شیمی عمومی

استوکیومتری

Stoichiometry

استوکیومتری Stoichiometry

تعریف:

بخشی از شیمی که در مورد روابط کمی مربوط به واکنش ها و نسبت عناصر در ترکیب ها می پردازد.

در این بخش از شیمی مقادیر کمی گونه های مختلف در مواد تعیین می گردد

از دو بخش تشکیل یافته است:

Stio Cheion عنصر

Metron اندازه گیری

تعریف:

- جرم اتمی:

جرم یک اتم بر حسب واحد اتمی (amu)

واحد جرم اتمی: amu

$\frac{۱}{۱۲}$ جرم اتم کربن ۱۲ (^{12}C) می باشد.

به عبارتی وزن یک مول اتم کربن دقیقاً ۱۲/۰۰۰۰۰۰ amu است

The unified atomic mass unit (symbol: u or amu)
or
dalton (symbol: Da) (for biologic compounds)

- جرم اتم H، یک amu است یعنی هر اتم H به اندازه یک amu سنگینی دارد.
- جرم اتم اکسیژن، 16 amu است یعنی هر اتم O به اندازه 16 amu سنگینی دارد.

جرم مولکولی:

جرم یک مولکول بر حسب amu که مجموع جرم اتم های آن است.

$$M_{H_2O} = (2 \times 1\ amu) + (1 \times 16\ amu) = 18\ amu$$

$$M_{CH_4} = (12\ amu \times 1) + (4 \times 1\ amu) = 16\ amu$$

جرم مولی:

جرم N_A مولکول بر حسب گرم یا جرم یک مول ماده برحسب گرم را جرم مولی می نامند.

$$M_{H_2O}=18\ g/mol$$

- جرم مولی یک مول $C_6H_{12}O_6$ را تعیین نمایید

$$\begin{aligned} 6\ \text{C atoms} &= 6(12.0\ \text{amu}) = 72.0\ \text{amu} \\ 12\ \text{H atoms} &= 12(1.0\ \text{amu}) = 12.0\ \text{amu} \\ 6\ \text{O atoms} &= 6(16.0\ \text{amu}) = 96.0\ \text{amu} \\ &\qquad\qquad\qquad\quad 180.0\ \text{amu} \end{aligned}$$

وزن فرمولی:

وزن فرمولی یک ماده خالص مجموع وزن هـای اتمـی همـه اتـم های موجود در آن ماده است.

وزن مولکولی؟

نکته :

وزن فرمولی اگر مربوط به یک ماده مولکولی باشد ، وزن مولکولی گفته می شود.

- وزن فرمولی را $CaCl_2$ تعیین نمایید

Ca: 1 (40.1 amu)

+ Cl: 2 (35.5 amu)

111.1 amu

- وزن فرمولی را C_2H_6 تعیین نمایید

C: 2 (12.0 amu)

+ H: 6 (1.0 amu)

30.0 amu

- در H_2O وزن فرمولی و وزن مولکولی یکی است ولی در $BaCl_2$ فقط وزن فرمولی داریم و وزن مولکولی معنی ندارد چون یک جامد یونی است.

تعریف مول

- نمونه ای از یک عنصر بر حسب گرم که از نظـر عـددی بـا وزن اتمی آن برابر است.

$1\ mol =$ از هر چیز 6.022×10^{23}

$1\ mol =$ (جرم فرمولی/جرم اتمی موثر)

(جرم فرمولی/جرم اتمی موثر) = 6.022×10^{23} واحد های فرمولی

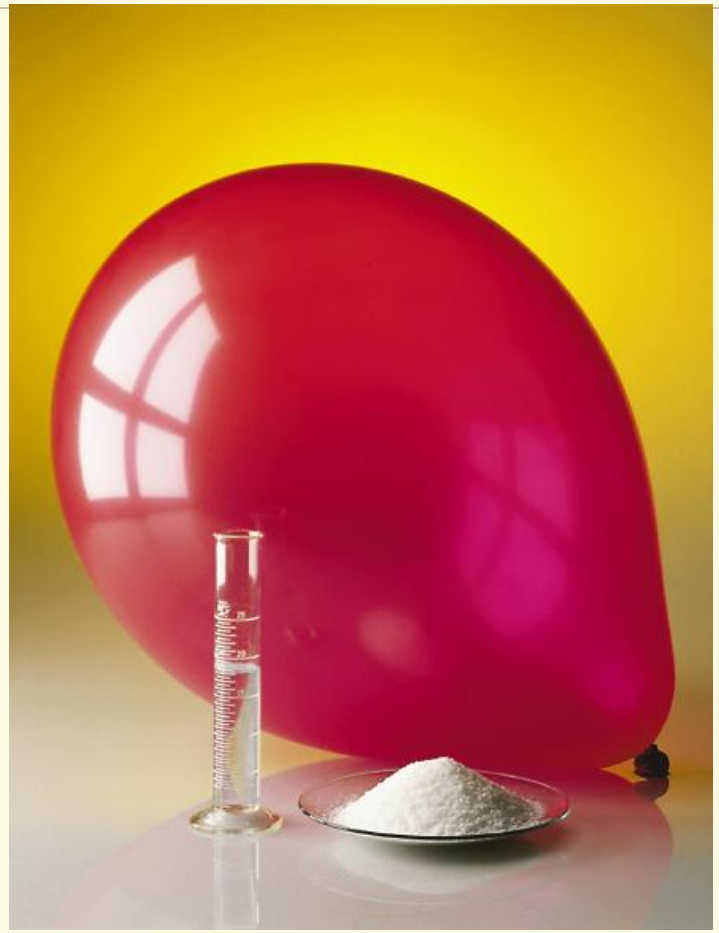
تعریف مول ...

$$n = \frac{g}{M_w}$$

one mole of solid (NaCl)

one mole of liquid (H_2O

one mole of gas (N_2).



۴ گرم NaOH چند مول است؟

$$\text{تعداد مول } n = \frac{\text{مقدار گرم ماده}}{\text{جرم مولی ماده}} = \frac{4\ g}{40\ g/mol} = 0.1\ mol$$

- ۰/۴۹ گرم سولفوریک اسید شامل چند مولکول و چند مول است؟

$$\text{تعداد مول } n = \frac{\text{مقدار گرم ماده}}{\text{جرم مولی ماده}} = \frac{0.49\ \text{g}}{98\ \text{g/mol}} = 0.05\ \text{mol}$$

$$\text{تعداد مولکول} = 0.05\ \text{mol} \times \frac{N_A}{1\ \text{mol}} = 0.05\ N_A$$

ترکیب درصد Percent Composition

- مقدار درصدی از یک جزی (عنصر) در یک ترکیب است. (درصد گونه از جرم کل ترکیب)

$$\% \text{ عنصر} = \frac{\text{(وزن اتمی)(تعداد اتم ها)}}{\text{(وزن فرمولی)}} \times 100$$

مثال

درصد کربن در اتان را حساب نمایید.

$$\%\ \text{عنصر} = \frac{(\text{وزن اتمی})(\text{تعداد اتم ها})}{(\text{وزن فرمولی})} \times 100$$

$$\%C = \frac{(2)(12.0\ \text{amu})}{(30.0\ \text{amu})} \times 100$$

$$= \frac{24.0\ \text{amu}}{30.0\ \text{amu}} \times 100$$

$$= 80.0\%$$

- ترکیب درصد عناصر را در $C_{12}H_{22}O_{12}$ تعیین نمایید.
- درصد نیتروژن را در $Na(NO_3)$ تعیین نمایید.
- جرم عناصر موجود در $NaHCO_3$ را مشخص نمایید.

روش حل مسئله

Solution method

- در حل مسایل استوکیومتری از ضریب (ضرایب) تبـدیل اسـتفاده می گردد. بدین شکل که در ابتدا مجهول را نوشته و با کمک داده و داده ها پاسخ را تعیین می نماییم. انتخاب ضریب تبدیل به گونه است که صورت هر کسر با مخرج کسر حذف گردد.

انواع روابط

۱- رابطه های مولی- مولی

۲- رابطه های مولی- جرمی

۳- رابطه های جرمی-جرمی

۴- رابطه های حجمی-حجمی

۵- رابطه های مولی-حجمی

۶- رابطه های جرمی-حجمی

۱ رابطه مولی–مولی

- در حل این نوع مسایل با تشکیل ضریب (یا ضرایب) تبدیل، مول یک ماده به ماده ای دیگر تبدیل می گردد.

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \rightarrow 2\ NH_3(g)$$

1 molecule	**3 molecules**	**2 molecules**
1 mole	**3 mol**	**2 mol**
1 volume	**3 volume**	**2 volume**

چند مول آب از سوختن ۰/۱۰ مول گلوگز ایجاد می گردد.

Given: 0.10 mol $C_6H_{12}O_6$ Conversion Factor: 1 mol $C_6H_{12}O_6 \equiv 6$ mol H_2O

Find: ? moles H_2O

$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ $\therefore$ 1 mol $C_6H_{12}O_6 \equiv 6$ mol H_2O

$$0.10\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6 \times \frac{6\ \text{mol}\ H_2O}{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6} = 0.6\ \text{mol}\ H_2O$$

۲ رابطه مولی–جرمی

- در حل این نوع مسایل با تشکیل ضریب (یا ضرایب) تبدیل، مول یک ماده به جرم همان ماده (یا ماده ای دیگر) تبدیل می گردد و بر عکس.

$2\ Na(s) + H_2O(g) \rightarrow 2\ NaOH(aq) + H_2(g)$

2 molecules Na ≡ 1 molecule H_2O ≡ 2 molecules NaOH ≡ 1 molecule H_2

2 moles Na ≡ 1 mole H_2O ≡ 2 moles NaOH ≡ 1 mol H_2

2×23 g Na ≡ 1×18 g H_2O ≡ 2×40 g NaOH ≡ 1×2 g H_2

تعداد مول در ۵/۳۸۰ گرم $C_6H_{12}O_6$ را تعیین نمایید.

$$\text{Moles } C_6H_{12}O_6 = (5.380 \text{ g } C_6H_{12}O_6)\left(\frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6}\right) = 0.02989 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

جرم ۲/۵ مول گاز اکسیژن چقدر است؟

$$O \Rightarrow 16.00\frac{g}{mol} \times 2 = 32.00\frac{g}{mol}$$

$$2.5\,mol\,O_2 \times \frac{32.00\,g\,O_2}{mol} = 80.0\,g\,O_2$$

یک قرص ۲۰۰ mg ایبوپروفن $C_{13}H_{18}O_2$ چند مول یـا مولکـول ایبوپروفن دارد؟

C → 13 x 12.01 = 156.13

H → 18 x 1.01 = 18.18

O → 2 x 16.00 = <u>32.00</u>

206.31 g/mol

$$\text{ایبوپروفن mol?} = 200\ \text{mg}_{\text{ایبوپروفن}} \times \frac{1\ \text{g}_{\text{ایبوپروفن}}}{1000\ \text{mg}_{\text{ایبوپروفن}}} \times \frac{\text{mol}_{\text{ایبوپروفن}}}{206.31\ \text{g}_{\text{ایبوپروفن}}} = 9.694 \times 10^{-4}\ \text{mol}$$

$$\text{Molecole ?} = 200\ \text{mg}_{\text{ایبوپروفن}} \times \frac{1\ \text{g}_{\text{ایبوپروفن}}}{1000\ \text{mg}_{\text{ایبوپروفن}}} \times \frac{1\ \text{mol}_{\text{ایبوپروفن}}}{206.31\ \text{g}_{\text{ایبوپروفن}}} \times \frac{6.022 \times 10^{23}\ \text{molecules}_{\text{ایبوپروفن}}}{1\ \text{mol}_{\text{ایبوپروفن}}} = 5.838 \times 10^{20}\ \text{molecules}_{\text{ایبوپروفن}}$$

جرم ۰/۴۳۳ مول کلسیم نیترات را تعیین نمایید.

$$\text{Grams } Ca(NO_3)_2 = (0.433 \cancel{\text{ mol } Ca(NO_3)_2})\left(\frac{164.1 \text{ g } Ca(NO_3)_2}{1 \cancel{\text{ mol } Ca(NO_3)_2}}\right) = 71.1 \text{ g } Ca(NO_3)_2$$

چه تعداد مولکول گلوکز و چنـد اتـم اکسـیژن در ۵/۲۳ گـرم از $C_6H_{12}O_6$ دارد.

molecule? $C_6H_{12}O_6$

$$= (5.23\ \text{g}\ C_6H_{12}O_6)\left(\frac{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}{180.0\ \text{g}\ C_6H_{12}O_6}\right)\left(\frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{molecules}\ C_6H_{12}O_6}{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}\right)$$

$$= 1.75 \times 10^{22}\ \text{molecules}\ C_6H_{12}O_6$$

$$\text{Atoms O} = (1.75 \times 10^{22}\ \text{molecules}\ C_6H_{12}O_6)\left(\frac{6\ \text{atoms O}}{1\ \text{molecule}\ C_6H_{12}O_6}\right)$$

$$= 1.05 \times 10^{23}\ \text{atoms O}$$

تعداد هیدروژن را در ۰/۳۵۰ مول $C_6H_{12}O_6$ تعیین نمایید.

Moles $C_6H_{12}O_6$ → molecules $C_6H_{12}O_6$ → atoms H

$$\text{H atoms} = (0.350\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6)\left(\frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{molecules}\ C_6H_{12}O_6}{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}\right)\left(\frac{12\ \text{H atoms}}{1\ \text{molecule}\ C_6H_{12}O_6}\right)$$

$$= 2.53 \times 10^{24}\ \text{H atoms}$$

۳ رابطه جرمی–جرمی

- در حل این نوع مسایل با تشکیل ضریب (یا ضرایب) تبدیل، جرم یک ماده به جرمی از ماده ای دیگر تبدیل می گردد.

از ۵۸/۵ گرم CO_2 در واکنش فتوسنتز چند گرم گلوگز قابل تهیه می باشد.

Given: 58.5 g CO_2

Find: ? g $C_6H_{12}O_6$

Conversion Factor: 180.2 g $C_6H_{12}O_6 \equiv 6 \times 44.01$ g CO_2

$$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(g) \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g)$$

g CO_2 ➡ mol CO_2 ➡ mol $C_6H_{12}O_6$ ➡ g $C_6H_{12}O_6$

$$\text{g } C_6H_{12}O_6\ ? = 58.5\ \text{g } CO_2 \times \frac{1\ \text{mol } CO_2}{44.01\ \text{g } CO_2} \times \frac{1\ \text{mol } C_6H_{12}O_6}{6\ \text{mol } CO_2} \times \frac{180.2\ \text{g } C_6H_{12}O_6}{1\ \text{mol } C_6H_{12}O_6}$$

$$= 39.9\ \text{g } C_6H_{12}O_6$$

از تجزیه حرارتی ۱۰۰/۰ گرم سرب اکسید، چند گرم اکسیژن آزاد می گردد.

Given: $100.0\ g\ PbO_2$

Find: $?\ g\ O_2$

Conversion Factor: $2 \times 239.2\ g\ PbO_2 \equiv 32\ g\ O_2$

$$\mathbf{2\ PbO_2 \rightarrow 2\ PbO + O_2}$$

g PbO_2 → mol PbO_2 → mol O_2 → g O_2

$$g\ O_2\ ? = 100.0\ g\ PbO_2 \times \frac{1\ mol\ PbO_2}{239.2\ g\ PbO_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ PbO_2} \times \frac{32.00\ g\ O_2}{1\ mol\ O_2}$$

$$= 6.689\ g\ O_2$$

در واکنش زیر از ۳۸ g KI چند گرم I_2 تولید می شود؟

$$6\,KI + 8\,HNO_3 \longrightarrow 6\,KNO_3 + 2\,NO + 3\,I_2 + 4\,H_2O$$

$$29\ g\ I_2 = (38\ g\ KI)\left(\frac{1\ mol\ KI}{166.0\ g\ KI}\right)\left(\frac{3\ mol\ I_2}{6\ mol\ KI}\right)\left(\frac{253.8\ g\ I_2}{1\ mol\ I_2}\right) = 29\ g\ I_2$$

روابط در فاز گازی

- رابطه های حجمی-حجمی
- رابطه های مولی-حجمی
- رابطه های جرمی-حجمی

برای حل مثال مربوط به گازها از روابط حجمی- حجمی، مولی – حجمی ، جرمی حجمی استفاده می گردد.

۴ رابطه حجمی–حجمی

- در حل این نوع مسایل با تشکیل ضریب (یا ضـرایب) تبـدیل، حجـم یک ماده به حجمی از ماده ای دیگر تبدیل می گردد و برعکس.

مثال

$$4\ NH_3(g) + 5\ O_2(g) \rightarrow 4\ NO(g) + 6\ H_2O(g)$$

4 molecule	**5 molecules**	**4 molecules**	**6 molecules**
4 mole	**5 mol**	**4 mol**	**6 mol**
4 volume	**5 volume**	**4 volume**	**6 volume**

ضریب تبدیل حجم به حجم

قانون شارل-گیلوساک (نسبت های ترکیبی): در دما و فشار ثابت، گاز ها با نسبت های حجمی معینی با یکدیگر ترکیب می شوند.

این نسبت ها با ضرایب مواد گازی در معادله موازنه شده نسبت مستقیم دارد.

چه حجم آمونیـاک در دمـای تشـکیل شـده از واکـنش ۳۰/۰ L نیتروژن در شرایط STP را تعیین نمایید.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$

$$\text{L? } NH_3 = (18.0\ \text{g } H_2)\left(\frac{1\ \text{mol } H_2}{2.016\ \text{g } H_2}\right)\left(\frac{2\ \text{mol } NH_3}{3\ \text{mol } H_2}\right)\left(\frac{22.4\ \text{L}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{298\ \text{K}}{273\ \text{K}}\right)\left(\frac{760.\ \text{torr}}{710.\ \text{torr}}\right) = 156\ \text{L } NH_3$$

۵ رابطه مولی–حجمی

- در حل این نوع مسایل با تشکیل ضریب (یا ضرایب) تبدیل، مول یک ماده به حجمی از آن ماده (یا ماده ای دیگر) تبدیل می گردد و برعکس.

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

$$T_A = T_B$$
$$P_A = P_B$$
$$n_A = n_B$$
$$V_A = V_B$$

- حجمی که یک مول گاز در دما و فشار معین اشغال مـی نمایـد را حجم مولی می گویند.

- STP 22.4 lit

۵ رابطه مولی–حجمی ...

در این مسائل از دو ضریب تبدیل استفاده می شود

Given mole ⟶ found mole ⟶ vol. found

مثال

$$2\,Al(s) + 6\,HCl(g) \rightarrow 2\,AlCl_3\,(g) + 3\,H_2(g)$$

?

حجم گاز آمونیاک حاصل از واکنش زیر را در شرایط STP زمانی که ۵/۵۰ mol گاز N_2 واکنش می دهد، را تعیین نمایید.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$

$$\text{L } NH_3 = (5.50 \text{ mol } N_2)\left(\frac{2 \text{ mol } NH_3}{1 \text{ mol } N_2}\right)\left(\frac{22.4 \text{ L } NH_3}{\text{mol } NH_3}\right) = 246 \text{ L } NH_3$$

- چند میلی لیتر HNO_3 ۶/۰۰ مولار با یک مول KI بـر اسـاس واکنش زیر لازم می باشد؟

$$6\,KI + 8\,HNO_3 \longrightarrow 6\,KNO_3 + 2\,NO + 3\,I_2 + 4\,H_2O$$

$$?\ mL\ HNO_3 = (1.00\ mol\ KI)\left(\frac{8\ mol\ HNO_3}{6\ mol\ KI}\right)\left(\frac{1\ L\ HNO_3}{6.00\ mol\ HNO_3}\right)\left(\frac{1000\ mL}{L}\right) = 222\ mL\ HNO_3$$

تعداد مولکول آمونیاک تشکیل شده از واکنش ۳۰/۰ L نیتروژن در شرایط STP را تعیین نمایید.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,NH_3(g)$$

مولکول NH_3 = $(30.0\ \text{mol}\ N_2)\left(\frac{1\ \text{mol}\ N_2}{22.4\ \text{L}\ N_2}\right)\left(\frac{2\ \text{L}\ NH_3}{1\ \text{mol}\ N_2}\right)\left(\frac{6.022 \times 10^{23}\ \text{molecules}\ NH_3}{\text{mol}\ NH_3}\right) =$

$1.61 \times 10^{24}\ \text{molecules}\ NH_3$

۶ رابطه جرمی–حجمی

- در حل این نوع مسایل با تشکیل ضریب (یا ضرایب) تبدیل، جرم یک ماده به حجمی از آن ماده (یا ماده ای دیگر) تبدیل می گردد و برعکس.

مثال

$$2\ KClO_3(s) \rightarrow 2\ KCl(s) + 3\ O_2(g)$$

?

$$2\ H_2O \rightarrow 2\ KOH(s) + H_2(g) + 2\ K\ (s)$$

?

- HNO_3 ۴۷/۰ g در شرایط STP چه حجم گاز NO بر اساس واکنش زیر تولید می نماید؟

$$6\,KI + 8\,HNO_3 \longrightarrow 6\,KNO_3 + 2\,NO + 3\,I_2 + 4\,H_2O$$

$$\text{L NO} = (47.0\ \text{g}\ HNO_3)\left(\frac{1\ \text{mol}\ HNO_3}{63.02\ \text{g}\ HNO_3}\right)\left(\frac{2\ \text{mol NO}}{8\ \text{mol}\ HNO_3}\right)\left(\frac{22.4\ \text{L NO}}{\text{mol NO}}\right) = 4.18\ \text{L NO}$$

استوکیومتری محلول ها

- مواد
  - خالص
  - مخلوط
    - همگن (محلول) حلال و حل شونده اجزای یک محلول هستند
    - ناهمگن

- استوکیومتری محلول ها با توجه به حجم و غلظت تعیین می گردد.
- غلظت: کمیتی که نشان دهنده مقدار ماده حل شده در مقدار معینی حلال یا محلول می باشد. (با واحدهای متفاوت بیان می گردد)
- غلظت مولی M :تعداد مول حل شده در یک لیتر محلول

$$\mathbf{M = \frac{n}{V}}$$

مولاریته

- تعداد مول حل شونده در یک لیتر حلال یا محلول

$$\text{molarity} = \frac{\text{moles of solute}}{\text{liters of solution}}$$

مولالیته

- تعداد مول حل شونده در یک کیلوگرم حلال یا محلول

مولاریته

- مولاریته محلول حاصل از انحلال ۱۰/۰ گرم NaCl در ۲۵۰/۰ mL آب را تعیین نمایید.

$$M = n/V$$

$$L = 250\ ml \times (0.001\ L/mL) = 0.25\ L$$

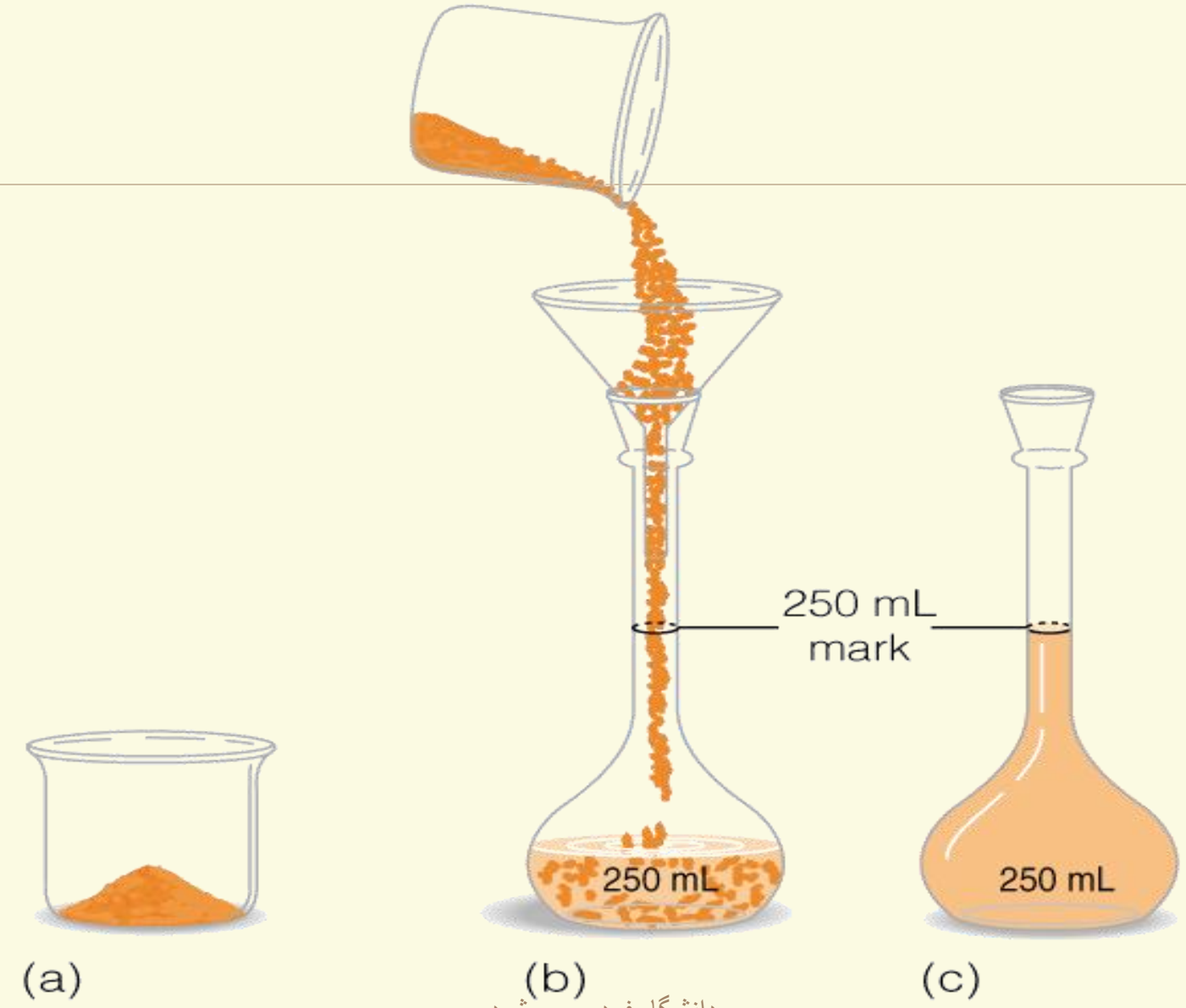
$$M_w = 22.99 + 35.45 = 58.44\ g/mol$$

$$N = g/M_w \qquad n = 10.0/58.44 = 0.171\ mol$$

$$M = n/V = 0.171/0.250 = 0.684\ M$$

مولاریته محلول حاوی ۵۰/۰ گرم ویتامین B1 هیدروکلریـد را در ۱۶۰ mL تعیین نمایید. (337 g/mol)

$$\text{Molarity} = \frac{50.0\ \text{g}_{B1}}{337\ \text{g}_{B1}} \times \frac{1\ \text{mol}_{B1}}{160\ \text{mL}_{B1}} \times \frac{1000\ \text{mL}}{1\ \text{L}} = 0.925\ \text{M}$$


250 mL
mark
250 mL
250 mL
(a)
(b)
(c)

محلول سازی از ماده جامد

- در این نوع محلول سازی ها باید جرم ماده مورد نظر برای محلول سازی تعیین گردد.

$$\text{ماده مورد نیاز } n = M \times V$$

$$\text{ماده مورد نیاز } m = n \times M_w$$

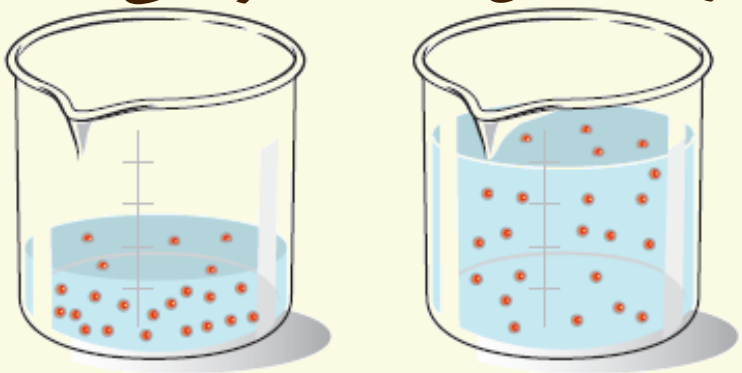
طرز تهیه ۲۵۰ mL محلول سدیم کلرید ۰/۲۰۰ M را شرح دهید.

- ***M*(NaCl) = 58.44g/mol.**

- **mol = M × L = 0.25 × 0.2 = 0.05 mol**
- **g = mol × M_w = 0.05 × 58.44 = 2.92 g**

محلول سازی از محلول غلیظ

- با رقیق کردن محلول، مقدار ماده حل شده تغییر نمی نماید بلکـه فقط حلال زیاد می شود.



- (مول حل شده در محلول غلیظ) $n = n$ (مول حل شده در محلول رقیق)

$$n_{\text{غلیظ}} = n_{\text{رقیق}}$$

$$M_{\text{غلیظ}} \times V_{\text{غلیظ}} = M_{\text{رقیق}} \times V_{\text{رقیق}}$$

- حجم لازم برای تهیه ۵۰۰/۰ mL سدیم کلریـد ۰/۲۰۰ M را از محلول ۲/۵۰ M مشخص نمایید.

$$mol = M \times L = 0.200 \times 0.500 = 0.100\ mol$$

$$L = mol/M = 0.100/2.50 = 0.0400 = 40.0\ mL$$

یا

$$mol_{con} = mol_{dil};\ M_{con}V_{con} = M_{dil}V_{dil}$$

$$(2.5)(V_{con}) = (0.2)(500);\ V_{con} = (0.2)(500)/(2.5) = 40\ mL$$

- مولاریته محلول حاصل از افـزایش ۱۲۵ mL آب بـه ۵۵ mL محلول سود ۲/۰۰ M را مشخص نمایید.

$$M_1V_1=M_2V_2$$

$$M_1 \times 125\ mL = 2.00\ M \times (125+55)\ mL$$

$$M_1 = 0.61\ M$$

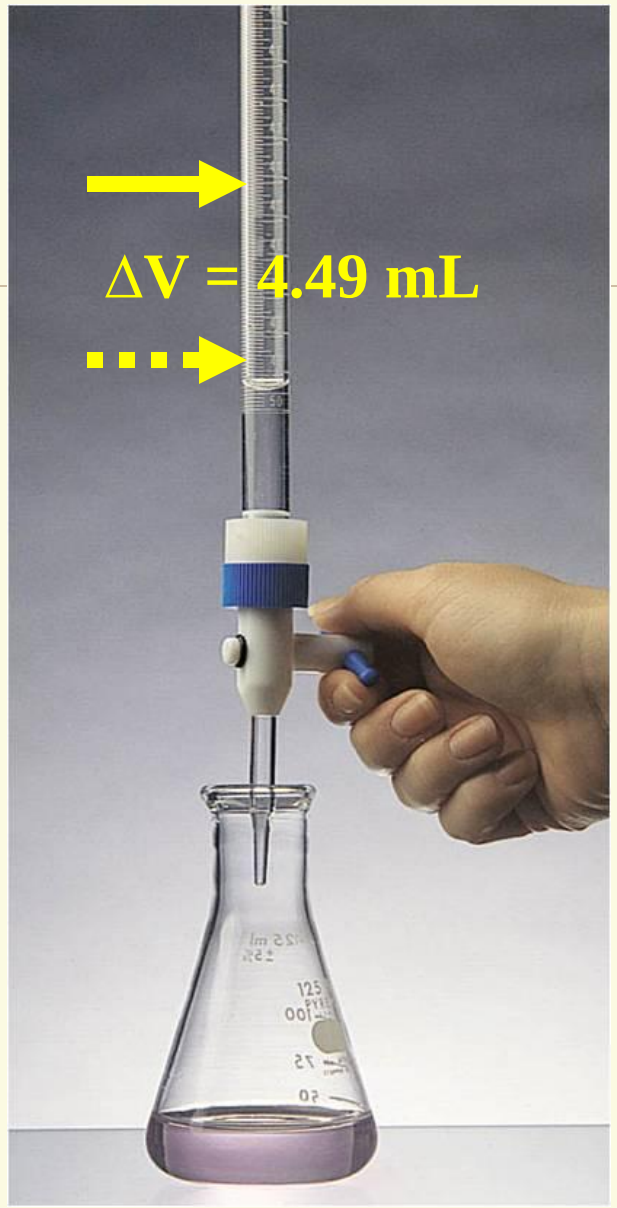
Titrations

تیتراسیون

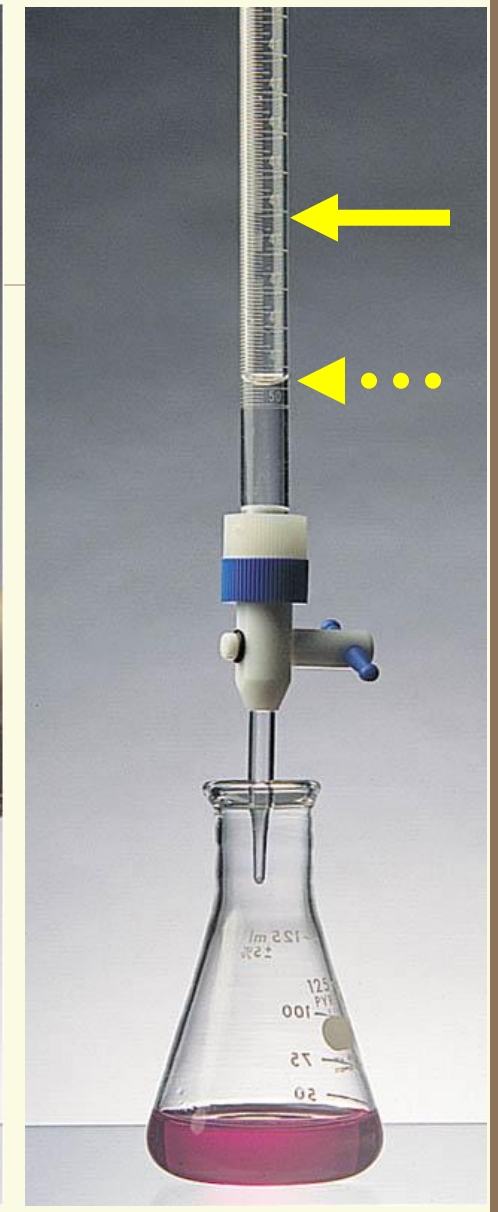
فرآیندی که در آن با توجه به حجم لازم برای واکنش یک محلول (غلظت معلوم Titrant) با محلول دیگر (غلظت مجهول Analyte)، غلظت مجهول تعیین می گردد.

Analyte + Titrant → Products

Starting point



At equivalence point



Too far!

۲۵ mL محلول هیدروکلریدریک اسید با غلظت مجهول با ۳۸/۲۸ mL محلول سود ۰/۴۳۷۰ M تیتر می گردد. مولاریته اسید را تعیین نمایید.

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

$$M_{acid}V_{acid}=M_{base}V_{base}$$

$$M_{acid} \times 25\ mL = 0.4370\ M \times 38.28\ mL$$

$$M_{acid} = 0.6691\ M$$

۵۰ mL سود با ۲۴/۰۹ mL محلول ۱/۶۰۵ مولار سولفوریک اسید تیتر می گردد. مولاریته سود را مشخص نمایید.

$$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

$$\frac{M_{acid}V_{acid}}{n_{acid}} = \frac{M_{base}V_{base}}{n_{base}}$$

$$\frac{1.605\ M \times 24.09\ mL}{1} = \frac{M_{base} \times 50\ mL}{2}$$

$$M_{base} = 1.559\ M$$

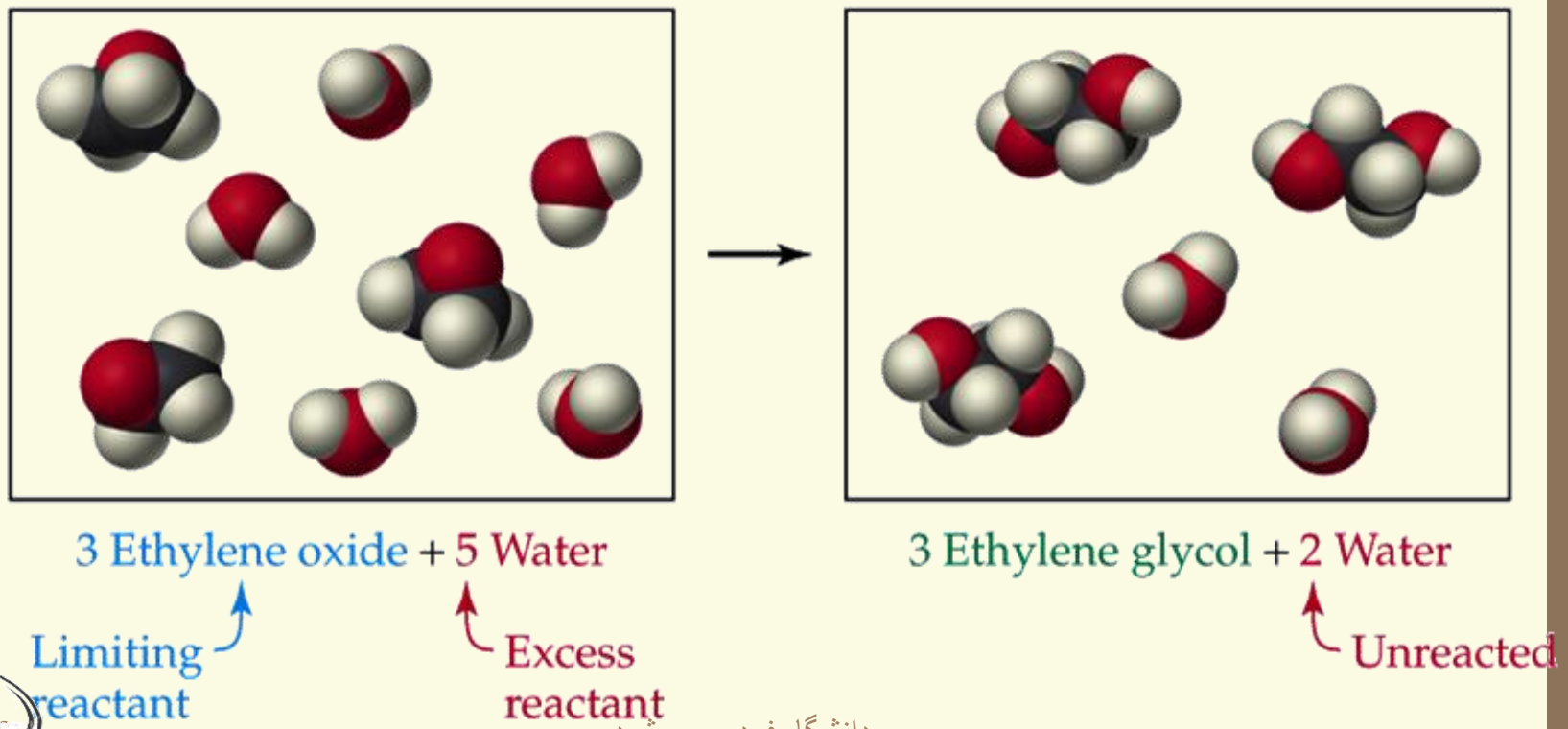
واکنشگر محدود کننده

- واکنشگری که مقدار آن در محیط واکنش کمتر از نسبت های استوکیومتری لازم می باشد، تولید محصول را به خود محدود نموده و به این نام خوانده می شود.

- تمام محاسبات بر حسب واکنشگر محدود کننده انجام می شود.
- سایر واکنشگر ها را واکنشگر اضافی می نامند.

Stoichiometry

- اتیلن اکسید محدود کننده است



دانشگاه فردوسی مشهد

۱۰۰ گرم اکتان با ۱۵۰ گرم اکسیژن سوزانده می شود. کدام واکـنش گر محدود کننده می باشد.

$$C_8H_{18} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

$$2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$$

مول اکتان: $100\ g \times mole/114.22\ g = 0.876\ moles$

مول اکسیژن: $150\ g \times mole/32.00\ g = 4.69\ moles$

مول اکتان مورد نیاز: $0.876 \times 25/2 = 11.0\ moles$

مول اکسیژن مورد نیاز: $4.69 \times 2/25 = 0.375\ moles$

$$2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$$

۰/۹۷۶ مول اکتان موجود بوده در حالیکه ۰/۳۷۵ مول لازم می باشد

۴/۶۹ مول اکسیژن موجود بوده در حالیکه ۱۱/۰ مول لازم می باشد

بنابراین اکسیژن واکنشگر محدود کننده است
و اکتان کاملا نمی سوزد.

مثال

۶/۷ مول سدیم با ۳/۲ مول گاز کلر واکنش داده می شود. واکنش گر محدود کننده را تعیین نمایید.

$$2\,Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$$

$$2\,Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NaCl(s)$$

6.7 mol 3.2 mol

$$6.7\ \text{mol Na} \left(\frac{1\ \text{mol } Cl_2}{2\ \text{mol Na}}\right) = 3.35\ \text{mol } Cl_2$$

Given amount

Need

Need 3.35 mol of Cl_2 and only have 3.2 mol Cl_2 thus chlorine is limiting reagent and Na is the excess reagent.

روش حل مسایل واکنش گر محدود کننده:

۱- تعیین مول تمام مواد شرکت کننده در واکنش

۲- مول هر ماده را به ضریب آن در معادله واکنش موازنه شده تقسیم می نماییم.

۳- کوچک ترین عدد بدست آمده در مرحله ۲، واکنش گر محدود کننده را مشخص می نماید

۱۰۰ گرم اکتان با ۱۵۰ گرم اکسیژن سوزانده می شود. کدام واکـنش گر محدود کننده می باشد.

$$2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$$

مول اکتان: $100\ g \times mole/114.22\ g = 0.876\ moles$

مول اکسیژن: $150\ g \times mole/32.00\ g = 4.69\ moles$

مول اکتان مورد نیاز: $0.876 / 2 = 0.438\ moles$

مول اکسیژن مورد نیاز: $4.69 / 25 = 0.188\ moles$

اکسیژن واکنشگر محدود کننده است

۵/۰۰ گرم فلز مس با محلولی حاوی ۲۰/۰ گرم نقره نیترات واکنش می دهد. وزن محصول (مس(II) نیترات) و ماده باقیمانده را تعیین نمایید.

$$2AgNO_3 + Cu \rightarrow 2Ag + Cu(NO_3)_2$$

$$5.00\ g\ Cu \times \frac{1\ mol}{63.5\ g\ Cu} = 0.787\ mol\ Cu$$

0.787/1=0.787

$$20.0\ g \times \frac{1\ mol}{169.9\ g} = 0.118\ \text{mol}$$

0.118/2=0.059 **محدود کننده**

$$20.0\ g\ AgNO_3 \times \frac{1\ mol\ AgNO_3}{169.9\ g\ AgNO_3} \times \frac{1\ mol\ Cu(NO_3)_2}{2\ mol\ AgNO_3} \times \frac{187.5\ g\ Cu(NO_3)_2}{1\ mol\ Cu(NO_3)_2} = 11.04\ g\ Cu(NO_3)_2$$

$$20.0\ g\ AgNO_3 \times \frac{1\ mol\ AgNO_3}{169.9\ g\ AgNO_3} \times \frac{1\ mol\ Cu}{2\ mol\ Cu(NO_3)_2} \times \frac{63.5\ g\ Cu}{1\ mol\ Cu} = 3.74\ g\ Cu$$

$$5.00 - 3.74 = 1.26\ g\ Cu$$

۲۱۵ g هگزان و اکسیژن مخلوط و سوزانده می شوند. جرم محصولات و ماده اولیه باقیمانده را تعیین نمایید.

$$2\ C_6H_{14}(\ell) + 19\ O_2(g) \rightarrow 12\ CO_2(g) + 14\ H_2O(g)$$

$$215\ g \times \frac{1\ mol}{86.16\ g} = 2.49\ mol \qquad \frac{2.49\ mol}{2} = 1.47$$

$$215\ g \times \frac{1\ mol}{32.00\ g} = 6.72\ mol \qquad \frac{6.72\ mol}{19} = 0.35$$

Excess Reactant = C_6H_{14}, Limiting Reactant = O_2

$$215\ g\ O_2 * (mol/32.00\ g) \cdot \frac{12\ mol\ CO_2}{19\ mol\ O_2} \cdot \frac{44.01\ g}{1\ mol\ CO_2} = \mathbf{187\ g\ CO_2}$$

$$215\ g\ O_2 * (mol/32.00\ g) \cdot \frac{14\ mol\ H_2O}{19\ mol\ O_2} \cdot \frac{18.02\ g}{1\ mol\ H_2O} = \mathbf{89.2\ g\ H_2O}$$

$$215\ g\ O_2 * (mol/32.00\ g) \cdot \frac{2\ mol\ C_6H_{14}}{19\ mol\ O_2} \cdot \frac{86.18\ g}{1\ mol\ C_6H_{14}} = \mathbf{60.9\ g\ C_6H_{14}\ used}$$

215 g C_6H_{14} available – 60.9 g C_6H_{14} used = **154 g C_6H_{14} remains**

۲۱۵ g هگزان و اکسیژن مخلوط و سوزانده می شوند. جرم محصولات و ماده اولیه باقیمانده را تعیین نمایید. روش دوم

$2\ C_6H_{14}(\ell) + 19\ O_2(g) \rightarrow 12\ CO_2(g) + 14\ H_2O(g)$

215 g C_6H_{14} * (mol/86.18 g) * (12 mol CO_2 / 2 mol C_6H_{14}) * 44.01 g/mol = 658 g CO_2

215 g O_2 * (mol/32.00 g) * (12 mol CO_2 / 19 mol O_2) * 44.01 g/mol = 187 g CO_2

Excess Reactant = C_6H_{14}, Limiting Reactant = O_2

$$215\text{ g } O_2 * (\text{mol}/32.00\text{ g}) \cdot \frac{12\text{ mol } CO_2}{19\text{ mol } O_2} \cdot \frac{44.01\text{ g}}{1\text{ mol } CO_2} = \mathbf{187\text{ g } CO_2}$$

$$215\text{ g } O_2 * (\text{mol}/32.00\text{ g}) \cdot \frac{14\text{ mol } H_2O}{19\text{ mol } O_2} \cdot \frac{18.02\text{ g}}{1\text{ mol } H_2O} = \mathbf{89.2\text{ g } H_2O}$$

$$215\text{ g } O_2 * (\text{mol}/32.00\text{ g}) \cdot \frac{2\text{ mol } C_6H_{14}}{19\text{ mol } O_2} \cdot \frac{86.18\text{ g}}{1\text{ mol } C_6H_{14}} = \mathbf{60.9\text{ g } C_6H_{14}\text{ used}}$$

215 g C_6H_{14} available – 60.9 g C_6H_{14} used = **154 g C_6H_{14} remains**

- مقدار محصول واکنش ۰/۸۸۷ مول گاز کلر با ۰/۵۵۲ آلومینیوم تعیین نمایید.

$$2\ Al(s) + 3\ Cl_2(g) \rightarrow 2\ AlCl_3$$

چه مقدار اکسیژن برای واکنش زیر لازم می باشد و چه مقدار از هر واکنش گر اضافه می ماند.

$$4\,Na_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,Na_2O_{(s)}$$

چه مقدار محصول جامد از واکنش ۱۰/۰ گرم سرب با ۱۰/۰گرم فسفریک اسید تشکیل می گردد؟

$$3\ Pb + 2\ H_3PO_4 \rightarrow Pb_3(PO_4)_{2\ (s)} + 3\ H_{2\ (g)}$$

Percent Yield

درصد بازده

$$\text{درصد بازده} = \frac{\text{بازده واقعی}}{\text{بازده نظری}} \times ۱۰۰$$

بازده نظری: حداکثر مقدار محصولی که در یک واکنش کامل با مصرف تمامی واکنشگر محدود کننده تولید گردد.

بازده واقعی: مقدار محصولی از یک واکنش که در عمل تولید می شود که عمدتاً از مقدار نظری کمتر است.

۱۶ گرم آلومینیوم با مقدار اضافی از اکسیژن واکنش داده و ۲۹ گرم اکسید فلزی تولید می نماید. درصد بازده را حساب نمایید.

$$4\ Al + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Al_2O_3$$

$$16\ g\ Al\left(\frac{1\ mol\ Al}{26.98\ g\ Al}\right)\left(\frac{2\ mol\ Al_2O_3}{4\ mol\ Al}\right)\left(\frac{101.96\ g\ Al_2O_3}{1\ mol\ Al_2O_3}\right) = 30.\ g\ Al_2O_3$$

$$\%Yield = \frac{actual}{theoretical} \times 100 = \frac{29\ g\ Al_2O_3}{30.\ g\ Al_2O_3} \times 100 = 96.7\ \%\ Yield$$

برای تولید ۲۲ g سدیم کلرید با راندمان ۹۷/۰% چه جرمی از کلر لازم می باشد.

$$2\,Na + Cl_2 \rightarrow 2\,NaCl$$

$$22\ g\ NaCl\ (100/97)\left(\frac{1\ mol\ NaCl}{58.44\ g\ NaCl}\right)\left(\frac{1\ mol\ Cl_2}{2\ mol\ NaCl}\right)\left(\frac{70.91\ g\ Cl_2}{1\ mol\ Cl_2}\right) = 14\ g\ Cl_2$$