

واکنش‌های شیمیایی و استوکیومتری:
استوکیومتری مولی و جرمی:
استوکیومتری مولی - مولی ← درصد مولی
استوکیومتری جرمی - جرمی ← درصد جرمی
استوکیومتری مولی - جرمی
تعداد اتم‌ها و مولکول‌ها
درصد خلوص
استوکیومتری گازها:
قانون نسبت‌های ترکیبی گی‌لوساک
قانون آووگادرو
شرایط STP
شرایط غیر STP
درصد حجمی
محدودکننده و اضافی
بازده درصدی
فرمول تجربی و فرمول مولکولی
آزمون

با اطمینان می‌توان گفت که مسایل استوکیومتری مهم‌ترین بخش در مسایل شیمی است و فراگیری و تسلط بر مباحث آن کمک بسیاری در حل سایر مسایل شیمی می‌نماید. از این مبحث در کنکور سراسری ۳ تا ۴ مسأله مطرح می‌شود که عموماً جزو مسایل سخت و وقتگیر به شمار می‌آیند. حل هر مسأله در واقع انجام سه مرحله‌ی متوالی زیر است:

(۱) نوشتن معادله‌ی واکنش (۲) موازنه کردن (۳) انجام محاسبات

ما در این کتاب فقط به چگونگی انجام محاسبات می‌پردازیم و دو قسمت دیگر را عجلتاً به خودتان وامی‌گذاریم! پس قبل از ورود به این مبحث حتماً مطمئن شوید که تسلط کافی روی انواع واکنش‌های شیمیایی مطرح شده در کتاب درسی و موازنه کردن آنها دارید. (چون برای حل مسایل استوکیومتری نیاز به ضرایب استوکیومتری معادله‌ی موازنه شده داریم).

پس ای گرامی این بخش را گرامی‌تر بدار و مطالب آن را نه یک بار بل چند بار بخوان که گذشتگان گفته‌اند: «کار نیکو

کردن از پر کردن است» تا پایه‌ی تو در این بخش سخت شود همچون سنگ و مسایل آن نرم شود در دستانتو چون

موم! تا هر بار که به مسأله‌ای برخوردی چهره‌ات به جای این که این جوری شود ☹ این‌طوری شود 😊!

## واکنش‌های شیمیایی و استوکیومتری

مسائل استوکیومتری را می‌توان به دو روش حل کرد. این دو روش عبارتند از:

روش اول: تناسب

روش دوم: ضرایب تبدیل

تفاوت این دو روش در سرعت رسیدن به جواب است. روش تناسب در مقایسه با روش ضرایب تبدیل، سریع‌تر به جواب می‌رسد. از این رو با توجه به این‌که در کنکور بحث سرعت عمل بسیار مهم است، این روش را به داوطلبان کنکور توصیه می‌کنیم.

روش اول: روش تناسب: برای حل مسائل استوکیومتری به روش تناسب، به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

۱ - معادله‌ی واکنش را نوشته و موازنه می‌کنیم.

۲ - بسته به این‌که داده‌ها یا خواسته‌های مسأله برحسب چه یکایی باشند، با استفاده از روابط زیر، تناسبی (در واقع معادله‌ای) تشکیل داده و مجهول موردنظر را به دست می‌آوریم:

$$\left[ \frac{\text{تعداد ذره}}{\text{ضریب}} \times n_A \right] = \left[ \frac{\text{محلول mL} \times M}{\text{ضریب} \times 1000} \right] = \left[ \frac{\text{گاز mL}}{\text{ضریب} \times 22400} \right] = \left[ \frac{\text{گاز L}}{\text{ضریب} \times 22.4} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] = \left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right]$$

عدد آووگادرو (برای محلول‌ها)      (در شرایط STP)      (در شرایط STP)      (جرم مولی × ضریب)

اگر برای ماده‌ی گازی شکل، شرایط غیر STP حاکم باشد با داشتن چگالی آنها (برحسب  $\text{g.L}^{-1}$ ) می‌توان از تناسب‌های زیر استفاده نمود:

$$\left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{L گاز} \times d} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{mL گاز} \times d} \times 1000 \right]$$

(در شرایط غیر STP)      (در شرایط غیر STP)

روش دوم: روش ضرایب تبدیل: برای حل مسائل به این روشی که در کتاب درسی ارایه شده است، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱ - معادله‌ی واکنش را نوشته و موازنه می‌کنیم.

۲ - اگر مقدار ماده‌ی معلوم برحسب مول نباشد باید با استفاده از ضرایب تبدیل مناسب، مقدار آن را برحسب مول به دست آوریم. برای این منظور بسته به این‌که مقدار ماده‌ی معلوم برحسب چه یکایی باشد، از یکی از ضرایب تبدیل زیر می‌توان استفاده نمود:

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

$$\text{L گاز} \times \frac{\text{mol}}{22.4 \text{ L}} \Rightarrow \text{L گاز} \times \frac{\text{d(g)}}{1 \text{ L}} \times \frac{\text{mol}}{\text{جرم مولی (g)}} \quad \text{(چگالی)}$$

$$\text{mL گاز} \times \frac{\text{mol}}{22400 \text{ mL}} \Rightarrow \text{mL گاز} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{\text{d(g)}}{1 \text{ L}} \times \frac{\text{mol}}{\text{جرم مولی (g)}}$$

$$\text{L محلول} \times \frac{M \text{ mol}}{1 \text{ L}} \Rightarrow \text{mL محلول} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{M \text{ mol}}{1 \text{ L}}$$

(غلظت مولار)

$$\text{تعداد اتم یا مولکول} \times \frac{\text{mol}}{n_A} \Rightarrow \text{عدد آووگادرو}$$

۳ - با توجه به ضرایب‌های استوکیومتری ماده‌ی معلوم و ماده‌ی مجهول در معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش، مقدار مول ماده‌ی معلوم را به مقدار مول ماده‌ی مجهول تبدیل می‌کنیم:

$$\text{mol ماده‌ی معلوم} \times \frac{\text{ضریب ماده‌ی مجهول}}{\text{ضریب ماده‌ی معلوم}}$$

۴ - در پایان اگر مقدار ماده‌ی مجهول برحسب یکای غیر از مول خواسته شده باشد، مقدار مول آن را در یک ضریب تبدیل مناسب ضرب کرده و به یکای موردنظر تبدیل می‌کنیم.



در این کتاب مسایل استوکیومتری را به هر دو روش حل می‌کنیم، باشد که از آن مژده وافر را ببرید. اگرچه روش تناسب را به دلیل سریع‌تر به جواب رسیدن، بیشتر توصیه می‌کنیم. به هر حال انتقاب با فودتان است که این وری بروید یا اون وری غش کنید. ☺

## ۱ - استوکیومتری مولی و جرمی

### ۱ - ۱ - استوکیومتری مولی - مولی

در مسایل استوکیومتری مولی - مولی، تعداد مول یک ماده را می‌دهند و تعداد مول ماده‌ای دیگر را می‌خواهند. برای حل این‌گونه مسایل از تناسب زیر استفاده می‌کنیم.

ماده‌ی مجهول ماده‌ی معلوم

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right]$$

۱. برای تهیه ۰/۳ مول کلسیم فسفات، چند مول فسفریک اسید لازم است؟

۰/۳ (۱)      ۰/۶ (۲)      ۰/۹ (۳)      ۰/۸ (۴)

◀ معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



روش اول: روش تناسب: از تناسب زیر استفاده می‌کنیم:

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] \Rightarrow \frac{x}{2} = \frac{0.3}{1} \Rightarrow x = 0.6 \text{ mol H}_3\text{PO}_4$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل: به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$? \text{ mol H}_3\text{PO}_4 = 0.3 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \frac{2 \text{ mol H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 0.6 \text{ mol H}_3\text{PO}_4$$

۲. از تجزیه‌ی ۰/۵ مول آمونیوم دی کرومات، چند مول فراورده‌ی گازی تشکیل می‌شود؟

۴ (۴)      ۴/۵ (۳)      ۲/۵ (۲)      ۳ (۱)

◀ معادله‌ی موازنه شده‌ی تجزیه‌ی آمونیوم دی کرومات به صورت روبه‌رو است:



روش اول: روش تناسب: در واکنش فوق  $\text{N}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  فراورده‌های گازی شکل‌اند.



$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] \Rightarrow \frac{0.5}{1} = \frac{x}{(1+4)} \Rightarrow x = 2.5 \text{ mol}$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل:  $2.5 \text{ mol}(\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}) = 0.5 \text{ mol}(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times \frac{5 \text{ mol}(\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O})}{1 \text{ mol}(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7}$

### ۱ - ۱ - درصد مولی

درصد مولی یک ماده در یک مخلوط را می‌توان به کمک رابطه‌ی زیر محاسبه نمود:

$$100 \times \frac{\text{تعداد مول‌های ماده‌ی مورد نظر}}{\text{تعداد کل مول‌های مخلوط}} = \text{درصد مولی یک ماده در یک مخلوط}$$

۳. در تجزیه‌ی ۰/۳ مول نیتروگلیسرین، چند درصد مولی فراورده‌ها را گاز اکسیژن تشکیل می‌دهد؟

(۱) ۳/۴۵

(۲) ۶/۲۵

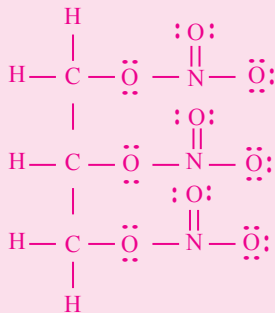
(۳) ۵/۵۲

(۴) ۷/۳۶

◀ معادله‌ی موازنه شده‌ی تجزیه‌ی نیتروگلیسرین به صورت روبه‌رو است:



واکنش تجزیه یا بهتر بگوییم انفجار نیتروگلیسرین از آن واکنش‌هایی است که خیلی از طراح‌ها را قفلک می‌دهد که از آن سوال طرح نمایند، چون هر جور سوالی را می‌توانند از آن طرح کنند. حتی در مورد ساختار لوویس آن پس این واکنش را خوب به خاطر بسپارید! راستی حرف از ساختار لوویس شد بد نیست بدانید ساختار لوویس نیتروگلیسرین به صورت زیر است.



روش اول: روش تناسب: ابتدا تعداد مول  $O_2(g)$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] \Rightarrow \frac{0/3}{4} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = \frac{3}{40} \text{ mol } O_2$$

سپس تعداد کل مول‌های فراورده‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] \Rightarrow \frac{0/3}{4} = \frac{x}{(12+10+6+1)} \Rightarrow x = \frac{0/3 \times 29}{4} = \frac{3 \times 29}{40} \text{ mol}$$

و در پایان می‌توان نوشت:

$$\text{درصد مولی } O_2 = \frac{\text{تعداد مول } O_2}{\text{تعداد کل مول‌های فراورده‌ها}} \times 100 = \frac{\frac{3}{40}}{\frac{3}{40} \times 29} \times 100 = \frac{100}{29} \xrightarrow{\text{تقریب}} \frac{100}{30} \approx 3.3/3 \rightarrow \text{نزدیک‌ترین گزینه } 3.3/3$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل: ابتدا تعداد مول  $O_2(g)$  و سپس تعداد مول فراورده‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$? \text{ mol } O_2 = 0/3 \text{ mol } C_3H_5(NO_3)_3 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{4 \text{ mol } C_3H_5(NO_3)_3} = \frac{0/3}{4} = \frac{3}{40} \text{ mol } O_2$$

$$? \text{ mol فراورده} = 0/3 \text{ mol } C_3H_5(NO_3)_3 \times \frac{(12+10+6+1) \text{ mol فراورده}}{4 \text{ mol } C_3H_5(NO_3)_3} = \frac{3 \times 29}{40} \text{ mol فراورده}$$

و در پایان داریم:

$$\text{درصد مولی } O_2 = \frac{\text{تعداد مول } O_2}{\text{تعداد کل مول‌های فراورده‌ها}} \times 100 = \frac{\frac{3}{40}}{\frac{3}{40} \times 29} \times 100 = \frac{100}{29} \xrightarrow{\text{تقریب}} \frac{100}{30} \approx 3.3/3 \rightarrow \text{نزدیک‌ترین گزینه } 3.3/3$$

در انجام محاسبات، ساده کردن را فراموش نکنید، اول ساده کنید، بعد ضرب و تقسیم. البته از شگردهای ریاضی دیگر نیز می‌توانید استفاده کنید. مثلاً اگر اختلاف گزینه‌ها زیاد بود می‌توانید از شگرد تقریب استفاده کنید، همان کاری که ما در مسأله بالا انجام دادیم.



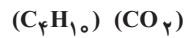
۴. اگر یک مول بوتان در موتور خودرو در مقدار کافی هوا، به طور کامل بسوزد، به تقریب چند درصد مولی گازهای خروجی از آگزوز را کربن دی اکسید تشکیل می دهد؟

۴۴/۴ (۱)      ۷/۶ (۲)      ۱۱/۴ (۳)      ۲۹/۶ (۴)

◀ **۳۳** واکنش انجام شده به صورت روبه رو است:

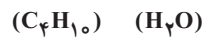


روش اول: روش تناسب: ابتدا تعداد مول  $CO_2(g)$  را محاسبه می کنیم:



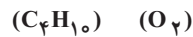
$$\left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}}\right] = \left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}}\right] \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{x}{8} \Rightarrow x = 4 \text{ mol } CO_2$$

سپس تعداد مول  $H_2O(g)$  را به دست می آوریم:



$$\left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}}\right] = \left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}}\right] \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{x}{10} \Rightarrow x = 5 \text{ mol } H_2O$$

با اجازه تان در طراحی این تست کمی هم از پاشنی موزی گری استفاده کرده ایم. 😊 همان طور که می دانید برای سوختن سوخت در موتور خودرو هوا تزریق می شود نه اکسیژن فاضل و هوا هم مخلوطی از ۲۰٪ اکسیژن و ۸۰٪ نیتروژن است که مولکول های نیتروژن بدون آن که واکنش دهند همراه سایر گازها از آگزوز خارج می شوند. پس باید تعداد مول های  $N_2(g)$  را نیز مناسبه نماییم و برای این منظور باید ابتدا تعداد مول های  $O_2(g)$  مصرف شده را مناسبه کنیم:



$$\left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}}\right] = \left[\frac{\text{mol}}{\text{ضریب}}\right] \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{x}{13} \Rightarrow x = \frac{13}{2} \text{ mol } O_2$$

با توجه به اینکه تعداد مول های  $N_2(g)$ ، چهار برابر تعداد مول های  $O_2(g)$  است، داریم:  $N_2$  تعداد مول =  $4 \times \frac{13}{2} = 26 \text{ mol } N_2$  و در پایان می توان نوشت:

$$\text{درصد مولی } CO_2 = \frac{\text{تعداد مول } CO_2}{\text{تعداد کل مول های گازهای خروجی } (CO_2 + H_2O + N_2)} \times 100 = \frac{4}{(4 + 5 + 26)} \times 100 = \frac{4}{35} \times 100 = \frac{40}{35} \times 100 = 114\%$$

البته در دمای بالای موتور خودرو مقداری از گاز  $N_2$  با  $O_2(g)$  واکنش می دهد ( $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ )، ولی به دلیل کم انجام شدن این واکنش از آن صرف نظر می کنیم.

روش دوم: روش ضرایب تبدیل: اگرچه رفیق نیمه راه بودن فوب نیست ولی عزیزان، این نیمه راه دیگر را به عوهدی فوتتان می گذاریم. البته از دور هواپتان را داریم!

## ۱ - ۲ - استوکیومتری جرمی - جرمی

در مسایل استوکیومتری جرمی - جرمی، جرم یک ماده داده شده و جرم ماده ای دیگر خواسته می شود. برای حل این گونه مسایل، از تناسب زیر استفاده می کنیم:

$$\left[\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم (g)}}\right] = \left[\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم (g)}}\right]$$

۵. ۹۰ گرم گلوکز برای اکسایش کامل، به چند گرم اکسیژن نیاز دارد؟ ( $H=1, C=12, O=16 : \text{g.mol}^{-1}$ ) (سرآسری - ریاضی - ۱۴)

۷۲ (۱)      ۸۶ (۲)      ۹۶ (۳)      ۴۴ (۴)

◀ **۳۳** معادله ی واکنش اکسایش گلوکز به صورت مقابل است:



روش اول: روش تناسب: از تناسب زیر استفاده می‌کنیم:

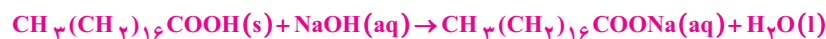
$$\left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] \Rightarrow \frac{90}{1 \times 180} = \frac{x}{6 \times 32} \Rightarrow x = \frac{90 \times 6 \times 32}{180} = 96 \text{ gO}_2$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل:  $90 \text{ gC}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ molC}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ gC}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ molO}_2}{1 \text{ molC}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{32 \text{ gO}_2}{1 \text{ molO}_2} = 96 \text{ gO}_2$

۶. برای تهیه‌ی نوعی صابون ویژه نخست استئاریک اسید  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$  ( $M = 284 \text{ g.mol}^{-1}$ ) را با سدیم هیدروکسید خنثی کرده و سپس ۱۰ درصد سدیم هیدروکسید اضافی نیز به آن می‌افزایند. حدود چند گرم سدیم هیدروکسید به ازای ۱/۴۲ کیلوگرم استئاریک اسید لازم است؟ ( $H = 1, O = 16, Na = 23; \text{g.mol}^{-1}$ ) (سراسری - تجربی - ۹۲)

(۱) ۲۸۰ (۲) ۱۴۰ (۳) ۴۴۰ (۴) ۲۲۰

استئاریک اسید یک کربوکسیلیک اسید یک عاملی است لذا هر مول آن با یک مول NaOH خنثی می‌شود:



روش اول: روش تناسب: فرمول مولکولی استئاریک اسید  $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$  است:

$$\left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] \Rightarrow \frac{1/42 \times 10^3}{1 \times 284} = \frac{x}{1 \times 40} \Rightarrow x = \frac{142 \times 10^3 \times 40}{284} = 200 \text{ gNaOH}$$

و با توجه به اینکه ۱۰ درصد سدیم هیدروکسید اضافی نیز به مخلوط افزوده می‌شود. داریم:

$$\text{جرم NaOH اضافی} = 200 \times \frac{10}{100} = 20 \text{ g}$$

$$\text{کل جرم NaOH مورد نیاز} = 200 + 20 = 220 \text{ g}$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل: باید کلی ضریب تبدیل قطار کنیم!

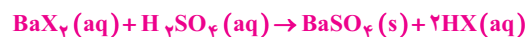
$$\begin{aligned} ? \text{ g NaOH} &= 1/4 \text{ Kg C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2 \times \frac{1000 \text{ gC}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2}{1 \text{ KgC}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ molC}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2}{284 \text{ gC}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ molNaOH}}{1 \text{ molC}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2} \\ &\times \frac{40 \text{ gNaOH}}{1 \text{ molNaOH}} \times \frac{110}{100} = \frac{1/42 \times 1000 \times 40 \times 110}{284 \times 100} = \frac{142 \times 10^3 \times 40 \times 110}{284 \times 100} = 220 \text{ gNaOH} \end{aligned}$$

۱۰ درصد بیشتر

۷. اگر از واکنش ۰/۱۵۸ گرم باریوم هالید با مقدار کافی سولفوریک اسید، مقدار ۰/۱۲۴ گرم رسوب باریوم سولفات تشکیل شود، جرم اتمی هالوژن مورد نظر کدام است؟ ( $\text{Ba} = 137, \text{S} = 32, \text{O} = 16; \text{g.mol}^{-1}$ )

(۱) ۸۰ (۲) ۱۲۷ (۳) ۳۵/۵ (۴) ۱۹

واکنش انجام شده به صورت روبه‌رو است (هالوژن را X فرض می‌کنیم):



روش اول: روش تناسب: جرم اتمی X را برابر M فرض می‌کنیم:

$$\left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] \Rightarrow \frac{0/158}{1 \times (137 + 2M)} = \frac{0/124}{1 \times 233} \Rightarrow 137 + 2M = \frac{0/158 \times 233}{0/124} \approx \frac{0/16 \times 230}{0/12} \Rightarrow M = 85$$

نزدیک‌ترین گزینه  $\Rightarrow M = 80$

با توجه به اختلاف زیاد گزینه‌ها، برای رسیدن سریع‌تر به جواب می‌توان از شگرد تقریب استفاده نمود:

روش دوم: روش ضرایب تبدیل: جرم اتمی X را برابر M فرض می‌کنیم:

$$0/124 \text{ gBaSO}_4 = 0/158 \text{ gBaX}_2 \times \frac{1 \text{ molBaX}_2}{(137 + 2M) \text{ gBaX}_2} \times \frac{1 \text{ molBaSO}_4}{1 \text{ molBaX}_2} \times \frac{233 \text{ gBaSO}_4}{1 \text{ molBaSO}_4} \Rightarrow 0/124 = \frac{0/158 \times 233}{(137 + 2M)} \Rightarrow M = 80$$



۸. مقدار  $3/22$  گرم  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  را گرما می‌دهیم تا  $50\%$  آب آن خارج شود. جرم ماده‌ی جامد باقی‌مانده برابر چند

گرم است؟ ( $\text{Na} = 23, \text{S} = 32, \text{O} = 16, \text{H} = 1: \text{g.mol}^{-1}$ ) (سراسری - تجربی - ۹۰ - خارج)

۱/۶۱ (۱)      ۲/۳۲ (۲)      ۲/۴۵ (۳)      ۲/۷۵ (۴)

در نمک متبلور  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  خارج شدن  $50\%$  درصد آب به معنای آن است که هر واحد فرمولی آن نیمی از مولکول‌های

$\text{H}_2\text{O}$  خود را از دست می‌دهد:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(s) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s) + 5\text{H}_2\text{O}(g)$

روش اول: روش تناسب: از تناسب زیر استفاده می‌کنیم:

$$\left[ \frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \right] \Rightarrow \frac{3/22}{1 \times 322} = \frac{x}{1 \times 232} \Rightarrow x = \frac{322 \times 10^{-2} \times 232}{322} = 2/32 \text{g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل:

$$? \text{g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 3/22 \text{g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}{322 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}$$

$$\times \frac{232 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{3/22 \times 232}{322} = \frac{322 \times 10^{-2} \times 232}{322} = 2/32 \text{g}$$

میانبر

در بعضی از مسایل ممکن است با چند واکنش متوالی روبه‌رو شویم. در این گونه مسایل برای رسیدن از معلوم به مجهول می‌توان از راه میانبر استفاده کرد به شرط آنکه ضریب استوکیومتری ماده‌ی مشترک را در واکنش‌ها یکسان نماییم.

۹. چند گرم آلومینیم باید با هیدروکلریک اسید واکنش دهد تا گاز به دست آمده با  $16$  گرم اکسیژن واکنش کامل دهد؟

(سراسری - ریاضی - ۹۴)

( $\text{Al} = 27, \text{O} = 16: \text{g.mol}^{-1}$ )

۲/۷ (۱)      ۹ (۲)      ۱۳/۵ (۳)      ۱۸ (۴)

واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:  $2\text{Al}(s) + 6\text{HCl}(aq) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(aq) + 3\text{H}_2(g)$

$2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$

ماده‌ی مشترک در این دو واکنش،  $\text{H}_2(g)$  می‌باشد که برای یکسان شدن ضریب آن کافی است ضرایب واکنش (I) و (II) را به

ترتیب در عدد ۲ و ۳ ضرب نماییم.

$4\text{Al}(s) + 12\text{HCl}(aq) \rightarrow 4\text{AlCl}_3(aq) + 6\text{H}_2(g)$

$6\text{H}_2(g) + 3\text{O}_2(g) \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}(l)$

در این مسأله،  $\text{O}_2(g)$  معلوم و  $\text{Al}(s)$  مجهول است و بنابراین می‌توان نوشت:



روش اول: روش تناسب:

$$\left[ \frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم (g)}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \right] \Rightarrow \frac{x}{4 \times 27} = \frac{16}{3 \times 32} \Rightarrow x = \frac{4 \times 27 \times 16}{3 \times 32} = \frac{4 \times 9}{2} = 18 \text{g Al}$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل:

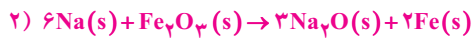
$$? \text{g Al} = 16 \text{g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} \times \frac{4 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol O}_2} \times \frac{27 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = \frac{16 \times 4 \times 27}{32 \times 3} = \frac{4 \times 9}{2} = 18 \text{g Al}$$

۱۰. در فرایند پر کردن کیسه‌ی هوای خودرو، اگر  $3/25$  گرم سدیم آزید تجزیه شود، در پایان، چند گرم بی‌کربنات

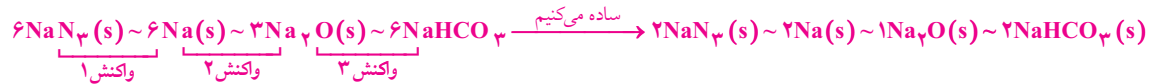
تشکیل می‌شود؟ ( $\text{H} = 1, \text{C} = 12, \text{N} = 14, \text{O} = 16, \text{Na} = 23: \text{g.mol}^{-1}$ ) (آزمایش سنجش)

۵/۶ (۱)      ۴/۲ (۲)      ۲/۸ (۳)      ۱/۴ (۴)

واکنش‌های انجام شده در کیسه‌ی هوای خودرو به صورت زیر است:



ماده‌ی مشترک در واکنش (۱) و (۲)،  $\text{Na}(s)$  می‌باشد که برای یکسان کردن ضریب آن در این دو واکنش، ضریب واکنش (۱) را در ۳ ضرب می‌کنیم. از طرف دیگر ماده‌ی مشترک در دو واکنش (۲) و (۳)،  $\text{Na}_2\text{O}(s)$  است که با ضرب کردن ضرایب واکنش (۳) در ۳، ضریب  $\text{Na}_2\text{O}(s)$  در این دو واکنش نیز یکسان می‌شود:



روش اول: روش تناسب:

$$\left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم}(g)} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم}(g)} \right] \Rightarrow \frac{3/25}{2 \times 65} = \frac{x}{2 \times 84}$$

$$\Rightarrow x = \frac{3/25 \times 84}{2 \times 65} = \frac{325 \times 10^{-2} \times 84}{65} = 5 \times 84 \times 10^{-2} = 420 \times 10^{-2} = 4/2 \text{g NaHCO}_3$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل:

$$? \text{g NaHCO}_3 = 3/25 \text{g NaN}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaN}_3}{65 \text{ g NaN}_3} \times \frac{2 \text{ mol NaHCO}_3}{2 \text{ mol NaN}_3} \times \frac{84 \text{ g NaHCO}_3}{1 \text{ mol NaHCO}_3}$$

$$= \frac{3/25 \times 84}{65} = \frac{325 \times 10^{-2} \times 84}{65} = 5 \times 84 \times 10^{-2} = 420 \times 10^{-2} = 4/2 \text{g NaHCO}_3$$

کیسه‌ی هوا بسیاری از طراحان را یاد کیسه‌ی بوکس می‌اندازد که باید هی به آن ضربه بزنند! یعنی هی باید از آن سوال بدهند. پس واکنش‌های کیسه‌ی هوا را خوب به خاطر بسپارید!

## ۱-۲-۱- درصد جرمی

درصد جرمی هر عنصر در ترکیب از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{درصد جرمی یک عنصر در یک ترکیب} = \frac{\text{جرم اتمی عنصر مورد نظر} \times \text{تعداد اتم عنصر مورد نظر در فرمول}}{\text{جرم مولی ترکیب}} \times 100$$

درصد جرمی یک ماده در یک ماده مخلوط از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{درصد جرمی یک ماده در مخلوط} = \frac{\text{جرم ماده مورد نظر}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100$$

توجه کنید که در صورت و مخرج رابطه‌های فوق، باید از یک نوع یکای جرم استفاده شود، یعنی هر دو کمیت باید برحسب میلی‌گرم، گرم یا کیلوگرم بیان شوند.

۱۱. اگر درصد جرمی عنصر  $M$  در اکسیدی از آن با فرمول  $\text{MO}$  برابر ۸۰ درصد باشد، درصد جرمی آن در اکسید  $M_2\text{O}$  کدام است؟

$$(O = 16 : \text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

۸۹/۹۸ (۴)                      ۸۸/۸۹ (۳)                      ۸۷/۸۶ (۲)                      ۷۸/۹۸ (۱)

با توجه به داده‌های مسأله می‌توان نوشت:

$$\text{MO} \Rightarrow \%M = \frac{M}{M+O} \times 100 \Rightarrow 80 = \frac{M}{M+16} \times 100 \Rightarrow 100M = 80M + 80 \times 16 \Rightarrow 20M = 80 \times 16$$

$$M = \frac{80 \times 16}{20} = 4 \times 16 = 64 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$





اکنون می‌توان درصد جرمی  $M$  را در  $M_2O$  محاسبه نمود:

$$M_2O \Rightarrow \%M = \frac{2M}{M_2O} \times 100 = \frac{2 \times 64}{(2 \times 64) + 16} \times 100 = \frac{2 \times 16 \times 4}{16(8+1)} \times 100 = \frac{8}{9} \times 100 = \%88.89$$

۱۲. درصد جرمی نیتروژن در کدام ترکیب، کمتر است؟ ( $H=1, N=14, O=16: g.mol^{-1}$ ) (سراسری - تجربی - ۹۴)

(۱) دی‌نیتروژن اکسید

(۲) دی‌نیتروژن تری‌اکسید

(۳) نیتروژن (II) اکسید

(۴) نیتروژن دی‌اکسید

۱)  $(N_2O) \Rightarrow \%N = \frac{2N}{N_2O} \times 100$

به بررسی هر چهار گزینه می‌پردازیم:

۲)  $(N_2O_3) \Rightarrow \%N = \frac{2N}{N_2O_3} \times 100$

۳)  $(NO) \Rightarrow \%N = \frac{N}{NO} \times 100$

۴)  $(NO_2) \Rightarrow \%N = \frac{N}{NO_2} \times 100$

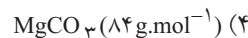
بدون انجام محاسبات و فقط با کمی دقت می‌توان گزینه‌ی درست را پیدا نمود. هر کسری که صورت آن کوچک‌تر و مخرج آن بزرگ‌تر باشد، مقدار آن کم‌تر خواهد بود. از بین گزینه‌ی (۱) و (۲)، گزینه‌ی (۲) کوچک‌تر است چون مخرج آن بزرگ‌تر است (رد گزینه‌ی (۱)). به دلیل مشابه، گزینه‌ی (۴) کوچک‌تر از گزینه‌ی (۳) است (رد گزینه‌ی (۳)). اما بین گزینه‌ی (۲) و (۴)، مقدار عددی کسر گزینه‌ی (۴) کوچک‌تر است. اگر صورت و مخرج کسر گزینه‌ی (۴) را در ۲ ضرب کنیم، خواهیم داشت:

$$\frac{N}{NO_2} \xrightarrow{\times 2} \frac{2N}{2(NO_2)} \equiv \frac{2N}{N_2O_4} < \frac{2N}{N_2O_3} \Rightarrow \frac{N}{NO_2} < \frac{2N}{N_2O_3}$$

گزینه (۲) گزینه (۴)

۱۳. کدام ترکیب، بر اثر تجزیه شدن کامل در گرما، ۳۵/۲ درصد جرم خود را از دست می‌دهد؟ (سراسری - ریاضی - ۸۷)

$$(C=12, Mg=24, O=16, Ca=40, Zn=65, Ba=137: g.mol^{-1})$$



تمام ترکیب‌های موردنظر کربنات فلز هستند که بر اثر حرارت گاز  $CO_2$  آزاد می‌کنند. برای حل این مسأله، باید حساب کنیم که در کدام گزینه، نسبت جرم مولی  $CO_2$  (که در واقع همان جرم گاز از دست رفته است) به جرم مولی کربنات فلز برابر

۱)  $\frac{\text{جرم مولی } CO_2}{\text{جرم مولی } ZnCO_3} \times 100 = \frac{44}{125} \times 100 = \%35.2$  است، پس به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

پس گزینه‌ی (۱) جواب صحیح این تست است و دیگر نیازی به بررسی سه گزینه‌ی دیگر نیست. وقتی به این جور تست‌ها رسیدید از راه دور به درود و سلامی به طراح ممتز سوال روانه کنید. چون آگه می‌فواست کمی اذیت کنه می‌تونست همون جواب درستو بپندازه گزینه‌ی (۳) آن وقت مجبور می‌شدین سه گزینه‌ی دیگر را هم بررسی کنید که کلی وقت ازتون گرفته می‌شد. ولی ما برای گل روی شما سه گزینه‌ی دیگر را هم بررسی می‌کنیم تا ببینیم اوضاع چه جوریه؟

۲)  $\frac{\text{جرم مولی } CO_2}{\text{جرم مولی } BaCO_3} \times 100 = \frac{44}{197} \times 100 = \%22.3$

۳)  $\frac{\text{جرم مولی } CO_2}{\text{جرم مولی } CaCO_3} \times 100 = \frac{44}{100} \times 100 = \%44$

۴)  $\frac{\text{جرم مولی } CO_2}{\text{جرم مولی } MgCO_3} \times 100 = \frac{44}{84} \times 100 = \%52.4$

۱۴. اگر ترکیب حاصل از واکنش آلومینیم با یکی از عنصرهای گروه ۱۶، دارای ۳۶ درصد جرمی آلومینیم باشد، این عنصر

کدام است؟ (شمار پروتون و نوترون در اتم این عنصر برابر است) ( $O=16, S=32, Se=79, Te=128, Al=27 : g.mol^{-1}$ )

(۱) گوگرد (۱۶S) (۲) تلور (۵۲Te) (سراسری - تجربی - ۱۹ - خارج)

(۳) اکسیژن (۸O) (۴) سلنیم (۳۴Se)

◀ **نافلزات در واکنش با فلزات (مانند Al) از ظرفیت پایین خود استفاده می‌کنند.** پایین‌ترین ظرفیت عنصرهای گروه ۱۶ برابر ۲

است و از آنجا که ظرفیت Al برابر ۳ است پس فرمول کلی ترکیب موردنظر به صورت  $Al_3X_2$  خواهد بود. با توجه به این که درصد

جرمی آلومینیم در ترکیب مورد نظر ۳۶ درصد است، می‌توان نوشت: درصد  $64 = 100 - 36 = 100 - 36 = 64$  درصد جرمی  $Al_3X_2 \Rightarrow X$

$$\frac{2Al}{3X} = \frac{36}{64} \Rightarrow \frac{2 \times 27}{3X} = \frac{36}{64} \Rightarrow X = 32$$

پس جرم اتمی عنصر موردنظر برابر ۳۲ گرم بر مول است. از آنجا که در صورت سؤال اشاره شده است که شمار پروتون‌ها و نوترون‌های

اتم عنصر موردنظر برابر است، می‌توان دریافت که عنصر موردنظر گوگرد ( $^{32}_{16}S$ ) است که دارای ۱۶ پروتون و ۱۶ نوترون است.

لطفاً مثال زیر را با دقت بیشتری مطالعه نمایید.

۱۵. مخلوطی از کلسیم کربنات و مس (II) سولفات پنج آبه، دارای ۲۰ درصد جرمی کلسیم است. چند درصد مخلوط را آب تشکیل

می‌دهد؟ ( $Cu=64, Ca=40, S=32, C=12, H=1 : g.mol^{-1}$ ) (سراسری - ریاضی - ۹۴)

(۱) ۹ (۲) ۱۸ (۳) ۱۳/۵ (۴) ۲۲/۵

◀ **فرض می‌کنیم مخلوط موردنظر حاوی X گرم  $CaCO_3(s)$  و Y گرم  $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$  می‌باشد. و مجموع X و Y برابر**

$x + y = 100$  گرم می‌باشد:

$$CaCO_3 \text{ مولی جرم} = 40 + 12 + 3(16) = 100 g.mol^{-1}$$

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ مولی جرم} = 64 + 32 + 4(16) + 5(18) = 250 g.mol^{-1}$$

با توجه به اینکه درصد جرمی کلسیم برابر ۲۰ درصد است می‌توان نوشت:

$$Ca \text{ جرم اتمی} \times x = \frac{Ca \text{ جرم اتمی}}{CaCO_3 \text{ جرم مولی}} \times x \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{40}{100} \times x \times 100 \Rightarrow 20 = 40x \Rightarrow x = 50 g \Rightarrow y = 50 g$$

پس مخلوط موردنظر حاوی ۵۰ گرم  $CaCO_3$  و ۵۰ گرم  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  است. اکنون برای محاسبه‌ی درصد جرمی آب می‌توان نوشت:

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ گرم	$H_2O$ گرم
۲۵۰	۹۰
۵۰	x

$$\Rightarrow x = \frac{50 \times 90}{250} = \frac{90}{5} = 18 g H_2O$$

$$\text{درصد جرمی آب} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 \Rightarrow \% H_2O = \frac{18}{100} \times 100 = 18\%$$

روش دوم: فرض می‌کنیم مخلوط موردنظر حاوی X مول  $CaCO_3(s)$  و Y مول  $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$  باشد.

$$CaCO_3 \text{ مولی جرم} = 100 g.mol^{-1}$$

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ مولی جرم} = 250 g.mol^{-1}$$

$$CaCO_3 \text{ جرم} = 100x$$

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ جرم} = 250y$$

$$Ca \text{ جرم اتمی} \times x = \frac{Ca \text{ جرم اتمی}}{CaCO_3 \text{ جرم مولی}} \times x \times 100$$



x مول  $\text{CaCO}_3$  حاوی x مول Ca است، پس جرم Ca برابر  $40x$  می‌باشد:

$$\text{درصد جرمی Ca} = \frac{40x}{(100x + 250y)} \times 100 = 20 \Rightarrow \frac{40x}{(100x + 250y)} \times 5 = 1 \Rightarrow 200x = 100x + 250y \Rightarrow 100x = 250y$$

و در ادامه می‌توان نوشت:  $\text{درصد جرمی آب} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100$

y مول  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s)$  حاوی 5y مول  $\text{H}_2\text{O}$  است و چون هر مول  $\text{H}_2\text{O}$ ، 18 گرم جرم دارد پس جرم آب در این مخلوط برابر

$$90y \text{ گرم است: } \text{درصد جرمی آب} = \frac{90y}{100x + 250y} \times 100 = \frac{90y}{250y + 250y} \times 100 = \frac{90y}{500y} \times 100 = \frac{90}{5} = 18 \text{ درصد}$$

با مقایسه‌ی روش اول و دوم می‌توان دریافت که روش اول ما را سریع‌تر به جواب می‌رساند.

### ۱-۳-۱ - استوکیومتری مولی - جرمی

در مسایل استوکیومتری مولی - جرمی، جرم یک ماده داده شده و تعداد مول دیگر خواسته می‌شود یا برعکس.

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right]$$

برای حل این گونه مسایل از تناسب زیر استفاده می‌کنیم:

۱۶. اگر در واکنش ۵/۵ مول از یک فلز که در گروه ۱۲ جدول تناوبی جای دارد، با مقدار کافی محلول سولفوریک اسید ۱۰/۴۲

گرم سولفات بدون آب آن فلز تشکیل شود، جرم اتمی این فلز کدام است؟ ( $\text{O} = 16, \text{S} = 32; \text{g mol}^{-1}$ ) (سراسری - ریاضی - ۹۰)

$$114/8 \text{ (۴)} \quad 112/4 \text{ (۳)} \quad 69/7 \text{ (۲)} \quad 65/4 \text{ (۱)}$$

◀ **۳۳** ظرفیت عنصری که در گروه ۱۲ (IIB) جدول تناوبی جای دارد برابر ۲ است، بنابراین واکنش موردنظر به صورت روبه‌رو



خواهد بود:

روش اول: روش تناسب: از تناسب زیر استفاده می‌کنیم:

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] \Rightarrow \frac{0/05}{1} = \frac{10/42}{1 \times (M+96)} \Rightarrow (M+96) = \frac{10/42}{0/05} = \frac{1042}{5} = 208/4 \Rightarrow 208/4 - 96 = 112/4 \text{ g.mol}^{-1}$$

روش دوم: روش ضرایب تبدیل:  $0/05 \text{ mol M} \times \frac{1 \text{ mol MSO}_4}{1 \text{ mol M}} \times \frac{(M+96) \text{ g MSO}_4}{1 \text{ mol MSO}_4} = 10/42 \Rightarrow (0/05) \times (M+96) = 10/42$

$$\Rightarrow M+96 = \frac{10/42}{0/05} \Rightarrow M = 112/4 \text{ g.mol}^{-1}$$

۱۷. ۵/۶ مول از یون کدام فلز در واکنش با یون فلوئورید، ترکیبی به جرم ۴۶/۸ گرم تشکیل می‌دهد؟

(سراسری - ریاضی - ۹۲) ( $\text{Ga} = 70, \text{Ca} = 40, \text{Al} = 27, \text{Mg} = 24, \text{F} = 19; \text{g.mol}^{-1}$ )

$$\text{Ga (۴)} \quad \text{Ca (۳)} \quad \text{Mg (۲)} \quad \text{Al (۱)}$$



◀ **۳۳** واکنش موردنظر را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

روش اول: روش تناسب:

$$\left[ \frac{\text{mol}}{\text{ضریب}} \right] = \left[ \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{گرم (g)}} \right] \Rightarrow \frac{0/6}{1} = \frac{46/8}{1 \times (M+19n)} \Rightarrow M+19n = \frac{46/8}{0/6} = \frac{468}{6} = 78 \Rightarrow M+19n = 78 \text{ g.mol}^{-1}$$

از آنجا که Al و Ga سه ظرفیتی ( $n=3$ ) و Mg و Ca دو ظرفیتی ( $n=2$ ) هستند، معادله‌ی فوق را یک بار با  $n=2$  و یک بار با

$$n=2 \Rightarrow M+19(2) = 78 \Rightarrow M = 40 \text{ g.mol}^{-1} \Rightarrow \text{Ca} \quad n=3 \text{ حل می‌کنیم:}$$

جرم اتمی Ca برابر  $40 \text{ g.mol}^{-1}$  است؛ یعنی ترکیب موردنظر  $\text{CaF}_2$  است.

در هیچ گزینه‌ای وجود ندارد.  $n=3 \Rightarrow M+19(3) = 78 \Rightarrow M = 21$