جیب}$$

Espira

موازنه انرژی در حالتی که محصولات و ترکیب شونده‌ها در 25°C نباشند



فرض کنیم محصولات و مواد اولیه در دما T (کمتر یا بیشتر از دما مبدأ یا T<sub>ref</sub>) بوده و می‌خواهیم گرمای واکنش را در دما T محاسبه کنیم



$$\Delta H_R = \Delta H_{\text{Reaction}}^T - \Delta H_p = \Delta H_{\text{Reaction}}$$

$$\Delta H_{\text{Reaction}}^T = \Delta H_{\text{Reaction}}^{\circ} + \Delta H_p - \Delta H_R$$

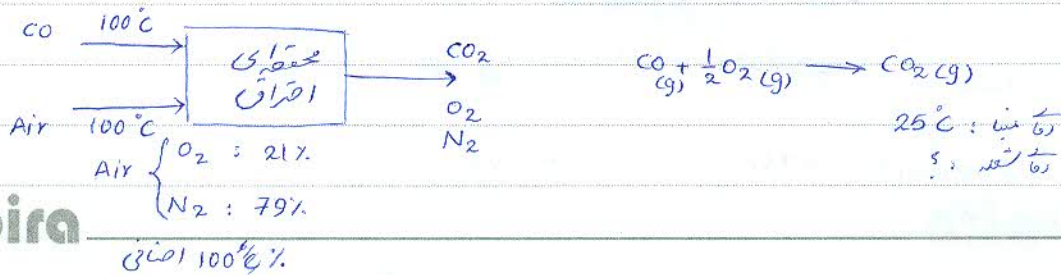
مسئله 28 فصل 4

گرمای آدیاباتیک شعله (بی‌واکنش)

Adiabatic Flame Temperature

Theoretical  $\checkmark$   $\checkmark$   $\approx$  TFT

مثال - بطور است محاسبه دمای نظری شعله حاصل از سوختن مونوکسید کربن در هوا در حالی که 100% هوای اضافی همراه با هوای احتراق شده و نیز هواد بویخت در 100°C دارد محفظه‌ای احتراق شده اند.



مبنای مقدار CO ورودی 1 g mol

والتسخیرهای ورودی

اجزاء	g mol
CO	1
O <sub>2</sub> لازم	0.5
O <sub>2</sub> اضافی	0.5
N <sub>2</sub> درجی	$\frac{79}{21} (0.5 + 0.5) = \frac{79}{21} = 3.76$

محصولات خروجی

اجزاء	g mol
CO <sub>2</sub>	1.0
O <sub>2</sub>	0.5
N <sub>2</sub>	3.76

آنتالپی مواد ورودی به محفظه  
اصطفاق از 25 تا 100 C

$$= \int_{25}^{100} [n_{CO}(c_p)_{CO} + n_{O_2}(c_p)_{O_2} + n_{N_2}(c_p)_{N_2}] dT$$

15

$$\Delta H_R = +12610 \frac{J}{g mol}$$

گرمای والتسخیر کوکسین CO در 25 C

$$\Delta H_{Reaction} = [n_{CO_2} \Delta H_{f/CO_2} - n_{CO} \Delta H_{f/CO}]$$

گرمای تشکیل O<sub>2</sub> و N<sub>2</sub> صفر است.

$$= -282990 \frac{J}{g mol}$$

مقدار اصطفاق تغییر

آنتالپی محصولات حاصل از اصطفاق

$$= 12610 + 282990 = 295600 \frac{J}{g mol}$$

تغییر آنتالپی محصولات

اصطفاق از 25 C تا TFT (در آن آنتالپی شکل)

$$= 295600 \frac{J}{g mol} = \int_{25}^{TFT} [(n_{O_2})_{TFT} \times (c_p)_{O_2} + (n_{N_2})_{TFT} \times (c_p)_{N_2} + n_{CO_2} \times (c_p)_{CO_2}] dT = 295600$$

Espira

$$\int_{25}^{TFT} (0.15(Cp)_{O_2} + 3176(Cp)_{N_2} + 110(Cp)_{CO_2}) dT$$

$$(Cp)_{CO_2} = a_1 + b_1 T + c_1 T^2$$

$$(Cp)_{O_2} = a_2 + b_2 T + c_2 T^2$$

$$(Cp)_{N_2} = a_3 + b_3 T + c_3 T^2$$

$$\Rightarrow \frac{296500}{295600} = \int_{25}^{TFT} [0.15a_2 + 0.15b_2 T + 0.15c_2 T^2 + 3176a_3 + 3176b_3 T + 3176c_3 T^2$$

$$+ a + bT + cT^2] dT$$

$$\frac{296500}{295600} = \int_{25}^{TFT} [\alpha + \beta T + \gamma T^2] dT = \left[ \alpha T + \frac{\beta}{2} T^2 + \frac{\gamma}{3} T^3 \right]_{25}^{TFT}$$

$$295600 = \alpha (TFT) + \frac{\beta}{2} (TFT)^2 + \frac{\gamma}{3} (TFT)^3 - \alpha (25) - \frac{\beta}{2} (25)^2 + \frac{\gamma}{3} (25)^3$$

مثال 25 فصل 4

مسائل فصل 4 (16, 27, 38, 43, 80, 82, 101 فقط قسمت (a, c, t))

104, 111, 118, 128, 132

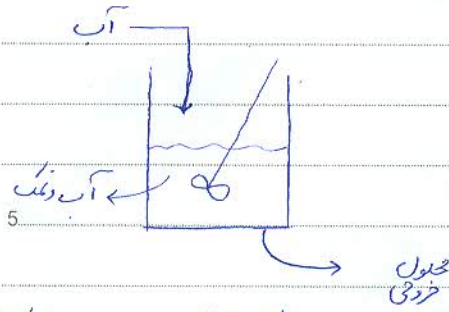


Subject

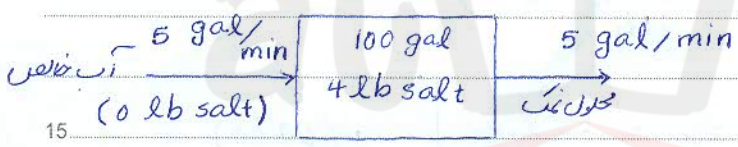
YEAR: MONTH: DATE: 65

فصل 6

موازنه نرود و انرژی در حالت ناپایا (غیر یکدخت) unsteady state



مثال (فصل 6) در مخزن 100 گالون از محلولی قرار دارد که از انحلال 4 پوند نمک در آب حاصل شده است آب خالص با شدت 5 گالون بر دقیقه به داخل مخزن جریان یافته و محلول نمک با همین میزان از طرف به خارج می ریزد اگر عمل اختلاط در مخزن به حد کافی صورت گیرد به قدری که غلظت نمک در داخل مخزن در تمام مدت یکدخت باشد پس از گذشت 50 دقیقه چه مقدار نمک در مخزن باقی می ماند؟ فرض می شود که هم دما و هم دگره محلول نمک با آب یکسان است



Initial condition = I.C.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{مقدار } x \\ \text{نمک در مخزن} \end{array} \right. = 4/10 \text{ lb at } t=0$

جمع خردی - جرم ورود = جمع جرم کل : موازنه جرم  
 چون دانستیم آب ورود و محلول نمک خردی با هم یک است و حجم آب ورود با حجم محلول خردی برابر است  
 بنابراین جمع جرم کل همزاد است. در دو طرف مدت  $\Delta t$  دقیقه

$$[(m_{tot}) \text{ lb}]_{t+\Delta t} - [(m_{tot}) \text{ lb}]_t = 5 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{7.48 \text{ gal}} \times \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \Delta t$$

$\rho_{H_2O}$

$$x(\Delta t) \text{ min} = 5 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{7.48 \text{ gal}} \times \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} (\Delta t) =$$

$\rho_{H_2O}$

خردی طی مدت  $\Delta t$  دقیقه

اگر موافقت هم نمک را بر وقت  $\Delta t$  (min) بنویسیم خواهیم داشت

(نمک خروجی) - (نمک ورودی) = تجمع نمک

$$[x \text{ lb}]_{t+\Delta t} - [x \text{ lb}]_t = 0.10 - \frac{5 \text{ gal}}{\text{min}} \times \frac{x \text{ lb}}{100 \text{ gal}} \times (\Delta t)_{\text{min}}$$

طرفین رابطه را با  $\Delta t$  تقسیم و  $\Delta t$  را به سمت صفر میل داده و حد روابط را به سمت صفر می آوریم.

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{[x]_{t+\Delta t} - [x]_t}{\Delta t} = -0.105x$$

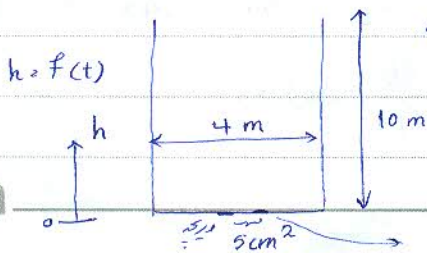
$$\frac{dx}{dt} = -0.105x \Rightarrow \int_{4 \text{ lb}}^{x \text{ lb}} \frac{dx}{-0.105x} = \int_{t=0}^{t=50 \text{ min}} dt$$

$$x = \begin{matrix} \text{مقدار نمک داخل} \\ \text{تخزن در لحظه} \\ t=50 \text{ min} \end{matrix} \Rightarrow -\frac{1}{0.105} \ln x \Big|_4^x = (50-0)$$

$$\ln \frac{x}{4} = -2.15$$

$$x = 0.328 \text{ lb} \quad \begin{matrix} \text{مقدار نمک بعد از} \\ \text{50 دقیقه} \end{matrix}$$

مثال 2 فصل 6) فخرنی به ارتفاع 10 m به قاعده  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$  به شکل مربع به سطح 4 m را کاملاً از آب پر می کنیم زمان تخلیه کامل را از طریق ریویج آب به مساحت  $5 \text{ cm}^2$  به سمت پایین آورید.



فرض کنید سرعت تخلیه آب از ریویجی فخرنی با ارتفاع آب داخل فخرنی با رابطه  $v = c \sqrt{2gh}$  تغییر می کند. در آن  $c$  ضریب تخلیه و معادل 0.62 است

$$\text{I.C.} \left\{ \begin{array}{l} t=0 \\ h=10 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\text{مقدار آب خروجی طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه} = 5 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} \times v^* \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (\Delta t) \text{ s}$$

5

$$= (5 \times 10^{-4} v^* \rho \Delta t) \text{ kg}$$

$$\text{مقدار آب ورودی طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه} = 0.10$$

$$\Delta t \text{ جمع آب در مخزن طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه} = \left( \begin{array}{l} \text{جرم آب داخل} \\ \text{مخزن در لحظه } t + \Delta t \end{array} \right) - \left( \begin{array}{l} \text{جرم آب داخل} \\ \text{مخزن در لحظه } t \end{array} \right)$$

$$= \left[ 16 \text{ m}^2 \times \rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times h \text{ (cm)} \right]_{t+\Delta t} - \left[ 16 \text{ m}^2 \times \rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times h \text{ (m)} \right]_t$$

15

$$\text{جرم آب داخل مخزن طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه به اندازه } \Delta h \text{ متر کاهش ارتفاع دارد باشد آن } 0.10$$

$$\text{مقدار کاهش جرم آب مخزن} = 16 \times \rho \times \Delta h = \text{جرم آب خروجی طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه}$$

20

$$16 \rho \Delta h = 0.10 - 5 \times 10^{-4} v^* \rho \Delta t$$

$$\Delta t \rightarrow \frac{dh}{dt} = \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16}$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16} \Rightarrow dh = \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16} dt$$

25

Espira

$$\int_{h=10 \text{ m}}^{h=0} \frac{dh}{0.162 \sqrt{2gh}} = \int_{t=0}^{t=0} \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16} dt$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

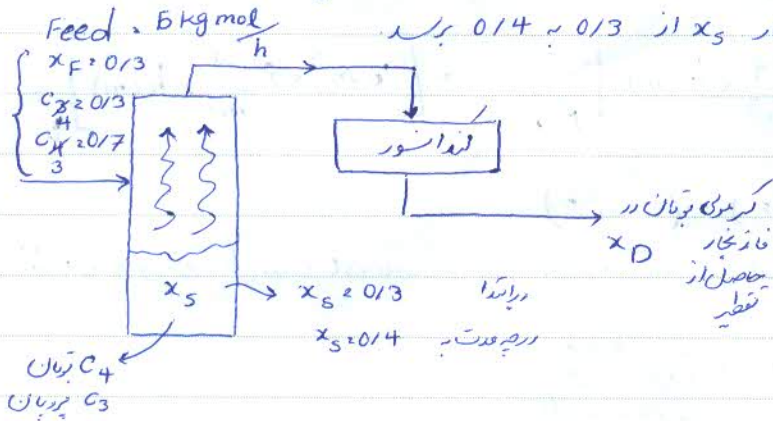
$$\int_{h=10m}^{h=0} \frac{dh}{h^{\frac{1}{2}}} = -81563 \times 10^{-5} \int_{t=0}^{\theta} dt$$

$$\Rightarrow \theta = 73859 \text{ s} = 7.4 \times 10^4 \text{ s}$$

5  
 مثال 3 (صفحه 6) ریب دستگاه کوچک تقطیر پروپان در میان رادر  $C = 135$  از یکدیگر جدا می کنند دستگاه در ابتدا محتوی  $10 \text{ kg mol}$  از مخلوطی است حاوی  $10\%$  پروپان در آن  $x_F = 0.13$  است. به علاوه مخلوطی با شدت جریان  $5 \text{ kg mol/h}$  با ترکیب  $x_D = 0.13$  (پروپان) وارد دستگاه می کنند. اگر کل مول ها  $x_S$  در داخل دستگاه ثابت مانده و غلظت پروپان خروجی از دستگاه تقطیر  $(x_D)$  با رابطه زیر به  $x_S$  یعنی گرمای پروپان در خارج داخل دستگاه تقطیر مربوط باشد.

$$x_D = \frac{x_S}{1+x_S}$$

چه مدت طول خواهد کشید تا مقدار  $x_S$  از  $0.13$  به  $0.14$  برسد.



موازین پروپان  $(C_4)$  کل مدت  $\Delta t$  ساعت:

$$\text{پروپان ورودی} (C_4) : \frac{5 \text{ kg mol}}{h} \times \frac{0.13 \text{ kg mol } C_4}{1 \text{ kg mol}} \times (\Delta t) h$$

چون میزان مول داخل ستون تقطیر ثابت است پس میزان مول خروجی نیز  $5 \text{ kg mol}$  است.

$$\text{پروپان خروجی} (C_4) : \frac{5 \text{ kg mol}}{h} \times \frac{x_D \text{ kg mol } C_4}{1 \text{ kg mol}} \times (\Delta t) h$$

تجمع پروپان در سیستم طی مدت  $\Delta t$  ساعت

$$\text{I.C.} \left\{ \begin{array}{l} t_{20} \\ h = 10 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\text{مقدار آب خروجی طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه} = 5 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} \times v^* \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (\Delta t) \text{ s}$$

$$= (5 \times 10^{-4} v^* \rho \Delta t) \text{ kg}$$

$$\text{مقدار آب ورودی طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه} = 0.10$$

$$\Delta t \text{ ثانیه} \text{ جمع آب در مخزن طی مدت } \Delta t = \left( \begin{array}{l} \text{جرم آب داخل} \\ \text{مخزن در لحظه } t + \Delta t \end{array} \right) - \left( \begin{array}{l} \text{جرم آب داخل} \\ \text{مخزن در لحظه } t \end{array} \right)$$

$$= \left[ 16 \text{ m}^2 \times \rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times h \text{ (cm)} \right]_{t + \Delta t} - \left[ 16 \text{ m}^2 \times \rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times h \text{ (m)} \right]_t$$

$$15. \text{ جمع آب} = (\text{ورودی آب}) - (\text{خروجی آب})$$

جرم آب داخل مخزن طی مدت  $\Delta t$  ثانیه به اندازه  $\Delta h$  متر کاهش ارتفاع دارد باشد آن 0.6.

$$\text{جمع} = 16 \times \rho \times \Delta h = \text{مقدار کاهش جرم آب مخزن طی مدت } \Delta t \text{ ثانیه}$$

$$20. 16 \rho \Delta h = 0.10 - 5 \times 10^{-4} v^* \rho \Delta t$$

با تقسیم طرفین بر  $\Delta t$  و گرفتن حد وقتی  $\Delta t \rightarrow 0$ .

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16}$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16} \Rightarrow dh = \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16} dt$$

$$25. \int_{h=10 \text{ m}}^{h=0} \frac{dh}{0.162 \sqrt{2gh}} = \int_{t=0}^{t=20} \frac{-5 \times 10^{-4} v^*}{16} dt$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\int_{h=10m}^{h=0} \frac{dh}{h^{\frac{1}{2}}} = -81563 \times 10^{-5} \int_{t=0}^{\theta} dt$$

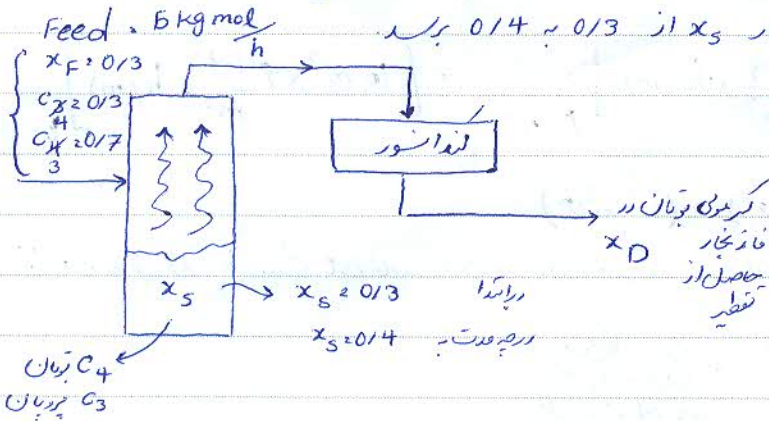
$$\Rightarrow \theta = 73859 s = 7.4 \times 10^4 s$$

5

مثال 3 فصل 6) در یک دستگاه کوچک تقطیر پروپان در تان رادر  $135^\circ C$  از یک بستر جدا می کنند. دستگاه در ابتدا محتوی  $10 \text{ kg mol}$  از مخلوطی است حاوی  $1/3$  کرمولی پروپان در آن  $x_F = 0.13$  است. به علاوه مخلوطی با نسبت جریان  $5 \text{ kg mol}$  با ترکیب  $x_F = 0.13$  وارد دستگاه می کنند. اگر کل مولها را  $x_D$  در دستگاه ثابت مانده و غلظت پروپان خروجی از دستگاه تقطیر  $(x_D)$  با رابطه زیر به  $x_S$  تعیین کرمولی پروپان در مایع داخل دستگاه تقطیر مربوط باشد.

$$x_D = \frac{x_S}{1+x_S}$$

چر مدت طول خواهد کشید تا مقدار  $x_S$  از  $0.13$  به  $0.14$  برسد



15

موازنه پروپان  $(C_4)$  طی مدت  $\Delta t$  ساعت :

$$\text{پروپان ورودی (C4)} : \frac{5 \text{ kg mol}}{h} \times \frac{0.13 \text{ kg mol } C_4}{1 \text{ kg mol}} \times (\Delta t) h$$

چون میزان مول داخل ستون تقطیر ثابت است پس میزان مول خروجی نیز  $5 \text{ kg mol}$  است.

$$\text{پروپان خروجی (C4)} : \frac{5 \text{ kg mol}}{h} \times \frac{x_D \text{ kg mol } C_4}{1 \text{ kg mol}} \times (\Delta t) h$$

تجمع پروپان در سیستم طی مدت  $\Delta t$  ساعت :

25

Subject

YEAR: MONTH: DATE: 69

$$10 \text{ kg mol } x \ x_5 \frac{\text{kg mol } c_4}{1 \text{ kg mol}} \Big|_{t+\Delta t} - 10 \text{ kg mol } x \ x_5 \frac{\text{kg mol } c_4}{1 \text{ kg mol}} \Big|_t$$

$$\approx 10 \text{ kg mol } x \ \Delta x_5$$

5  $\bar{x}_5 = \frac{1}{\Delta t} - 0.5$

$$10 \Delta x_5 = 115 \Delta t - 5 x_D \Delta t$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{10 \Delta x_5}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} [115 - 5 x_D]$$

10  $\frac{dx_5}{dt} = 0.115 - 0.15 x_D$

بابت یہ رابطہ ترموڈائنامکس داتا ہے اس میں  $x_D$  و  $x_5$  کے درمیان براہ راست تعلق ہے

$$\frac{dx_5}{dt} = 0.115 - \frac{x_5}{1+x_5} (0.15)$$

15 
$$\frac{dx_5}{0.115 - \frac{0.15 x_5}{1+x_5}} = dt$$

I.C.  $\begin{cases} t=0 & ; x_5 = 0.13 \\ t=\theta & ; x_5 = 0.14 \end{cases}$

20 
$$\int_{x_5=0.13}^{x_5=0.14} \frac{dx_5}{0.115 - \frac{0.15 x_5}{1+x_5}} = \int_{t=0}^{t=\theta} dt$$

$$\Rightarrow \theta = \left[ -\frac{x_5}{0.135} - \frac{1}{(0.135)^2} \ln(0.115 - 0.135 x_5) \right]_{x_5=0.13}^{x_5=0.14}$$

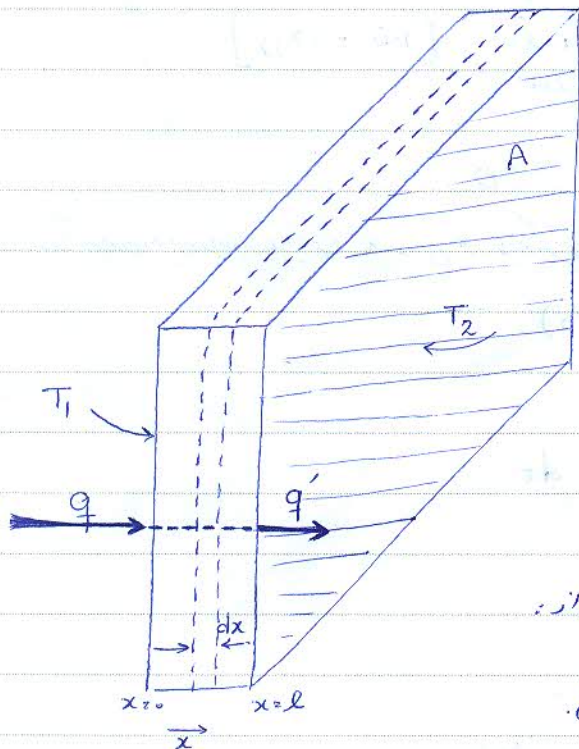
25  $\theta = 5.185 \text{ h}$

در حالت زمانی نه حالت سیستم steady state رسیدن به توان محدودیت؟

سیستم در حالت پایت steady state قرار

$$\theta \rightarrow \infty \Rightarrow 0.15 - 0.35 x_s = 0$$

$$x_s = \frac{0.15}{0.35} = 0.43$$



$$T_1 > T_2$$

q: کل گرمای منتقل شده در دیوار

در واحد زمان

q': مقدار گرمای تولید شده در داخل

دیوار در واحد زمان و در واحد حجم دیوار

\* گراف فقط در راستای x منتقل می شود

\* خواص فیزیکی دیوار ثابت است و عبارتند از:

$$k, c_p, f$$

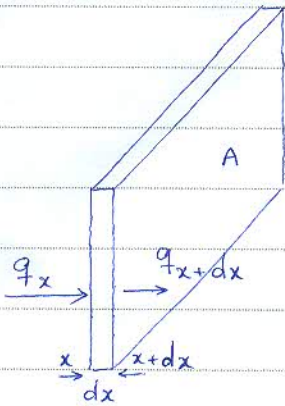
ضریب هدایت حرارتی

قانون هدایت گرما یا قانون فوری به صورت زیر است:

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

ممانعت سطح عمود بر مسیر انتقال حرارت





معادلی انرژی گرمایی برای آسان با ضخامت dx در واحد زمان

$$\left( \begin{array}{l} \text{درجه حرارت} \\ \text{در ورودی - آسان} \\ \text{در واحد زمان} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{l} \text{درجه حرارت} \\ \text{از آسان در} \\ \text{واحد زمان} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{l} \text{گرمای تولید} \\ \text{شده در آسان} \\ \text{در واحد} \\ \text{زمان} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{تجمع گرما} \\ \text{در واحد زمان} \end{array} \right)$$

$$q_x - q_{x+dx} + \dot{q} dv = dm \times c_p \times \frac{dT}{d\tau}$$

$\tau$ : متغیر زمان و  $T$ : دما

$$q_x - q_{x+dx} + \dot{q} A dx = \frac{\rho A dx}{dm} \cdot c_p \cdot \frac{dT}{d\tau}$$

$$q'_x = \frac{q_{x+dx} - q_x}{dx}$$

$$q_{x+dx} = q_x + q'_x dx$$

$$\Rightarrow q_x - q_x - q'_x dx + \dot{q} A dx = \rho A c_p \frac{dT}{d\tau} dx$$

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \Rightarrow q'_x = -kA \frac{d^2 T}{dx^2}$$

$$kA \frac{d^2 T}{dx^2} + \dot{q} A = \rho A c_p \frac{dT}{d\tau}$$

معادله دیفرانسیل نوسان دما  
در دیوار تحت تابشهای  
مکانی و زمانی  $\tau$

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \left( \frac{\rho c_p}{k} \right) \frac{dT}{d\tau}$$

$$T = f(x, \tau)$$

این مسئله در حالت پایا به صورت زیر درمی آید

$$\frac{dT}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{dT}{dx} = 0$$

$$\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$$

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{\dot{q}}{k}x + C_1$$

$$T = -\frac{\dot{q}}{2k}x^2 + C_1x + C_2$$

شرایط مرزی  
B.C

$$\begin{cases} x=0 : T=T_1 \\ x=l : T=T_2 \end{cases}$$

$$T_1 = -\frac{\dot{q}}{2k}x(0)^2 + C_1(0) + C_2 \Rightarrow T_1 = C_2$$

$$T_2 = -\frac{\dot{q}l^2}{2k} + C_1l + T_1$$

$$C_1l = (T_2 - T_1) + \frac{\dot{q}l^2}{2k}$$

$$C_1 = \frac{T_2 - T_1}{l} + \frac{\dot{q}l}{2k}$$

$$T = -\frac{\dot{q}}{2k}x^2 + \left[ \frac{(T_2 - T_1)}{l} + \frac{\dot{q}l}{2k} \right]x + T_1$$

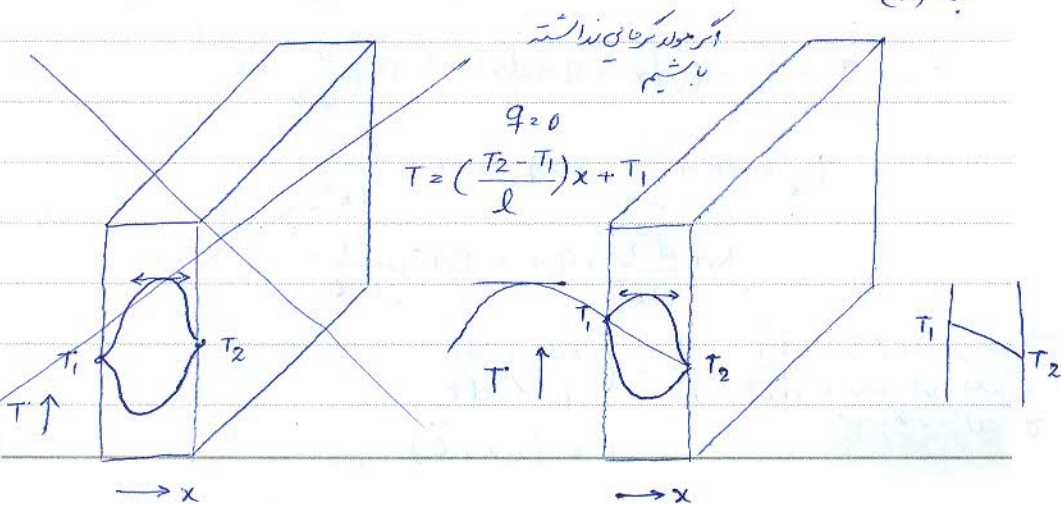
معادله توزیع دما در دیوار تحت درین  
بعد (x)

20

25

Espiria

gaucho



تغییر دما در دیوار و P و C