

با نام و یاد خدا

درسنامه شیمی : استوکیومتری واکنش ها



ارغوان ابوالقاسم پور



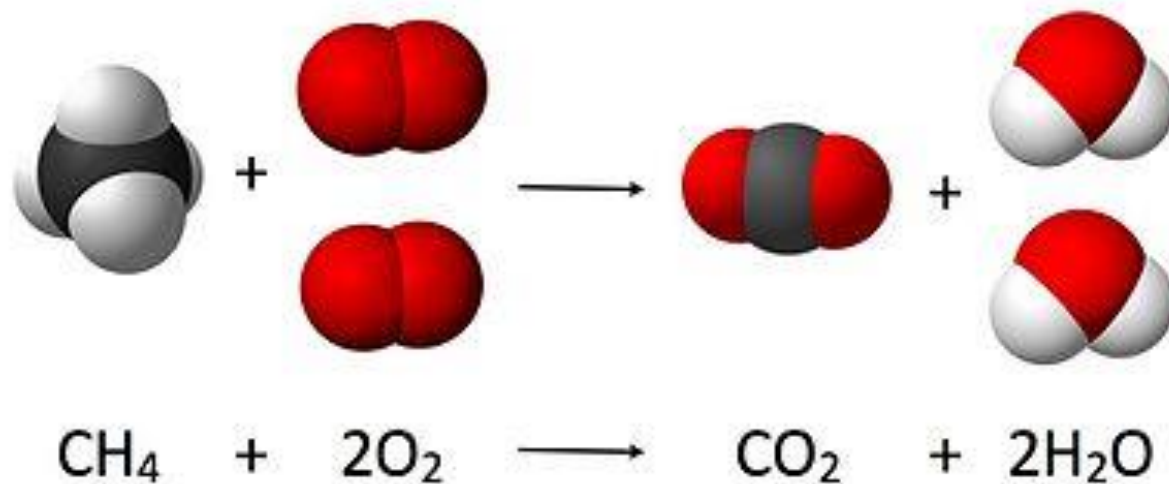
استوکیومتری از دو واژه یونانی Stoichein و metron تشکیل شده است که اولی به معنای عنصر و دومی به معنای اندازه گیری می باشد.

اندازه گیری، یکی از شاخه های علم شیمی است که با روابط کمی میان عناصر در تشکیل مواد مرکب و میان عناصر و مواد مرکب در واکنش های شیمیایی سروکار دارد.



استوکیومتری:

بخشی از شیمی است که با نسبت مقدار عناصرها در ترکیبات و نیز ارتباط کمی بین مقادیر مواد شرکت کننده در واکنش های شیمیایی سروکار دارد.



اصول اولیه در حل مسائل استوکیومتری

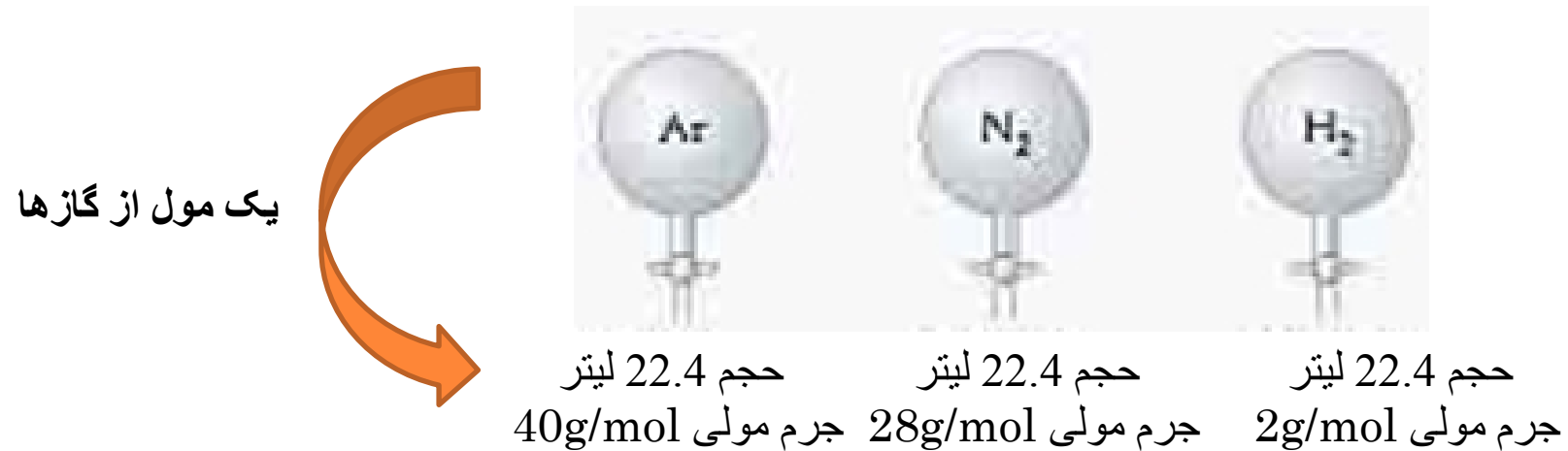
1. اطلاعات مسئله بصورت خلاصه نوشته شود.
2. برای مسائل استوکیومتری باید واکنش شیمیایی موازنه گردد.
3. در حل مسائل استوکیومتری در گام اول مقدار داده شده ی یک ماده به مول تبدیل شود.
4. برای تعیین تعداد ذرات یک ماده (اتم یا مولکول) از عدد آووگادرو استفاده می شود.
5. برای تبدیل تعداد مول ماده به جرم آن و برعکس از عدد جرمی آن ماده استفاده می شود.
6. برای محاسبه حجم یک ماده از چگالی یا شرایط STP استفاده می گردد.
7. برای این که اطلاعات ماده ی A به ماده ی B تبدیل شود از نسبت مولی آن دو ماده در واکنش موازنه شده استفاده می شود.

شرایط استاندارد (STP)

قانون آووگادرو: در دما و فشار ثابت، یک مول از گازهای مختلف حجم ثابت و برابری دارند.

در دمای صفر درجه سانتیگراد و فشار یک اتمسفر

یک مول از هر گازی ۲۲.۴ لیتر حجم دارد.



شرایط غیر استاندارد

در مواردی که واکنش در **شرایط غیر استاندارد (غیر STP)** انجام شود یعنی فشار و دمای گاز با شرایط استاندارد متفاوت است. در این شرایط می توان با استفاده از **چگالی گازها**، مقدار جرم آن ها را به حجم یا بر عکس تبدیل کرد.



انواع روش های محاسباتی برای تبدیل مقدار یک ماده به مول آن

$$۱) \text{ g} \xrightarrow{\times \frac{1 \text{ mol}}{\text{g}} (\text{جرم مولی})} \text{ mol}$$

$$۲) \text{ تعداد} \xrightarrow{\times \frac{1 \text{ mol}}{6.022 \times 10^{23}}} \text{ mol}$$

$$۳) \xrightarrow{\text{S.T.P}} \text{ lit} \xrightarrow{\times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ lit}}} \text{ mol}$$

$$۴) \xrightarrow{\cancel{\text{S.T.P}}} \text{ lit} \xrightarrow{\times \frac{\text{g}}{1 \text{ lit}} \text{ چگالی}} \text{ g} \xrightarrow{\times \frac{1 \text{ mol}}{\text{g}}} \text{ mol}$$



انواع روش های محاسباتی برای تبدیل مقدار یک ماده به مول آن

➤ 0.5 مول اتم A از چند اتم A تشکیل شده است؟

$$0.5 \text{ mol } A \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol } A} = 3.01 \times 10^{23}$$

➤ 1.5 مول متان چند گرم متان می باشد؟ (جرم مولی متان 16 گرم بر مول می باشد.)

$$1.5 \text{ mol } CH_4 \times \frac{16 \text{ g}}{1 \text{ mol } CH_4} = 24 \text{ g}$$



انواع روش های محاسباتی برای تبدیل مقدار یک ماده به مول آن

➤ 1.2 مول گاز نیتروژن در شرایط STP چقدر حجم دارد؟

$$1.2 \text{ mol } N_2 \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol } N_2} = 26.8 \text{ L}$$

➤ 18 لیتر آمونیاک با چگالی 1.2g/L چند مول آمونیاک می باشد؟

$$18 \text{ L } NH_3 \times \frac{1.2 \text{ g}}{1 \text{ L } NH_3} \times \frac{1 \text{ mol}}{17 \text{ g}} = 12.7 \text{ mol}$$



تعیین نسبت مولی

همانطور که گفته شد برای این که اطلاعات ماده ی A به ماده ی B تبدیل شود از نسبت مولی آن دو ماده در واکنش موازنه شده استفاده می شود. نسبت مولی طبق رابطه زیر به دست می آید.

$$\text{نسبت مولی} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری ماده ای که راجع به آن اطلاعات می خواهیم (mol)}}{\text{ضریب استوکیومتری ماده ای که راجع به آن اطلاعات داریم (mol)}}$$



استوکیومتری مولی - مولی

مول های ماده ی داده شده

نسبت مولی از معادله موازنه شده به دست می آید

مول های ماده ی خواسته شده

○ طبق واکنش زیر برای تولید 0.2 مول کربن دی اکسید به چند مول اتان نیاز است؟



مول خواسته شده → مول داده شده

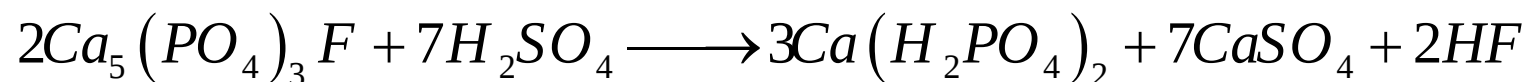


$$0.2 \text{ mol } CO_2 \times \frac{2 \text{ mol } C_2H_6}{4 \text{ mol } CO_2} = 0.1 \text{ mol } C_2H_6$$



یک تمرین دیگر برای شما:

واکنش موازنه شده زیر: معادله نمادی تهیه یکی از کودهای فسفردار را نشان می دهد.



اگر در این واکنش 10.5 مول سولفوریک اسید به طور کامل مصرف شود، چند مول کلسیم دی هیدروژن فسفات تولید می شود؟

$$10.5 \text{ mol } H_2SO_4 \times \frac{3 \text{ mol } Ca(H_2PO_4)_2}{7 \text{ mol } H_2SO_4} = 4.5 \text{ mol}$$



استوکیومتری مولی - جرمی

○ طبق واکنش زیر از واکنش 0.2 مول اتان چند گرم آب تولید می شود؟
(C=12, H=1, O=16 g/mol)



جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده

$$0.2 \text{ mol } C_2H_6 \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{18 \text{ gr } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 10.8 \text{ gr } H_2O$$



استوکیومتری جرمی - مولی

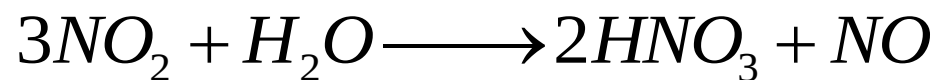
○ طبق واکنش زیر از واکنش 15 گرم اتان چند مول کربن دی اکسید تولید میشود؟
(C=12, H=1, O=16 g/mol)



مول خواسته شده → مول داده شده → جرم داده شده

$$15 \text{ g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ g}} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} = 1 \text{ mol } CO_2$$

یک تمرین دیگر برای شما:



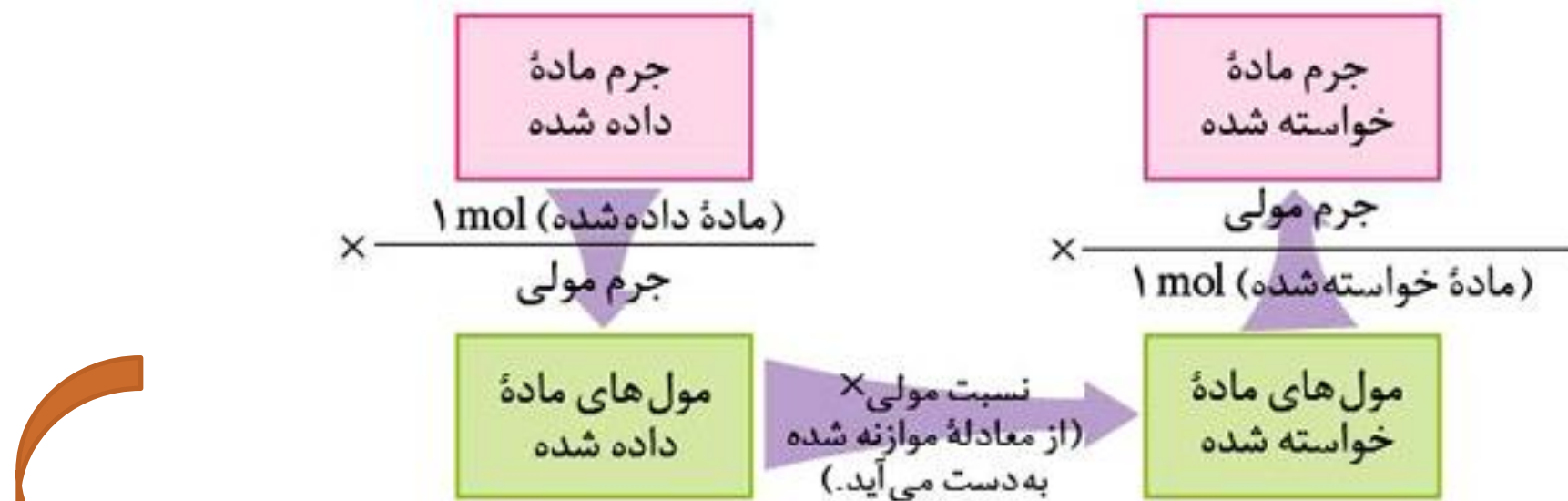
واکنش شیمیایی رو به رو را در نظر بگیرید:

الف - 4.5 گرم گاز NO_2 را با آب کافی واکنش داده، چند مول نیتریک اسید تولید می شود؟

ب - برای تهیه 30 گرم NO به چند مول NO_2 نیاز است؟



استوکیومتری جرمی - جرمی



جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده → جرم داده شده

استوکیومتری جرمی - جرمی

- طبق واکنش زیر از واکنش 60 گرم اتان چند گرم کربن دی اکسید تولید میشود؟
(C=12, H=1, O=16 g/mol)



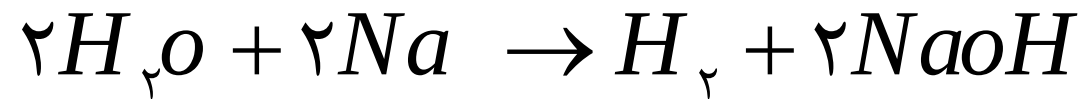
جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده → جرم داده شده

$$60 \text{ gr } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ g } C_2H_6} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 176 \text{ g } CO_2$$

یک تمرین دیگر برای شما:

چند گرم گاز هیدروژن در اثر واکنش آب با 0.46 گرم فلز سدیم آزاد می شود؟

$Na : 23 \quad H : 1 \quad O : 16$



روابط حجمی گازها

قانون نسبت های ترکیبی:

در دما و فشار ثابت، گازها در نسبت های حجمی معینی با هم واکنش می دهند.

بنابراین اگر همه مواد شرکت کننده در واکنش به حالت گازی و در فشار و دمای یکسانی قرار داشته باشند، به جای نسبت مولی می توان از نسبت حجمی استفاده کرد.

به عنوان مثال برای واکنش سوختن متان می توان گفت :

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

یک حجم گاز متان با دو حجم گاز اکسیژن واکنش می دهد و یک حجم گاز کربن دی اکسید و دو حجم بخار آب تشکیل می شود.



استوکیومتری حجمی

○ واکنش زیر فرآیند هابر در تهیه آمونیاک می باشد: تعیین کنید که در شرایط STP برای تهیه 0.75 لیتر آمونیاک چند لیتر هیدروژن نیاز است؟



❖ روش اول استفاده از روابط استوکیومتری گذشته

$$L\text{H}_2? = 0.75L\text{NH}_3 \times \frac{1\text{molNH}_3}{22.4L\text{NH}_3} \times \frac{3\text{molH}_2}{2\text{molNH}_3} \times \frac{22.4L\text{H}_2}{1\text{molH}_2} = 1.125L\text{H}_2$$

❖ روش دوم استفاده از روابط حجمی

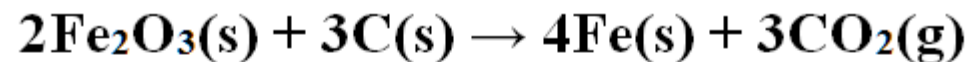
$$L\text{H}_2? = 0.75L\text{NH}_3 \times \frac{3L\text{H}_2}{2L\text{NH}_3} = 1.125L\text{H}_2$$



استوکیومتری حجمی

در صورتی که مواد داده شده و خواسته شده در صورت سوال همگی گاز نباشند (مایع، جامد یا محلول باشند) روش حل مساله مانند روش های استوکیومتری گذشته است و نسبت حجمی کاربردی ندارد.

از واکنش 0.07 مول آهن (III) اکسید مطابق با واکنش زیر چند لیتر گاز کربن دی اکسید با چگالی 1.84 g/L آزاد می شود؟



$$\begin{aligned} L\text{CO}_2? &= 0.07\text{molFe}_2\text{O}_3 \times \frac{3\text{molCO}_2}{2\text{molFe}_2\text{O}_3} \times \frac{44\text{gCO}_2}{1\text{molCO}_2} \times \frac{1\text{LCO}_2}{1.84\text{gCO}_2} \\ &= 2.51\text{LCO}_2 \end{aligned}$$





یک تمرین حل شده برای شما:

مثال: طبق واکنش زیر برای تولید ۰/۲ لیتر گاز کربن دی اکسید به چند گرم جوش شیرین نیاز است. (چگالی گاز کربن دی اکسید در شرایط واکنش برابر 1.1 g. Lit^{-1} می باشد.) $(1 \text{ mol NaHCO}_3 = 83.96 \text{ g}, 1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ g})$



$$0.2 \text{ Lit CO}_2 \times \frac{1.1 \text{ g CO}_2}{\text{Lit CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{83.96 \text{ g NaHCO}_3}{1 \text{ mol NaHCO}_3} = 0.419 \text{ g NaHCO}_3$$



درصد خلوص

در آزمایشگاه شیمی و روی بطری هایی که مواد مختلف در آنها نگهداری می شود، معمولاً درصد خلوص آن ماده نوشته می شود. زیرا به طور کلی موادی که از آن ها در آزمایشگاه یا صنعت از آن استفاده می کنیم خالص نیستند بنابراین در آزمایشگاه و صنعت برای تامین مقدار معینی از یک ماده خالص همواره باید مقدار بیشتری از ماده ناخالص به کار برده شود.

اگر روی ظرف نگهداری کلرید سدیم عدد 98% نوشته شده باشد؛ بدین معناست که در 100 گرم از این ماده 98 گرم آن کلرید سدیم و 2 گرم ناخالصی وجود دارد.

نکته : با استفاده از معادله واکنش می توان مقدار خالص یک ماده را بدست آورد زیرا واکنش مقادیر خالص را می پذیرد و جواب های بدست آمده از استوکیومتری واکنش نیز مقادیر خالص هستند.



روش محاسبه ی درصد خلوص

$$\text{درصد خلوص} = \frac{\text{مقدار ماده خالص}}{\text{مقدار ماده ناخالص}} \times 100$$

۱. همواره مقدار ماده ی ناخالص بیشتر از مقدار ماده ی خالص است بنابراین درصد خلوص کمتر از ۱۰۰ می باشد.
۲. در فرمول فوق صورت و مخرج باید راجع به یک ماده و با یک واحد (جرم یا حجم) قرار گیرند.
۳. ناخالصی ها در واکنش شرکت نمی کنند.
۴. همیشه تنها ماده خالص وارد استوکیومتری می شود و مقداری که از روابط استوکیومتری خارج می گردد نیز مقدار خالص است.

محاسبه ی درصد خلوص

مثال: ۲۵ گرم MnO_2 با درصد خلوص ۸۵٪ با مقدار اضافی محلول HCl واکنش داده است. چند گرم مولکول آب تولید می شود؟



جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده → جرم خالص داده شده → جرم ناخالص داده شده

$$25g \text{ ip } MnO_2 \times \frac{85p}{100ip} \times \frac{1mol MnO_2}{86.9 g MnO_2} \times \frac{2mol H_2O}{1mol MnO_2} \times \frac{18g H_2O}{1mol H_2O} = 8.8 g H_2O$$

ip= ناخالص





محاسبه ی درصد خلوص

از تجزیه یک نمونه پتاسیم کلرات با خلوص 80 درصد در اثر حرارت 24.5 گرم پتاسیم کلرید به دست

آمده است. جرم پتاسیم کلرات اولیه چقدر بوده است؟
 $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$

$K:39 \quad Cl:35/5 \quad O:16$

جرم ناخالص خواسته شده $\rightarrow$ جرم خواسته شده $\rightarrow$ مول خواسته شده $\rightarrow$ مول داده شده $\rightarrow$ جرم خالص داده شده

$$24.5gKCl \times \frac{1mol KCl}{74.5 gKCl} \times \frac{2mol KClO_3}{2mol KCl} \times \frac{122.5gKClO_3}{1molKClO_3} \times \frac{100}{80} = 50.36 gKClO_3$$

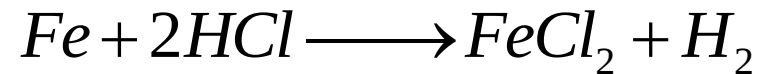
یک تمرین دیگر برای شما:

در اثر واکنش یک نمونه آهن ناخالص با هیدروکلریک اسید، مقداری گاز هیدروژن متصاعد شده است.

اگر جرم اولیه این نمونه 60 گرم باشد و مقدار 0.2 مول گاز آزاد شده باشد، درصد خلوص این نمونه را حساب کنید.

$Fe: 56$

$H: 1$



یک تمرین دیگر برای شما:



از اثر سولفوریک اسید بر 50 گرم سنگ معدن کلسیم فلوئورید با درجه خلوص 65 درصد چند گرم گاز هیدروژن فلوئورید آزاد می شود؟

$H : 1$ $F : 19$ $Ca : 40$



یک تمرین دیگر برای شما:

اگر در واکنش تهیه ی آزمایشگاهی گاز کلر، ۳۴۸ گرم منگزدی اکسید با خلوص ۷۵٪ مصرف شود، در شرایط S.T.P چند لیتر گاز کلر تولید خواهد شد؟

(Cl = ۳۵ / ۵, Mn = ۵۵, O = ۱۶, H = ۱)





با آرزوی موفقیت و سلامتی برای دانش آموزان عزیز

ارغوان ابوالقاسم پور

