

فهرست مطالب:

عنوان	شماره صفحه
فصل اول: مقدمه‌ای بر محاسبات مهندسی	۱
اپلود و آحاد	۱
کمیت‌های فیزیکی	۲
تبدیل واحدها	۶
مول	۱۱
جرم ویژه	۱۲
اثر فشار بر جرم ویژه	۱۳
اثر دما بر جرم ویژه	۱۳
رابطه جرم ویژه با غلظت	۱۳
چگالی	۱۴
شرایط STP	۱۵
درجه API	۱۵
حجم ویژه	۱۶
جز مولی و جز وزنی	۱۶
تجزیه	۱۶
غلظت	۲۰
مبنا	۲۱
دما	۲۳
قانون صفرم ترمودینامیک	۲۳
انواع دماها	۲۴
تبدیل مقیاس‌های دمايي به یکدیگر	۲۴
فشار	۲۷
واحدهای اندازه‌گیری فشار	۲۸
قانون پاسکال	۲۹
معادله شیمیایی و استوکیومتری	۳۳
واکنش‌دهنده محدودکننده	۳۸
واکنش‌دهنده اضافی	۳۸
درصد اضافی	۳۸
درجه تکمیل	۳۸
میزان تبدیل	۳۹
تولید انتخابی	۳۹
بازده	۳۹
فصل دوم: موازنه مواد	۴۶

۱۰۹	تعادل گاز-مایع
۱۰۹	قانون راولت
۱۱۱	قانون هنری
۱۱۱	اشباع جزئی و رطوبت
۱۱۱	اشباع نسبی
۱۱۲	رطوبت نسبی
۱۱۲	اشباع مولی
۱۱۳	اشباع مطلق
پیوست‌ها شامل جداول و تمرین‌ها و حل مسائل	

نام درس: اصول محاسبات شیمی	استاد: دکتر ولی اله ماندنی پور	مقطع: کارشناسی	پیش نیاز: شیمی فیزیک ۱
نحوه‌ی ارزشیابی:			
میانترم: ۶ نمره	کوئیز و فعالیت در کلاس: ۴ نمره	پایانترم: ۱۰ نمره	
هدف کلی: آشنایی دانشجویان با سامانه‌های آحاد مختلف، تبدیل واحدها، پارامترهای فشار، دما و ... روش اندازه-گیری آن‌ها، موازنه جرم، قوانین مربوط به گاز، بخار، مایع و جامد، موازنه انرژی و موازنه توانان جرم و انرژی			
مراجع: اصول محاسبات مهندسی شیمی هیمل بلاو (مرتضی سهرابی)، مقدمه‌ای بر مهندسی شیمی تامسون			
هفته	موارد مورد بحث		
اول	معارفه، ابعاد و آحاد و تبدیل واحدها، مول، جرم ویژه و روش بدست آوردن آن		
دوم	چگالی، شرایط استاندارد، درجه API		
دوم	جزء مولی و جزء وزنی		
سوم	تجزیه اورسات و محاسبات مربوطه		
چهارم	غلظت، مبنا و اصول مربوطه، دما و اصول محاسبات		
چهارم	فشار و اصول محاسبات آن و تبدیل واحدهای مربوط به آن		
پنجم	معادله شیمیایی و استوکیومتری و محاسبات مربوطه		
ششم	درجه تکمیل واکنش، تولید انتخابی، بازده و محاسبات آن‌ها		
ششم	قانون بقای جرم، تعریف سیستم و محیط و انواع سیستم، تجزیه و تحلیل مسائل موازنه جرم		
هفتم	محاسبات مربوط به هوای اضافی در احتراق		
هشتم	مسائل مربوط به خشک کردن، تبلور		
هشتم	محاسبات موازنه مواد با استفاده از روش‌های جبری		
نهم	مسائل مربوط به اختلاط و تقطیر، حجم رابط، جسم رابط و محاسبات مربوط به آن		
دهم	جریان برگشتی و میزان تبدیل کلی و محاسبات مربوطه		
دهم	جریان کنارگذر، جریان زدایش و محاسبات مربوطه		
یازدهم	گاز کامل، قوانین گازها (قانون شارل گیلوساک، آووگادرو، بویل-ماریوت) و محاسبات مربوطه		

2/

مثال ۱
* اگر هواپیما با سرعت دو برابر سرعت صوت پرواز کند (سرعت صوت را 1100 ft/s فرض کنید)

$$1 \text{ mile} = 5280 \text{ ft}$$

سرعت آن را بر حسب مایل در ساعت بدست آورید:

$$\left(2 \times \frac{1100 \text{ ft}}{\cancel{s}}\right) \times \frac{1 \text{ mi}}{5280 \cancel{\text{ft}}} \times \frac{60 \cancel{s}}{1 \cancel{\text{min}}} \times \frac{60 \cancel{\text{min}}}{1 \text{ hr}} = 1500 \frac{\text{mi}}{\text{hr}}$$

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$

مثال ۲
* کمیت $400 \text{ in}^3/\text{day}$ را به cm^3/min تبدیل کنید.

$$400 \frac{\cancel{\text{in}^3}}{\cancel{\text{day}}} \times \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \cancel{\text{in}}}\right)^3 \times \frac{1 \cancel{\text{day}}}{24 \cancel{\text{hr}}} \times \frac{1 \cancel{\text{hr}}}{60 \cancel{\text{min}}} = 4.56 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

اصلی: کمترین تعداد کمیت‌های فیزیکی که بتواند توصیف کامل از دیگر کمیت‌های فیزیکی

ارائه دهنده را کمیت اصلی گویند.

فرعی: هر کمیتی غیر از کمیت اصلی را کمیت فرعی گویند. که با استفاده از معادلات

فیزیکی و یکا‌های کمیت اصلی تعریف شوند.

کیلوگرم متر
↑ ↑
(M, K, S)

* واحدهای اصلی دستگاه SI (System International) یا متریک

آمپر

A

شدت جریان

کولون

K

دما یا گرمی در واحد

رادیان

شدت درخشندگی

طول m متر

جرم kg کیلوگرم

زمان s ثانیه

مقدار ماده mol مول

رادیان Rad

استرادیان sd

زاویه سطحی

* واحدهای تکمیلی

زاویه مرکزی

4/

* SI (M. K. S) ← متر کلوگرم ثانیه

* cgs ← سانتیمتر گرم ثانیه

* FPS ← فوت پوند ثانیه

* در سیستم SI واحد نیرو نیوتن است و یک نیوتن عبارت است از مقدار نیروی که جسم به هم یک کلوگرم با کتاب معادل یک متر بر ثانیه وارد شود

$$1N = \frac{1kg \cdot 1m}{1s^2} = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

* در سیستم مهندسی آمریکایی واحد نیرو lbf است که عبارت است از مقدار نیروی که جسم به هم 1lbm

کتاب معادل کتاب نقل زمین در کنار دریای معین معادل $32.174 \frac{ft}{s^2}$ وارد کند.

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

ضریب تبدیل

در سیستم SI:

$$1N = c \cdot 1kg \cdot 1 \frac{m}{s^2} \Rightarrow c = 1 \frac{N \cdot s^2}{kg \cdot m} \Rightarrow g_c = \frac{1}{c} = 1 \frac{kg \cdot m}{N \cdot s^2}$$

در سیستم مهندسی آمریکایی:

$$1lbf = c \cdot 1lbm \cdot \frac{ft}{s^2} (32.174) \Rightarrow c = \frac{1lbf \cdot s^2}{32.174 ft \cdot lbm} \Rightarrow$$

$$g_c = \frac{1}{c} = \frac{32.174 ft \cdot lbm}{lbf \cdot s^2}$$

* در سیستم SI از نظر عددی $g_c = 1$ و از نظر واحد $\frac{kg \cdot m}{N \cdot s^2}$ است. لذا معمولاً در این سیستم g_c

مثال * تفاوت وزن یک موشک ۱۰۰ کیلوگرم را بر حسب نیوتن و در ارتفاع ۱۰ کیلومتر از سطح زمین قرار دارد

$g = 9.76 \text{ m/s}^2$ با حالتی که در سطح زمین $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ واقع شود، بدست آورید.

وزن $W = \frac{M \cdot g}{g_c} = \frac{100 \text{ kg} \times (9.8 - 9.76) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{N} \cdot \text{s}^2}} = 4.00 \text{ N}$

* تبدیل واحدها: برخی از فزاین تبدیل مهم، مورد نیاز در محاسبات به صورت زیر باشند:

طول length

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 12 \text{ in} & 1 \text{ m} &= 3.28 \text{ ft} & 1 \text{ ft} &= 0.3048 \text{ m} \\ 1 \text{ in} &= 2.54 \text{ cm} \\ 1 \text{ yd} &= 3 \text{ ft} & 1 \text{ mi} &= 1.6 \text{ km} \\ 1 \text{ mi} &= 5280 \text{ ft} & 1 \text{ ft} &= 30.48 \text{ cm} \end{aligned}$$

حجم Volum

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft}^3 &= 7.48 \text{ gal} & 1 \text{ L} &= 1000 \text{ cm}^3 \\ 1 \text{ gal} &= 3.785 \text{ lit} \\ 1 \text{ m}^3 &= 1000 \text{ lit} \\ 1 \text{ m}^3 &= 10^6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

دانشه Density

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft}^3 \text{ H}_2\text{O} &= 62.4 \text{ lb}_m \\ 1 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O} &= 1 \text{ g} \\ 1 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O} &= 1000 \text{ kg} \end{aligned}$$

جرم mass

$$\begin{aligned} 1 \text{ lb}_m &= 454 \text{ gr} = 0.454 \text{ kg} \\ 1 \text{ ton} &= 1000 \text{ kg} \end{aligned}$$

8/ یک معادله تجربی برای ضریب انتقال حرارت داخلی، h_i ، برای جریان توربولانس مایع

در لوله به صورت زیر است:

$$h_i = \frac{0.023 G^{0.8} k^{0.67} c_p^{0.33}}{D^{0.2} \mu^{0.47}}$$

h_i : ضریب انتقال حرارت، $\frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$

c_p : ظرفیت حرارتی مایع، $\frac{\text{Btu}}{\text{lbm} \cdot ^\circ\text{F}}$

G : شتاب جریان جرمی مایع، $\frac{\text{lbm}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2}$

μ : ویسکوزیته مایع، $\frac{\text{lbm}}{\text{ft} \cdot \text{hr}}$

k : هدایت حرارتی مایع، $\frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$

D : قطر داخلی لوله، ft

الف) واحد ثابت عددی (0.023) را بدست آورید.

ب) اگر در معادله بالا به جای واحدهای ذکر شده، واحدهای SI بیان شوند، مقدار عددی 0.023 در سیستم

SI چقدر می شود؟ (در تمام پارامترها h_i)

$$h_i = \frac{0.023 \left[\frac{\text{lbm}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2} \right]^{0.8} \left[\frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}} \right]^{0.67} \left[\frac{\text{Btu}}{\text{lbm} \cdot ^\circ\text{F}} \right]^{0.33}}{\text{ft}^{0.2} \left[\frac{\text{lbm}}{\text{ft} \cdot \text{hr}} \right]^{0.47}}$$

$$h_i = \frac{0.023 \frac{\text{lbm}^{0.8} \cdot \text{Btu}}{\text{hr}^{1.47} \cdot \text{ft}^{2.27} \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{lb}^{0.33}}}{\text{ft}^{0.2} \cdot \text{lbm}^{0.47} \cdot \text{ft}^{0.47} \cdot \text{hr}^{0.47}} = 0.023 \frac{\text{Btu}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

* (-) 0.023 بدون بعد است و تغییر در پارامترهای معادله هیچ تأثیری بر روی مقدار این ثابت ندارند

10/

* ظرفیت گرمایی ویژه توسط معادله زیر بیان می شود:

$$C_p = 20.869 + 5.293 \times 10^{-2} T$$

$$\frac{\text{Btu}}{(\text{lb mol}) \cdot ^\circ\text{F}} : C_p$$

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

معادله بالا را بر حسب $\frac{\text{cal}}{(\text{g mol}) \cdot \text{K}}$ و دما را بر حسب K بیان نمایند.

$$C_p = \frac{20.869 + 5.293 \times 10^{-2} (T_F)}{1 (\text{lb mol}) \cdot ^\circ\text{F}} \times \frac{252 \text{ cal}}{1 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ lb mol}}{454 \text{ g}} \times \frac{1.8^\circ\text{F}}{1 \text{ K}} =$$

$$C_p = [20.869 + 5.293 \times 10^{-2} (T_F)] \frac{\text{cal}}{(\text{g mol}) \cdot \text{K}}$$

* دقت شود که مقدار T حتماً باید بر حسب کلوین جایگزین شود.

$$T_F = (T_K - 273) 1.8 + 32$$

$$T_F = 1.8 T_K - 460$$

$$C_p = 20.869 + 5.293 \times 10^{-2} [1.8 T_K - 460] \quad (1.8 T_K - 460)$$

$$C_p = -3.479 + 9.527 \times 10^{-2} T_K$$

* چنانچه در رابطه زیر d فاصله و بر حسب میکرون و t زمان و بر حسب ثانیه باشد، فرمول را به صورت تغییر دهید.

$$d = 16.2 - 16.2 e^{-0.021 t}$$

d بر حسب in و t بر حسب دقیقه باشد.

$$d = \left(16.2 \mu\text{m} \times \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \right) - \left(16.2 \mu\text{m} \times \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \right) \cdot e^{-0.021 t}$$

→ ادامه

2) $13.0 \text{ lb mol } \text{AgNO}_3 \times \frac{170 \text{ lb } \text{AgNO}_3}{116 \text{ lb mol } \text{AgNO}_3} \times \frac{0.454 \text{ kg } \text{AgNO}_3}{1 \text{ lb } \text{AgNO}_3} = 1002 \text{ kg } \text{AgNO}_3$ (13.0 lb mol AgNO_3)

$$\rightarrow) 55.0 \text{ g mol } \text{AgNO}_3 \times \frac{170 \text{ g } \text{AgNO}_3}{1 \text{ g mol } \text{AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ kg } \text{AgNO}_3}{1000 \text{ g } \text{AgNO}_3} = 9.35 \text{ kg} \quad 55.0 \text{ g mol } \text{AgNO}_3 \quad (-)$$

* 39.8 کیلوگرم NaCl در 100 kg آب را $\frac{\text{kg mol NaCl}}{\text{kg mol H}_2\text{O}}$ تبدیل کنید.

$$\frac{39.8 \text{ kg NaCl}}{100 \text{ kg H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ kg mol NaCl}}{58.3 \text{ kg NaCl}} \times \frac{18 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg mol H}_2\text{O}} = 0.12 \frac{\text{kg mol NaCl}}{\text{kg mol H}_2\text{O}}$$

* **جرم ویژه** (Specific mass): جرم ویژه همان جرم واحد حجم باشد که گاهی در سیم آن راحت

عنوان چکالہ یا دانستہ معروضہ کہند۔

میدان کریکلی $\rightarrow \frac{16}{ft^3}$

$$cgs \longrightarrow \frac{g}{cm^3}$$

* برائے فقیرین جسم و سرہ :

جائداد

- منظم
 - حجم ← طول - عرض - ارتفاع
 - وزن ← ترازو
- نامنظم
 - وزن ← ترازو

هجم ← در یک منبع به اثر در استوانه مدیج قرار می دهیم.

مایعہ سے
 حیدر زہر : نسبت دانستہ ی مایع مورد نظر بہ آگہ را بہ ماں دھند (جہیں با وزن و حجم مشخص
 را در داخل مایع قرار داد و عمق نفوذ جسم در مایع را تعیین می کنند)
 تر از نفوذ و مستقال : وزن توده ی معینی را در داخل مایع با وزن آن توده در آگہ مطابق
 می کنند

مکشد

* چگالی (specific gravity): نسبت جرم ویژه جسم به جرم ویژه جسم مبنای چگالی آن

جسم مگردد (نسبت دانسیته جسم به دانسیته جسم مبنای)

$$Sp. gr = \frac{\rho_{A, T, P}}{\rho_{ref, T, P}} = \frac{(\text{kg/m}^3)_A}{(\text{kg/m}^3)_{ref}} = \frac{(\text{g/cm}^3)_A}{(\text{g/cm}^3)_{ref}} = \frac{(\text{lb/ft}^3)_A}{(\text{lb/ft}^3)_{ref}}$$

* ماده مبنای مایعات و جامدات آب در برابر گازها هوا است. نکته

* چون صورت و مخبر دارای واحد یک هستند بنابراین چگالی (sp.gr) را بدون بعد در نظر می‌گیرند. نکته

* در بعضی موارد برای بیان چگالی امکان دارد واحد صورت و واحد مخبر یکی نباشد که در آن صورت می‌بایست حتماً واحد آن‌ها بیان شود. به عنوان مثال اگر یک چگالی به صورت زیر بیان شود: تذکر

$$Sp. gr = 150 \frac{20^\circ \text{C}}{4^\circ \text{C}} \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}$$

متصور این بود که دانسیته جسم مورد نظر در دمای 20°C و بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ بر دانسیته جسم مبنای دمای

4°C و بر حسب $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ تقسیم شده است.

* برای بیان چگالی باید دما هر کدام از دو ماده مشخص باشد به عنوان مثال اگر وزن مخصوص یک نکته

$$Sp. gr = 0.73 \frac{20^\circ \text{C}}{4^\circ \text{C}}$$

جسم جامد به صورت زیر باشد:

متصور این است که دانسیته ماده مورد نظر در دمای 20°C و دانسیته آب در 4°C اندازه گیری شده اند.

حجم و درستی دانسته مواد نفتی یا دما تغییر می کند و در صنعت نفت 60 درجه فارنهایت را به عنوان دما

استاندارد برای محاسبه حجم و چگالی API معین کرده اند.

* حجم ویژه (Specific Volume): حجم ویژه، هر حجم معکوس حجم ویژه، آن است یعنی حجم به ازای

واحد حجم یا واحد مقدار حجم. واحدهای حجم ویژه $\frac{ft^3}{lb}$ ، $\frac{ft^3}{lb\ mol}$ ، $\frac{m^3}{kg}$ ، $\frac{cm^3}{g}$

$$V = \frac{V \rightarrow \text{حجم}}{m \rightarrow \text{جرم}}$$

حجم ویژه

* جزء مول و جزء وزن (mole fraction and weight fraction):

* جزء مول عبارت است از تعداد مول هائی که جسم معین تقسیم بر تعداد کل مول هائی موجود.

* این تعریف در مورد گازها، مایعات و جامدات صادق است.

$$\text{mole fraction of A} = \frac{\text{moles of A}}{\text{total moles}}$$

* جزء وزن عبارت است از وزن یک جسم تقسیم بر کل وزن اجسام موجود.

$$\text{Weight fraction of A} = \frac{\text{Weight of A}}{\text{total weight}}$$

* درصد وزن و درصد مول برابر با جزء وزن و جزء مول ضرب در 100 است.

* تجزیه (Analysis):

تجزیه گازهای مختلف مثل هوا، محلولات آهترلی و غیره، معمولا بر اساس خشک بیان می شود و حتی اگر

مثال * هوا متشکل از O_2 21٪ و N_2 79٪ است. جرم مولکولی هوا را محاسبه کنید؟

برای حل مسئله نیاز به انتخاب مبنا داریم. انتخاب مبنا اختیاری است و معمولاً مباین را انتخاب می‌کنیم که محاسبه را برای ما آسان‌تر کند

$$\left\{ \begin{array}{l} 21 \text{ gmol } O_2 \\ 79 \text{ gmol } N_2 \end{array} \right. \text{ (air) مبنا: } 100 \text{ gmol}$$

$$n_{air} = \frac{m_{air}}{M_{air}} \Rightarrow M_{air} = \frac{m_{air}}{n_{air}} = \frac{m_{O_2} + m_{N_2}}{100 \text{ gmol}} = \frac{n_{O_2} \cdot M_{O_2} + n_{N_2} \cdot M_{N_2}}{100 \text{ gmol}}$$

$$M_{air} = \frac{(21 \text{ gmol} \times 32 \frac{\text{gr}}{\text{gmol}}) + (79 \text{ gmol} \times 28 \frac{\text{gr}}{\text{gmol}})}{100 \text{ gmol}} = 29 \frac{\text{gr}}{\text{gmol}}$$

را. حل دوم: جرم مولکولی متوسط از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$M_{av} = \sum x_i M_i$$

$$M_{air} = x_{O_2} \cdot M_{O_2} + x_{N_2} \cdot M_{N_2} = (0.21 \times 32) + (0.79 \times 28) = 29$$

تمرین * اگر دی‌برومیدان دارای چگالی 1.57 باشد. مطلوبیت دانسیته این جسم بر حسب:

$$\text{kg/cm}^3 \quad (2)$$

$$\text{lbm/ft}^3 \quad (=)$$

$$\text{gr/cm}^3 \quad (\text{الف})$$

الف) $sp. gr = \frac{\rho_{DBP}}{\rho_{H_2O}} \Rightarrow 1.57 = \frac{\rho_{DBP}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} \Rightarrow \rho_{DBP} = 1.57 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

ب) $1.57 = \frac{\rho_{DBP}}{62.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} \Rightarrow \rho_{DBP} = 97.968 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$

ج) $1.57 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \times \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 1570 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

* غلظت (Concentration):

غلظت عبارت است از مقداری از ماده در حل شونده بر حسب مول یا جرم یا حجم که در مقدار معینی از حلال یا محلول بر حسب مول یا جرم یا حجم وجود داشته باشد.

* مولاریته: تعداد مول های ماده در حل شونده به یک لیتر محلول می باشد. $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$

* نرمالیه: تعداد اکسیدان ها یا مان ها در حل شونده به یک لیتر محلول می باشد. $\frac{\text{eq}}{\text{L}}$

* مولالیه: تعداد مول های ماده در حل شونده به 1000 گرم حلال (1 kg) می باشد. $\frac{\text{mol}}{\text{kg}}$

ppm: part per million

ppb: part per billion

جرم: مقدار جرم ماده در حل شونده در 1000 یا 100 واحد جرم محلول

$$= \frac{\text{جرم حل شونده}}{(\frac{1000}{100}) \text{ واحد جرم محلول}}$$

مول: تعداد مول ماده در حل شونده در 1000 یا 100 واحد مول محلول

$$= \frac{\text{تعداد مول حل شونده}}{(\frac{1000}{100}) \text{ واحد مول محلول}}$$

حجم: مقدار حجم ماده در حل شونده در 1000 یا 100 واحد حجم محلول

$$= \frac{\text{مقدار حجم حل شونده}}{(\frac{1000}{100}) \text{ واحد حجم محلول}}$$

انواع
یا
ppm
ppb

* در بیان انواع غلظت های ppm و ppb باید واحد صورت و مخبر ذکر می باشد.

* در تمام تعاریف می توان به جای کلمه محلول از کلمه حلال استفاده کرد. (به دلیل این که عدد حل شونده در مقابل

عدد حلال قابل صرف نظر کردن است)

مثال: نمونه‌ای از زغال سنگ نرم از درجه متوسطه دارای مواد مشکلی زیر است:

درصد	مواد
2	گوگرد
1	ازت
6	اکسژن
11	خاکستر
3	آب

با همانند حاصل کربن و هیدروژن با نسبت $\frac{H}{C} = 9$ می‌باشد. مطلوبیت ترکیب درصد مواد مشکلی زغال سنگ

بدون احتساب خاکستر و آب.

مثبت: ۱۰۰ کیلوگرم از زغال سنگ

$$S + N + O + Ash + H_2O = 2 + 1 + 6 + 11 + 3 = 23 \text{ kg}$$

$$C + H = 100 - 23 = 77 \text{ kg}$$

مابرای معادل کربن و هیدروژن برابر:

برای بدست آوردن کیلوگرم کربن و هیدروژن باید میان کاهه‌ای انتخاب کرد.

مثبت: ۱۰۰ کیلوگرم مول از $C + H$

$$\frac{H}{C} = 9 \Rightarrow n_H = 90 \text{ kg mol}$$

$$m_H = n_H \cdot M_H = 90 \times 1 = 90 \text{ kg H}$$

$$n_C = 10 \text{ kg mol}$$

$$m_C = n_C \cdot M_C = 10 \times 12 = 120 \text{ kg C}$$

$$m_{\text{total}} = m_H + m_C = 90 + 120 = 210 \text{ kg}$$

در پایان برای بازگشت به میان اصل داریم:

$$H: 77 \text{ kg} \times \frac{90 \text{ kg H}}{210 \text{ kg total}} = 33 \text{ kg H}$$

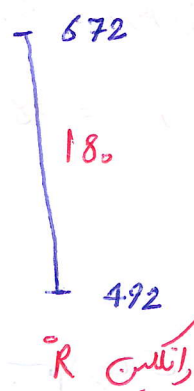
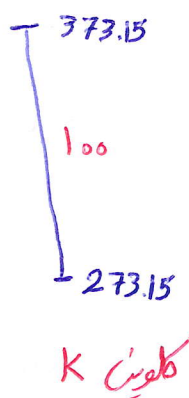
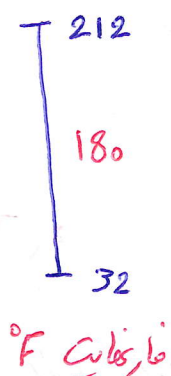
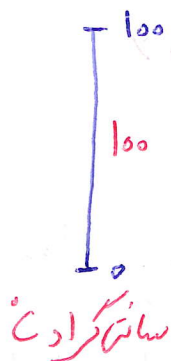
$$C: 77 \text{ kg} \times \frac{120 \text{ kg C}}{210 \text{ kg total}} = 44 \text{ kg C}$$

نسب: $(^{\circ}C, ^{\circ}F)$: نسبت به یک سیال خاص

مطلق: $(K, ^{\circ}R)$: نسبت به جنبش ذرات

انواع دماها

* برای مدرج کردن دما نیچ ها در هر مقیاس دما نیاز به یک نقطه ثابت پایین و یک نقطه ثابت بالایی داریم که معمولاً نقطه ثابت پایینی نقطه انجماد آب و نقطه ثابت بالایی نقطه جوش آب هستند.



* نکته: یک واحد فارنهایت و یک واحد رانکین با یکدیگر برابرند و یک واحد سانترگراد و یک واحد کلوین با یکدیگر برابرند.

* تبدیل مقیاس های دما به یکدیگر:

$$\frac{(\text{نقطه ثابت پایینی} - \text{نقطه ثابت بالایی}) \text{ مقیاس اول}}{(\text{نقطه ثابت پایینی} - \text{نقطه ثابت بالایی}) \text{ مقیاس دوم}} = \frac{(\text{دما مقیاس اول} - \text{نقطه ثابت پایینی}) \text{ مقیاس اول}}{(\text{دما مقیاس دوم} - \text{نقطه ثابت پایینی}) \text{ مقیاس دوم}}$$

* مثال: رابطه مقیاس سانترگراد و فارنهایت را بیابید.

$$\frac{100 - 0}{212 - 32} = \frac{T_C - 0}{T_F - 32} \Rightarrow 1.8 T_C = T_F - 32$$

$$T_F = 1.8 T_C + 32$$

سوال * ۱۰۰°C را در واحدهای زیر بیان کنید.

$$T_K = T_C + 273 \Rightarrow T_K = 100 + 273 = 373$$

ان (K)

$$T_F = 1.8T_C + 32 \Rightarrow T_F = 1.8(100) + 32 = 212$$

°F (F)

$$T_R = 1.8T_C + 492 \Rightarrow T_R = 1.8(100) + 492 = 672$$

°R (R)

سوال * ضریب هدایت حرارتی آلومینیوم در 32°F، $\frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2 (\text{°F/ft})}$ ۱۱۷ است. ضریب مذکور را در

°C و بر حسب $\frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2 (\text{K/ft})}$ بیان کنید.

از آن جا که 32°F برابر صفر درجه سانتیگراد است، لذا نیاز به تبدیل در این مورد نیست. درمجموع

کسر اتحاد ضریب هدایت F در حقیقت همان ΔF است و مقدار معادل آن عبارت از است که

$$117 \frac{\text{Btu. ft}}{\text{hr. ft}^2 \Delta F} \times \frac{1.8 \Delta F}{1 \Delta C} \times \frac{1 \Delta C}{1 \Delta K} = 211 \frac{\text{Btu. ft}}{\text{hr. ft}^2 \Delta K}$$

و در صورت حذف Δ خواهیم داشت:

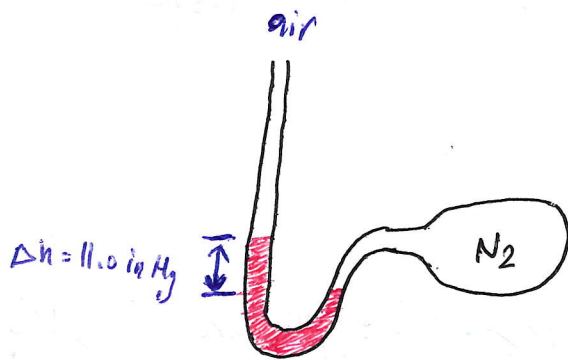
$$117 \frac{\text{Btu. ft}}{\text{hr. ft}^2 \text{°F}} \times \frac{1.8 \text{°F}}{1 \text{°C}} \times \frac{1 \text{°C}}{1 \text{K}} = 211 \frac{\text{Btu}}{\text{hr. ft}^2 (\text{K/ft})}$$

تمرین * ظرفیت حرارتی سولفوریک اسید در اتحاد $\frac{\text{cal}}{\text{g mol. °C}}$ با رابطه زیر داده می شود:

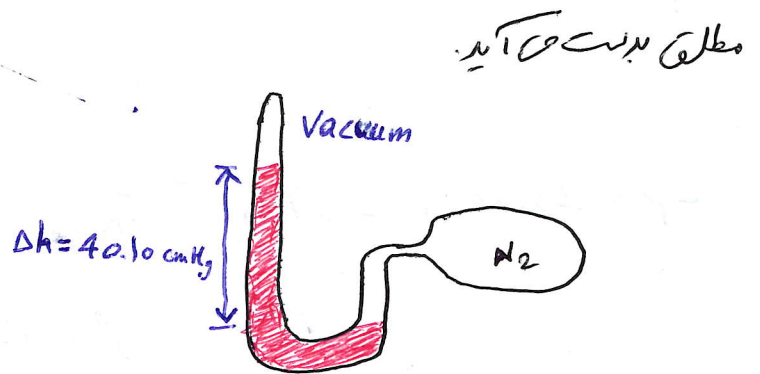
$$C_p = 33.25 + 3.727 \times 10^{-2} T$$

که در این رابطه T بر حسب °C است. معادله فوق را به صورتی بنویسید که ظرفیت حرارتی بر حسب

* بسته به نوع دستگاه اندازه گیری، فشار مطلق و یا نسبی بدست می آید. مثلاً با یک فشارنج سرباز، فشار نسبی قابل اندازه گیری است زیرا فشار اتمسفر بر قیمت سرباز مانده اعمال می شود. در حالی که با سداد کردن سرباز فشارنج و ایجاد خلأ در لوله اندازه گیری، فشار در مقابل خلأ یا عدم وجود فشار را انجام می کرد. با این روش فشار



فشار نسبی (gauge pressure)



فشار مطلق (absolute pressure)

* رابطه بین فشار نسبی و مطلق به صورت زیر است:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{gauge}$$

* واحدهای اندازه گیری فشار به صورت زیر است:

$$1 \text{ atm} = 1.06 \text{ bar} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 29.92 \text{ inHg} = 14.7 \text{ psi} \\ = 33.91 \text{ ftH}_2\text{O} = 760 \text{ torr}$$

PSI: pound square inch

پوند بر اینچ مربع

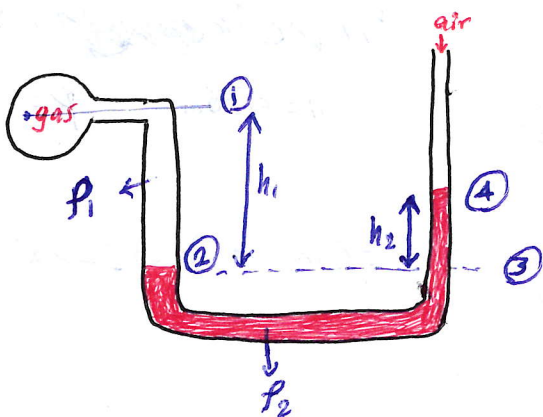
پاگال

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

نیوتن / متر مربع

* فشار اتمسفر استاندارد در سطح دریا و در دمای متوسط اندازه گیری می کنند که برابر 1 atm است.

* اندازه گیری فشار یک مخزن :



$$P_1 = P_{\text{gas}} \Rightarrow P_{\text{gas}} = P_2 - \rho_1 g h_1$$

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

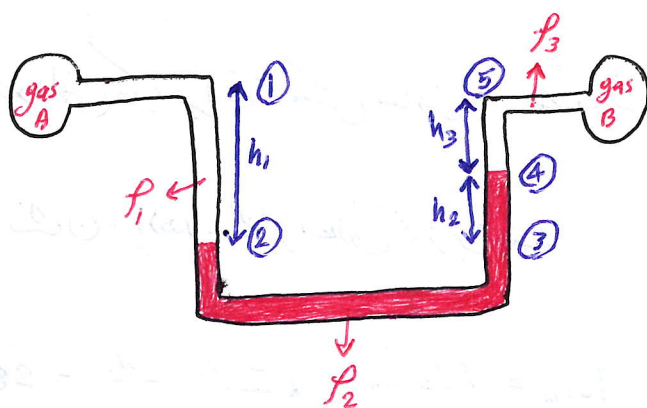
$$P_2 = P_3$$

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

$$P_4 = P_{\text{air}}$$

$$P_{\text{gas}} = P_3 - \rho_1 g h_1 = P_4 + \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1 = P_{\text{air}} + \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1$$

* لزمانی می توان برای اندازه گیری اختلاف فشار بین دو محفظه، پراز گاز هم استفاده کرد.



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

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

$$P_2 = P_3$$

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

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

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

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

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

نیبرای با جاگذاری P_b در معادله نقطه ① داریم:

$$P_a + \rho_{Hg} g h_1 = \rho_{Hg} g h_2$$

$$\rho_{Hg} = 13600 \frac{kg}{m^3} \quad g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P_a = \rho_{Hg} g (h_2 - h_1) = 13600 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} (0.86 - 0.2 = 0.84m) = 111955.2 \text{ Pa}$$

فشار هوا
فشار

$$111955.2 \text{ Pa} \propto \frac{760 \text{ mm Hg}}{1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}} = 840 \text{ mm Hg}$$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{gauge}$$

فشار بدست آمده فشار مطلق می باشد زیرا سیستم تحت خلأ می باشد.

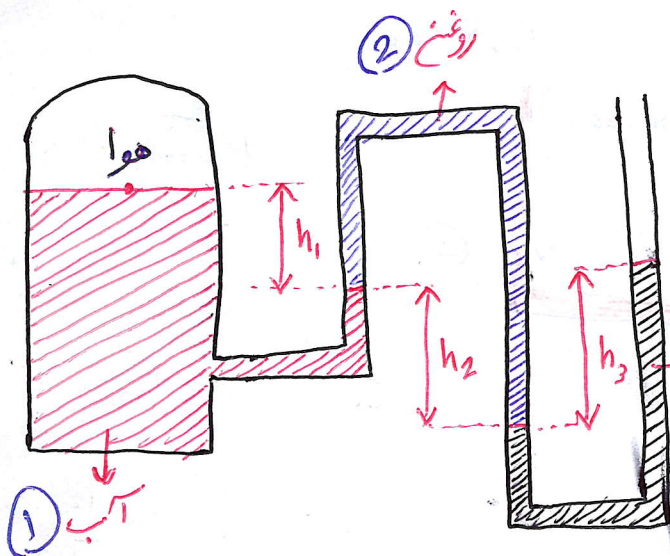
$$P_a = 840 - 700 = 140 \text{ mmHg}$$

(gauge)

* در شکل زیر آبی درون تانک تحت فشار هوا در بالا یک کوه در فشار اتمسفر 85.6 kPa قرار دارد.

فشار هوا درون تانک را تعیین کنید. اگر $h_1 = 0.1 \text{ m}$ و $h_2 = 0.2 \text{ m}$ و $h_3 = 0.35 \text{ m}$ دانسته می شود، روغن

و جیوه به ترتیب $1000 \frac{kg}{m^3}$ و $850 \frac{kg}{m^3}$ و $13600 \frac{kg}{m^3}$ می باشد.



$$P_{air} + \rho_{H_2O} g h_1 + \rho_{oil} g h_2 - \rho_{Hg} g h_3 = P_{atm}$$

$$P_{air} = P_{atm} - \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3$$

$$P_{air} = P_{atm} + g(-\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3)$$

$$44002 \text{ Pa} \propto \frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ Pa}} = 44.0$$

$$P_{air} = 85.6 \text{ kPa} + 9.8 ((-1000 \times 0.1) - (850 \times 0.2) + (13600 \times 0.35)) = 129.6 \text{ kPa}$$

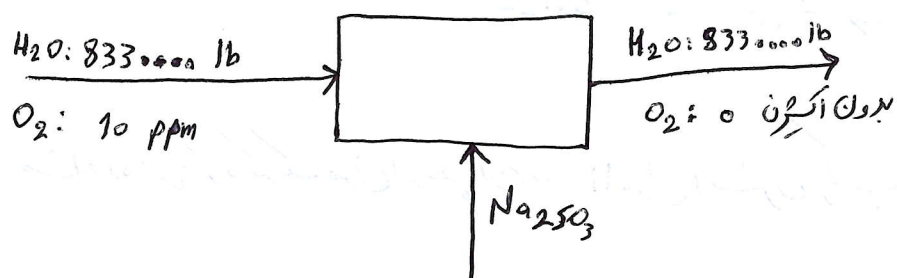
مثال * سولفیت سدیم، اکسیرن موصود در آب ورودی به دگیک بخار را از طریق واکنش زیر حذف می کند:



از نظر تئوری، چند پوند (lb) سدیم سولفیت برای حذف اکسیرن موصود در 833,000 lb (1,000 gal) آب لازم

است؟ در صورتی که غلظت اکسیرن محلول در آب 10 ppm بوده و بخواهیم 35٪ سدیم سولفیت اضافه کنیم

آب داشته باشیم.



$$M_w(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 126$$

مثبت: 833,000 lb آب محلول 10 ppm اکسیرن

$$833,000 \text{ lb H}_2\text{O} \times \frac{10 \text{ lb O}_2}{10^6 \text{ lb H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ lb mol O}_2}{32 \text{ lb O}_2} \times \frac{2 \text{ lb mol Na}_2\text{SO}_3}{1 \text{ lb mol O}_2} \times \frac{126 \text{ lb Na}_2\text{SO}_3}{1 \text{ lb mol Na}_2\text{SO}_3} = 655.99 \text{ lb Na}_2\text{SO}_3$$

$$655.99 \text{ lb Na}_2\text{SO}_3 \times \frac{35}{100} = 229.60 \text{ lb Na}_2\text{SO}_3$$

$$655.99 + 229.60 = 885.59 \text{ lb Na}_2\text{SO}_3$$

مثال * گیس (CaSO4 · 2H2O) بوسیله واکنش سولفوریک اسید با کلسیم کربنات تولید می شود. به نالز یک نوع

شکست معدن آهک به صورت زیر است: 96.89٪ CaCO3 ، 1.41٪ MgCO3 ، 1.7٪ (Inert)

برای حذف 5 تن شکست معدن آهک واکنش داده شود، موارد زیر را محاسبه کنید:

الف) لکسیرم گیس بدون آب (CaSO4) تولید شده

$$5000 \text{ kg سنگ معدن} \times \frac{1.41 \text{ kg MgCO}_3}{100 \text{ kg سنگ معدن}} \times \frac{1 \text{ kmol MgCO}_3}{84.32 \text{ kg MgCO}_3} \times \frac{1 \text{ kmol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kmol MgCO}_3} \times \frac{98.0 \text{ kg H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ kmol H}_2\text{SO}_4} = 81.94 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{مجموع اسید مورد نیاز} = 4742.87 + 81.94 = 4824.81 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 \quad 100\%$$

باید اسید تبدیل به اسید 98٪ شود:

$$4824.81 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 \times \frac{100 \text{ kg اسید}}{98.0 \text{ kg H}_2\text{SO}_4} = 4923.28$$

(ج) از هیدروکسید کربن در اسید تولید می شود.

$$5000 \text{ kg سنگ معدن} \times \frac{96.89 \text{ CaCO}_3}{100 \text{ kg سنگ معدن}} \times \frac{1 \text{ kmol CaCO}_3}{100.1 \text{ kg CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ kmol CO}_2}{1 \text{ kmol CaCO}_3} \times \frac{44.0 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kmol CO}_2} = 2129.45 \text{ kg CO}_2$$

$$5000 \text{ kg سنگ معدن} \times \frac{1.41 \text{ kg MgCO}_3}{100 \text{ kg سنگ معدن}} \times \frac{1 \text{ kmol MgCO}_3}{84.32 \text{ kg MgCO}_3} \times \frac{1 \text{ kmol CO}_2}{1 \text{ kmol MgCO}_3} \times \frac{44.0 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kmol CO}_2} = 36.79 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{مجموع کربن در اسید تولید می شود} = 2129.45 + 36.79 = 2166.24 \text{ kg CO}_2$$

تمرین

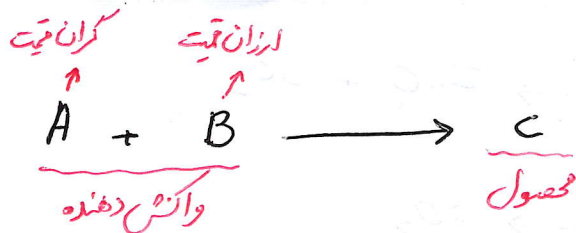
* سولفوریک اسید را می توان به صورت یک محصول جانبی در هنگام تولید فلز روی از سنگ معدن سولفور آکسید است

آورد تجزیه سنگ معدن روی ZnS 65٪ و 35٪ ناخالصی راثن من دهد. سنگ معدن را در کوره ای

من سوزاند و SO_2 حاصل را در یک راکتور کاتالیزور به SO_3 تبدیل می کند، پس SO_3 در آب جذب و تبدیل به

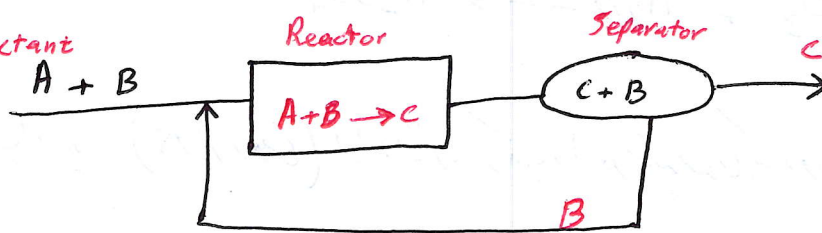
اسید سولفوریک می شود. محصول نهایی شامل 2٪ آب و 98٪ سولفوریک اسید بر مبنای وزن است.

به این ترتیب 99٪ گوگرد موجود در سنگ معدن باز می ماند. واکنش های شیمیایی به قرار زیر است:



$B \rightarrow \text{excess reactant}$

$A \rightarrow \text{limiting reactant}$



* واکنش دهنده محدود کننده (limiting reactant): واکنش دهنده ای که زودتر از سایر واکنش دهنده ها مصرف شده و باعث اتمام واکنش می شود.

* واکنش دهنده اضافی (excess reactant): واکنش دهنده ای که بیشتر از نسبت استوکیومتری وارد شده و مقداری از آن بدون شرکت در واکنش باقی می ماند.

* درصد اضافه (% excess): به صورت زیر محاسبه می شود:

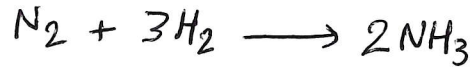
$$\% \text{excess} = \frac{\text{مول های ماده اضافی که باقی مانده است به طور کامل واکنش می دهد} - \text{کل مول های ماده اضافی}}{\text{مول های ماده اضافی که باقی مانده است به طور کامل واکنش می دهد}} \times 100$$

* نکته: همه اگر فقط قسمت از ترکیب شوند، محدود کننده وارد فعل و انفعالات شوند، مقادیر لازم و اضافی را بر مبنای کل مقدار ترکیب شوند، محدود کننده محاسبه می کنند.

* درجه تکمیل واکنش:

درصدی از عامل محدود کننده که در واکنش شرکت می کند را درجه تکمیل می گوئیم.

* واکنش تولید آمونیاک به صورت زیر است:



وارد شده و

در یک راکتور 42.2 lb نیتروژن و 10.46 lb هیدروژن در ساعت کاتالیزور به نیتروژن آمونیاک در راکتور می شود.

محصول آمونیاک خالص از این راکتور مقدار $\frac{1b}{hr}$ 3.60 پوند در ساعت می باشد:

الف) واکنش دهنده محدود کننده کدام است؟

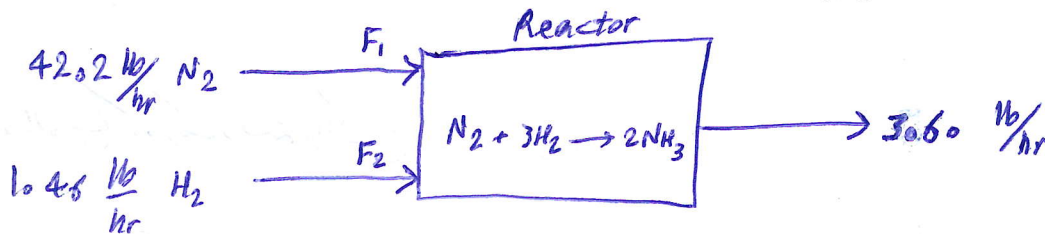
ب) درصد اضافی واکنش دهنده را محاسبه کنید.

2) درصد تبدیل را بدست آورید (بر اساس واکنش دهنده محدود کننده).

(Mw: $N_2 = 28$ $H_2 = 2$ $NH_3 = 17$)

میتا: یک ساعت

میتا: 42.2 lb نیتروژن و 10.46 lb هیدروژن



الف)

$$42.2 \text{ lb } N_2 \propto \frac{1 \text{ lb mol } N_2}{28 \text{ lb } N_2} = 150.07 \text{ lb mol } N_2 \Rightarrow \frac{150.07}{1} = 150.07 \text{ lb mol } N_2$$

$$10.46 \text{ lb } H_2 \propto \frac{1 \text{ lb mol } H_2}{2 \text{ lb } H_2} = 523 \text{ lb mol } H_2 \Rightarrow \frac{523}{3} = 174.33$$

ب) هیدروژن مورد نیاز واکنش را برابر محدود کننده محاسبه می کنیم.

$$150.07 \text{ lb mol } N_2 \propto \frac{3 \text{ lb mol } H_2}{1 \text{ lb mol } N_2} = 450.21 \text{ lb mol } H_2$$

واکنش دارد.

$$600 \quad 0.6 \text{ kg Sb}_2\text{S}_3 \propto \frac{1 \text{ kg mol Sb}_2\text{S}_3}{339.7 \text{ kg Sb}_2\text{S}_3} = 1.77 \text{ kg mol Sb}_2\text{S}_3 \rightarrow \frac{1.77}{1} = 1.77$$

$$250 \quad 0.25 \text{ kg Fe} \propto \frac{1 \text{ kg mol Fe}}{55.8 \text{ kg Fe}} = 4.48 \text{ kg mol Fe} \rightarrow \frac{4.48}{3} = 1.49 \text{ محدود کننده}$$

* آهن محدود کننده باشد زیرا مول های آن کمتر است.

$$4.48 \text{ kg mol Fe} \propto \frac{1 \text{ kg mol Sb}_2\text{S}_3}{3 \text{ kg mol Fe}} = 1.49 \text{ kg mol Sb}_2\text{S}_3 \quad \text{واکنش داد} \quad \text{ج}$$

$$\text{درصد آهن} = \frac{1.77 - 1.49}{1.49} \times 100 = 18.79$$

ج) آهن محدود کننده می باشد و تمام آن واکنش می دهد و باید با توجه به مقدار Sb تولید مقدار آهن واکنش

$$200 \quad 0.2 \text{ kg Sb} \propto \frac{1 \text{ kg mol Sb}}{121.8 \text{ kg Sb}} \propto \frac{3 \text{ kg mol Fe}}{2 \text{ kg mol Sb}} = 2.46 \text{ kg mol Fe} \quad \text{واکنش داد} \quad \text{دارا حساب کنیم:}$$

$$\text{درصد تبدیل} = \frac{2.46}{4.48} = 0.55$$

د) درصد تبدیل را به طور دلخواه می توان برابر Sb₂S₃ بیان کرد.

$$200 \quad 0.2 \text{ kg Sb} \propto \frac{1 \text{ kg mol Sb}}{121.8 \text{ kg Sb}} \propto \frac{1 \text{ kg mol Sb}_2\text{S}_3}{2 \text{ kg mol Sb}} = 0.82 \text{ kg mol Sb}_2\text{S}_3 \quad \text{واکنش داد}$$

$$\text{درصد تبدیل} = \frac{0.82}{1.77} \times 100 = 46.32\%$$

$$\frac{15.78}{19.88} \times 100 = 79.4\%$$

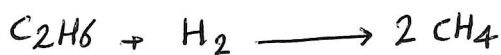
درصد واکنش داده

$$\text{درصد تکمیل} = \frac{5.26}{5.87} = 0.90$$

(ج)

مثال

* در هیدروژن گیری از اتان دو واکنش زیر انجام می شود:



با داشتن توزیع محصول (واکنش در فاز گاز بین اتان و هیدروژن صورت می گیرد) به شرح زیر:

درصد	ترکیب
35	C_2H_6
30	C_2H_4
28	H_2
7	CH_4
100	total

مطلوبت: الف) تولید انتخاب C_2H_4 نسبت به CH_4 (ب) بازده C_2H_4 بر حسب کیلوگرم مول اتیلن به

کیلوگرم مول اتان

مبنای: 100 کیلوگرم مول از محصول

$$\text{Selectivity} = \frac{\overset{\text{مطلوب}}{\uparrow} 30 \text{ kg mol C}_2\text{H}_4}{\underset{\text{نامطلوب}}{\downarrow} 7 \text{ kg mol CH}_4} = 4.29 \frac{\text{mol C}_2\text{H}_4}{\text{mol CH}_4}$$

الف)

* قانون بقای جرم (Conservation law):

جرم (انرژی) نه به وجود می آید و نه از بین می رود بلکه از حالت به حالت دیگر تغییر می کند.

* منظور از موازنه‌ی ماده چیزی نیست به جز به کار بستن قانون بقای جرم

* سیستم (System):

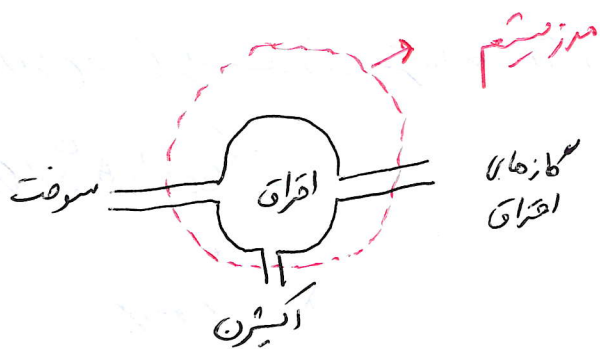
یک قسمت دلخواه و ماکل فرایندی است که مطالعه بر روی آن انجام می گردد.

محیط (Surround):

بقیه جهان به جز سیستم را محیط گویند.

مرز سیستم (System boundary):

خطوط فرضی که سیستم را از محیط جدا کرده است.



open (flow)

باز (جاری)

closed (batch)

بسته (ناپویسته)

* انواع سیستم

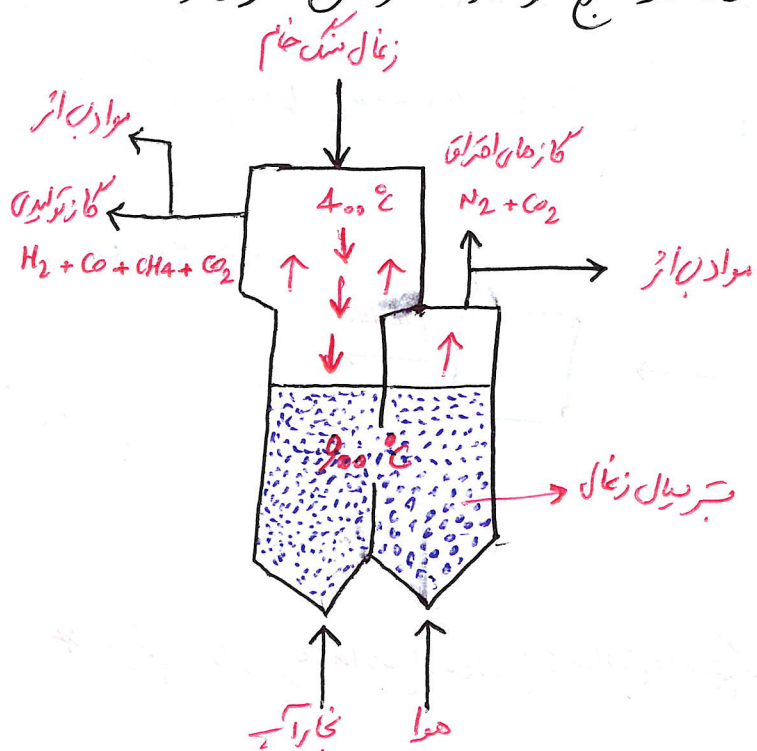
سیستم باز (Open (or flow) system): در یک سیستم باز مواد از حدود سیستم عبور می کنند یعنی وارد سیستم

شده و یا از آن خارج می شود و یا هر دو مورد تماماً صورت می گیرد.

ج) اگر راکتور در حالت ن داده نده در شکل کار کند و 2000 kg/hr بخار آب نیز به آن اضافه شود، چند

کلوگرم در ساعت گازها حاصل از احتراق و سوخت گاز از راکتور خارج خواهد شد. واکنش احتراق زغال سنگ

کامل فرض شود.



مبنا: یک ساعت

محول باید لر و لکواغت عر باید

الف) نظر به این که 1200 kg/hr زغال سنگ وارد راکتور می شود و تجمع نیز وجود ندارد، لذا 1200 kg/hr هم خارج

می شود.

ب) برای هوای نیز، 15000 kg/hr هوا باید از راکتور خارج شود.

ج) تمام مواد موجود در زغال سنگ به استثنای مواد جامد با اثر به شکل گاز از راکتور خارج می شوند. در نتیجه

در تمام جرم کل مواد ورودی به واحد را محاسبه کرده و جرم جامد با اثر را از آن کم کنیم به این ترتیب جرم گازها

حاصل از احتراق را بدست آوریم.

$$\text{مواد با اثر} = 1200 \text{ kg} = \frac{\text{مواد با اثر} \text{ kg}}{\text{زغال سنگ} \text{ kg}} \times \text{زغال سنگ} \text{ kg} = 1200 \text{ kg}$$

$$\text{ورودی} = 1200 + 15000 + 2000 = 18200 \text{ kg}$$

$$\text{output} = 18200 - 1200 = 17000 \text{ kg/hr}$$

$$2.17 - 2.00 = 0.17 \text{ lbmol } O_2$$

معرفند.

$$0.17 \text{ lbmol } O_2 \propto \frac{32.0 \text{ lb } O_2}{1 \text{ lbmol } O_2} = 5.44 \text{ lb } O_2 \quad \text{معرفند.}$$

$$300 \text{ lb هوا} \propto \frac{1 \text{ lbmol هوا}}{29.0 \text{ lb هوا}} \propto \frac{79.0 \text{ lbmol } N_2}{100 \text{ lbmol هوا}} = 8.17 \text{ lbmol } N_2 \rightarrow \text{درهوائ ورودی}$$

* نیتروژن در واکنش شرکت نمی‌کند بنابراین درهوائ خروج نیز 8.17 lbmol نیتروژن وجود خواهد داشت.

$$8.17 \text{ lbmol } N_2 \propto \frac{28.0 \text{ lb } N_2}{1 \text{ lbmol } N_2} = 228.76 \text{ lb } N_2 \rightarrow \text{درهوائ ورودی و خروجی}$$

* کربن ورودی تماماً وارد واکنش می‌شود بنابراین کربن خالص در خروجی نخواهیم داشت.

$$2.00 \text{ lbmol } C \propto \frac{1 \text{ lbmol } CO_2}{1 \text{ lbmol } C} \propto \frac{44.0 \text{ lb } CO_2}{1 \text{ lbmol } CO_2} = 88 \text{ lb } CO_2 \rightarrow \text{در خروجی}$$

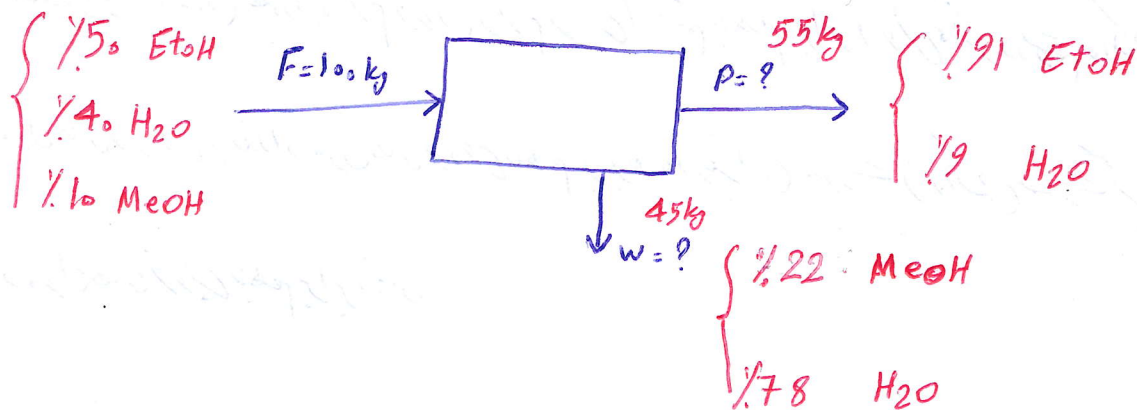
$$88 \text{ lb } CO_2 \propto \frac{1 \text{ lbmol}}{44.0 \text{ lb } CO_2} = 2.00 \text{ lbmol } CO_2 \rightarrow \text{در خروجی}$$

input	lb	lbmol	output	lb	lbmol
O_2	59.44	2.17	O_2	5.44	0.17
N_2	228.76	8.17	N_2	228.76	8.17
C	24	2.00	CO_2	88	2.00
	<u>322.2</u>	<u>12.34</u>		<u>322.2</u>	<u>10.34</u>

← کل مول‌های ورودی

← کل مول‌های خروجی

* مول‌های ورودی و خروجی برابر نیستند ولی کل اتم ورودی با کل اتم خروجی برابرند.

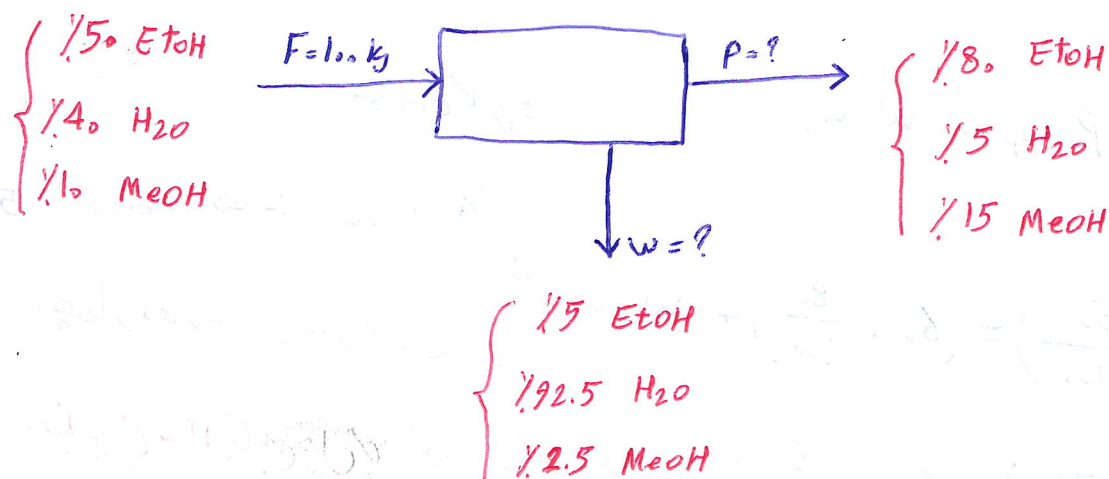


$$\text{EtOH: } 100 \left(\frac{5}{100} \right) = P \left(\frac{91}{100} \right) \Rightarrow 5 = 0.91 \cdot P \Rightarrow P = 55 \text{ kg}$$

$$\text{MeOH: } 100 \left(\frac{1}{100} \right) = W \left(\frac{22}{100} \right) \Rightarrow 1 = 0.22 \cdot W \Rightarrow W = 45 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O: } 100 \left(\frac{4}{100} \right) = P \left(\frac{9}{100} \right) + W \left(\frac{78}{100} \right)$$

$$\text{Total: } 100 = P + W$$



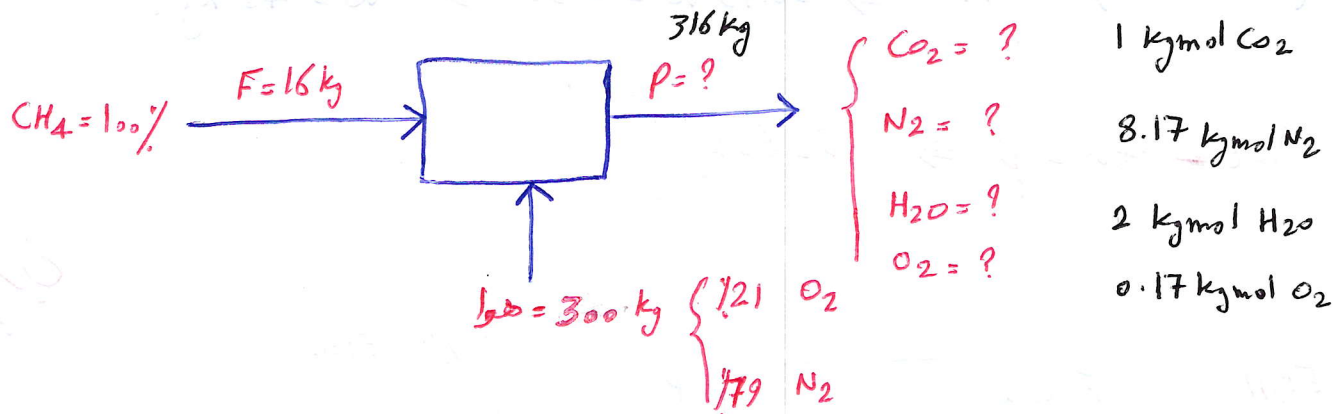
$$\text{EtOH: } 100 \left(\frac{5}{100} \right) = P \left(\frac{8}{100} \right) + W \left(\frac{5}{100} \right)$$

$$\text{MeOH: } 100 \left(\frac{1}{100} \right) = P \left(\frac{15}{100} \right) + W \left(\frac{2.5}{100} \right)$$

$$\text{Total: } 100 = P + W \Rightarrow P = 100 - W$$

تکته
* باید توجه داشت که در مورد عناصر، موازنه های جرم و مول هر دو صحیح می باشد.

* در مورد اتم نیز موازنه خواسته شده (محصول) را مشخص نمائید:



مبنا: 16 kg متان ورودی

* برای C، O_2 ، N_2 و H_2 موازنه های مولی می نویسیم:

C: $\text{kgmol C}_{in} = \text{kgmol C}_{out} \rightarrow CO_2$

H_2 : $\text{kgmol } H_2_{in} = \text{kgmol } H_2_{out} \rightarrow H_2O$

O_2 : $\text{kgmol } O_2_{in} = \text{kgmol } O_2_{out} \rightarrow CO_2 + H_2O + O_2$

N_2 : $\text{kgmol } N_2_{in} = \text{kgmol } N_2_{out}$

F, D: $16 \text{ kg } CH_4 \propto \frac{1 \text{ kmol } CH_4}{16 \text{ kg } CH_4} \propto \frac{1 \text{ kmol } C}{1 \text{ kmol } CH_4} = 1 \text{ kmol } C \rightarrow \text{در ورودی}$

P, R: $1 \text{ kmol } C \propto \frac{1 \text{ kmol } CO_2}{1 \text{ kmol } C} = 1 \text{ kmol } CO_2 \rightarrow \text{در خروجی}$

* مسائل موازنه مواد باطل متعجم:

فرایند احتراق (combustion) در صنعت دارای اهمیت و کاربرد زیادی است. بنابراین برخی تعاریف را

را به شرح زیر می آوریم:

* گاز دودکش (Flue or stack gas): تمام گازهای حاصل از احتراق با در نظر گرفتن بخار آب موجود

در آن ها را گویند. بعضی اوقات به نام مبنای مرطوب می خوانند.

* تجزیه اورسات یا مبنای خشک (orsat analysis or dry basis): آنالیز گازهای حاصل از احتراق

بدون در نظر گرفتن بخار آب.

* هوای تئوری یا اکسیژن تئوری (Theoretical air or Theoretical oxygen): مقدار هوایی (یا اکسیژن)

است که برای احتراق کامل با سربار وارد عمل شود. بعضی اوقات این مقدار به نام هوای مورد نیاز (یا اکسیژن مورد

نیاز) خوانده می شود. \rightarrow (required air)

* هوای اضافی یا اکسیژن اضافی (excess air or excess oxygen): مقدار هوا (یا اکسیژن) مازاد بر

آنچه جهت احتراق کامل مورد نیاز است.

* نکته: متأسفانه عمل احتراق به طور ناقص انجام می شود. مبنای محاسبه هوای اضافی بر حسب کامل خواهد بود.

* نکته: درصد هوای اضافی و درصد اکسیژن اضافی یکسان هستند.

$$\% \text{ excess air} = \frac{\text{excess air}}{\text{required air}} \times 100 \quad \text{or} = \frac{\text{excess oxygen}}{\text{required oxygen}}$$