

فصل دوم

جریان های یک فرآیند , متغیر ها, فلو شیت ها - Flow Sheets و موازنه جرم

قسمت اول

لینک سریع به مطالب : ابعاد و آحاد , جرم , مول , ترکیب اجزا , دما , فشار , حجم , دانسیته , غلظت , شدت جریان (دبی)

مقدمه

برای آنکه موادی را به میزان زیاد و در ابعاد صنعتی تولید کنیم, باید کارخانه ای را طراحی کنیم , آن را بسازیم و بالاخره آن را راه اندازی و هدایت و کنترل کنیم. کارخانه , به مجموعه تاسیسات فیزیکی گفته میشود که توسط آنها مواد اولیه دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی خاصی می شوند تا ماده مورد نظر تولید شود. در این فصل به بررسی رابطه بین مواد موجود در قسمت های مختلف تاسیسات یک کارخانه می پردازیم.



یک مرغداری

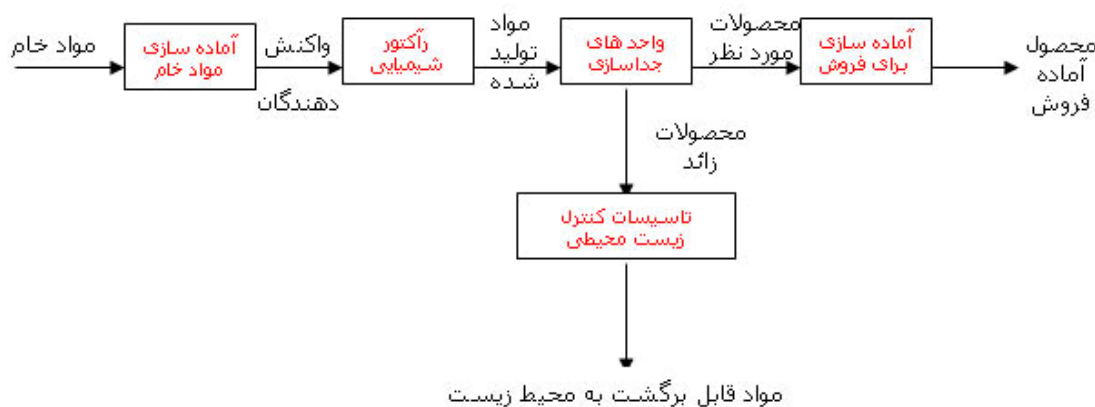


یک کارخانه داروسازی



یک کارخانه پتروشیمی

قسمت های مختلف یک فرآیند و جریان های مواد بین آنها را به صورت تصویری نمایش میدهند که به آن **FLOW SHEET** می گویند. به طور کلی, هر فرآیند قسمتی یا تمامی بخش های زیر را داراست:



- واحد آماده سازی مواد خام: مواد خام را به مشخصات فیزیکی مورد نیاز برای انجام واکنش میرساند. (**Feed** Preparation Facilities)
- رآکتور شیمیایی: شرایطی را بوجود می آورد که بتوان واکنش های شیمیایی دلخواه را در آن انجام داد و کنترل نمود. (Reactor)
- واحد جداسازی: به ما کمک میکند تا محصولات مورد نظر , مواد واکنش نداده , محصولات جانبی و همچنین زایده های یک فرآیند را از هم جدا نماییم. (Separator)

- تاسیسات کنترل زیست محیطی: در استفاده مجدد از زایده ها و دفع مناسب مواد به محیط زیست کاربرد وسیعی دارند.
(Environmental Control Facilities)
- تجهیزات آماده سازی برای فروش: مخلوط، رقیق، خرد و بسته بندی کردن و در نهایت انبار کردن محصولات آماده فروش
(Product Formulation Facilities)
- تاسیسات انتقال مواد: در تمامی حالات فیزیکی جامد مایع گاز (Material transfer equipment)
- تاسیسات انتقال انرژی: تامین کننده گرما، سرما، و کارهای مکانیکی مورد نیازند.
(Energy transfer equipment)

واضح است که هر FLOW SHEET دارای یک یا چند متغیر عددی می باشد. هدف ما هم بررسی مقدار این متغیرها و همچنین چگونگی تغییر آنهاست. متغیر هایی که ما فعلا به آنها علاقه مندیم عبارتند از:

مول **Mole**، جرم **Mass**، ترکیب اجزا **Composition**، غلظت **Concentration**، فشار **Pressure**، دما **Temperature**، حجم **Volume**، دانسیته (معروف به دانسیته) **Density**، و شدت جریان (دبی) **Flow rate**.

ابعاد و واحدها

به طور قطعی شناسنامه هر عدد واحد آن است و هر متغیر عددی نیز، واحدی دارد. جواد با سرعت 10 راه می رود. این جمله مبهم است. چون واحد عدد آن شناخته شده نیست. ولی به دو جمله زیر که در آنها **واحد** ها ذکر شده اند، توجه کنید:

1- علی با سرعت 10 **کیلومتر در ساعت** راه می رود.

2- علی با سرعت 10 **فوت در ثانیه** راه می رود.

ابعاد مورد نظر ما در حال حاضر: طول L، جرم M، زمان t، دما T، و مقدار مولی N می باشند.

ابعادی مانند حجم، فشار، مساحت، و **دانسیته** را نیز از ابعاد خط بالا به دست می آوریم.

برای مثال بعد فشار، $\frac{M}{Lt^2}$ می باشد.

هر بعد دارای واحد است. واحد طول میتواند متر باشد. همچنین طول میتواند واحدهایی چون: فوت، میلیمتر، سال نوری و... داشته باشد. و همانگونه که میدانیم این واحدها قابل تبدیل به یکدیگر هستند. به عنوان مثال: هر فوت برابر با 0.3048 متر. در واقع ضریب تبدیل **Conversion Factor**: $1\text{ft}=0.3048$ مشخصه ای است که ما را در تبدیل یک واحد به واحد دیگر توانا می کند. پس:

هر بعد دارای واحد های مختلفی است که با دانستن ضریب های تبدیل مناسب قابل تبدیل به یکدیگرند.

این ضرایب تبدیل را در Handbook های معتبری همچون Perry میتوان یافت. لیست زیر ضرایب تبدیلی است که ما در این درس نیاز داریم. سعی نکنید این جدول و باقی جدول ها را حفظ کنید. فقط باید بتوانید از آنها استفاده کنید. به این جهت با هم به مثال زیر توجه می کنیم:

Quantity	Equivalent units
Mass	1 kg = 1000 g = 10 ⁻³ metric ton = 2.2046 lb = 35.274 oz. 1 lb = 0.45359 kg = 453.59 g = 16 oz. = 5 × 10 ⁻⁴ ton (short) 1 ton (short) = 2000 lb = 907.18 kg = 0.90718 metric ton
Temperature	T(K) = T(°C) + 273.15 = (5/9)T(°R) T(°F) = 1.8 T(°C) + 32 = T(°R) - 459.67
Pressure	1 bar = 0.1 MPa = 100 kPa = 10 ⁵ Pa = 750.062 mm Hg (at 0°C) = 33.4553 ft H ₂ O (at 4°C) = 14.50377 lb _f /in ² (psi) = 0.9869233 atm 1 atm = 0.101325 MPa = 101.325 kPa = 1.01325 × 10 ⁵ Pa = 760 mm Hg (at 0°C) = 33.89864 ft H ₂ O (at 4°C) = 14.69595 lb _f /in ² (psi) = 1.01325 bar
Volume	1 cm ³ = 1 mL = 0.001 L = 0.06102374 in ³ = 3.5315 × 10 ⁻⁵ ft ³ = 0.033814 fl. oz. (U.S.) = 2.6418 × 10 ⁻⁴ gal (U.S.) 1 liter (L) = 1000 cm ³ = 1 dm ³ = 0.001 m ³ = 61.02374 in ³ = 0.03531467 ft ³ = 33.814 fl. oz. (U.S.) = 1.056688 qt (U.S. liquid) = 0.26417205 gal (U.S.) = 0.21997 gal (U.K.) 1 ft ³ = 28317 cm ³ = 28.316847 L = 7.480519 gal (U.S.) = 0.803564 bushels (U.S. dry) 1 barrel (bbl) oil = 42 gal (U.S.) = 158.987 L = 1.333 barrels (U.S. liquid)
Density	1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³ = 1 kg/L = 62.42796 lb/ft ³ = 8.345404 lb/gal (U.S.) = 0.0361279 lb/in ³
Energy	1 J = 0.001 kJ = 1 kg m ² /s ² = 10 ⁷ erg = 0.2389 cal = 2.7778 × 10 ⁻⁷ kWh = 0.737562 ft lb _f = 9.47817 × 10 ⁻⁴ Btu = 0.009869 L atm = 0.0003485 ft ³ atm 1 kcal = 1000 cal = 4.184 kJ = 4184 J = 3086 ft lb _f = 3.966 Btu 1 Btu = 1.055 kJ = 1055 J = 252 cal = 778.16 ft lb _f = 3.929 × 10 ⁻⁴ hp h
Power	1 kW = 1 kJ/s = 1000 J/s = 860.4 kcal/h = 3412 Btu/h = 737.6 ft lb _f /s = 1.3405 hp 1 hp = 745.7 J/s = 641.88 kcal/h = 2545 Btu/h = 550 ft lb _f /s = 0.7457 kW
Physical Constants	
Ideal gas constant R	83.144 bar cm ³ /gmol K = 82.057 atm cm ³ /gmol K = 62.361 mmHg L/gmol K = 0.083144 bar L/gmol K = 0.082057 atm L/gmol K = 1.314 atm ft ³ /lbmol K = 555.0 mmHg ft ³ /lbmol °R = 10.73 psi ft ³ /lbmol °R = 0.7302 atm ft ³ /lbmol °R = 8.3144 J/gmol K = 1.9872 cal/gmol K = 1.9872 Btu/lbmol °R = 1544.3 ft lb _f /lbmol °R
Acceleration due to gravity g _e	9.8066 m/s ² = 980.66 cm/s ² = 32.174 ft/s ²
Speed of light in vacuum c	2.99792 × 10 ⁸ m/s

مثال : هر لیتر بنزین در سال 85 در ایران، برابر 80 تومان است. دلار آمریکا برابر 912 تومان، این ژاپن برابر 155 یورو، و یورو برابر 1.32 دلار آمریکاست. اگر شما 37 لیتر بنزین در ایران بخرید، معادل چند این ژاپن باید پول بپردازید؟

$$37(\cancel{\text{liter}}) \times \left(\frac{80\cancel{\text{toman}}}{1\cancel{\text{liter}}} \right) \times \left(\frac{1\cancel{\$US}}{912\cancel{\text{toman}}} \right) \times \left(\frac{1\cancel{\text{Euro}}}{1.32\cancel{\$US}} \right) \times \left(\frac{155\cancel{\text{Yen}}}{1\cancel{\text{Euro}}} \right) = 381.114\text{Yen}$$

راهنمایی مهم- از گیج شدن فرار کنیم : چند متغیر عددی، یا عدد هنگامی میتوانند :

- با هم جمع شوند،
- از هم کم شوند،
- در 2 طرف یک مساوی قرار گیرند،

که دارای واحد یکسانی باشند.

مثال ساده: مجموع 2 شیشه شیر با 4 نان سنگک چند کیلو غذا می شود؟

~~$$\text{کیلو غذا } 6 = \text{شیشه شیر } 2 + \text{عدد نان سنگک } 4$$~~

$$= (1 \text{ شیشه شیر} / 0.495 \text{ kg}) + 2 \text{ (نان سنگک } 1 / 0.580 \text{ kg)} \text{ نان سنگک } 4$$

$$\text{غذا } 3.310 \text{ kg} = \text{شیر } 0.990 \text{ kg} + \text{نان سنگک } 2.320 \text{ kg}$$

جرم ، مول ، و ترکیب اجزا :

میدانیم که:

جرم مولی مقدار جرم ، با واحد [g] ، یک مول (6.02214×10^{23}) اتم یا مولکول از یک ماده است. واحد آن [g / gmol] می باشد.

برای راحتی جرم مولی را با واحدهایی چون: [ton / tonmol] ، [kg / kgmol] ، [lb / lbmol] و هر واحدی که بعد: [M/N] را داشته باشد، نیز می نویسند. مانند باقی واحد ها ، این واحدها نیز قابل تبدیل به یکدیگرند. (چگونه ؟)

- برای آنکه مقدار جرم را از مقدار مول ها بدست آوریم ، مقدار مول ها را در جرم مولی ضرب میکنیم.

$$m_i = n_i M_i \quad \text{برای ماده } i$$

- برای آنکه مقدار مول ها را از مقدار جرم بدست آوریم ، مقدار جرم را بر جرم مولی تقسیم میکنیم.

$$n_i = \frac{m_i}{M_i} \quad \text{برای ماده } i$$

- گاهی وقت ها علاقه مندیم تا مقدار مول های یک عنصر را در یک ترکیب مشخص کنیم.

برای عنصر h در ترکیب i داریم:

$$n_{hi} = \varepsilon_{hi} n_i = \varepsilon_{hi} \frac{m_i}{M_i}$$

ε_{hi} تعداد مول های عنصر h در ترکیب i میباشد.

مثال : 12 گرم مول (gmol) گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) در یک ظرف داریم. میخواهیم بدانیم چند گرم گلوکز و چند گرم مول کربن در این ظرف موجود است؟

$$m_{glucose} = n_{glucose} M_{glucose} = 12 \text{ gmol}_{glucose} \times \frac{180 \text{ g}_{glucose}}{\text{gmol}_{glucose}} = 2160 \text{ g}_{glucose}$$

$$n_{C-in-glucose} = \varepsilon_{C-in-glucose} n_{glucose} = \frac{6 \text{ gmol}_C}{1 \text{ gmol}_{glucose}} \times 12 \text{ gmol}_{glucose} = 72 \text{ gmol}_C$$

اگر چه این مسئله بدون نیاز به فرمول فوایدی به راحتی قابل حل است، ولی به یاد داشته باشید که همیشه باید توان نوشتن مفاهیم را به صورت فرمول داشته باشید. در غیر این صورت در مقاطع بالاتر با مشکل مواجه فواید شد. فرمول ها همگی برگرفته از مفاهیم هستند. پس ابتدا مفاهیم را متوجه شوید، سپس سعی کنید فواید فرمول های مورد نظر را از مفاهیم استخراج کنید. این یک تمرین خیلی خوب است.

هنگامی که مخلوطی از چند ماده دارید، چه در لوله های انتقال مواد و چه در دستگاه ها، همیشه نیاز داریم بدانیم که چه کسری از هر ماده (یا چه درصدی از هر ماده) در این مخلوط موجود است. برای این امر 2 مفهوم زیر به کار می روند:

- **کسر مولی** ماده i در یک مخلوط = مقدار مول ماده i تقسیم بر مقدار مول های کل مخلوط

$$x_i = \frac{n_i}{\sum_i n_i} = \frac{n_i}{n}$$

- **درصد مولی** ماده i در یک مخلوط = کسر مولی ماده i ضرب در 100

$$x_i \times 100$$

- **کسر جرمی** ماده i در یک مخلوط = مقدار جرم ماده i تقسیم بر مقدار جرم کل مخلوط

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i} = \frac{m_i}{m}$$

- **درصد جرمی** ماده i در یک مخلوط = کسر جرمی ماده i ضرب در 100

$$w_i \times 100$$

و یادمان نرود که : $\sum_i x_i = 1$ و $\sum_i m_i = 1$

مثال: 12 گرم مول (gmol) گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) , به همراه 3 گرم مول کلرید سدیم (NaCl) در 85 گرم مول آب (H₂O) حل کرده ایم. کسر مولی , کسر جرمی , و درصد جرمی گلوکز را در این محلول بیابید. (جرم مولی گلوکز , کلرید سدیم , و آب به ترتیب برابر 180 , 58.5 , و 18 gmol می باشد.)

توجه کنید که این دو عدد واحدی ندارند

$$x_{glucose} = \frac{12 \text{ gmol}_{glucose}}{12 \text{ gmol}_{glucose} + 3 \text{ gmol}_{NaCl} + 85 \text{ gmol}_{water}} = 0.12$$

$$W_{glucose} = \frac{12 \text{ gmol}_{glucose} \times (180 \text{ g / gmol})}{12 \text{ gmol}_{glucose} \times (180 \text{ g / gmol}) + 3 \text{ gmol}_{NaCl} \times (58.5 \text{ g / gmol}) + (18 \text{ g / gmol}) 85 \text{ gmol}_{water}} = 0.56$$

$$\text{درصد جرمی گلوکز} = 0.56 \times 100\% = 56\% \text{ (56 wt\%)}$$

دما: یکی از بعد های مهم , دما می باشد. دما دارای واحد های مختلفی است.

کلوین (K) و رنکین (°R) که , واحد های مطلق دما هستند, یعنی بازه مقیاس آنها از صفر (صفر مطلق) آغاز میشود و هیچگاه منفی نمیشود. **سلسیوس (°C)** و **فارنهایت (°F)** نیز دو واحد دیگر برای اندازه گیری دما هستند. این 4 واحد را به شرح زیر میتوانید به یکدیگر تبدیل کنید:

$$\begin{aligned} T (K) &= T (^\circ C) + 273.15 \\ T (^\circ R) &= T (^\circ F) + 459.67 \\ T (^\circ R) &= 1.8 T (K) \\ T (^\circ F) &= 1.8 T (^\circ C) + 32 \\ T (^\circ C) &= 5/9 [T (^\circ F) - 32] \end{aligned}$$

مثال:

$$25 \text{ } ^\circ C = 77 \text{ } ^\circ F = 298.15 \text{ K} = 536.67 \text{ } ^\circ R$$

فشار: فشار، نیروی وارد بر واحد سطح است. بعد آن $[M/Lt^2]$ میباشد. (چرا؟)

فشار نیز دارای واحد های مختلفی است. برای تبدیل این واحد ها به هم می توانید از ضرایب تبدیل زیر استفاده کنید:

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bar} = 0.101325 \text{ MPa} = 760 \text{ mmHg (at } 0^\circ \text{ C)} \\ = 33.89854 \text{ ft H}_2\text{O (at } 4^\circ \text{ C)} = 14.69595 \text{ psi (} lb_f / in^2 \text{ : pound force per square inch)}$$

$$1 \text{ bar} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^6 \text{ dyn/cm}^2 = 750.062 \text{ mmHg (at } 0^\circ \text{ C)} \\ = 33.4553 \text{ ft H}_2\text{O (at } 4^\circ \text{ C)} = 14.50377 \text{ psi} = 0.9869233 \text{ atm}$$

مثال:

$$5.075 \text{ bar} \left(\frac{1 \text{ atm}}{1.01325 \text{ bar}} \right) \left(\frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ atm}} \right) = 33807 \text{ mmHg}$$

یک کوپولو دقت کنیم که:

یک فشار سنج GAUGE که در هوای آزاد به هیچ منبعی وصل نباشد، یا به عبارتی فقط تحت فشار جو زمین باشد، عدد صفر را نشان می دهد، نه یک! پس فشار GAUGE اختلاف فشار، بین فشار منبع و فشار جو زمین است:

$$\text{gauge pressure} = \text{absolute pressure} - \text{atmospheric pressure}$$

فشار Gauge را با **g**، و فشار مطلق را با **a** نمایش می دهند. مانند: **psia** و **psig**

مثال:

$$5.07542 \text{ bar} - 1.013325 \text{ bar} = 4.06217 \text{ barg}$$

حجم، دانسیته، و غلظت

- بعد حجم L^3 میباشد، و دارای واحد های زیادیست. توسط ضرایب تبدیل زیر میتوانید این واحد ها را به یکدیگر تبدیل کنید:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ cm}^3 &= 1 \text{ mL} = 0.001 \text{ L} = 0.033814 \text{ fl. oz. (U.S.)} = 0.06102374 \text{ in}^3 \\
 &= 2.6418 \times 10^{-4} \text{ gallons (U.S.)} = 3.532 \times 10^{-5} \text{ ft}^3 \\
 1 \text{ liter (L)} &= 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3 = 0.001 \text{ m}^3 = 61.02374 \text{ in}^3 = 0.03531467 \text{ ft}^3 \\
 &= 33.814 \text{ fl. oz. (U.S.)} = 2.11376 \text{ pints (U.S. liquid)} \\
 &= 1.056688 \text{ qt (U.S. liquid)} = 0.26417205 \text{ gallons (U.S.)} \\
 &= 0.21997 \text{ gallons (U.K.)} \\
 \text{ft}^3 &= 28316.847 \text{ cm}^3 = 28.316847 \text{ L} = 0.028316847 \text{ m}^3 = 1728 \text{ in}^3 \\
 &= 7.480519 \text{ gallons (U.S.)} = 0.803564 \text{ bushels (U.S. dry)} = 0.037037 \text{ yd}^3 \\
 1 \text{ barrel (oil)} &= 158.987 \text{ L} = 42 \text{ gallons (U.S.)} = 1.333 \text{ barrels (U.S. liquid)} \\
 &= 5.614583 \text{ ft}^3 = 0.15899 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

مثال:

$$5.075 \text{ ft}^3 \left(\frac{7.480519 \text{ gal (U.S.)}}{\text{ft}^3} \right) = 37.96 \text{ gal (U.S.)}$$

معمولا در هنگام کار راحت تریم که به جای حجم، حجم واحد جرم، یا حجم واحد مول را استفاده کنیم.

- حجم واحد جرم را **حجم مخصوص** (**specific volume**) می نامیم که بعد آن $[L^3 / M]$ می باشد.
- حجم واحد مول را **حجم مولی** (**molar volume**) می نامیم که بعد آن $[L^3 / N]$ می باشد.
- متاسفانه برای هر دو، علامت \hat{V} را استفاده میکنیم، ولی خوشبختانه از روی واحد و بعد آن می توانیم به راحتی در هر مسئله بفهمیم که منظور کدام است، حجم مخصوص یا حجم مولی.
- **دانسیته** (**density**)، معکوس حجم مخصوص است، پس بعد آن $[M / L^3]$ می باشد.
- **دانسیته مولی** (**Molar density**)، معکوس حجم مولی است، پس بعد آن $[N / L^3]$ می باشد.
- در اینجا نیز هر دو دانسیته را با علامت ρ نمایش میدهیم، که با توجه به شرایط مسئله متوجه میشویم که منظور کدام است، دانسیته یا دانسیته مولی.
- **Specific Gravity**، نسبت دانسیته هر ماده به دانسیته آب در 4 درجه سلسیوس میباشد پس بعد ندارد. (چرا؟)

برای دسترسی به **Specific Gravity** و دانسیته مواد مایع و جامد، می توانید به

CRC Handbook of Chemistry and Physics رجوع کنید.

دنسیته جامد ها , تقریبا مستقل از فشار و دما است.

دنسیته مایع ها , تقریبا مستقل از فشار ولی تا حدی وابسته به دما می باشد.

ضرایب تبدیل زیر را برای تبدیل واحد های مختلف دنسیته به یکدیگر به کار برید.

$$1g/cm^3 = 1000kg/m^3 = 1kg/L = 62.42796Lb/ft^3 = 8.245404Lb/gal(U.S) = 0.0361279Lb/in^3$$

مثال: به ما گزارش دادن که specific gravity مایع بنزن $0.8765^{20/4}$ می باشد. منظور از این عدد آن است که نسبت دنسیته مایع بنزن در دمای $20^\circ C$ به دنسیته آب در دمای $4^\circ C$ برابر 0.8765 میباشد. میدانیم که دنسیته آب در این دما، برابر $1g/cm^3 = 62.42796Lb/ft^3$ میباشد. پس دنسیته بنزن در دمای گفته شده برابر $0.8765g/cm^3$ یا $54.72Lb/ft^3$ می باشد.

دنسیته گازها , به شدت به دما و فشار وابسته است. برای بیشتر گازها و یا مخلوط گازها در دما و فشاری متعادل (که گاز به صورت ایده آل است) , از قانون گازهای ایده آل استفاده میکنیم , تا دنسیته گاز یا مخلوط گازها را با دقت قابل ملاحظه ای بدست بیاوریم:

$$\frac{n}{V} = \frac{1}{\frac{V}{n}} = \rho = \frac{P}{RT}$$

که در آن T دمای مطلق و R ثابت گازها میباشد. R دارای واحد ها مختلفی است ...

$$\begin{aligned} R &= 83.144 \text{ bar } cm^3 / \text{gmol } K = 82.057 \text{ atm } cm^3 / \text{gmol } K = 62.361 \text{ mmHg } L / \text{gmol } K = \\ &1.314 \text{ atm } ft^3 / \text{lbmol } K \\ &= 0.083144 \text{ bar } L / \text{gmol } K = 0.082057 \text{ atm } L / \text{gmol } K = 555.0 \text{ mmHg } ft^3 / \text{lbmol } ^\circ R = \\ &10.73 \text{ psi } ft^3 / \text{lbmol } ^\circ R \\ &= 0.7302 \text{ atm } ft^3 / \text{lbmol } ^\circ R \end{aligned}$$

... که بنا بر اطلاعات مسئله (توجه با واحدهای مول , دما , فشار , حجم) R مورد نظر خود را به راحتی میتوانید پیدا و استفاده کنید.

... منظور ما از " قانون گازهای ایده آل " , واقعا یک قانون نیست , بلکه تنها یک مدل (فرمول) ریاضی است , برای مناسبه دنسیته گازها در شرایطی خاص. در اینجا , ایده آل بودن گاز شرط است. برای گازهای غیر ایده آل نیز مدل های ریاضی دیگری وجود دارد که فعلا در مقوله کاری ما نیست. . .

بهم منصوص و دنسیته گاز های را معمولا در شرایط استاندارد STP (دمای $0^\circ C$ و فشار 1 اتمسفر) گزارش می دهند ..

مثال :

هر گازی در دمای 100°C و فشار 3.5 اتمسفر، دندستی ای دارد برابر:

$$\rho = \frac{3.50\text{atm}}{(0.082057\text{ L.atm/gmol.K}) \times (373.15\text{K})} = 0.114 \frac{\text{gmol}}{\text{L}}$$

و هر گاز در شرایط استاندارد، دندستی ای دارد برابر با:

$$\rho = \frac{1\text{atm}}{(0.082057\text{ L.atm/gmol.K}) \times (273.15\text{K})} = 0.0446 \frac{\text{gmol}}{\text{L}}$$

سوال : حجم مولی گازهای ایده آل در شرایط استاندارد برابر 22.414 L / gmol می باشد. چرا؟

غلظت (concentration) نیز، برابر است با نسبت مقدار جرم (یا مول) ماده حل شوند به حجم محلول. بعد آن $[M]/[L^3]$ یا $[N]/[L^3]$ می باشد. همانگونه که میبینید، بعد غلظت و دندستی یکی می باشد، در حالی مفاهیم آنها با یکدیگر فرق دارند، دندستی جرم یک مایع (محلول) به حجم آن مایع (محلول) است.

شدت جریان (دبی) Flow Rate

سه نوع شدت جریان مواد، را مد نظر داریم:

- شدت جریان جرمی (دبی جرمی) که دارای بعد M/t می باشد.
- شدت جریان مولی (دبی مولی) که دارای بعد N/t می باشد.
- شدت جریان حجمی (دبی حجمی) که دارای بعد L^3/t میباشد.

تا الان باید توانایی تبدیل واحدها به یکدیگر را کسب کرده باشید. اطلاعات لازم را در این بخش در اختیارتان گذاشته ایم... پس تبدیل واحدهای شدت جریان به یکدیگر را به عهده خودتان میگذارم.

مثال: در یکی از لوله های کارخانه ای ، گاز اکسیژن (ایده آل فرض کنید) با شدت جریان 115.0 پوند در دقیقه در جریان است. شدت جریان حجمی این جریان را در واحد cm^3 / s بیابید.

$$\left(\frac{115.0 \text{ Lb}}{\text{min}}\right) \left(\frac{453.59237 \text{ g}}{\text{Lb}}\right) \left(\frac{1 \text{ gmol}}{31.9988 \text{ g}}\right) \left(\frac{22.414 \text{ L}}{\text{gmol}}\right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right) = \frac{608.97 \text{ cm}^3}{\text{s}}$$

جرم مولی

حجم مولی برای گاز های ایده آل
محاسبه شده در سوال صفحه قبل



واحد ها و تبدیل آنها به یکدیگر بسیار مهم هستند ،
و کوچکترین اشتباه در تبدیل آنها به یکدیگر ،
مساله ، طرح و پروژه را با مشکل جدی مواجه میکند.
به عبارتی کوچکترین فضا در هنگام تبدیل واحد ها به یکدیگر
در میان مهندس ها پذیرفتنی نیست.

تهیه کننده: صبا معتمد شریعتی

Email: s.shariati@gmail.com