



مجتمع آموزش عالی گناباد

به نام خدا

## اصول محاسبات شیمی صنعتی

(مخصوص دانشجویان شیمی کاربردی)

دکتر ولی اله ماندنی پور

۴۶	قانون بقای جرم
۴۶	سیستم
۴۶	محیط
۴۶	مرز سیستم
۴۶	انواع سیستم
۴۷	سیستم باز
۴۷	سیستم بسته
۵۱	سیستم پایدار
۵۳	تجزیه و تحلیل مسائل موازنه
۵۶	موازنه مواد در حالی که واکنش شیمیایی نیز انجام می‌شود.
۵۶	موازنه مواد با حل مستقیم
۵۶	گاز دودکش
۵۶	تجزیه اورسات
۶۵	هوای تنوری و هوای اضافی
۶۹	موازنه مواد با استفاده از روش جبری
۷۳	جسم رابط
۷۶	جریان برگشتی
۸۰	میزان تبدیل کلی
۸۰	جریان کنار گذر
۸۶	جریان زدایش
	<b>فصل سوم: گاز، بخار، مایع و جامد</b>
۸۶	گاز کامل
۸۶	قوانین گازها
۸۶	قانون بویل ماریوت
۸۶	قانون شارل گیلوساک
۹۰	قانون آووگادرو
۹۲	محاسبه R
۹۳	جرم ویژه و چگالی
۹۴	قانون فشارهای جزئی دالتون
۹۶	قانون حجم‌های جزئی آماگات
۹۶	گازهای حقیقی
۹۹	معادله حالت واندروالس
۱۰۳	حالت بحرانی، کمیت‌های کاهش یافته و تراکم‌پذیری
۱۰۴	فشار بخار
۱۰۴	نقطه حباب
۱۰۴	نقطه شبنم
۱۰۴	کیفیت

دوازدهم	قانون فشارهای جزئی دالتون و قانون حجم‌های جزئی آماگات و محاسبات مربوطه
دوازدهم	گازهای حقیقی، معادلهٔ حالت واندروالس، حالت بحرانی، کمیت‌های کاهش‌یافته و تراکم‌پذیری، نقطهٔ حباب، نقطهٔ شبنم
سیزدهم	کیفیت، فشار بخار، تعادل گاز-مایع در سیستم‌های چندرسانه‌ای
چهاردهم	قانون راولت، قانون هنری
چهاردهم	اشباع جزئی و رطوبت، اشباع مولی، اشباع مطلق، آشنایی با مفاهیم و واحدها در موازنهٔ انرژی
پانزدهم	محاسبات تغییرات آنتالپی، حل مسائل موازنهٔ انرژی بدون واکنش
شانزدهم	فرایند برگشت‌پذیر و موازنه انرژی، گرمای واکنش، گرمای انحلال و اختلاط
شانزدهم	ترکیب موازنهٔ جرم و انرژی

## فصل اول: مقدماتی بر محاسبات مهندسی

### ابعاد و آحاد (units and dimension):

ابعاد: عبارتی است از مفاهیم اساسی در اندازه گیری که به کمیت های مثل طول، زمان، جرم و دما و ...

آحاد: وسیله ای برای بیان ابعاد محسوب می شود مانند فوت یا سانتی متر در مورد طول، ساعت یا ثانیه در مورد زمان،

گرم یا پوند در مورد جرم و ...

عدم توان آحاد هم اند را با یکدیگر جمع یا تفریق نکرد (اما جمع و تفریق آحاد غیر مشابه صحیح نیست). در ضرب و تقسیم

می توان واحدهای متفاوت را در یکدیگر ضرب و یا برهم تقسیم کرد. مانند

$$3 \text{ cal} + 5 \text{ kg} = \text{X}$$

$$5 \text{ g} + 10 \text{ lb} = \checkmark$$

$$10 \text{ cm} \div 4 \text{ s} = 2.5 \text{ cm/s}$$

مثال  
تفاوتی را با یکدیگر جمع کنید:

$$1 \text{ foot} + 3 \text{ seconds} \quad (\text{الف})$$

$$1 \text{ horsepower} + 300 \text{ watts} \quad (\text{ب})$$

الف) این جمع معنادار نیست باید زیرا ابعاد دو جمله یک نهم باشند، فوت دارای بعد طول و ثانیه دارای بعد زمان می باشند.

ب) ابعاد یک نهم هستند و انرژی در واحد زمان می باشند ولی واحدهای متفاوتی دارند که قبل از عمل جمع می بایست

تبدیل واحد صورت گیرد یعنی یکی را بر حسب دیگری بیان کرد:

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ watts}$$

$$746 \text{ watts} + 300 \text{ watts} = 1046 \text{ watts}$$



3/ \* در سال ۱۹۶۰ سیستم بین‌المللی SI، در یازدهمین کنفرانس عمومی اوزان و مقادیر، برگزیده شد که از آن پس تاکنون ایالات متحده آمریکا، تنها کشور بزرگی است که از سیستم SI استفاده نمی‌کند و در موارد تغییر اکاد متداول به سیستم مذکور نیز تمایل دارد.

\* بسیاری از واحدهای فرعی (مشتق‌شده) در سیستم SI دارای اسامی خاصی هستند که به افتخار برخی از فیزیکدانان به آن واحد داده شد. و دارای علامت‌های خاصی نیز می‌باشند. به عنوان مثال واحد نیرو:

$$F = m \cdot a \Rightarrow N = kg \cdot \frac{m}{s^2}$$

\* واحد انرژی، نیوتن-متر است که با اسم ژول J مخفف می‌شود:

$$J = N \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$$

\* واحد قدرتی یا توان، وات (Watt) است که برابر یک ژول بر ثانیه است.

$$Watt = J/s$$

\* در جدول زیر سیستم‌های متداول اکاد مشاهده می‌شود:

Kind of sys	length	Time	Mass	Force	Energy	Temperature
SI	m	s	kg	N	J	K, °C
cgs	cm	s	g	dyn	erg, cal	K, °C
Fps (English absolute)	ft	s	lb	poundal (پاندال)	ft pound	°R, °F
British engineering	ft	s	slug	pound weight	Btu	°R, °F
American engineering	ft	s, hr	lb <sub>m</sub> mass	lb <sub>f</sub> force	Btu, hp/hr	°R, °F

وای، میزان جری است که اگر نیروی ۱ lb آن وارد شود متناوب معادل ۱ ثانیه خواهد گرفت.

5/

$$F = m \cdot a$$

رابطه نیوتن دوم

\* در سیستم مهندسی آمریکایی  $g_c = 32.174$  از نظر واحد  $\frac{lbm \cdot ft}{lbf \cdot s^2}$  است در

این سیستم باید تمام کمیت‌های مهندسی مشتق شده از نیرو را با توجه به  $g_c$  محاسبه کرد (در هر فرمول که مهم

بود باید آن‌ها را بر  $g_c$  تقسیم کرد)

کمیت‌های مشتق شده از نیرو:

انرژی پتانسیل

$$U = mgh / g_c$$

انرژی جنبشی

$$K = \frac{1}{2} \frac{m v^2}{g_c}$$

فشار

$$p = \frac{\rho g h}{g_c}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

مثال

\* جسم به جرم  $100 \text{ lbm}$  با سرعت  $10 \text{ ft/s}$  در حال حرکت است. انرژی جنبشی این جسم را بر

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2} = 32.174 \frac{ft}{s^2} \quad (32.2)$$

انسانی  $ft \cdot lbf$  باید؟

$$K = \frac{1}{2} \frac{m \cdot v^2}{g_c} = \frac{1}{2} \frac{100 \text{ lbm} \cdot \left(10 \frac{ft}{s}\right)^2}{32.174 \frac{ft \cdot lbm}{lb_f \cdot s^2}} = 155 \frac{ft \cdot lb_f}{Btu}$$

مثال

\* جسم به جرم  $100 \text{ lbm}$  در ارتفاع  $10 \text{ ft}$  از سطح زمین قرار دارد. انرژی پتانسیل این جسم را بر حسب  $ft \cdot lbf$

باید.

$$U = \frac{m \cdot g \cdot h}{g_c} = \frac{100 \text{ lbm} \cdot 32.2 \frac{ft}{s^2} \cdot 10 \text{ ft}}{32.2 \frac{lbm \cdot ft}{lb_f \cdot s^2}} = 1000 \frac{ft \cdot lb_f}{Btu}$$

زمانه  
time

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ min} = 60 \text{ s} \\ 1 \text{ hr} = 60 \text{ min} \\ 1 \text{ hr} = 3600 \text{ s} \end{array} \right.$$

انرژی  
energy

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} \\ 1 \text{ hp} = 746 \text{ wat} \\ 1 \text{ cal} = 4.2 \text{ j} \end{array} \right.$$

\* یکین از زبانی بزرگ سیستم SI در این است که ضرایب و زیر ضرایب اکهار به وسیله پیشوندهای استاندارد مطابق جدول زیر مشخص می شوند.

da دکا  $\leftarrow 10^1$   
h هکتو  $\leftarrow 10^2$   
k کیلو  $\leftarrow 10^3$   
M مگا  $\leftarrow 10^6$   
G گیگا  $\leftarrow 10^9$   
T ترا  $\leftarrow 10^{12}$   
P پتا  $\leftarrow 10^{15}$

a اسی  $\leftarrow 10^{-1}$   
c سانتی  $\leftarrow 10^{-2}$   
m میلی  $\leftarrow 10^{-3}$   
 $\mu$  میکرو  $\leftarrow 10^{-6}$   
n نانو  $\leftarrow 10^{-9}$   
p پیکو  $\leftarrow 10^{-12}$   
f فمتو  $\leftarrow 10^{-15}$

مثال

\* ثابت گازها را در این برابر  $R = 1.987 \frac{\text{cal}}{(\text{g mol}) \text{ K}}$  و با اثر ثابت گازها را بر حسب  $\frac{\text{Btu}}{(\text{lb mol}) ^\circ \text{R}}$

بیان کنید.

$$\frac{1.987 \text{ cal}}{(\text{g mol}) (\text{K})} \times \frac{1 \text{ Btu}}{252 \text{ cal}} \times \frac{454 \text{ g mol}}{1 \text{ lb mol}} \times \frac{1 \text{ K}}{1.8 ^\circ \text{R}} = 1.98 \frac{\text{Btu}}{(\text{lb mol}) ^\circ \text{R}}$$

9/  $0.023$  بیان کنیم، مقدار عددی  $\frac{\text{cal}}{\text{min. cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$  اگر بخواهیم  $h_i = 0.023 \frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$  را بر حسب

چی باید باشد؟

$$h_i = 0.023 \frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \times \frac{252 \text{ cal}}{1 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \times \left( \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right)^2 \times \left( \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \right)^2 \times \frac{1.8 ^\circ\text{F}}{1 ^\circ\text{C}}$$

$$= \frac{10.43}{55741.82} = 1.87 \times 10^{-4} \frac{\text{cal}}{\text{min. cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

\* یکبار از معادلاتی که رفتار گازها ایده آل را بیان می کنند به معادله واندر والس معروف است. باید نظر گرفتن این

معادله در سیستم SI ثابت های  $a$  و  $b$  دارای چه واحد هایی می باشند؟

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

$$\begin{cases} P + \frac{n^2 a}{V^2} = 0 \Rightarrow a = - \frac{N m^4}{\text{mol}^2} \\ V - nb = 0 \Rightarrow b = \frac{m^3}{\text{mol}} \end{cases}$$

$Pa = \frac{N}{m^2}$   
 $\frac{N^2}{m^2} \times \frac{m^4}{m^2} = \frac{N^2 m^2}{m^2} = N^2$   
 $\frac{N^2}{m^2} \times \frac{m^4}{m^2} = \frac{N^2 m^2}{m^2} = N^2$

\* عدد چرنی یک سیال در داخل یک لوله توسط فرمول زیر یافت می شود داخل لوله مرتبط است. در صورتی

که واحد تمام کمیت های موجود در معادله زیر درست گاه. SI باشد، واحد پارامتر ثابت  $c$  را بیابید.

$$u = c \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

$\Delta P$ : افت فشار،  $\rho$ : چگالی سیال

$u$ : سرعت سیال،  $c$ : ثابت تناسب

$$c = \frac{u}{\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}} = \frac{\frac{m}{s}}{\sqrt{\frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{kg}{m^3}}}} = \frac{\frac{m}{s}}{\sqrt{\frac{\frac{kg \cdot m}{s^2 \cdot m^2}}{\frac{kg}{m^3}}}} = \frac{\frac{m}{s}}{\sqrt{\frac{kg \cdot m^4}{kg \cdot s^2 \cdot m^2}}}$$

$$c = \frac{\frac{m}{s}}{\sqrt{\frac{m^2}{s^2}}} = \frac{\frac{m}{s}}{\frac{m}{s}} \Rightarrow \text{بدون بعد}$$



$$\frac{11}{e} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times t \Rightarrow d = 6.38 \times 10^{-4} - 6.38 \times 10^{-4} e^{-3.5 \times 10^{-4} t}$$

→ ادام

\* **مول (mole):** به تعداد عدد آووگادرو از هر ذره بنیادی مانند الکترون، اتم، مولکول و... یک مول گویند.

\* تعداد اتم‌هایی که در 12 گرم اتم کربن 12 وجود دارد برابر  $6.022 \times 10^{23}$  است. که ما آن را یک گرم مول  $1 \text{ g mol}$  می‌نامیم.

454  $\times 10^{23}$  : درستم محاسبه آمریکایی

\* **نکته:** بنابراین هر پیوند مول (lb mol) لزجی دارد هم چیزی از یک گرم مول (g mol) می‌آید.

\* **مثال:** کلیم کرینا می‌گوید سنگی است که در تولید آهک و سیمان از آن استفاده می‌شود. تعداد lb mol های کلیم کرینا را برابر حالت‌های زیر محاسبه کنید:

الف)  $50 \text{ g mol CaCO}_3$  از کلیم کرینا =  $50 \text{ g mol CaCO}_3 \times \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ g mol CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ lb CaCO}_3}{454 \text{ g CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ lb mol CaCO}_3}{100 \text{ lb CaCO}_3} = 0.11 \text{ lb mol}$

ب)  $15 \text{ kg CaCO}_3$  از کلیم کرینا =  $15 \text{ kg CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ lb CaCO}_3}{0.454 \text{ kg CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ lb mol CaCO}_3}{100 \text{ lb CaCO}_3} = 3.30 \text{ lb mol}$

ج)  $100 \text{ lb CaCO}_3$  از کلیم کرینا =  $100 \text{ lb CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ lb mol CaCO}_3}{100 \text{ lb CaCO}_3} = 1.00 \text{ mol CaCO}_3$

\* **مثال:** چند lb سود  $\text{NaOH}$  در 7.5 gmol سود وجود دارد؟

$$7.5 \text{ g mol NaOH} \times \frac{1 \text{ lb mol}}{454 \text{ g mol}} \times \frac{40 \text{ lb NaOH}}{1 \text{ lb mol NaOH}} = 0.66 \text{ lb NaOH}$$

\* **تقریب:** نقره نیترا  $(\text{AgNO}_3)$  یک نمک کریستال سفید است که در ساخت مرکب، پرشکر و آلتیزها شیمیایی از آن استفاده

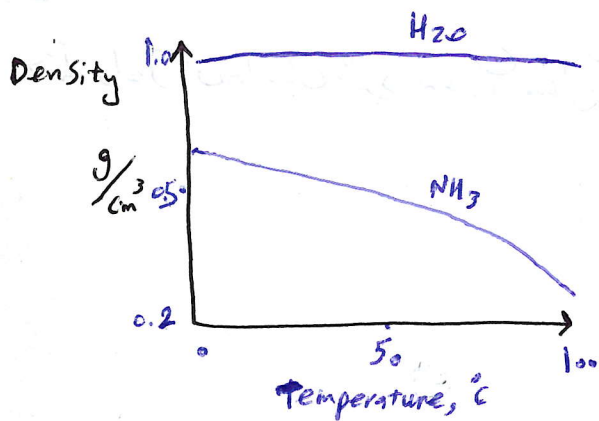
گازها ← تر از وزن اداوارد: وزن یک جاب پر شده از هوا را با وزن یک جاب که از گاز نامعلوم پر شده است، مقایسه کنند.

\* اثر فشار بر حجم و دما: براساس قانون بویل و شارل. اثر چندان ندارد، ولی در مورد گازها

با افزایش فشار، کاهش حجم را شاهد هستیم بنابراین با افزایش فشار، حجم و دما افزایش می یابند.

تعبیه  
\* فرض مایع در اثر تغییر فشار از خود تغییر حجم نمی دهد که آن ها مایع تراکم پذیر می گویند.

\* اثر دما بر حجم و دما: با افزایش دما، معمولاً حجم افزایش پیدا می کند و دما و دما، کاهش می یابند.



\* رابطه بین حجم و دما با غلظت:

$$\rho \propto C \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} \quad C = \frac{n}{V} \Rightarrow n = \frac{m}{M} \Rightarrow C = \frac{m}{M \cdot V} \Rightarrow m = C \cdot M \cdot V$$

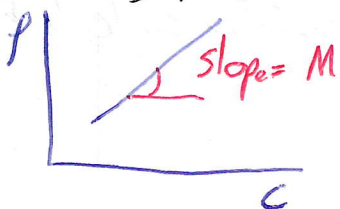
↓                      ↓  
چگالی                      دما

غلظت  
↓  
چگالی

$$\rho = \frac{C \cdot M \cdot V}{V} \Rightarrow \rho = C \cdot M$$

↓                      ↓  
چگالی                      دما

\* هرگاه غلظت ها متناسب با یکدیگر باشد و دما را تغییر ندهیم، بار هم حجم و دما بر حسب غلظت در یک حجم مولکول ماده حل شده را تعیین کرد:





و حیاتی در مایع قید نشود منظور این بوده که هر دو جسم در شرایط STP بوده اند.

\* شرایط (Standard Temperature and pressure) : STP

برای مایعات و جامدات  $25^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{atm}$ ، و برای گازها دمای  $0^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{atm}$  باید

نکته

\* با توجه به این که دانسیته آب در سیستم SI مساوی  $1\text{g/cm}^3$  است، لذا در این سیستم چگالی

و دانسیته مایعات و جامدات از نظر عددی با یکدیگر برابر خواهند شد. ولی در سیستم مهندسی آمریکایی

دانسیته آب  $62.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$  است بنابراین مقادیر چگالی و دانسیته از نظر عددی با یکدیگر متفاوت اند.

$$\text{دانسیته آب} : 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1\text{lb}}{454\text{gr}} \times \left(\frac{100\text{cm}}{1\text{m}}\right)^3 \times \left(\frac{1\text{m}}{3.28\text{ft}}\right)^3 = 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

مثال

\* اگر دانسیته آب در  $4^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد برابر  $1\text{gr/cm}^3$  باشد و چگالی یک جسم به صورت  $0.73 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$  باشد

دارنده باشد. دانسیته آن را بر حسب  $\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$  بدست آوریم.

$$0.73 = \frac{\rho_{\text{solid, at } 20^{\circ}\text{C}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O, at } 4^{\circ}\text{C}}} \Rightarrow \rho_{\text{solid, at } 20^{\circ}\text{C}} = 1 \times 0.73 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times \frac{1\text{lb}}{454\text{gr}} \times \left(\frac{2.54\text{cm}}{1\text{in}}\right)^3$$

$$\left(\frac{12\text{in}}{1\text{ft}}\right)^3 = 45.53 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

صورت 4 را دارند در حال که نفت های سنگین دارای API پایین تر باشند به طر

کلر نفت با API بالاتر از 3 به عنوان نفت سبک، 22 - 30 متوسط و کمتر از 22 به عنوان نفت سنگین در نظر گرفته می شود.

\* درجه API : (American petroleum Institute) درجه نفت چگالی مواد نفتی را غالباً توسط مقیاس به نام درجه API می سنجند که از رابطه زیر محاسب می شود

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{sp. gr.} \left(\frac{60^{\circ}\text{F}}{60^{\circ}\text{F}}\right)} - 131.5 \Rightarrow \text{sp. gr.} \left(\frac{60^{\circ}\text{F}}{60^{\circ}\text{F}}\right) = \frac{141.5}{^{\circ}\text{API} + 131.5}$$

آب به عنوان ماده اولیه ورودی داده شود. تجار آب را در تجزیه دخالت نمی دهند و چنین تجزیه ای

را تجزیه اورسات (orsat) گویند.

\* در تجزیه ای گازها از جزء مول استفاده می شود و در تجزیه ای مایعات و جامدات از جزء وزن استفاده می شود.

\* چنانچه در یک محلول گازی 3 gmol  $\text{CH}_4$  با 3 gmol  $\text{C}_2\text{H}_6$  مخلوط شوند و دارای شرایط STP نیز باشیم مثال

جزءهای مولی و وزن را محاسبه کنید.

$$\text{جزء مولی } \text{CH}_4 = \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{CH}_4} + n_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \frac{3}{3+3} = 0.5$$

$$\text{جزء مولی } \text{C}_2\text{H}_6 = \frac{n_{\text{C}_2\text{H}_6}}{n_{\text{CH}_4} + n_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \frac{3}{3+3} = 0.5$$

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} \Rightarrow 3 = \frac{m_{\text{CH}_4}}{16} \Rightarrow m_{\text{CH}_4} = 48$$

$$n_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_6}}{M_{\text{C}_2\text{H}_6}} \Rightarrow 3 = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_6}}{30} \Rightarrow m_{\text{C}_2\text{H}_6} = 90$$

$$\text{CH}_4 \text{ وزن } \% = \frac{m_{\text{CH}_4}}{m_{\text{CH}_4} + m_{\text{C}_2\text{H}_6}} = \frac{48}{48+90} = 0.35$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 \text{ وزن } \% = \frac{90}{48+90} = 0.65$$

19/ تمرین  
 \* مخلوط شامل n-پنتان، n-پنتان و n-هگزان باشد که در صد هر کدام به صورت زیر است:

n-پنتان 50%    n-پنتان 30%    n-هگزان 20%

جزء وزن، جزء مول و در صد مول هر ترکیب و همچنین وزن مولکولی متوسط مخلوط را محاسبه کنید.

مثلاً ۱۰۰ کیلوگرم مخلوط در نظر بگیرید.

$$n-C_4H_{10} \text{ جزء مول} = \frac{n_{C_4H_{10}}}{n_{C_4H_{10}} + n_{C_5H_{12}} + n_{C_6H_{14}}} = \frac{\frac{m_{C_4H_{10}}}{M_{C_4H_{10}}}}{\frac{m_{C_4H_{10}}}{M_{C_4H_{10}}} + \frac{m_{C_5H_{12}}}{M_{C_5H_{12}}} + \frac{m_{C_6H_{14}}}{M_{C_6H_{14}}}}$$

$$n-C_4H_{10} \text{ جزء مول} = \frac{\frac{50}{58} \times 0.86}{\frac{50}{58} \times 0.86 + \frac{30}{72} \times 0.42 + \frac{20}{86} \times 0.23} = \frac{0.86}{1.51} = 0.57$$

در صد مول =  $0.57 \times 100 = 57\%$

$$n-C_5H_{12} \text{ جزء مول} = \frac{\frac{30}{72} \times 0.42}{\frac{50}{58} \times 0.86 + \frac{30}{72} \times 0.42 + \frac{20}{86} \times 0.23} = \frac{0.42}{1.51} = 0.28 \Rightarrow \text{در صد مول} = 28\%$$

$$n-C_6H_{14} \text{ جزء مول} = \frac{0.23}{1.51} = 0.15 \Rightarrow \text{در صد مول} = 15\%$$

$$n-C_4H_{10} \text{ جزء وزن} = \frac{m_{C_4H_{10}}}{m_{C_4H_{10}} + m_{C_5H_{12}} + m_{C_6H_{14}}} = \frac{50}{50 + 30 + 20} = 0.5$$

$$n-C_5H_{12} \text{ جزء وزن} = \frac{30}{100} = 0.3 \quad n-C_6H_{14} \text{ جزء وزن} = \frac{20}{100} = 0.2$$

$$M_{av} = \sum x_i \cdot M_i = (0.57 \times 58) + (0.28 \times 72) + (0.15 \times 86) = 66.12$$

وزن

33.06	20.16	12.9
-------	-------	------

← تفصیل



\* مبنا (Base): عبارت است از مقدار از جسم که مطالعات خود را بر آن انجام می‌دهیم

و نتایج را که از آن بدست می‌آید می‌تواند برای کل جسم یا سیستم مورد استفاده قرار گیرد.

\* در مورد مایعات و جامدات و وقتی که تجزیه وزنی درست باشد غالب اوقات بهترین مبنا یک یا ۱۰۰

کیلوگرم (یا پوند) از مخلوط است. و برای گازها یک یا ۱۰۰ مول از مخلوط گاز می‌تواند بهترین مبنا باشد.

\* نکته: مبنا انتخاب شده را باید در شروع حل مسئله ذکر کرد تا همواره اساس واقعی محاسبات به مد نظر باشد تا هر

شخص دیگری که محاسبات انجام شده را بررسی کند مبنا را به سادگی دریابد.

\* نکته: امکان دارد که نیاز داشته باشیم مبنا مسئله را در میانه راه حل مسئله عوض کنیم و در این صورت هم باید مبنا را جدید را قید کنیم.

\* مثال: با فرض آن که ۵ کیلوگرم گاز حاصل از یک واحد آزمایشی به طور متوسط متشکل از ۵۰٪  $\text{CO}$

$\text{CH}_4$  ۴۰٪،  $\text{H}_2$  ۱۰٪ و  $\text{CO}_2$  ۲۰٪ باشد. مطلوب است تعیین وزن مولکولی متوسط گاز.

مبنا: ۱۰۰ کیلو مول (یا پوند مول) از گاز

$$n_{\text{CO}} = 3.0 \text{ kg mol CO}$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow M_{\text{av}} = \frac{\sum m}{\sum n}$$

$$m_{\text{CO}} = n_{\text{CO}} \cdot M_{\text{CO}} = 3.0 \times 28 = 84.0$$

$$n_{\text{CH}_4} = 4.0 \text{ kg mol CH}_4$$

$$M_{\text{av}} = \frac{238.0}{10.0} = 23.8 \frac{\text{kg}}{\text{kg mol}}$$

$$m_{\text{CH}_4} = 4.0 \times 16 = 64.0$$

$$n_{\text{H}_2} = 1.0 \text{ kg mol H}_2$$

$$m_{\text{H}_2} = 1.0 \times 2 = 2.0$$

$$n_{\text{CO}_2} = 2.0 \text{ kg mol CO}_2$$

$$m_{\text{CO}_2} = 2.0 \times 44 = 88.0$$

$$C + H + S + N + O = 44 + 33 + 2 + 1 + 6 = 86 \text{ kg}$$

$$C \text{ جزء وزن} = \frac{44}{86} = 0.512 \times 100 = 51.2 \quad H \text{ جزء وزن} = \frac{33}{86} = 0.3837 \times 100 = 38.4 \quad S \text{ جزء وزن} = \frac{2}{86} = 0.023 \times 100 = 2.3$$

$$N \text{ جزء وزن} = \frac{1}{86} = 0.012 \times 100 = 1.2$$

$$O \text{ جزء وزن} = \frac{6}{86} = 0.0698 \times 100 = 6.9$$

$$C \text{ درصد وزن} = 51.2$$

$$S \text{ درصد وزن} = 2.3$$

$$O \text{ درصد وزن} = 6.9$$

$$H \text{ درصد وزن} = 38.4$$

$$N \text{ درصد وزن} = 1.2$$

\* دما (Temperature):

دما عبارت است از معیاری از انرژی حرارتی مربوط به حرکت اتفاقی مولکول‌های یک جسم در حالت تعادل حرارتی.

\* مفهوم دما ناشی از تماس دو ماده، که انرژی از یک به دیگری منتقل می‌شود و این در اثر تفاوت دمای اتفاق می‌افتد.

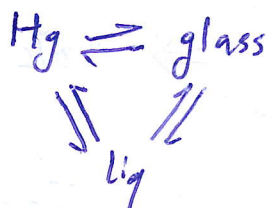
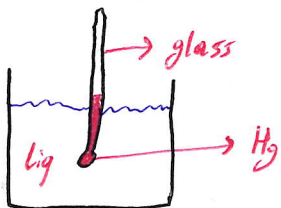
در واقع این دماست که انرژی جنبشی حرکت‌های تصادفی را توجیه می‌کند.

دما نیج: وسیله اندازه‌گیری میزان گرما یا سرمای هر جسم می‌باشد.

\* آب سگارد دما نیج‌ها قانون صفرم ترمودینامیک است.

قانون صفرم ترمودینامیک: اگر A و B در حال تعادل گرمایی با C باشند خود A و B هم در حال تعادل

گرمایی هستند.



\* فشار بخار جوی کم است و ضریب انبساط حرارتی مناسب دارد بنابراین از آن در دما نیج استفاده می‌شود.

تمرین  
\* رابطه مقیاس دمای کلوین و فارنهایت را بنویسید.

$$\frac{373.15 - 273.15}{212 - 32} = \frac{T_K - 273.15}{T_F - 32} \Rightarrow 1.8 T_K - 492 = T_F - 32$$

1.8

$$T_F = 1.8 T_K - 460$$

تمرین  
\* رابطه مقیاس سانتیگراد و رانکین را بنویسید.

$$\frac{100 - 0}{672 - 492} = \frac{T_C - 0}{T_R - 492} \Rightarrow 1.8 T_C = T_R - 492$$

1.8

$$T_R = 1.8 T_C + 492$$

مثال  
\* درجه دمای مقیاس سانتیگراد و فارنهایت باهم برابر خواهند شد؟

$$T_F = 1.8 T_C + 32 \Rightarrow T_F = 1.8 T_F + 32 \Rightarrow -0.8 T_F = 32$$

$$T_F = -40^\circ F$$

تمرین  
\* درجه دمای هر دو مقیاس کلوین و فارنهایت یک عدد را نشان دهند؟

$$T_F = 1.8 T_K - 460 \Rightarrow T_K = 1.8 T_K - 460 \Rightarrow -0.8 T_K = -460$$

$$T_K = 575 K$$

تمرین  
\* رابطه مقیاس رانکین و کلوین را بنویسید.

$$\frac{672 - 492}{373 - 273} = \frac{T_R - 492}{T_K - 273.15}$$

1.8

$$1.8 T_K - 492 = T_R - 492 \Rightarrow T_R = 1.8 T_K$$



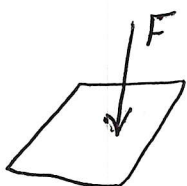
$$\frac{Btu}{(lb\ mol) \cdot ^\circ R} \text{ نسبت آند و } T \text{ نیز بر حسب } ^\circ R \text{ باشد.}$$

$$C_p = 33.25 + 3.727 \times 10^{-2} (T_c) \quad \frac{cal}{g \cdot mol \cdot ^\circ C} \propto \frac{1 Btu}{252 cal} \propto \frac{454 g \cdot mol}{1 lb \cdot mol} \propto \frac{1 ^\circ C}{1.8 ^\circ R} =$$

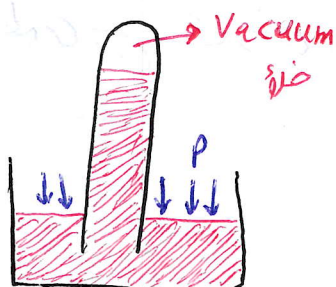
$$C_p = 33.25 + 3.727 \times 10^{-2} (T_c) \quad \frac{Btu}{lb \cdot mol \cdot ^\circ R} \propto \left( \frac{T_R - 492}{1.8 T_c} \right)$$

$$C_p = 23.06 + 2.071 \times 10^{-2} T_R$$

\* فشار (pressure): فشار نیروی وارد بر سطح باشد.



$$P = \frac{F}{A}$$



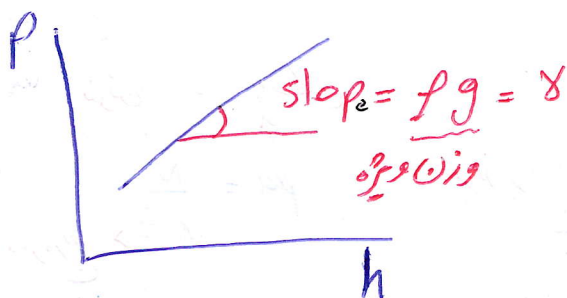
(barometer) بارومتر

\* توریکل (اولین فشارنجی ساخته).

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho V g}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho g h \rightarrow \begin{matrix} \text{ارتفاع ستون} \\ \text{مایه} \end{matrix}$$

↓  
متناسب  
↓  
دانسته

\* نکته از محاسبه کار توریکل این بود که توانست فشار را بر حسب سه کمیت قابل اندازه گیری دیگر محاسبه نماید.



\* برای محاسبه و اندازه گیری فشار از دستگاه به نام مانومتر (manometer) استفاده می شود.

29 / اگر یک مانومتر که در آن جیوه قرار دارد ارتفاع 76 cm را نشان دهد این مانومتر چه فشار را نشان می‌دهد؟  
 مثال: در یک مانومتر جیوه در آن قرار دارد؟  
 $\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$   $g = 9.8 \text{ m/s}^2$   $h = 0.76 \text{ m}$   $P = ? \text{ Pa}$

$$P = \rho \cdot g \cdot h = 13.6 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.76 \text{ m} = 1.01325 \times 10^5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2}$$

$$= 1.01325 \times 10^5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} = 1.01325 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ Pa}$$

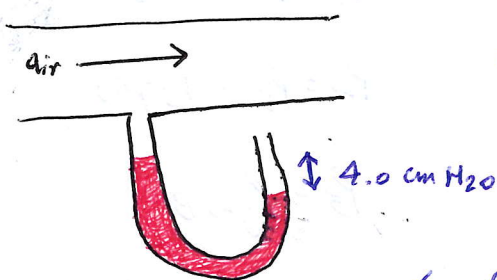
\* قانون پاسکال: فشار وارد بر تمام نقاط یک سیال که در یک سطح یکسان قرار دارند با هم برابر است.

مثال: 35 psia را به in Hg تبدیل کنید

$$35 \text{ psia} \times \frac{29.92 \text{ in Hg}}{14.7 \text{ psia}} = 71.24 \text{ in Hg}$$

مثال: هوا در داخل یک مجرای مکش معادل با 4 سانتی متر آب جری دارد. مانومتر فشار را متفر را برابر با

730 mmHg نشان می‌دهد. فشار مطلق گاز بر حسب in. Hg چقدر است؟



$$P_{\text{atm}} = 730 \text{ mmHg} \times \frac{29.92 \text{ in. Hg}}{760 \text{ mmHg}} = 28.74 \text{ in. Hg}$$

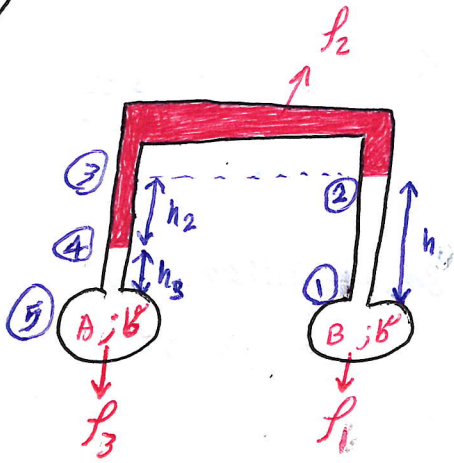
$$P_{\text{gauge}} = 4.0 \text{ cm H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \times \frac{29.92 \text{ in. Hg}}{33.91 \text{ ft H}_2\text{O}} = 0.12 \text{ in Hg}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{مکش}} = 28.74 - 0.12 = 28.62 \text{ in. Hg absolute}$$

\* اگر در یک مسئله، تحت مکش، یا بین ترازو یا فشار خلا به کار رود نشان دهد این است که فشار نسبی متفر

\* اختلاف فشار گاز A و B از چه رابطی قابل محاسب می شود؟

$$(P_B - P_A) \leftarrow$$



$$P_1 = P_{\text{gas B}}$$

$$P_1 = P_2 + \rho_1 g h_1$$

$$P_2 = P_3$$

$$P_3 = P_4 - \rho_2 g h_2$$

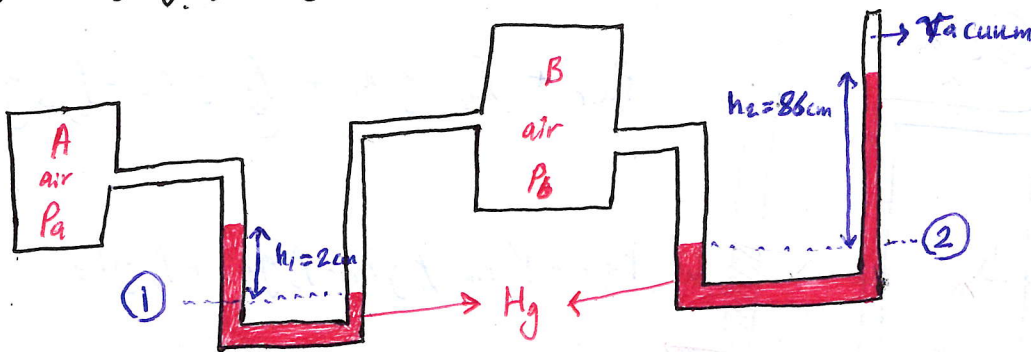
$$P_4 = P_5 - \rho_3 g h_3$$

$$P_5 = P_{\text{gas A}}$$

$$P_B = P_2 + \rho_1 g h_1 = P_4 - \rho_2 g h_2 + \rho_1 g h_1 = P_5 - \rho_3 g h_3 - \rho_2 g h_2 + \rho_1 g h_1$$

$$P_B - P_A = \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2 - \rho_3 g h_3$$

\* اختلاف فشار بین دو تانک A و B توسط مانومتر U شکل اندازه گیری می شود (از جبهه در مانومتر استفاده می شود) فشار بارومتر 700 mm Hg است: (1) فشار مطلق در تانک A چقدر است؟ (2) فشار نسبی در تانک A چقدر است؟



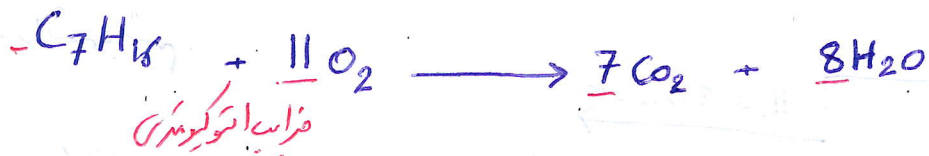
① در نقطه 1:  $P_A + \rho_{Hg} g h_1 = P_B$

② در نقطه 2:  $P_B = \rho_{Hg} g h_2$



## \* معادله شیمیایی واکنش کوکسوزنی:

معادله شیمیایی اطلاعات کیفی و کمی مختلف که در محاسبه حجم گاز مواد شرکت کننده در واکنش ضروری است را اختیار می‌گذارد. مانند سوختن آکسان ها که واکنش کل آن به صورت زیر است:



مشاهده می‌شود که یک مول از هیدروکربان با ۱۱ مول اکسیژن ترکیب می‌شود و ۷ مول کربن دی‌اکسید و ۸ مول آب تولید می‌شود.

\* انجام محاسبه گوناگون در حل برخی مسائل با توجه به فرااب استوکسوزنی را محاسبه استوکسوزنی می‌نامند.

مثال

\* در احتراق هیدروکربان،  $CO_2$  تولید می‌شود. اگر بخواهیم ۵۰۰ kg کربن دی‌اکسید در ساعت به بخار خشک تبدیل کنیم و ۵٪ از گاز  $CO_2$  حاصل، قابل تبدیل به بخار خشک باشد، چند کیلوگرم در ساعت هیدروکربان باید سوزانده شود:

پس: ۵۰۰ کیلوگرم بخار خشک



وزن مولکولی هیدروکربان = ۱۰۰

$$500 \text{ kg} \text{ بخار خشک} \times \frac{1 \text{ kg } CO_2}{0.5 \text{ kg} \text{ بخار خشک}} \times \frac{1 \text{ kg mol } CO_2}{44 \text{ kg } CO_2} \times \frac{1 \text{ kg mol } C_7 H_{16}}{7 \text{ kg mol } CO_2} \times \frac{100 \text{ kg } C_7 H_{16}}{1 \text{ kg mol } C_7 H_{16}} = 325 \text{ kg } C_7 H_{16}$$

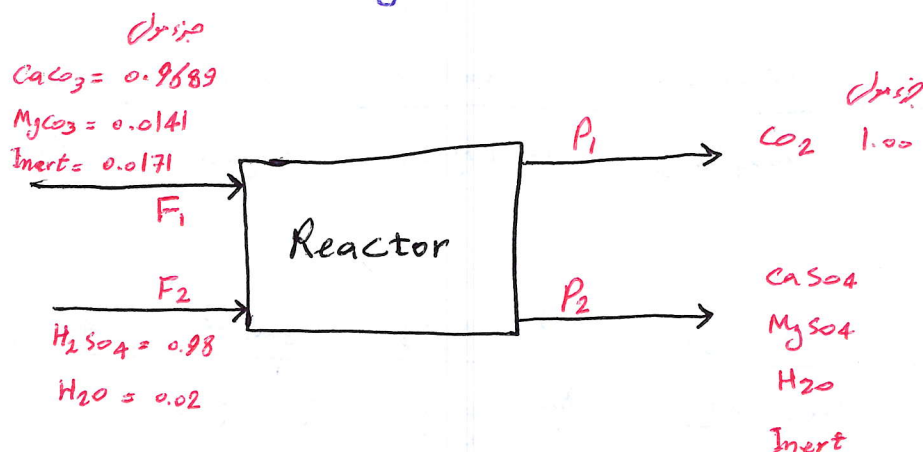
dry ice

با کلسیوم سولفات اسید 98٪ وزن، مورد نیاز

(ج) و با کلسیوم کربنات در اکسید تولید

(MW:  $\text{CaCO}_3 = 100.1$ ,  $\text{MgCO}_3 = 84.32$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ ,  $\text{CaSO}_4 = 136$ ,  $\text{MgSO}_4 = 120$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 18$ ,  $\text{CO}_2 = 44$ )

در اینجا دو واکنش زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

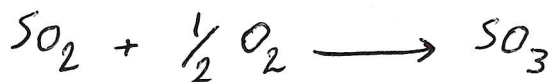


مبنای 5 تن سنگ معدن آهک

$$5000 \text{ kg سنگ معدن آهک (limestone)} \times \frac{96.89 \text{ kg CaCO}_3}{100 \text{ kg سنگ معدن آهک}} \times \frac{1 \text{ kg mol CaCO}_3}{100.1 \text{ kg CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ kg mol CaSO}_4}{1 \text{ kg mol CaCO}_3} \times \frac{136 \text{ kg CaSO}_4}{1 \text{ kg mol CaSO}_4} = 6581.94 \text{ kg CaSO}_4$$

(ب) هر دو واکنش ذکر شده در بالا، سولفوریک اسید مصرف می‌کنند.

$$5000 \text{ kg سنگ معدن آهک} \times \frac{96.89 \text{ kg CaCO}_3}{100 \text{ kg سنگ معدن آهک}} \times \frac{1 \text{ kg mol CaCO}_3}{100.1 \text{ kg CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg mol CaCO}_3} \times \frac{98.0 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4} = 4742.87 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$$



الف) وزن سولفوریک اسید (98٪ وزن) تولید شده در یک واحد صنعتی که روزانه 186 تن سنگ معدن را مورد ترکیب قرار می دهد بدست آورید.

(Zn = 65.35    O = 16.0    H = 1.0    S = 32.06)

ب) چه مقدار آب در روز مورد نیاز می باشد.

پایه: 186 تن سنگ معدن

$$186000 \text{ kg سنگ معدن} \propto \frac{65.0 \text{ kg ZnS}}{100 \text{ kg سنگ معدن}} \propto \frac{1 \text{ kg mol ZnS}}{97.41 \text{ kg ZnS}} \propto \frac{1 \text{ kg mol SO}_2}{1 \text{ kg mol ZnS}} \propto \frac{1 \text{ kg mol SO}_3}{1 \text{ kg mol SO}_2} \propto \frac{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg mol SO}_3}$$

$$\propto \frac{98.06 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kg mol H}_2\text{SO}_4} \propto \frac{100 \text{ kg محلول اسید}}{98.0 \text{ kg H}_2\text{SO}_4} = 124190.56 \text{ kg} = 124.191 \text{ تن}$$

$$1241.15 \text{ kg mol SO}_3 \propto \frac{1 \text{ kg mol H}_2\text{O}}{1 \text{ kg mol SO}_3} \propto \frac{18.0 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg mol H}_2\text{O}} = 22340.7 \text{ kg H}_2\text{O} = 22.34 \text{ تن}$$

\* در واکنش های صنعتی، کمتر ممکن است مقادیر استوکیومتری مواد مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام یک واکنش

مطلوب یا در استفاده از یک ترکیب شونده گران قیمت، معمولاً همیشه ترکیب شونده های اضافی به کار برده می شود. این

مواد اضافی همراه با محصولات و گاهی به طور مجزا خارج شده و بعضی اوقات مورد استفاده مجدد قرار می گیرند.



$$\text{درجه تکمیل واکنش} = \frac{\text{مقدار از عامل محدود کننده که در واکنش شرکت کرده است}}{\text{مقدار عامل محدود کننده در ورودی}}$$

Conversion :

\* میزان تبدیل

عبارت است از چیزی از خوراک یا چیزی از یک ماده موجود در خوراک که به محصول تبدیل می شود.



$$\text{میزان تبدیل اکسیرن} = \frac{\text{مول های از اکسیرن که در واکنش شرکت کردند}}{\text{مول های اکسیرن ورودی}}$$

\* درصد تبدیل بزرگ واکنش دهند. های غیر محدود کننده بیان می شود و اگر برای محدود کننده باشد درجه تکمیل می شود.

\* تولید انتخابی (Selectivity) :

عبارت است از نسبت تعداد مول های یک محصول معین (معمولاً محصول مطلوب) به تعداد مول های یک محصول دیگر.

(معمولاً نام مطلوب) که در یک دسته واکنش ایجاد می شود.

$$\text{Selectivity} = \frac{\text{مول محصول مطلوب}}{\text{مول محصول نام مطلوب}}$$

\* بازده (Yield) :

در مورد یک ترکیب شونده و یک محصول، عبارت است از جرم یا تعداد مول های محصول نهایی تقسیم بر جرم یا تعداد

مول های ترکیب شونده اولیه. اگر بیش از یک محصول و ترکیب شونده وجود داشته باشد، ترکیب شونده ای که بازده



برای آن مناسب شده باشد کاملاً مشخص می شود.

$$\text{Yield} = \frac{\text{مول B}}{\text{مول A}}$$

$$\text{درصد اضافی} = \frac{(523 - 450.21)}{450.21} \times 100 = 16.17\%$$

(ج)

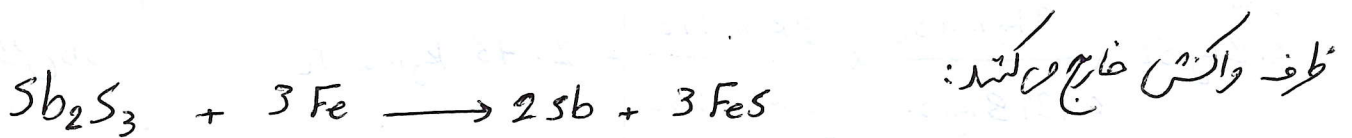
$$\text{درصد تبدیل} = \frac{\text{مول های نیتروژن واکنش داده}}{\text{مول های نیتروژن ورودی}} \times 100$$

$$3060 \text{ lb } \text{NH}_3 \times \frac{1 \text{ lb mol } \text{NH}_3}{17 \text{ lb } \text{NH}_3} \times \frac{1 \text{ lb mol } \text{N}_2}{2 \text{ lb mol } \text{NH}_3} = 90 \text{ lb mol } \text{N}_2 \quad \text{نیتروژن واکنش داده (مغلی)}$$

$$\text{درصد تبدیل} = \frac{90}{150.07} \times 100 = 59.97\%$$

مثال

فلز آنتیموان را در اثر وارے دادن گرم سولفور آنتیموان با آهن و کربن تهیه و آنتیموان مذاب را از آن جدا



اعداد ایستیک باید تصحیح شوند (اعداد قیورزین تصحیح هستند.)

فرض می کنیم 0.6 کیلوگرم سولفور آنتیموان را با 0.25 کیلوگرم آهن وارے داده و 0.2 کیلوگرم فلز

200 kg

250 kg

600 kg

آنتیموان بدست آورده اند. مطلوبیت:

(الف) ترکیب شونده محدود کننده

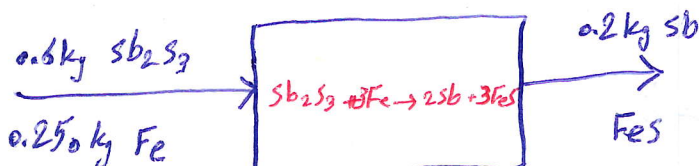
(ب) درصد ترکیب شونده اضافی

(ج) درجه تکمیل

(د) درصد تبدیل

(ه) بازده

$$\left( \begin{array}{ll} \text{Mw: Fe} = 55.8 & \text{Sb} = 121.8 \\ \text{Sb}_2\text{S}_3 = 339.7 & \text{FeS} = 87.9 \end{array} \right)$$



43/ هج بازده را می توان به صورت کلوگرام آنتیوان تولید شده بر ازای هر کلوگرام  $Sb_2S_3$  اضافه شده به

خلوط واکنش محاسبه کرد:

$$(yield) = \frac{0.2 \text{ kg Sb}}{0.6 \text{ kg Sb}_2\text{S}_3} = \frac{0.33 \text{ kg Sb}}{1 \text{ kg Sb}_2\text{S}_3}$$

\* سولفات آلومینوم طبق واکنش زیر از سنگ معدن خرد شده بوکسیت با اسید سولفوریک درست می آید:



سنگ معدن بوکسیت محض 55.4٪ وزن آلومینوم اکسید و بقیه آن ناخالص است. سولفوریک اسید مصرفی دارای

77.7٪  $H_2SO_4$  و مابقی آن آب است، برای تهیه آلومینوم سولفات ناخالص که محض 1798 lb سولفات

خالص باشد، مقدار 1080 lb سنگ معدن بوکسیت و 251 lb محلول اسید مصرف می شود:

الف) ترکیب تولیدی اضافه را مشخص کنید.

$$M_w: \begin{cases} Al_2O_3 = 101.9 \\ Al_2(SO_4)_3 = 342.1 \\ H_2SO_4 = 98.1 \end{cases}$$

ب) چه درصدی از ترکیب تولیدی اضافه مصرف شده است.

ج) درصد نگیل واکنش چیست؟

$$1798 \text{ lb } Al_2(SO_4)_3 \propto \frac{1 \text{ lbmol } Al_2(SO_4)_3}{342.1 \text{ lb } Al_2(SO_4)_3} = 5.26 \text{ lbmol } Al_2(SO_4)_3$$

$$1080 \text{ lb سنگ معدن} \propto \frac{0.554 \text{ lb } Al_2O_3}{1 \text{ lb سنگ معدن}} \propto \frac{1 \text{ lbmol } Al_2O_3}{101.9 \text{ lb } Al_2O_3} = 5.87 \text{ lbmol } Al_2O_3 \rightarrow \frac{5.87}{1}$$

$$251 \text{ lb اسید} \propto \frac{0.777 \text{ lb } H_2SO_4}{1 \text{ lb اسید ناخالص}} \propto \frac{1 \text{ lbmol } H_2SO_4}{98.1 \text{ lb } H_2SO_4} = 19.88 \text{ lbmol } H_2SO_4 \rightarrow \frac{19.88}{3} = 6.62$$

$$5.26 \text{ lbmol } Al_2(SO_4)_3 \propto \frac{3 \text{ lbmol } H_2SO_4}{1 \text{ lbmol } Al_2(SO_4)_3} = 15.78 \text{ lbmol } H_2SO_4$$

واکنش داده



45/ با تعداد مول هاس  $C_2H_6$  وارد شده در واکنش را می توان از تعداد مول هاس استیل و متان تولید شده

بدست آورد

$$30 \text{ kg mol } C_2H_4 \propto \frac{1 \text{ kg mol } C_2H_6}{1 \text{ kg mol } C_2H_4} = 30 \text{ kg mol } C_2H_6$$

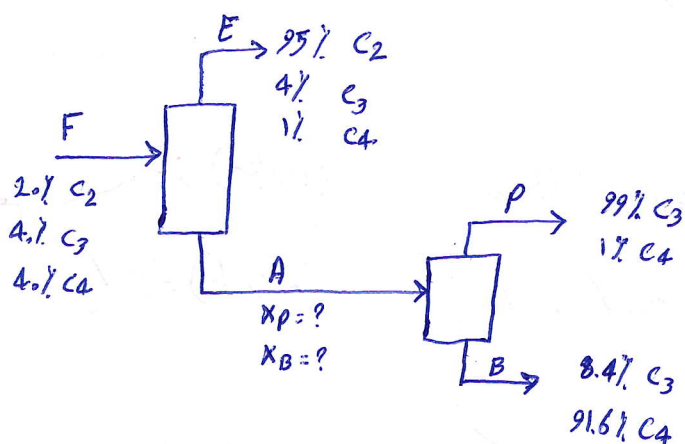
$$7 \text{ kg mol } CH_4 \propto \frac{1 \text{ kg mol } C_2H_6}{2 \text{ kg mol } CH_4} = 3.5 \text{ kg mol } C_2H_6$$

$$30 \text{ kg mol} + 3.5 \text{ kg mol} = 33.5 \text{ kg mol } C_2H_6$$

$$\frac{30 \text{ kg mol } C_2H_4}{33.5 \text{ kg mol } C_2H_6} = 0.90 \frac{\text{kg mol } C_2H_4}{\text{kg mol } C_2H_6}$$

سوال مربوط به فصل 2:

\* در دو برج تقطیر بیست سرهم مطابق شکل زیر یک هیدروکربن باغ متشکل از 20 درصد مول اتان، 40 درصد مول پروپان و 40 درصد مول بوتان را به سازندگان تقریباً خالص آن تفکیک می کنند. بر اساس  $F = 100$ ، مقدار  $P$  (برصت مول) و ترکیب نسبی جریان  $A$  را تعیین کنید.

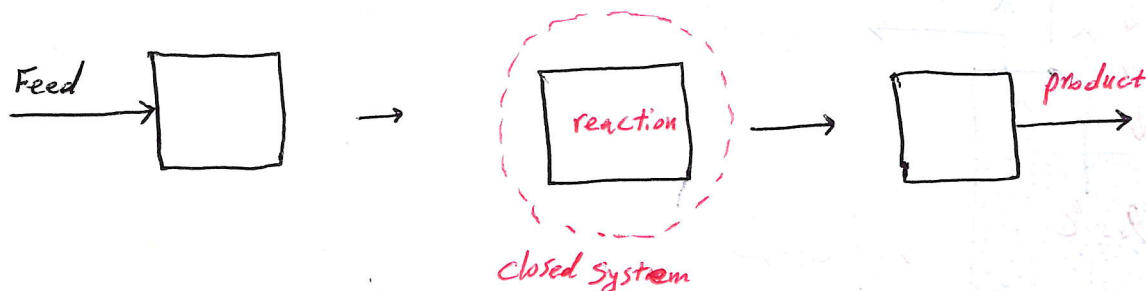


$X =$  غرض مول

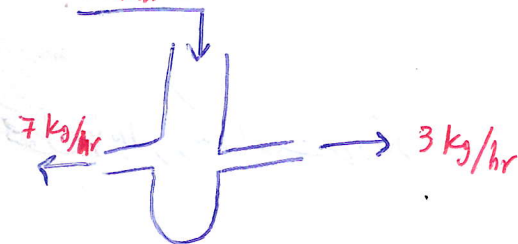
\* سیستم بسته (Closed system): سیستم‌هایی هستند که جریان‌های عبور از مرز سیستم نیستند.

\* در سیستم‌های بسته مواد وارد سیستم می‌شود، سپس در سیستم بسته واکنش صورت می‌گیرد و بعداً محصول آن را از سیستم خارج می‌کنیم بنابراین توجه ما فقط به تحول واکنش می‌باشد پس از تکمیل بارگیری راکتور و قبل از تخلیه محصول

آن می‌بایست



\* سیستم پایدار (Steady-state): حالتی از سیستم که با گذشت زمان مشخصه‌های مورد نظر سیستم تغییر نکنند.



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

\* در یک سیستم حالت پایا، جرم انباشته شده (accumulation) در سیستم برابر صفر خواهد بود.

$$\text{جرم مصرف‌شده} - \text{جرم تولیدشده} + \text{جرم خروجی از سیستم} - \text{جرم ورودی به سیستم} = \text{جرم انباشته‌شده در یک سیستم}$$

consumption (cons)      generation (gen)      output      input      accumulation

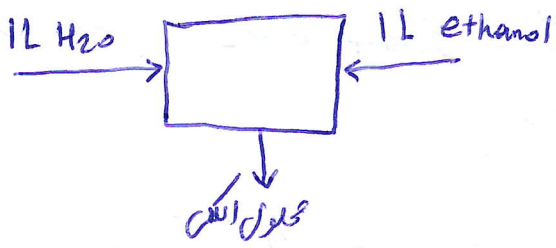
\* اگر  $1200 \text{ kg/hr}$  زغال سنگ (زغال سنگ متخلل از  $80\%$  و  $20\%$  Inert) با مواد با اثر فرافکن

می‌شود (از قسمت بالایی راکتور به داخل راکتور ریخته می‌شود) (جمع وجود نداشته باشد):

(الف) چند کیلوگرم زغال سنگ در ساعت از راکتور خارج می‌شود.

(ب) اگر  $15000 \text{ kg/hr}$  هوا به داخل راکتور دمیده شود، چند کیلوگرم هوا در ساعت از راکتور خارج خواهد شد.

\* اگر یک لیتر اتانول با یک لیتر آب مخلوط شود، چند لیتر محلول حاصل می شود؟ جزو فرض اتانول چقدر است؟  
 مبنای یک لیتر از آب = 1 لیتر اتانول  
 دلیله:  $0.789 \text{ g/cm}^3 = \text{اتانول}$   $0.998 \text{ g/cm}^3 = \text{آب}$



$$1000 \text{ cm}^3 \times \frac{0.789 \text{ g}}{\text{cm}^3} = 789 \text{ g} \text{ اتانول}$$

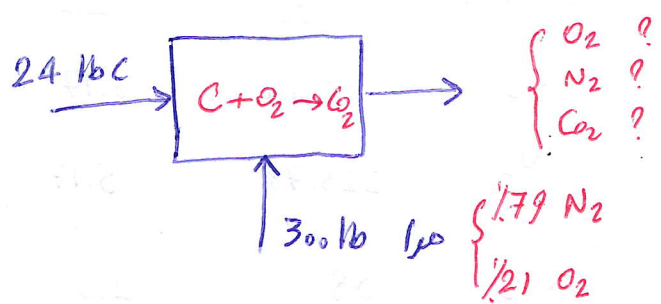
$$1000 \text{ cm}^3 \times \frac{0.998 \text{ g}}{\text{cm}^3} = 998 \text{ g} \text{ آب}$$

$$\text{محلول آب} = 789 + 998 = 1787 \text{ g} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1.787 \text{ kg}$$

$$\text{جزو فرض اتانول} = \frac{789}{1787} = 0.442$$

\* اگر 300 lb هوا و 24 lb کربن را در دمای 600 °F در راکتور قرار دهیم و پس از اختراق کامل هیچ ماده ای در راکتور باقی نماند چند پوند کربن خارج شده است؟  
 مبنای 300 lb هوا و 24 lb کربن

راکتور باقی نماند چند پوند کربن خارج شده است؟ چند پوند اکسیژن؟ کل مواد فروبی چند پوند بوده است؟  
 (ب) چند مول کربن وارد شده است؟ چند مول از راکتور خارج شده است؟  
 (ج) کل مول های ورودی و خروجی چقدر بوده است؟



مبنای 300 lb هوا و ورودی

$$300 \text{ lb هوا} \times \frac{1 \text{ lb mol هوا}}{29.0 \text{ lb هوا}} \times \frac{21.0 \text{ lb mol O}_2}{100 \text{ lb mol هوا}} = 2.17 \text{ lb mol O}_2$$

$$24 \text{ lb C} \times \frac{1 \text{ lb mol C}}{12 \text{ lb C}} \times \frac{1 \text{ lb mol O}_2}{1 \text{ lb mol C}} = 2.0 \text{ lb mol O}_2 \rightarrow \text{اکسیژن 4 تن برای اختراق کامل با 24}$$

$$2.17 \text{ lb mol O}_2 \times \frac{32.0 \text{ lb O}_2}{1 \text{ lb mol O}_2} = 69.44 \text{ lb O}_2$$

پوند کربن



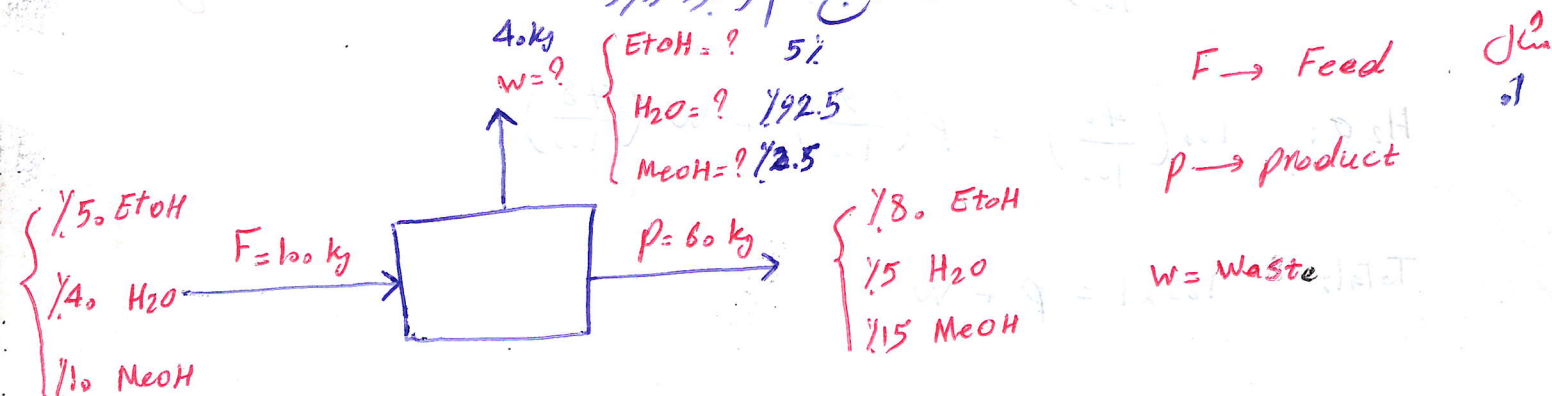
نکته: در حالت پایا (S.S) همواره جرم ورودی و جرم خروجی از سیستم با هم برابرند ولی اگر در سیستم واکنش صورت بگیرد

تعداد مول‌های ورودی با تعداد مول‌های خروجی با هم برابرند و در غیر این صورت (واکنش صورت گیرد) تعداد مول‌های ورودی با تعداد مول‌های خروجی با هم برابر نیستند.

★ تجزیه و تحلیل مسائل موازنه :

در هر مورد از سیستم‌های زیر موارد خواسته شده (مجهول) را مشخص کنید:

★ در این سیستم‌ها، واکنش شیمیایی صورت گرفته و مجموع هم وجود ندارد



$$F \cdot w_F = P \cdot w_P + W \cdot w_w$$

وزن

موازنه کلی:

$$40 \cdot w_{\text{EtOH}} = 2 \Rightarrow w_{\text{EtOH}} = 0.05$$

$$\text{EtOH: } \left( 100 \times \frac{5}{100} \right) = \left( 60 \times \frac{8}{100} \right) + W \cdot w_w$$

چهار معادله و چهار مجهول داریم

$$\text{H}_2\text{O: } \left( 100 \times \frac{4}{100} \right) = \left( 60 \times \frac{5}{100} \right) + W \cdot w_w$$

بنابراین مسئله قابل حل می‌باشد.

$$40 \cdot w_{\text{H}_2\text{O}} = 37 \Rightarrow w_{\text{H}_2\text{O}} = 0.925$$

$$\text{MeOH: } \left( 100 \times \frac{1}{100} \right) = \left( 60 \times \frac{15}{100} \right) + W \cdot w_w$$

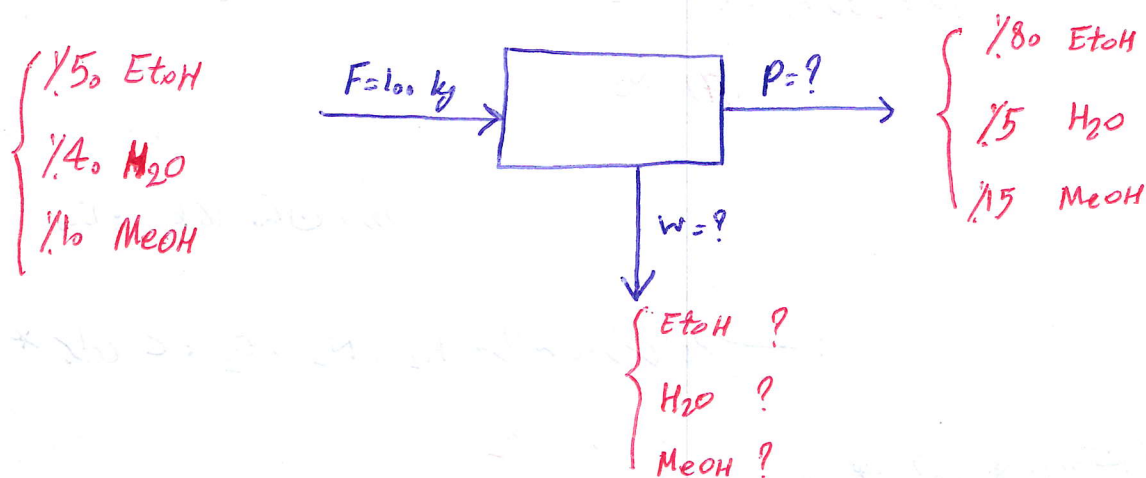
$$\Rightarrow 40 \cdot w_{\text{MeOH}} = 1 \Rightarrow w_{\text{MeOH}} = 0.025$$

$$\text{total: } 100 \times 1 = 60 \times 1 + W \cdot (w_{\text{EtOH}} + w_{\text{H}_2\text{O}} + w_{\text{MeOH}}) \Rightarrow W = 40 \text{ kg}$$

$$0.8p + 0.05W = 50 \Rightarrow \begin{cases} 0.8(100 - W) + 0.05W = 50 \\ 80 - 0.8W + 0.05W = 50 \end{cases}$$

$$+W(-0.8 + 0.05) = -30 \Rightarrow -0.75W = -30 \Rightarrow W = 40 \text{ kg}$$

$$100 - 40 = p \Rightarrow p = 60 \text{ kg}$$



\* چهار معادله ریجی مجهول داریم بنابراین

$$\text{EtOH: } 100 \left( \frac{5}{100} \right) = p \left( \frac{8}{100} \right) + W \left( \frac{x}{100} \right)$$

این مسئله قابل حل نمی باشد.

$$\text{H}_2\text{O: } 100 \left( \frac{4}{100} \right) = p \left( \frac{5}{100} \right) + W \left( \frac{y}{100} \right)$$

$$\text{MeOH: } 100 \left( \frac{1}{100} \right) = p \left( \frac{15}{100} \right) + W \left( \frac{z}{100} \right)$$

$$\text{Total: } 100 = \left( \frac{x}{100} + \frac{y}{100} + \frac{z}{100} \right) \cdot W + p$$

\* موازنه مواد در حالتی که واکنش شیمیایی نیز انجام شود:

\* به واسطه آن که مول های یک ماده و نیز مول های کل مواد وقتی که واکنش شیمیایی انجام شود

ثابت نمی ماند، باینکه موازنه را بر اساس جرم کل و جرم یا مول های هر عنصر برقرار کرد.

\* نیروی درواکش افرای شرکت نمی کند. واکنش انجام شده به صورت زیر است:



بنابراین تعداد مول های نیروی در دروا در هوا برابر تعداد مول های  $\text{N}_2$  خالص است:

$$300 \text{ kg air} \propto \frac{1 \text{ kg mol air}}{29.0 \text{ kg air}} \propto \frac{79 \text{ kg mol N}_2}{100 \text{ kg mol air}} = 8.17 \text{ kg mol N}_2 \rightarrow \text{در دروا و خالص}$$

\* برای نیروی:

$$16 \text{ kg CH}_4 \propto \frac{1 \text{ kg mol CH}_4}{16 \text{ kg CH}_4} \propto \frac{2 \text{ kg mol H}_2}{1 \text{ kg mol CH}_4} = 2 \text{ kg mol H}_2 \rightarrow \text{در دروا}$$

$$2 \text{ kg mol H}_2 \propto \frac{1 \text{ kg mol H}_2\text{O}}{1 \text{ kg mol H}_2} = 2 \text{ kg mol H}_2\text{O} \rightarrow \text{خالص}$$

\* برای اکسیژن:

$$300 \text{ kg air} \propto \frac{1 \text{ kg mol air}}{29.0 \text{ kg air}} \propto \frac{21 \text{ kg mol O}_2}{100 \text{ kg mol air}} = 2.17 \text{ kg mol O}_2 \rightarrow \text{در دروا}$$

$$\text{kg mol O}_2 \text{ input} = 0.5 n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CO}_2} + n_{\text{O}_2}$$

$$2.17 = 0.5 (2 \text{ kg mol}) + 1 \text{ kg mol} + n_{\text{O}_2} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 0.17 \text{ kg mol} \rightarrow \text{خالص}$$

$$F + \text{air} = P \Rightarrow 16 + 300 = P \Rightarrow P = 316 \text{ kg} \quad * \text{ موازنه کل جرم:}$$