۱-بررسی مسائل فصل اول شیمی ۱۰:

✓ **تیپ ۱): واکنش‌های هسته‌ای و رابطهٔ اینیشتین**

طی انجام واکنش‌های هسته‌ای مقداری از جرم ماده کاسته شده و به انرژی تبدیل می‌شود. مقدار انرژی به دست آمده از جرم ماده کاسته شده را می‌توانید از فرمول رو به رو به‌دست آورید: $E = mc^2$

m: جرمی از ماده که به انرژی تبدیل شده بر حسب کیلوگرم (kg)

C: سرعت نور در خلاء بر حسب متر بر ثانیه $(C = 3 \times 10^8\ m.s^{-1})$

E: انرژی حاصل بر حسب ژول $(1J = 1kg.m^2.S^{-2})$

در مسائل مربوط به این تیپ شما با دو حالت کلی از مسائل روبه‌رو می‌شوید:

حالت (۱): در این حالت جرمی از ماده که به انرژی تبدیل شده را به شما می‌دهند و از شما می‌خواهند انرژی حاصل یا کمیت‌های دیگر را به‌دست آورید.

حالت (۲): در این حالت جرم فراورده‌ها و جرم واکنش دهنده‌ها را در واکنش‌های هسته می‌دهند. از آن‌جا که مقداری از جرم واکنش دهنده‌ها کسر شده و به انرژی تبدیل می‌شود، برای محاسبه مقدار ماده‌ای که طی واکنش به انرژی تبدیل می‌شود کافی است جرم فرآورده‌ها را از جرم واکنش دهنده‌ها کم کنید. $\Delta m = [\text{مجموع جرم فراورده ها}] - [\text{مجموع جرم واکنش دهنده ها}]$

✓ **تیپ ۲): ذره‌های زیراتمی، عدد اتمی و عدد جرمی:**

نوترون، پروتون و الکترون ذرات زیراتمی بوده که نوترون و پروتون درون هسته و الکترون اطراف هسته می‌باشد. به تعداد پروتون‌های هسته یک اتم عدد اتمی (Z) و به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هستهٔ یک اتم، عدد جرمی (A) گویند.

در این تیپ از مسائل از شما تعداد ذرات زیراتمی اتم‌ها و یا یون‌ها و یا مجموع ذرات زیراتمی اتم‌های یک مولکول را می‌خواهند. باید توجه داشت که تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها برای یک اتم خاص در حالت یونی و غیر یونی با یکدیگر برابر است اما تعداد الکترون‌ها در حالت اتمی برابر با تعداد پروتون‌ها بوده و در حالت یونی تعداد الکترون ها را می‌توان از رابطهٔ روبه‌رو استفاده کرد: بار یون − عدد اتمی (Z)= الکترون‌ها

نکتهٔ (۱): در هستهٔ یک اتم ، تعداد نوترون‌ها برابر یا بیش‌تر از پروتون‌ها است. $(n \geq p)$ توجه کنید که هیدروژن معمولی (^1_1H) فاقد نوترون بوده و از این قاعده پیروی نمی‌کند.

نکتهٔ (۲): در حل تست‌ها از دو فرمول زیر نیز می توانید استفاده کنید:

فرمول ۱ : $Z = \dfrac{A - \text{تفاوت تعداد نوترون و پروتون}}{2}$

فرمول ۲ : $Z = \dfrac{A - (\text{تفاوت تعداد الکترون و پروتون} + \text{بار})}{2}$

✓ **تیپ ۳): نیم‌عمر رادیو ایزوتوپ‌ها**

نیم عمر مدت زمانی است که نیمی از هسته‌های موجود دریک نمونه رادیوایزوتوپ متلاشی می‌شوند. در این تیپ از مسائل به طورمثال به به شما نیم‌عمر یک رادیوایزوتوپ داده و از شما می‌خواهند که با توجه به طی یک مدت زمان معین، چه مقدار از هسته‌های رادیوایزوتوپ متلاشی شده و یا چه مقدار از آن باقی می‌ماند. به منظور حل این تیپ از مسائل می‌توانید از روابط رو به رو استفاده کنید: $n = \frac{\Delta t}{T}\ , m = m_{\circ}(\frac{۱}{۲})^{n}$

n : تعداد کل نیم عمرها T : زمان نیم عمر رادیوایزوتوپ

Δt : زمان کل فرایند $m_{\circ}$: مقدار اولیه مادهٔ پرتوزا m : مقدار مادهٔ پرتوزای باقی مانده

توجه: بسیاری از مسائل این تیپ را می‌توان با کمک نمودار زیر نیز حل کرد. فقط کافی است ابتدا تعداد کل نیم‌عمرها را از رابطهٔ $(n = \frac{\Delta t}{T})$ به دست آورد و سپس مقدار مادهٔ باقی مانده، متلاشی شده و .... را محاسبه کرد.

$$m_{\circ} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۱}} \frac{m_{\circ}}{۲} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۲}} \frac{m_{\circ}}{۴} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۳}} \frac{m_{\circ}}{۸} \xrightarrow{\text{نیم عمر ۴}} \ldots.$$

✓ **تیپ ۴): درصد فراوانی و جرم اتمی میانگین**

۱- ایزوتوپ‌های یک عنصر فراوانی متفاوتی دارند. برای مثال در یک نمونهٔ طبیعی از لیتیم که شامل ۵۰ اتم Li است، ۳ تا از آن‌ها $^{۶}_{۳}Li$ و ۴۷ تای دیگر $^{۷}_{۳}Li$ می‌باشند که درصد فراوانی هر یک با توجه به رابطهٔ زیر به ترتیب ٪۶ و٪۹۴ به دست می‌آید:

$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ } A(F) = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ های } A}{\text{تعداد کل ایزوتوپ ها}} \times ۱۰۰$$

۲- با توجه به وجود ایزوتوپ‌های مختلف و تفاوت در فراوانی آن‌ها، برای گزارش جرم نمونه‌های طبیعی از اتم عنصرهای مختلف، جرم اتمی میانگین به‌کار می‌رود. $\overline{M} = \frac{M_{۱}F_{۱}+M_{۲}F_{۲}+\cdots+M_{n}F_{n}}{F_{۱}+F_{۲}+\cdots+F_{n}}$

$\overline{M}$: جرم اتمی میانگین

M_{n} و ... , $M_{۲}$ و $M_{۱}$: جرم اتمی هر ایزوتوپ

F_{n} و ... , $F_{۲}$ و $F_{۱}$: تعداد کسر فراوانی یا درصد فراوانی هر ایزوتوپ

نکتهٔ (۱): با توجه به رابطهٔ بالا، مشخص است که هر یک از مقادیر F و M و یا $\overline{M}$ می‌تواند به عنوان خواستهٔ مسئله قرار بگیرد. اگر درصد فراوانی ایزوتوپ، مورد خواستهٔ مسئله واقع شد، باید توجه داشت که مجموع درصد فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر (۱۰۰) و مجموع کسر فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر (۱) می‌باشد.

نکتهٔ (۲): به منظور حل مسائل به روش تستی، می‌توان از رابطهٔ زیر نیز استفاده کنید:

$$\overline{M} = M_{۱} + \frac{F_{۲}}{۱۰۰}(M_{۲} - M_{۱}) + \frac{F_{۳}}{۱۰۰}(M_{۳} - M_{۱}) + \cdots + \frac{F_{n}}{۱۰۰}(M_{n} - M_{۱})$$

در این رابطه F_{n} و ... , $F_{۲}$ و $F_{۱}$ درصد فراوانی ایزوتوپ‌ها و M_{n} و ... , $M_{۲}$ و $M_{۱}$ جرم اتمی ایزوتوپ‌ها هستند.

✓ **تیپ ۵): یکای جرم اتمی (amu) یا (u):**

یکای جرم اتمی (amu یا u) برابر یک دوازدهم $(\frac{۱}{۱۲})$ جرم $(^{۱۲}_{۶}C)$ است. بنابراین جرم $(^{۱۲}_{۶}C)$ برابر ۱۲amu یا ۱۲u است و چون این اتم دارای ۱۲ ذرهٔ پروتون و نوترون می‌باشد، جرم هر نوترون و پروتون را به تقریب برابر (۱amu) می‌دانیم. اما جرم یک الکترون در مقایسه با نوترون و پروتون بسیار ناچیز و در حدود $(\frac{۱}{۲۰۰۰}amu)$ بوده که در بسیاری از مسائل با تقریب خوبی می‌توان از جرم الکترون‌ها صرف‌نظر کرد.

✓ **تیپ ۶): شمارش ذره‌ها از روی جرم آن‌ها (mol) :**

۱- بهتر است به جای در نظر گرفتن ذره‌های یک ماده به صورت تک، آن‌ها را در دسته‌هایی شامل $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ ذره قرار داد. هر دسته شامل $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ از هر ذره (اعم از اتم، مولکول، یون و ...) را یک مول (mol) از آن ذره گویند.

به جرم یک مول ($۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ عدد) از ذرات سازندهٔ یک ماده بر حسب گرم، جرم مولی آن ذره گویندکه یکای آن گرم بر مول $(g.mol^{-۱})$ است.

۲- به تساوی روبه‌رو برای اتم اکسیژن $(^{۱۶}_{۸}O)$ توجه کنید: $۱mol\ O = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} atom\ O = N_A\ atom\ O = ۱۶g\ O$

اما برای جرم یک اتم اکسیژن داریم: $۱\ atom\ O \simeq ۱۶\ amu = ۱۶ \times ۱/۶۶ \times ۱۰^{-۲۴} g$

۳- برای حل بسیاری از مسائل، ابتدا باید داده‌های مسئله را به یکی از دو روش زیر به مول تبدیل کنید و سپس به حل تست بپردازید:

روش کسر تبدیل:

تبدیل تعداد به مول : $\frac{۱mol}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}$	تبدیل جرم ماده به مول : $\frac{۱\ mol}{\text{جرم مولی}}$
تبدیل مول به تعداد : $\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}{۱\ mol}$	تبدیل مول به جرم ماده : $\frac{\text{جرم مولی}}{۱\ mol}$

روش تناسب: حاصل هر سه کسر زیر برابر مول بوده که بسته به اطلاعات داده شده و خواستهٔ مسئله، می‌توان از یک تساوی استفاده کرد:

$$\frac{\text{تعداد مول}}{۱} = \frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد ذره ها}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}$$

۲-بررسی مسائل فصل دوم شیمی ۱۰:

✓ **تیپ (۱): روند تغییر دما در هواکره**

برای حل این تیپ از مسائل باید توجه داشت که در لایهٔ تروپوسفر با افزایش ارتفاع به ازای هر یک کیلومتر، دما در حدود $۶^{\circ}C$ افت می‌کند. (در تست‌های مختلف ممکن است عدد متفاوتی بدهند و باید به جای ۶ ، آن عدد را در رابطه قرار داد.) و می‌توان برای حل تست‌ها از رابطهٔ روبه‌رو استفاده کرد: $-۶h = \Delta T$

ΔT : همان تغییر دما در لایهٔ مورد نظر است و در آن $(T_۱)$ دمای ابتدای لایه و $(T_۲)$ برابر دمای انتهای آن لایه است. $\Delta T = T_۲ - T_۱$

(در تروپوسفر: $T_۲ \simeq -۵۵^{\circ}C\ ,\ T_۱ \simeq ۱۴^{\circ}C$)

h : ارتفاع لایهٔ مورد نظر (در تروپوسفر $h \simeq ۱۱/۵\ km$)

نکتهٔ ۱: تغییر دما در رابطهٔ بالا حتماً باید بر حسب کلوین باشد. برای تبدیل دما بر حسب درجهٔ سلسیوس (θ) به دما بر حسب کلوین (T) از رابطهٔ روبه‌رو استفاده کنید: $T(K) = \theta(^{\circ}C) + ۲۷۳$

نکتهٔ ۲: ارزش دمایی $(۱^{\circ}C)$ برابر $(۱K)$ است. از این‌رو همیشه تغییر دما بر حسب درجهٔ سلسیوس و کلوین با یکدیگر برابر هستند. $(\Delta\theta = \Delta T)$

✓ **تیپ (۲): خواص و رفتار گازها**

گازها برخلاف مایع‌ها و جامدها، تراکم‌پذیر بوده ومی‌توان با تغیر فشار، دما و مقدار مول، حجم آن‌ها را تغییر داد. طبق قانون گازها برای همهٔ گازها نسبت $(\frac{P\times V}{n\times T})$ مقدار ثابتی است. از این رو با تغییر هر یک از شرایط یک نمونهٔ گازی، همه یا برخی دیگر از ویژگی‌های آن نمونهٔ گازی نیز تغییر می‌کند

مثال: برای یک نمونه گاز در فشار ثابت، با افزایش حجم، دما نیز افزایش می‌یابد. $\frac{PV}{nT} = \text{ثابت}$

نکتهٔ ۱: برای حل مسائل این تیپ، شرایط اولیهٔ نمونه گاز را با زیروند (۱) و شرایط ثانویه نمونه گاز را با زیروند (۲) به صورت زیر نمایش می‌دهیم. (دقت کنید که دما حتماً بر حسب کلوین باشد.) $\frac{P_۱\times V_۱}{n_۱\times T_۱} = \frac{P_۲\times V_۲}{n_۲\times T_۲}$

نکتهٔ ۲: در حل مسائل این تیپ، ممکن است با درصد تغییرات یک کمیت روبه‌رو شوید. در چنین شرایطی می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید. توجه داشته باشید اگر علامت درصد تغییرات مثبت بود، آن کمیت افزایش یافته و در صورت منفی بودن آن کمیت کاهش یافته است.

درصد تغییرات کمیتی مانند A $= \frac{\text{تغییرات کمیت } A}{\text{مقدار اولیه } A} \times ۱۰۰ = \frac{\Delta A}{A_۱} \times ۱۰۰$

توجه: تست‌های این تیپ از مسائل، به شش حالت کلی زیر تقسیم می‌شوند.

حالت (۱): رابطهٔ میان فشار و حجم یک نمونهٔ گازی در دمای ثابت، به صورت رابطهٔ زیر است:

$$\frac{P_۱ \times V_۱}{n_۱ \times T_۱} = \frac{P_۲ \times V_۲}{n_۲ \times T_۲} \xrightarrow{T_۱=T_۲ \,,n_۱=n_۲} P_۱V_۱ = P_۲V_۲$$

توجه: در دمای ثابت، حجم یک گاز با فشار آن رابطهٔ عکس دارد.

حالت (۲): رابطهٔ میان حجم و دما در فشار ثابت، به صورت زیر است. (در فشار ثابت، دما و حجم یک نمونهٔ گازی با یکدیگر رابطهٔ مستقیم دارند.)

$$\frac{P_۱ \times V_۱}{n_۱ \times T_۱} = \frac{P_۲ \times V_۲}{n_۲ \times T_۲} \xrightarrow{P_۱=P_۲ \,,n_۱=n_۲} \frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲}$$

حالت (۳): برای گازها در دما و فشار ثابت رابطهٔ زیر برقرار است:

$$\frac{P_۱ \times V_۱}{n_۱ \times T_۱} = \frac{P_۲ \times V_۲}{n_۲ \times T_۲} \xrightarrow{T_۱=T_۲ \,,P_۱=P_۲} \frac{V_۱}{n_۱} = \frac{V_۲}{n_۲}$$

طبق قانون آووگادرو، در دما و فشار ثابت، یک مول از هر گازی حجم ثابت و مشخصی دارد و در این شرایط حجم یک گاز با مقدار مول آن رابطهٔ مستقیم دارد.

حالت (۴): بررسی گازها در شرایط استاندارد (STP):

حجمی را یک مول از هر گازی در دما و فشار معین اشغال می‌کند، حجم مولی گاز می‌نامند. حجم مولی گازها در فشار ۱atm و دمای ۰°C (شرایط استاندارد) برابر ۲۲/۴ لیتر است. در حل مسائل این حالت می‌توانید از روش تناسب استفاده کنید.

$$\frac{\text{لیتر گاز}(\text{غیر } STP)}{\text{حجم مولی گازها}} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)}{۲۲/۴} = \frac{\text{تعداد ذره های گازی}}{۶/۰۳ \times ۱۰^{۲۳}} = \frac{\text{جرم مادهٔ گازی}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{مقدار مول گازی}}{۱}$$

حالت (۵): در برخی از مسائل دو یا تعداد بیش‌تری از ویژگی‌های گازها دچار تغییر می‌شود. در حل این‌گونه مسائل می‌توانید از رابطهٔ کلی استفاده کنید: رابطهٔ کلی : $\frac{P_۱ \times V_۱}{n_۱ \times T_۱} = \frac{P_۲ \times V_۲}{n_۲ \times T_۲}$

حالت (۶): در برخی از مسائل، از شما چگالی یک نمونه گاز در شرایط معین خواسته می‌شود. برای حل چنین مسائلی کافیست بدانید چگالی یک گاز، از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی آن به دست می‌آید: چگالی گازها (d): $= \frac{\text{جرم مولی}(M)}{\text{حجم مولی}(V)}$

همچنین اگر نسبت چگالی یک گاز در شرایط گوناگون و یا نسبت چگالی دو گاز در شرایط یکسان یا متفاوت خواسته شود، می‌توانید از رابطهٔ زیر (که از رابطهٔ قانون گازها و با توجه به تعریف چگالی به دست آمده) استفاده کنید:

$$\frac{d_۲}{d_۱} = \frac{M_۲}{M_۱}$$

✓ تیپ (۳): استوکیومتری واکنش

استوکیومتری واکنش بخشی از شیمی است که به ارتباط کمّی میان مواد شرکت‌کننده در هر واکنش (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) می‌پردازد و به ما کمک می‌کند تا با استفاده از آن در آزمایشگاه و صنعت، بدانیم که برای تولید مقدار معینی از یک فراورده به چه مقدار از هر واکنش‌دهنده نیاز است. برای حل این تیپ از مسائل می‌توانید از روش کسر تبدیل و یا تناسب استفاده کنید. در روش تناسب، از رابطهٔ زیر می‌تواند کمک بگیرید:

$$\frac{\text{چگالی}\left(\frac{g}{L}\right) \times \text{لیتر گاز}(STP)}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز}(\text{غیر } STP)}{\text{حجم مولی}\left(\frac{L}{mol}\right) \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)}{۲۲/۴ \times \text{ضریب}} = \frac{\text{شمار مولکول ها یا اتم ها}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

حالت (۱): روابط مولی – مولی

در این حالت به شما تعداد مول یک ماده را می‌دهند و تعداد مول مادهٔ دیگری را می‌خواهند. می‌توانید با کمک ضرایب استوکیومتری، تعداد مول مادهٔ خواسته شده را به دست آورید:

روش کسر تبدیل: واکنش فرضی $aA \rightarrow bB$ را در نظر بگیرید. برای تبدیل تعداد مول مادهٔ A به تعداد مول مادهٔ B یا برعکس به صورت زیر عمل می‌کنیم:

تعداد مول $\xrightarrow{\times \frac{b}{a}}$ تعداد مول

مادهٔ A مادهٔ B $\xleftarrow[\times \frac{a}{b}]{}$

روش تناسب: برای تبدیل تعداد مول یک ماده به تعداد مول مادهٔ دیگر به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\frac{\text{تعداد مول مادهٔ داده شده}}{\text{ضریب استوکیومتری}} = \frac{\text{تعداد مول مادهٔ خواسته شده}}{\text{ضریب استوکیومتری}}$$

حالت (۲): روابط جرمی – جرمی

در این حالت به شما جرم یک ماده داده می‌شود و از شما جرم مادهٔ دیگر خواسته می‌شود. برای حل ابتدا باید جرم مادهٔ داده شده را به کمک جرم مولی آن ماده به مول تبدیل کنید. سپس به کمک ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، تعداد مول مادهٔ خواسته شده را به دست آورید. در انتها مول مادهٔ خواسته شده را به کمک جرم مولی، به جرم آن تبدیل کنید.

روش کسر تبدیل: واکنش را به طور فرضی $aA \rightarrow bB$ درنظر بگیرید.

جرم مادهٔ A $\underset{\times \frac{\text{جرم مولی}}{1}}{\overset{\times \frac{1}{\text{جرم مولی}}}{\rightleftarrows}}$ مول مادهٔ A $\underset{\times \frac{a}{b}}{\overset{\times \frac{b}{a}}{\rightleftarrows}}$ مول مادهٔ B $\underset{\times \frac{1}{\text{جرم مولی}}}{\overset{\times \frac{\text{جرم مولی}}{1}}{\rightleftarrows}}$ جرم مادهٔ B

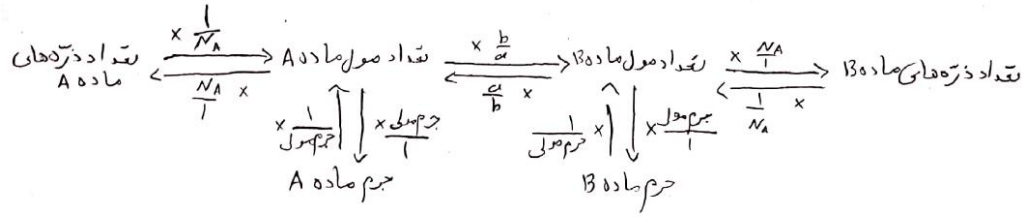
روش تناسب: برای حل این حالت، می‌توان از تساوی روبه‌رو استفاده کرد:

$$\frac{\text{جرم مادهٔ داده شده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مادهٔ خواسته شده}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

حالت (۳): روابط مولکولی و اتمی:

در این حالت به شما تعداد ذرات یک ماده داده می‌شود ومقدار مول، تعداد ذرات یا ..... مادهٔ دیگر را می‌خواهند یا برعکس. برای حل ابتدا باید به کمک عدد آووگادرو ($N_A = ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$) ، مقدار مول مادهٔ داده شده را به دست آورید. سپس به کمک ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مقدار مول مادهٔ خواسته شده را به دست آورید. چنانچه مسئله از شما تعداد ذرات را خواسته بود، از عدد آووگادرو استفاده کنید.

روش کسر تبدیل: واکنش را به طور فرضی $aA \rightarrow bB$ در نظر بگیرید.



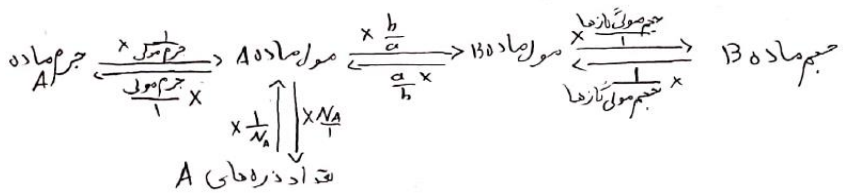
روش تناسب: برای حل مسائل این حالت، از تساوی روبه‌رو استفاده کنید:

$$\frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مولکول ها یا اتم ها}}{\text{ضریب} \times N_A} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

حالت (۴): روابط مولی – حجمی به کمک حجم مولی گازها:

در این حالت به شما مول یا جرم و یا تعداد ذرات یک ماده را می‌دهند و حجم یک مادهٔ گازی موجود در واکنش را می‌خواهند یا برعکس. ابتدا در حل اینگونه مسائل باید مول مادهٔ گازی را به‌دست آورید و سپس به کمک حجم مولی آن، حجم گاز را به‌دست آورید.

روش کسر تبدیل: واکنش را به طور فرضی $aA \rightarrow bB$ در نظر بگیرید:



روش تناسب: برای حل مسائل این حالت، از تساوی زیر استفاده کنید:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{شمار مولکول ها یا اتم ها}}{\text{ضریب}\times N_A} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)}{\text{ضریب}\times ۲۲/۴} = \frac{\text{لیتر گاز}(\text{غیر } STP)}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}\left(\frac{L}{mol}\right)}$$

حالت (۵): روابط مولی – حجمی به کمک چگالی گازها:

در این حالت به شما تعداد مول، جرم یا تعداد ذرات یک ماده داده می‌شود و از شما حجم یک مادهٔ گازی موجود در واکنش خواسته می‌شود و یا برعکس. در اینگونه مسائل در صورتی‌که چگالی گاز را بدهند (به جای حجم مولی)، کافی است با استفاده از اطلاعات مسئله ابتدا ، جرم مادهٔ گازی را به‌دست آورده و سپس با استفاده از چگالی، حجم گاز مورد نظر یافت می‌شود.

روش کسر تبدیل: برای محاسبهٔ حجم یک مادهٔ گازی، ابتدا جرم مادهٔ گازی را به‌دست آورید و سپس به کمک چگالی $\left(\frac{g}{L}\right)$ ، حجم گاز را به‌دست آورید:

$$\text{حجم مادهٔ گازی} \xrightarrow[\times\frac{\text{۱}}{\text{چگالی}}]{} \text{جرم مادهٔ گازی}$$

روش تناسب: برای حل مسائل این حالت می‌توانید از تساوی زیر استفاده کنید:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{شمار مولکول ها یا اتم ها}}{\text{ضریب}\times N_A} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)\times\text{چگالی}\left(\frac{g}{L}\right)}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}$$

۳-بررسی مسائل فصل سوم شیمی ۱۰:

✓ **تیپ (۱):** انواع غلظت‌های محلول‌ها: به مقدار مادهٔ حل شوندهٔ موجود در مقدار معینی از حلال یا محلول، غلظت محلول می‌گویند. غلظت‌های محلول‌ها، به روش‌های گوناگونی بیان می‌شوند:

حالت (۱): قسمت در میلیون (ppm): برای بیان غلظت محلول‌های بسیار رقیق به‌کار می‌رود. این کمیت نشان می‌دهد که در یک میلیون گرم از یک محلول، چند گرم حل شونده وجود دارد. (در رابطهٔ زیر یکای جرم در صورت و مخرج باید یکسان باشد.)

$$ppm = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^{۶} = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{کیلوگرم محلول}}$$

نکتهٔ ۱: در حل مسائل می‌توانید به جای استفاده از رابطهٔ بالا، از کسرهای تبدیل ($\frac{\text{غلظت } ppm}{۱۰^{۶}}$ یا $\frac{۱۰^{۶}}{\text{غلظت } ppm}$) نیز استفاده کنید.

نکتهٔ ۲: در محلول‌های آبی بسیار رقیق ، جرم حل شونده در مقایسه با جرم آب، ناچیز بوده و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد و چگالی محلول را برابر چگالی آب ($۱g.mL^{-۱}$) در نظر گرفت. بنابراین درمسائلی که حجم محلول را می‌دهند، رابطهٔ زیر مناسب‌تر است:

$$ppm = \frac{\text{میلی گرم حل شونده}}{\text{لیتر محلول}(\text{حلال})}$$

نکته (۳): برای محاسبهٔ غلظت ppm محلول حاصل از اختلاط ۲ یا چند محلول از یک حل شونده، می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید:

$$\text{غلظت } ppm \text{ محلول} = \frac{\left(\text{غلظت } ppm \text{ محلول ۱}\times\text{جرم محلول ۱}\right)+\left(\text{غلظت } ppm \text{ محلول ۲}\times\text{جرم محلول ۲}\right)+\cdots}{\text{جرم محلول ۱}+\text{جرم محلول ۲}+\cdots}$$

حالت (۲): درصد جرمی $(\%\text{w/w})$: غلظت بسیاری از محلول‌ها در صنعت، پزشکی، کشاورزی و .... به صورت درصد جرمی بیان می‌شوند. درصد جرمی بیان می‌کند که در صد گرم از یک محلول، چند گرم از مادهٔ حل‌شونده وجود دارد. (در رابطهٔ داده شده، یکای جرم در صورت و مخرج باید یکسان باشد.):

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰ = \frac{\text{جرم حل شونده}}{\text{جرم حلال+جرم حل شونده}}\times ۱۰۰$$

نکتهٔ ۱: در حل مسائل می‌توانید به جای استفاده از رابطهٔ بالا، از کسرهای تبدیل ($\frac{\text{درصد جرمی}}{۱۰۰}$ یا $\frac{۱۰۰}{\text{درصد جرمی}}$) استفاده کنید.

نکتهٔ ۲: برای تبدیل درصد جرمی به غلظت ppm یا برعکس می‌توانید از رابطهٔ روبه‌رو استفاده کنید: $ppm \text{ غلظت} = \text{درصد جرمی}\times ۱۰^{۴}$

نکتهٔ ۳: برای محاسبهٔ درصد جرمی محلول حاصل از اختلاط ۲ یا چند محلول با جرم و درصد جرمی متفاوت از یک حل شونده، می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید. (در رابطهٔ زیر، یکای جرم همهٔ محلول‌ها باید یکسان باشند.)

$$\text{درصد جرمی محلول نهایی} = \frac{(\text{درصد جرمی محلول ۱} \times \text{جرم محلول ۱}) + (\text{درصد جرمی محلول ۲} \times \text{جرم محلول ۲}) + \cdots}{\text{جرم محلول ۱} + \text{جرم محلول ۲} + \cdots}$$

حالت (۳): غلظت مولی (غلظت مولار یا مولاریته): بیان غلظت یک محلول به صورت (غلظت مولی) بسیار پرکاربردتر از دو حالت قبل است. غلظت مولی نشان می‌دهد که در یک لیتر محلول، چند مول حل شونده وجود دارد.

$$\text{غلظت مولی}(M) = \frac{\text{مول حل شونده}(n)}{\text{لیتر محلول}(V)}$$

نکتهٔ ۱: در حل مسائل این حالت، می‌توانید به جای استفاده از رابطهٔ بالا، از کسرهای تبدیل ($\frac{\text{غلظت مولی}}{۱}$ یا $\frac{۱}{\text{غلظت مولی}}$) استفاده کنید.

نکتهٔ ۲: برای تبدیل درصد جرمی یا غلظت ppm یک محلول به غلظت مولی یا برعکس، می‌توانید از روابط زیر استفاده کنید:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی محلول}(g.mL^{-۱}) \times \text{درصد جرمی} \times ۱۰}{\text{جرم مولی}(g.mol^{-۱})}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{چگالی محلول}\ (g.mL^{-۱}) \times \text{غلظت}\ ppm}{\text{جرم مولی}(g.mol^{-۱}) \times ۱۰^{۳}}$$

نکتهٔ ۳: برای محاسبهٔ غلظت مولی محلول حاصل از اختلاط دو یا چند محلول با حجم و غلظت مولی متفاوت از یک نوع حل‌شونده، می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید. (یکای حجم همهٔ محلول‌ها باید یکسان باشند.)

$$M_{\text{نهایی}} = \frac{M_۱V_۱ + M_۲V_۲ + \cdots}{V_۱ + V_۲ + \cdots}$$

نکتهٔ ۴: برای تهیهٔ محلول‌های رقیق می‌توان از رقیق کردن محلول‌های غلیظ‌تر استفاده کرد. بدین صورت که به حجم معینی از یک محلول غلیظ‌تر، مقداری حلال اضافه می‌کنیم (بدون اضافه کردن حل شونده) تا غلظت مولی محلول کاهش یابد. برای رقیق کردن محلول‌های غلیظ می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید:

$$M\left(\text{غلیظ}\right) \times V\left(\text{غلیظ}\right) = M(\text{رقیق}) \times V(\text{رقیق})$$

✓ **تیپ (۲):** انحلال‌پذیری: بیش‌ترین مقدار از یک حل‌شونده بر حسب گرم، که در دمای معین، در ۱۰۰ گرم حلال حل شود را انحلال‌پذیری گویند. محلول‌ها را بر اساس میزان مادهٔ حل شوندهٔ موجود در آن‌ها به سه دسته تقسیم می‌کنند:

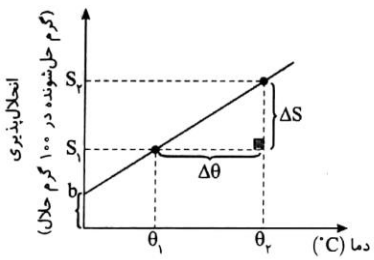
الف) محلول سیرنشده: محلول‌هایی هستند که در دمای معین، می‌توانند مقدار بیش‌تری حل شونده را در خود حل کنند.
ب) محلول سیرشده: محلول‌هایی هستند که در دمای معین، نمی‌توانند مقدار بیش‌تری حل شونده را در خود حل کنند.
پ) محلول فراسیرشده: محلول‌هایی هستند که در دمای معین، مقدار حل شونده در آن‌ها بیش‌تر از انحلال‌پذیری آن‌ها در آن دما است.

در این تیپ از مسائل، شما با سه حالت کلی از مسائل مواجه هستید که در حل همهٔ آن‌ها باید به مفهوم انحلال‌پذیری توجه داشته باشید:

حالت ۱): در این نوع مسائل، می‌توانید به کمک اطلاعات ارائه شده در مسئله، انحلال‌پذیری یک ماده را به‌دست آورید و یا جرم ماده حل‌شونده‌ای که در مقدار معینی از یک محلول سیرشده وجود دارد را محاسبه کنید (همچنین در برخی از مسائل با توجه به انحلال‌پذیری یک حل شونده در محلول، از شما غلظت‌های مولی، ppm و یا درصد جرمی آن را می‌خواهند.)

حالت ۲): یکی از عوامل مؤثر انحلال‌پذیری مواد در آب، دما است. در این نوع مسائل به کمک اطلاعات مسئله، نمودارها و یا جدول انحلال‌پذیری یک ماده، می‌توانید جرمی از حل شونده که در اثر تغییر دمای محلول رسوب می‌کند و خواسته‌هایی از این دست را محاسبه کنید.

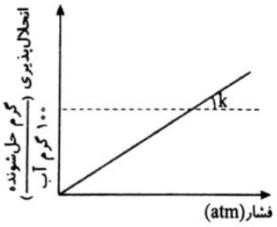
نکته: برای موادی که رابطهٔ انحلال‌پذیری آن‌ها با دما به صورت خطی است، می‌توانید معادلهٔ انحلال‌پذیری را به شکل زیر تعیین کنید:



معادلهٔ انحلال پذیری : $S = a\theta + b$

شیب منحنی : $a = \frac{\Delta S}{\Delta \theta} = \frac{S_۲ - S_۱}{\theta_۲ - \theta_۱}$ عرض از مبدا منحنی: b

حالت ۳): انحلال‌پذیری گازها: انحلال‌پذیری اغلب گازها در آب بسیار کم است. (به جز CO_2 و HCl که با مولکول‌های آب واکنش داده و انحلال‌پذیری آن‌ها از بسیاری دیگر از گازها بیش‌تر است.) در ادامه به بررسی اثر فشار و دما بر انحلال‌پذیری گازها می‌پردازیم:

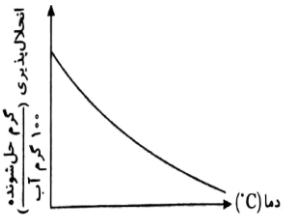


الف) اثر فشار بر انحلال‌پذیری گازها: در دمای ثابت، انحلال‌پذیری گازها با فشار گاز رابطهٔ مستقیم دارد. انحلال‌پذیری همهٔ گازها در فشار صفر اتمسفر برابر صفر است. نمودار انحلال‌پذیری گازها بر حسب فشار به صورت زیر است. (در دمای ثابت با n برابر شدن فشار گاز، انحلال‌پذیری آن نیز n برابر می‌شود.)

نکته: ویلیام هنری برای نخستین بار به رابطهٔ میان فشار و انحلال‌پذیری گازها پی برد. رابطهٔ ارائه شده توسط هنری (قانون هنری) به صورت $S = kP$ است که در آن S میزان انحلال‌پذیری، P فشار گاز و K ثابت هنری است که شیب نمودار انحلال‌پذیری گاز بر حسب دما است.

در مسائل این قسمت، به شما انحلال‌پذیری یک گاز در دما و فشار معین را می‌دهند و از شما می‌خواهند که انحلال‌پذیری همان گاز را در فشار دیگری به دست آورید که به کمک قانون هنری به سادگی می‌توانید این گونه مسائل را حل کنید.

ب) اثر دما بر انحلال‌پذیری گازها: در فشار ثابت، انحلال‌پذیری گازها با دما رابطهٔ عکس دارد. به عبارت دیگر با افزایش دما، انحلال‌پذیری گازها در آب کاهش می‌یابد.



توجه: نمودار انحلال‌پذیری گازها بر حسب دما به صورت منحنی با شیب منفی است و در فشار ثابت با n برابر شدن دما، انحلال‌پذیری آن $\frac{1}{n}$ برابر نمی‌شود.

در مسائل مربوط به این قسمت، انحلال‌پذیری یک گاز در فشار ثابت و در دو دمای مختلف داده می‌شود و از شما خواسته می‌شود مقدار گاز آزاد شده در اثر افزایش دما و یا مقدار گاز لازم برای ایجاد محلول سیرشده در اثر کاهش دمای محلول را به دست آورید. (در بسیاری از مسائل، به دلیل انحلال‌پذیری کم گازها در آب، می‌توانید جرم محلول را تقریباً برابر جرم حلال در نظر بگیرید.)

✓ **تیپ ۳:** استوکیومتری محلول‌ها: در برخی از مسائل استوکیومتری، اطلاعاتی از یک محلول (مانند حجم، غلظت مولی و ...) را به شما می‌دهند و از شما حجم، غلظت مولی و یا .... مواد دیگر واکنش را می‌خواهند. بدین منظور، ابتدا باید به کمک روابط غلظت، مقدار مول ماده را به‌دست آورید. سپس با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در معادلهٔ موازنه شده، مقدار مول مادهٔ خواسته شده را به دست آورید. در انتها با توجه به خواستهٔ مسئله، مول را به خواسته مسئله تبدیل کنید.

روش کسر تبدیل: برای حل مسائل به این روش، از کسرهای تبدیل زیر استفاده کنید:

غلظت مولی: محاسبهٔ مقدار مول حل‌شونده از حجم محلول: $\frac{\text{غلظت مولی}}{1}$

محاسبهٔ حجم محلول از مقدار مول حل‌شونده: $\frac{1}{\text{غلظت مولی}}$

درصد جرمی: محاسبهٔ جرم حل‌شونده از جرم محلول: $\frac{\text{درصد جرمی}}{100}$

محاسبهٔ جرم محلول از جرم حل‌شونده: $\frac{100}{\text{درصد جرمی}}$

ppm : محاسبهٔ جرم حل شونده از جرم محلول: $\frac{ppm}{10^6}$

محاسبهٔ جرم محلول از جرم حل شونده: $\frac{10^6}{ppm}$

روش تناسب: برای حل مسائل به این روش، می‌توانید با توجه به داده‌ها و خواسته‌های مسئله و به کمک دو عدد از کسرهای زیر، مسئله را حل کنید:

$$\frac{\text{لیتر گاز}(\text{غیر } STP)}{\text{حجم مولی}\left(\frac{L}{mol}\right)\times\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)}{۲۲/۴\times\text{ضریب}} = \frac{\text{شمار اتم ها یا مولکول ها}}{N_A\times\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

$$\frac{\text{غلظت } ppm \times \text{جرم محلول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب} \times 10^6} = \frac{\text{درصد جرمی} \times \text{جرم محلول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب} \times 100} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی}(g.L^{-1}) \times \text{لیتر گاز } (\text{غیر } STP)}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

بررسی مسائل فصل اول شیمی ۱۱:

✓ **تیپ ۱:** مسائل درصد خلوص: معمولاً مواد شیمیایی که در آزمایشگاه و صنعت استفاده می‌شوند، کاملاً خالص نیستند و افزون بر مادهٔ شیمیایی مورد نظر، برخی مواد دیگر نیز در آن‌ها یافت می‌شود. خلوص مواد معمولاً بر حسب درصد به‌صورت زیر بیان می‌شود: (در رابطهٔ زیر، یکای صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.)

$$\text{درصد خلوص}(\%P) = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ خالص+جرم ناخالصی}} \times ۱۰۰ = \frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}} \times ۱۰۰$$

نکته ۱: درصد خلوص یک ماده برابر مقدار گرم ماده موجود در ۱۰۰ گرم ماده ناخالص است.

نکته ۲: حین کار در آزمایشگاه و صنعت برای تأمین مقدار معینی از یک مادهٔ خالص، همواره باید مقدار بیش‌تری از مادهٔ ناخالص را به‌کار برد.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، برای حل مسائل استوکیومتری ابتدا باید مقدار مول مادهٔ مورد نظر را به‌دست آورد و سپس به کمک ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مقدار مول مواد دیگر را به‌دست آوریم. حل مسائل درصد خلوص نیز مانند سایر مسائل استوکیومتری است، با این تفاوت که در این نوع مسائل به شما جرم یک مادهٔ ناخالص را می‌دهند و از شما جرم یک مادهٔ دیگر را می‌خواهند.

روش کسر تبدیل: برای تبدیل جرم مادهٔ ناخالص به جرم مادهٔ خالص از کسر تبدیل $(\frac{\text{درصد خلوص}}{۱۰۰})$ و برای تبدیل جرم مادهٔ خالص به جرم مادهٔ ناخالص از کسر تبدیل $(\frac{۱۰۰}{\text{درصد خلوص}})$ استفاده می‌کنیم:

$$\text{جرم مادهٔ خالص} \times \frac{\text{درصد خلوص}}{۱۰۰} \quad \rightleftarrows \quad \text{جرم مادهٔ ناخالص} \times \frac{۱۰۰}{\text{درصد خلوص}}$$

روش تناسب: برای حل مسائل استوکیومتری به این روش، می‌توانید از کسرهای زیر استفاده کنید.

در تست‌های مربوط به درصد خلوص با ضرب‌کردن کسر $(\frac{P}{۱۰۰})$ در سمتی از معادله که مربوط به مادهٔ ناخالص است، به‌سادگی می‌توان به خواستهٔ مسئله رسید.

$$\frac{\text{غلظت محلول} \times \text{حجم محلول}(L)}{\text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی}(\frac{g}{L}) \times \text{لیتر گاز}(\text{غیر } STP)}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز}(\text{غیر } STP)}{\text{حجم مولی}(\frac{L}{mol}) \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)}{۲۲/۴ \times \text{ضریب}} = \frac{\text{شمار اتم ها یا مولکول ها}}{N_A \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

✓ **تیپ ۲:** بازدهٔ درصدی: در بسیاری از واکنش‌ها که برای تهیهٔ مواد شیمیایی به‌کار می‌رود، به دلایل مختلف (مانند کامل انجام نشدن واکنش‌ها، انجام واکنش‌های جانبی، عدم توانایی جداکردن کامل فراورده از مخلوط واکنش و ...) مقدار فراورده(ها)ی به‌دست آمده کم‌تر از مقدار مورد انتظار(محاسبه‌های استوکیومتری) است. به مقدار فراوردهٔ مورد انتظار در هر واکنش که از محاسبه‌های استوکیومتری به‌دست می‌آید، مقدار نظری و به مقدار فراورده‌ای که در عمل به‌دست می‌آید، مقدار عملی می‌گویند. برای محاسبهٔ مقدار عملی فراورده تولید شده در یک واکنش، از مفهومی به‌نام بازدهٔ درصدی استفاده می‌کنیم: (در رابطهٔ زیر، یکای صورت و مخرج باید یکسان باشند.)

$$\text{بازدهٔ درصدی واکنش}(\%R) = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times ۱۰۰$$

روش کسرتبدیل: در حل مسائل بازدهٔ درصدی، اگر قرار است از مقدار واکنش‌دهنده‌ها به مقدار فراورده‌ها برسید، باید از کسر $(\frac{\text{بازده درصدی}}{۱۰۰})$ و اگر قرار است از مقدار فراورده‌ها به مقدار واکنش‌دهنده‌ها برسید، باید از کسر $(\frac{۱۰۰}{\text{بازده درصدی}})$ استفاده کنید. در برخی دیگر از مسائل، از شما بازدهٔ درصدی واکنش را می‌خواهند که برای حل آن‌ها باید مقدار نظری را محاسبه کرده و به‌کمک رابطهٔ بازدهٔ درصدی، مسئله را حل کنید.

روش تناسب: در تست‌های بازدهٔ درصدی، با ضرب‌کردن کسر $(\frac{R}{۱۰۰})$ در سمتی از معادله که مربوط به واکنش دهنده‌ها است، به سادگی می‌توان به پاسخ مسئله دست یافت.

✓ **تیپ ۳:** استوکیومتری هیدروکربن‌ها: بخشی از سؤالات استوکیومتری، پیرامون هیدروکربن‌ها است. روند حل سؤالات استوکیومتری هیدروکربن‌ها، تفاوتی با بخش‌های قبلی ندارد و برای حل این مسائل، علاوه بر مهارت در محاسبات استوکیومتری، باید اطلاعات خوبی از شیمی آلی، برخی ویژگی‌های هیدروکربن‌ها (فرمول مولکولی انواع هیدروکربن‌ها، نام آن‌ها و ...) و واکنش‌های این مواد نیز داشته باشید.

مثال: برای سوختن کامل ۰/۵ مول از یک آلکین به ۶۴ گرم گاز اکسیژن نیاز داریم. درصورت سوختن کامل ۲۰ لیتر از این هیدروکربن با چگالی $۱/۶\ g.L^{-۱}$ ، چند گرم بخار آب تولید می‌شود؟ $(C = ۱۲, O = ۱۶, H = ۱ : g.mol^{-۱})$

۱) ۳۶/۴ ۲) ۵۷/۶ ۳) ۴۸/۸ ۴) ۲۸/۸

نکته: معادلهٔ واکنش سوختن کامل هیدروکربن‌ها به‌صورت زیر است؛ (پیشنهاد می‌شود که آن‌ها را به خاطر بسپارید.)

سوختن آلکان‌ها : $C_nH_{۲n+۲} + \left(\frac{۳n+۱}{۲}\right)O_۲ \rightarrow nCO_۲ + (n+۱)H_۲O$

سوختن آلکن‌ها : $C_nH_{۲n} + \left(\frac{۳n}{۲}\right)O_۲ \rightarrow nCO_۲ + nH_۲O$

سوختن آلکین‌ها : $C_nH_{۲n-۲} + \left(\frac{۳n-۱}{۲}\right)O_۲ \rightarrow nCO_۲ + (n-۱)H_۲O$

سوختن کلی هیدروکربن ها : $C_xH_y + \left(x + \frac{y}{۴}\right)O_۲ \rightarrow xCO_۲ + (\frac{y}{۲})H_۲O$

۵-بررسی مسائل فصل دوم شیمی ۱۱:

✓ **تیپ ۱: گرما، ظرفیت گرمایی، ظرفیت گرمایی ویژه:**

گرما (Q): هم‌ارز با مقدار انرژی گرمایی است که به‌دلیل تفاوت در دما از جسم با دمای بالاتر به جسم بادمای کم‌تر جاری می‌شود. گرمای مبادله شده در هر واکنشی از رابطه رو به رو بدست می‌آید: $Q = m.c.\Delta\theta = m.c.\Delta T$

Q: مقدار گرمای مبادله‌شده (برحسب ژول یا کالری)

m: جرم نمونه ماده (برحسب گرم)

$\Delta\theta$ و ΔT: تغییر دمای نمونه (برحسب درجه سلسیوس یا کلوین)

c: ظرفیت گرمایی ویژه (بسته به یکای سایر کمیت‌ها، می‌تواند برحسب $J.g^{-۱}.°C^{-۱}$ و $J.g^{-۱}.K^{-۱}$ و $cal.g^{-۱}.°C^{-۱}$ و $cal.g^{-۱}.K^{-۱}$ و یا ... باشد.)

توجه ۱: یکای گرما در (SI) ژول (J) است اما برای بیان گرما گاهی از کالری (cal) نیز استفاده می‌شود.

$$(۱cal = ۴/۱۸J \simeq ۴/۲J)$$

توجه ۲: ارزش دمایی (۱°C) برابر (۱K) است . از این رو همواره در فرایندهایی که دما تغییر می کند، $(\Delta T = \Delta\theta)$ است.

ظرفیت گرمایی (**C**): مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک نمونه ماده به اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس را ظرفیت گرمایی آن ماده گویند. یکای آن بسته به یکای سایر کمیت‌ها می‌تواند ($J.°C^{-۱}$ و $J.K^{-۱}$ و $cal.°C^{-۱}$ و $cal.K^{-۱}$ و یا ...) باشد.

ظرفیت گرمایی (C) $= m.c = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{Q}{\Delta T}$

ظرفیت گرمایی ویژه (گرمای ویژه) (c) : مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم از یک نمونه ماده به اندازه‌ی یک درجهٔ سلسیوس را، ظرفیت گرمایی ویژهٔ آن ماده می نامند. ظرفیت گرمایی ویژه(c) $= \frac{Q}{m.\Delta\theta} = \frac{Q}{m.\Delta T}$

توجه ۳: ظرفیت گرمایی یک ماده در دما و فشار ثابت به جنس (نوع ماده) و مقدار آن بستگی د ارد. در حالی که ظرفیت گرمایی ویژهٔ یک ماده در دما و فشار ثابت فقط به جنس (نوع ماده) بستگی دارد.

مسائل مربوط به این تیپ را به چهار حالت کلی تقسیم می‌کنیم:

حالت (۱): در این نوع مسائل، یکی از پارامترهای Q ، m ، c ، C و یا $\Delta\theta$ را می‌خواهند. با توجه به فرمول‌های زیر می‌توان مسائل را به سادگی حل کرد. $Q = C.\Delta\theta$ و $C = m.c$ و $Q = m.c.\Delta\theta$

حالت (۲): در برخی از مسائل، از دو یا چند ماده گرما گرفته و یا به آن‌ها گرما می‌دهند. برای حل این نوع مسائل، کافی است گرمای مبادله شده توسط هر ماده را حساب کرده و سپس آن‌ها را با هم جمع کنید. $Q_{کل} = Q_A + Q_B + \cdots + Q_n$

حالت (۳): در برخی از مسائل، دو یا چند ماده با دماهای مختلف کنار یکدیگر قرار گرفته و با یکدیگر گرما مبادله می‌کنند. از آن‌جا که مقدار گرمایی که ماده (مواد) گرم‌تر از دست می‌دهند برابر با مقدار گرمایی است که ماده (مواد) سردتر می‌گیرند، می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده کرد:

$$Q_A + Q_B + \cdots + Q_n = ۰$$

حالت (۴): در برخی از مسائل، ابتدا باید با کمک روابط استوکیومتری، جرم یک ماده را به دست آورید و سپس با قرار دادن آن در فرمول $Q = m.c.\Delta\theta$ ، گرمای مبادله شده را به دست آورید. (یا برعکس)

✓ **تیپ ۲: آنتالپی یا محتوای انرژی:**

۱- شیمی‌دان‌ها انرزی کل یک سامانه (مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل همهٔ ذرات یک سامانه)را هم ارز آنتالپی یا محتوای انرژی آن سامانه دانسته و می‌توان گفت هر سامانه در دما و فشار معین، آنتالپی معینی دارد.

۲- هنگام انجام واکنش در دما و فشار ثابت، محتوای انرژی (آنتالپی) تغییر می‌کند. در این شرایط تغییر آنتالپی به صورت مبادلهٔ گرما است. در واقع تغییر آنتالپی (ΔH و یا Q_p) هم ارز با مقدار گرمایی است که در فشار ثابت با محیط پیرامون داد و ستد می‌شود.

$$\Delta H\left(\text{واکنش}\right) = H\left(\text{مواد فراورده}\right) - H\left(\text{مواد واکنش دهنده}\right) = Q_p$$

نکته: برای واکنش‌های برگشت‌پذیر داریم: ($\Delta H_{\text{رفت}} = -\Delta H_{\text{برگشت}}$)

در مسائل این تیپ، به شما جرم، حجم و یا ... یک یا تعدادی از مواد واکنش را داده و آنتالپی واکنش و یا همان گرمای مبادله شده در واکنش را می‌خواهند. شما می‌توانید با یکی از دو روش تناسب و یا کسر تبدیل، مسئله را حل کنید.

روش کسر تبدیل: برای تبدیل مقدار مول یکی از مواد شرکت‌کننده در واکنش به گرمای مبادله شده از کسر تبدیل $\left(\frac{\Delta H}{\text{ضریب استوکیومتری ماده}}\right)$ و برای تبدیل گرمای مبادله شده در واکنش به مقدار مول یکی از مواد، از کسر تبدیل $\left(\frac{\text{ضریب استوکیومتری ماده}}{\Delta H}\right)$ استفاده کنید.

روش تناسب: در این قسمت یک کسر $\left(\frac{|Q|}{|\Delta H|}\right)$ به کسرهای قبلی اضافه کرده و داریم: (Q همان مقدار گرمای مبادله شده به ازای مقدار خاصی از یک ماده شرکت‌کننده در واکنش است.)

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد اتم ها و یا مولکول ها}}{\text{ضریب}\times N_A} = \frac{\text{لیتر گاز}(STP)}{\text{ضریب}\times ۲۲/۴} = \frac{\text{لیتر گاز}\left(\text{غیر } STP\right)}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}$$

$$= \frac{(g.L^{-۱})\times\text{چگالی گاز}\times\text{لیتر گاز}\left(\text{غیر } STP\right)}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم محلول}\times\text{درصد جرمی محلول}}{۱۰۰\times\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|}$$

✓ **تیپ (۳): آنتالپی پیوند:**

به مقدار انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند اشتراکی (کووالانسی) بین دو اتم در حالت گازی و تبدیل آن‌ها به اتم‌های گازی جدا از هم، آنتالپی پیوند گفته می شود. از آن‌جا که آنتالپی پیوند برای یک مول پیوند اشتراکی است، یکای آن کیلوژول بر مول $(KJ.mol^{-۱})$ است. برای نمونه آنتالپی پیوند $(H-H)$ برابر است با: $\Delta H_{(H-H)} = ۴۳۶kJ.mol^{-۱}$ $H_۲(g) \rightarrow ۲H(g)$

نکته: برای مولکول‌های چند اتمی مانند $NH_۳$ ، $CH_۴$ و .... که اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است، به کار بردن واژهٔ میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. زیرا در این مولکلول‌ها، آنتالپی همهٔ پیوندها یکسان نیست.

از آنتالپی پیوند (یا میانگین آنتالپی پیوند) می‌توان برای تعیین آنتالپی یک واکنش نیز استفاده کرد. در این روش تصور می‌شود که طی یک واکنش، پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های مواد واکنش دهنده شکسته شده و تعدادی پیوند جدید میان اتم‌ها تشکیل می‌شود تا مولکول‌های فراورده پدید آیند.

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = \left[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش دهنده}\right] - \left[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}\right]$$

در حل مسائل مربوط به این تیپ، با دو حالت کلی از مسائل روبه‌رو می‌شویم. برای حل مسائل این تیپ شما باید در رسم فرمول ساختاری و یا ساختار لوویس انواع مولکول‌ها مسلط باشید.

حالت (۱): در برخی از مسائل، واکنش داده شده فقط مربوط به شکستن یا فقط مربوط به تشکیل پیوند است. برای نمونه داریم:

$CH_۴(g) \rightarrow C(g) + ۴H(g)$ $\quad \Delta H_{(\text{واکنش})} = ۴\Delta H_{(C-H)} = ۴ \times ۴۱۵ = +۱۶۶۰kJ$ گرماگیر

$N(g) + ۳H(g) \rightarrow ۳NH_۳(g)$ $\quad \Delta H_{\left(\text{واکنش}\right)} = -۳\Delta H_{(N-H)} = -۳ \times ۳۹۱ = -۱۱۷۳kJ$ گرماده

حالت (۲): در اغلب مسائل این تیپ، در واکنش داده شده ضمن شکستن تعدادی پیوند در آن، تعدادی پیوند نیز تشکیل می‌شود. در چنین مسائلی، می‌توانید از رابطهٔ زیر استفاده کنید:

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = \boxed{\text{مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته شده}} - \boxed{\text{[مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده]}}$$

توجه: برای آسان‌تر شدن محاسبات در مسائل این حالت، اگر پیوندی عیناً در واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها تکرار شده بود، آن را ساده کنید تا محاسبات شما ساده‌تر شود.

✓ **تیپ ۴: ارزش سوختنی:**

ارزش سوختنی یک مادهٔ غذایی، مقدار انرژی حاصل از اکسایش کامل یک گرم از آن ماده در بدن است که معمولا برحسب $kJ.g^{-1}$ بیان می‌شود. سه ترکیب کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها، منابعی برای تأمین انرژی بوده (در بدن اکسایش می‌یابند) و ارزش سوختنی آن‌ها به صورت روبه‌رو است: $۱۷kJ.g^{-1}$ = کربوهیدرات ها ، $۱۷kJ.g^{-1}$ = پروتئین ها ، $۳۸\ kJ.g^{-1}$ = چربی ها

مسائل مربوط به این تیپ به دو حالت کلی زیر تقسیم می‌شوند. توجه داشته باشید که طراحان برای دشوارتر جلوه دادن مسائل، معمولاً از یکاهای متفاوتی استفاده می‌کنند.

حالت (۱): در مسائل مربوط به این حالت، ارزش سوختنی یک مادهٔ غذایی و یا انرژی حاصل از سوختن آن را می‌خواهند:

انرژی حاصل از سوختن (و یا اکسایش) یک ماده شامل :
- انرژی کربوهیدرات : ارزش سوختنی کربوهیدرات × درصد جرمی کربوهیدرات × جرم ماده
- انرژی چربی : ارزش سوختنی چربی × درصد جرمی چربی × جرم ماده
- انرژی پروتئین : ارزش سوختنی پروتئین × درصد جرمی پروتئین × جرم ماده

اما ارزش سوختنی یک ماده مطابق رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{ارزش سوختنی یک ماده} = \frac{\text{انرژی حاصل از سوختن ماده}}{\text{جرم ماده}} = \begin{bmatrix}\text{درصد جرمی کربوهیدرات}\\ \times \\ \text{ارزش سوختنی کربوهیدرات}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{درصد جرمی پروتئین}\\ \times \\ \text{ارزش سوختنی پروتئین}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{درصد جرمی چربی}\\ \times \\ \text{ارزش سوختنی چربی}\end{bmatrix}$$

حالت (۲): در برخی از مسائل، مدت زمان انجام یک فعالیت و سؤالاتی مشابه آن پرسیده می‌شود که با توجه به آهنگ مصرف انرژی به راحتی می‌توان این مسائل را حل کرد.

مثال: آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی یک فردی، برابر $(۱۹۰kcal.h^{-1})$ است. اگر ارزش سوختنی شکلات $۱۹kJ.g^{-1}$ باشد، مصرف ۲۱ گرم شکلات، انرژی لازم برای چند دقیقه پیاده‌روی این فرد فراهم می‌شود؟ $(۱\ cal \simeq ۴/۲J)$

۱- ۱۰ min ۲- ۲۰ min ۳- ۳۰ min ۴- ۴۰ min

✓ **تیپ ۵: آنتالپی سوختن:**

آنتالپی سوختن یک ماده هم‌ارز با آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به‌طور کامل می‌سوزد. یکای آنتالپی سوختن $kJ.mol^{-1}$است. برای نمونه آنتالپی سوختن اتان در دمای ۲۵°C، برابر ۱۵۶۰- کیلوژول بر مول است.

$$C_۲H_۶(g) + \frac{۷}{۲}O_۲(g) \rightarrow ۲CO_۲(g) + ۳H_۲O(l) + ۱۵۶۰kJ$$
$$\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۲H_۶) = -۱۵۶۰\ kJ.mol^{-۱}$$

مسائل این قسمت شباهت زیادی به مسائل آنتالپی دارد. در این مسائل آنتالپی سوختن یک ماده داده می‌شود و از شما گرمای حاصل از سوختن جرم، حجم و یا ... مشخصی از آن ماده خواسته می‌شود. برای حل مسائلی از این دست کافی است داده‌های مسئله را به مول تبدیل کنید و به کمک معادله موازنه شدهٔ واکنش، خواسته‌های مسئله را به‌دست آورید.

نکته ۱: در اثر سوختن کامل ترکیب‌های آلی، اتم‌های کربن آن ترکیب آلی به $(CO_۲)$، اتم‌های هیدروژن آن به $(H_۲O)$ ، اتم‌های گوگرد آن به $(SO_۲)$ ، اتم‌های نیتروژن آن به $(N_۲)$ تبدیل می‌شوند. اتم‌های اکسیژن نیز به تنهایی محصول خاصی را تولید نمی‌کنند و فقط به اتم‌های دیگر متصل می‌شوند. (به‌صورت $CO_۲$ و $H_۲O$ و ...)

نکته ۲: در حل تست‌ها به شرایط انجام واکنش (دما، فشار و ...) توجه ویژه داشته باشید. زیرا برای نمونه در دمای اتاق و فشار یک اتمسفر، حالت فیزیکی آب مایع است و نباید آن را گاز در نظر بگیرید. همچنین در دمای صفر درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر (شرایط STP)، حالت فیزیکی آب جامد و یا مایع است و به هیچ عنوان نباید آن را گاز در نظر گرفت.

✓ **تیپ ۶: گرماسنج:**

یکی از روش‌های تعیین ΔH واکنش به‌صورت مستقیم و تجربی، استفاده از گرماسنج لیوانی است. از این وسیله برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت $(Q_p = \Delta H)$ استفاده می‌شود. برای محاسبه گرمای یک واکنش با استفاده از گرماسنج لیوانی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

۱- مقدار معینی از آب یا محلول را درون گرماسنج ریخته و دمای اولیه آن را اندازه می‌گیریم.

۲- ماده دوم را به محلول موجود در گرماسنج اضافه کرده و پس از انجام واکنش، دمای پایانی را اندازه‌گیری می‌کنیم.

۳- با استفاده از رابطه $Q = m.c.\Delta\theta$ ، گرمای مبادله شده در واکنش در فشار ثابت محاسبه می‌شود که در آن c ظرفیت گرمایی ویژه محتویات گرماسنج و $\Delta\theta$ اختلاف دمای قبل و بعد انجام واکنش است.

توجه: در برخی مسائل، از گرمای جذب شده توسط ماده‌ی حل‌شده در آب یا از گرمای جذب شده توسط اجزای گرماسنج صرف نظر می‌شود.

✓ **تیپ ۷: قانون هس (جمع پذیری گرمای واکنش‌ها):**

طبق قانون هس، اگر معادله‌ی واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به‌دست آوریم، ΔH واکنش یادشده را نیز می‌توان از جمع جبری مقادیر ΔH همه واکنش‌های تشکیل‌دهنده آن به‌دست آوریم. در مسائل این تیپ معمولاً به‌شما چند واکنش داده شده و از شما خواسته می‌شود که ΔH یک واکنش دیگر را به‌دست آورید که به این منظور کافی است با تغییردادن و جمع‌کردن واکنش‌های داده شده، به واکنش موردنظر برسید. در حل مسائل قانون هس به دو نکته توجه کنید:

۱- اگر معادله یک واکنش معکوس (وارونه) شود، مقدار ΔH واکنش نیز باید قرینه شود.

۲- اگر معادله یک واکنش در عددی ضرب شود، ΔH واکنش نیز باید در همان عدد ضرب شود.

برای رسیدن به معادله واکنش هدف، استراتژی های مختلفی وجود دارد که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم:

حالت (۱): به منظور سرعت بخشیدن در حل مسائل، ابتدا سراغ موادی در واکنش هدف بروید که فقط در یک واکنش موجود باشند و واکنش‌داده شده را با واکنش هدف تطبیق داده و تغییرات لازم را اعمال کنید اما اگر حین انجام تغییرات به ماده‌ای رسیدید که در دو یا چند واکنش وجود داشت، باید مجموع تغییرات را طوری لحاظ کنید که به ضریب آن ماده در واکنش هدف برسید.

حالت (۲): گاهی اوقات برای تغییر دادن یک واکنش باید ماده‌ای را انتخاب کنیم که در واکنش هدف وجود ندارد و باید با تغییرات لازم، آن را از واکنش‌های داده شده حذف کنیم.

نکته: برای محاسبه واکنش‌هایی که در آن‌ها واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها قابلیت سوختن دارند، می‌توان از رابطه‌ی زیر نیز استفاده کرد. این رابطه از قانون هس بدست آمده است.

$$\Delta H_{(\text{واکنش})} = \left[\text{مجموع آنتالپی سوختن در مواد واکنش دهنده}\right] - \left[\text{مجموع آنتالپی سوختن در مواد فراورده}\right]$$

✓ **تیپ ۸: سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش:**

۱- سرعت تولید یا مصرف یک ماده شرکت کننده در واکنش در گسترهٔ زمانی قابل اندازه‌گیری را سرعت متوسط آن ماده می‌گوییم و آن را با $\overline{R}$ نمایش می‌دهیم.

۲- یکای سرعت متوسط تولید و یا مصرف یک ماده در واکنش شیمیایی را می‌توان برحسب یکاهای متفاوتی بیان کرد. واکنش فرضی $aA \rightarrow bB$ را در نظر بگیرید.

الف) سرعت متوسط برحسب تغییر مول بر زمان: سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش‌ها، در هر حالتی که باشند (جامد، مایع و گاز) را می‌توان بر حسب تغییر مول در واحد زمان بیان کرد:

در فراورده ها : $\overline{R}(B) = \frac{\Delta n(B)}{\Delta t}$ و در واکنش دهنده ها : $\overline{R}(A) = -\frac{\Delta n(A)}{\Delta t}$

ب) سرعت متوسط بر حسب تغییر غلظت در واحد زمان: سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش‌ها در حالت گازی یا محلول را می‌توان برحسب تغییر غلظت در واحد زمان بیان کرد: (این یکا برای بیان سرعت مواد جامد و مایع خالص کاربرد ندارد زیرا در فشار و دمای معین، غلظت جامدات و مایعات خالص، ثابت است.)

$\overline{R}(B) = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta n(B)}{V.\Delta t}$: در فراورده ها و $\overline{R}(A) = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(A)}{V.\Delta t}$: در واکنش دهنده ها

پ) سرعت متوسط بر حسب تغییر حجم در واحد زمان: سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت‌کننده در واکنش‌ها در حالت گازی را می‌توان بر حسب تغییر حجم در واحد زمان بیان کرد: $\overline{R}(B) = \frac{\Delta V(B)}{\Delta t}$: در فراورده ها و $\overline{R}(A) = -\frac{\Delta V(A)}{\Delta t}$: در واکنش دهنده ها

مسائل سرعت متوسط بسیار متنوع هستند و در برخورد با این مسائل، با چهار حالت کلی روبه‌رو می‌شویم:

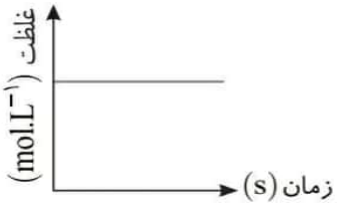
حالت (۱): در برخی مسائل، به شما یکی ویژگی از ماده داده می‌شود و سرعت متوسط تولید یا مصرف همان ماده بر حسب همان ویژگی یا یک ویژگی دیگر از شما خواسته می‌شود.

حالت (۲): در برخی از مسائل، اطلاعات یک مادهٔ شرکت کننده در واکنش را به شما می‌دهند اما سرعت متوسط یک مادهٔ دیگر را می‌خواهند. توجه داشته باشید که سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده با ضریب آن ماده در معادلهٔ موازنه شده واکنش متناسب است. (برای واکنش فرضی $aA \rightarrow bB$ داریم:)

$\frac{\overline{R}(A)}{\overline{R}(B)} = \frac{a}{b}$ یا $\frac{\overline{R}(A)}{a} = \frac{\overline{R}(B)}{b}$

حالت (۳): در برخی از مسائل، سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده داده شده و از شما خواسته می‌شود تا زمان انجام واکنش، حجم ظرف واکنش، غلظت اولیه یا نهایی یک ماده و یا ... را به دست آورید.

حالت (۴): در برخی از مسائل، اطلاعات مسئله تحت عنوان یک نمودار یا یک جدول داده شده و از شما تنها سرعت متوسط مصرف یا تولید یک ماده را می‌خواهند. توجه داشته باشید که در نمودار واکنش‌های برگشت‌ناپذیر، زمان پایان واکنش لحظه‌ای است که حداقل مقدار یکی از واکنش دهنده‌ها، صفر شده و منحنی سایر مواد شرکت‌کننده در واکنش به صورت افقی دربیاید. همچنین اگر اطلاعات یک مسئله به صورت جدول بود، لحظهٔ پایان واکنش، نخستین لحظه‌ای است که غلظت یا مقدار مواد شرکت کننده در واکنش تغییر نکند و ثابت بماند.



توجه: نمودار غلظت – زمان مواد جامد یا مایع ناخالص به صورت رو به رو است:

تیپ ۹: سرعت واکنش:

شیب نمودار (غلظت – زمان) و (مول – زمان) برای هر یک از شرکت‌کننده‌ها در واکنش، متناسب با ضریب استوکیومتری آن‌ها است. به طوری که اگر ضریب استوکیومتری شرکت‌کننده‌ها یکسان نباشد، سرعت متوسط آن‌ها متفاوت خواهد بود. شیمی‌دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از مفهومی به نام سرعت واکنش استفاده می‌کنند. واکنش فرضی $aA + bB \rightarrow cC + dD$ را در نظر بگیرید. برای چنین واکنشی می‌توان نوشت:

$\Delta H_{(\text{واکنش})} = \frac{\overline{R}(A)}{a} = \frac{\overline{R}(B)}{b} = \frac{\overline{R}(C)}{c} = \frac{\overline{R}(D)}{d}$

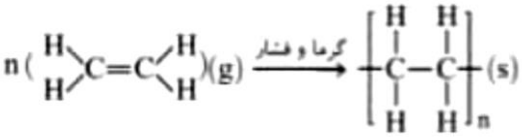
در مسائل محاسبهٔ سرعت واکنش، کافی است سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده را محاسبه کرده و مقدار آن را به ضریب استوکیومتری‌اش تقسیم کنید. همچنین در برخی دیگر از مسائل ممکن است سرعت واکنش را به شما بدهند اما از شما مدت زمان واکنش، حجم ظرف واکنش، غلظت یا مقدار اولیه و نهایی مواد شرکت‌کننده در واکنش و یا .... بخواهند.

۶-بررسی مسائل فصل سوم شیمی ۱۱:

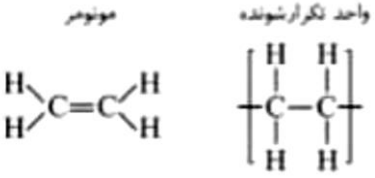
✓ **تیپ ۱: واکنش پلیمری شدن:**

به واکنشی که در آن مولکول‌های کوچک (مونومر) در شرایط مناسب به یکدیگر متصل شده و مولکول‌های با زنجیرهای بلند و جرم مولی زیاد تولید می‌کنند، واکنش پلیمری شدن می‌گویند. پلیمرهای ساختگی را بر اساس نوع مونومرها و نحوهٔ تهیهٔ آن‌ها به دو دستهٔ افزایشی و تراکمی تقسیم می‌کنند. در این‌جا به بررسی پلیمرهای افزایشی می‌پردازیم.

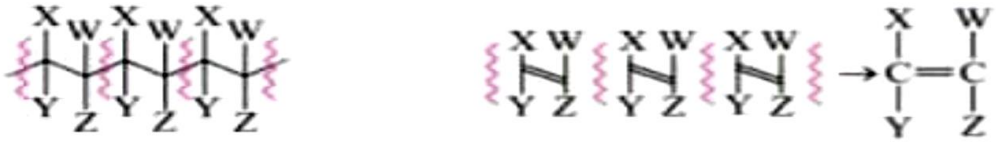
نکتهٔ ۱: پلیمرهای افزایشی، پلیمرهایی هستند که مونومرهای سازندهٔ آن‌ها در زنجیر کربنی خود دارای پیوند دوگانهٔ کربن – کربن $(C=C)$ هستند. در واکنش تولید پلیمرهای افزایشی، جرم پلیمر حاصل برابر مجموع جرم مونومرهای سازنده است؛ زیرا در این واکنش‌ها، به جز پلیمر مورد نظر، فراوردهٔ دیگری حاصل نمی‌شود.برای نمونه داریم:



نکتهٔ ۲: در برخی مسائل لازم است که شما بتوانید به کمک ساختار مونومر، ساختار واحد تکرار شونده یا پلیمر را تعیین کنید. به این منظور کافی است پیوند $(C=C)$ موجود در مونومر را به پیوند $(C-C)$ تبدیل کرده و آن را داخل کروشه یا پرانتز قرار دهید و زیروند n را در سمت راست و پایین آن بنویسید. در پلیمرهای افزایشی فرمول شیمیایی مونومر و واحد تکرار شونده یکسان است. اما مونومر دارای پیوند $(C=C)$ بوده در حالی که واحد تکرار شونده دارای پیوند $(C-C)$ است.



نکتهٔ ۳: در برخی دیگر از مسائل، ساختار یک پلیمر داده می‌شود و برای حل مسئله لازم است که شما ابتدا فرمول شیمیایی، فرمول ساختاری و ... مونومر را تعیین کنید. به این منظور، پیوندهای $(C-C)$ زنجیر اصلی را یکی در میان به صورت شکسته در نظر بگیرید و پیوند $(C-C)$ را به پیوند $(C=C)$ تبدیل کنید.برای نمونه داریم:



نکتهٔ ۴: برای تبدیل ساختار واحد تکرار شونده به ساختار مونومر آن، کافی است پرانتز و زیروند موجود در ساختار واحد تکرار شونده را حذف کرده و پیوند $(C-C)$ را به پیوند $(C=C)$ تبدیل کنید.

مسائل مربوط به این تیپ، به چهار حالت کلی تقسیم می‌شوند:

حالت (۱): رابطهٔ جرم مولی یک پلیمر با تعداد واحدهای تکرار شونده: همان‌طور که قبلاً ذکر شد، جرم پلیمرهای افزایشی برابر با مجموع جرم مونومرهای سازندهٔ آن‌ها است. یعنی اگر پلیمری دارای n واحد تکرار شونده باشد، جرم مولی پلیمر n برابر جرم واحد تکرار شونده یا مونومر است:

$$\text{جرم مولی پلیمر} = n \times \text{جرم مولی مونومر}$$

همچنین امکان دارد جرم یک پلیمر داده شود و تعداد اتم‌های یک عنصر یا پیوندهای خاصی مورد سؤال واقع شود. در این صورت، با استفاده از جرم مولی پلیمر، تعداد واحد تکرار شونده را به دست آورید و سپس با توجه به فرمول مولکولی و ساختاری واحد تکرار شونده یا مونومر سازندهٔ آن، به خواستهٔ مسئله می‌رسیم.

حالت (۲): محاسبهٔ درصد جرمی یک عنصر در پلیمر یا مونومر: برای محاسبهٔ درصد جرمی یک عنصر در یک پلیمر یا مونومر به سادگی می‌توانید از رابطهٔ رو به رو استفاده کنید:

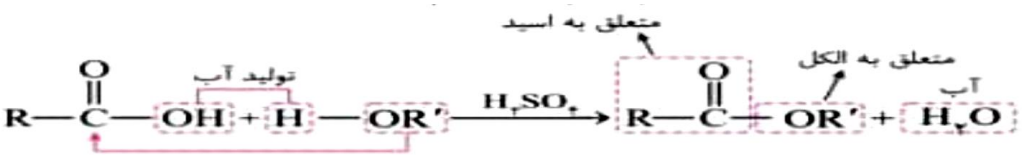
$$\text{درصد جرمی عنصر } x \text{ در ترکیب} = \frac{\text{جرم عنصر } x}{\text{جرم کل ترکیب}} \times ۱۰۰$$

حالت (۳): در واکنش‌های پلیمری شدن از نوع افزایشی، از واکنش شمار زیادی از مونومرها، تنها یک فراورده ایجاد می‌شود که جرم مولی آن‌ها اغلب ده‌ها هزار گرم بر مول است. اگر بازده درصدی چنین واکنش‌هایی ۱۰۰ درصد باشد، جرم پلیمر تولید شده برابر مجموع جرم مونومرهای مصرفی خواهد بود. در این قسمت معمولاً مسائل مربوط به استوکیومتری چنین واکنش‌هایی مطرح می‌شود.

حالت (۴): واکنش سوختن پلیمرهای افزایشی: بسیاری از پلیمرها مانند سایر ترکیب‌های آلی، توانایی سوختن دارند. در اثر سوختن کامل پلیمرها، همهٔ اتم‌های کربن آن‌ها به کربن دی‌اکسید تبدیل شده و همهٔ اتم‌های هیدروژن آن‌ها به بخار آب تبدیل می‌شوند. پس با توجه به مقدار CO_2 و H_2O تولید شده می‌توانیم به ترتیب مقدار کربن و هیدروژن موجود در پلیمر را به دست آوریم. در اثر سوختن پلیمرهایی که در ساختار خود اتم‌های گوگرد و نیتروژن دارند، در محصولات به ترتیب گازهای SO_2 و N_2 نیز مشاهده می‌شود. حضور اکسیژن در ساختار پلیمرها، تفاوتی در محصولات ایجاد نمی‌کند.

✓ **تیپ (۲):استر و آمید:**

۱- **واکنش استری شدن:** استرها دسته‌ای از مواد آلی هستند که در آن‌ها گروه عاملی استری $(-COO-)$ وجود دارد. استرها را می‌توان از واکنش الکل‌ها $(R'OH)$ و کربوکسیلیک اسیدها (RCOOH) در شرایط مناسب تهیه کرد. در این واکنش، OH از کربوکسیلیک اسید و H از الکل جدا شده و به یکدیگر متصل می‌شوند. در این واکنش‌ها علاوه بر مولکول‌های استر، مولکول‌های آب نیز تولید می‌شوند. (این واکنش‌ها در محیط اسیدی مانند حضور H_2SO_4 و .... انجام می‌شوند)



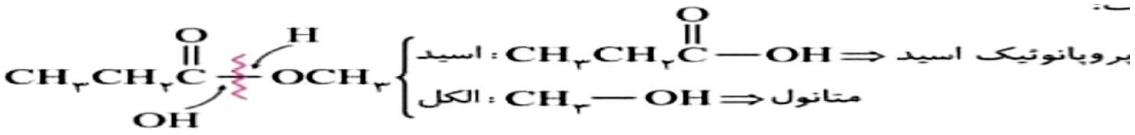
توجه: معادلهٔ نوشتاری و نمادی واکنش استری شدن به صورت رو به رو است: آب + استر $\xrightarrow{\text{کاتالیزگر}}$ الکل + کربوکسیلیک اسید

$$C_nH_{2n}O_2 + C_mH_{2m+1}OH \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} C_{m+n}H_{2m+2n}O_2 + H_2O$$

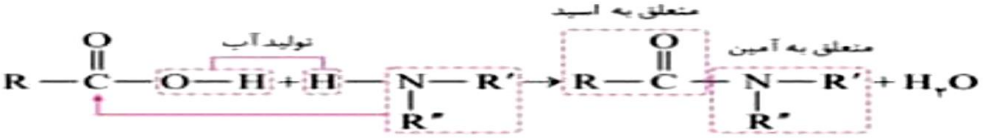
در حل برخی مسائل، لازم است که الکل و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ یک استر را تشخیص دهید. برای این کار، با دو حالت روبه‌رو می‌شوید:

الف) **نام استر را بدهند:** نام کلی استرها به صورت (آلکیل آلکانوات) است. (آلکیل) از بخش الکلی و (آلکانوات) از بخش اسیدی می‌آید.

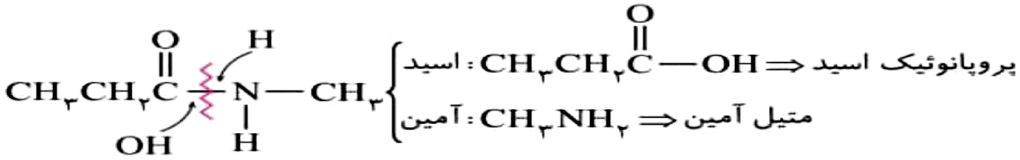
ب) **ساختار استر را بدهند:** کافی است پیوند $(C-O)$ را شکسته و به O یک اتم هیدروژن و به C یک گروه OH اضافه کنید. به این عملیات، آبکافت استر گویند. استرها در شرایط مناسب با آب واکنش داده و به الکل و کربوکسیلیک اسید سازندهٔ خود تبدیل می‌شود. به مثال زیر توجه کنید:



۲- واکنش آمیدی شدن: آمیدها دسته‌ای از مواد آلی هستند که در آن‌ها گروه عاملی آمیدی $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{|}{N}-)$ وجود دارد. آمیدها از واکنش آمین‌ها با کربوکسیلیک اسیدها تولید می‌شوند. در این واکنش، OH از کربوکسیلیک اسید و H از آمین جدا شده و به یکدیگر متصل می‌شوند و آب نیز تولید می‌کنند. پس دقت کنید که آمین شرکت کننده در این واکنش‌ها باید حداقل یک اتم هیدروژن داشته باشد.



نکته: آمیدها نیز همانند استرها، در شرایط مناسب با آب واکنش می‌دهند. در این صورت به آمین و اسید سازندهٔ خود تبدیل می‌شوند (فرایند آبکافت) برای این منظور کافی است پیوند $(C-N)$ را شکسته و به N یک اتم H و به C یک گروه OH اضافه کنید. برای مثال داریم:



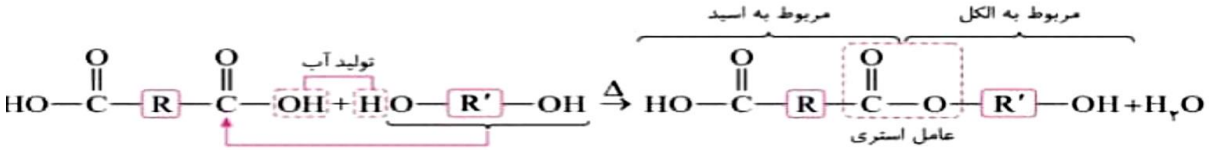
در بیش‌تر مسائل مربوط به این تیپ، اطلاعاتی در مورد واکنش دهنده‌ها یا فراورده‌ها داده شده و از شما مقدار مول، جرم،تعداد ذرات سازنده و یا... را می‌خواهند. در واقع بیش‌تر مسائل این تیپ، به صورت استوکیومتری است.

✓ **تیپ (۳): پلی‌استرها**

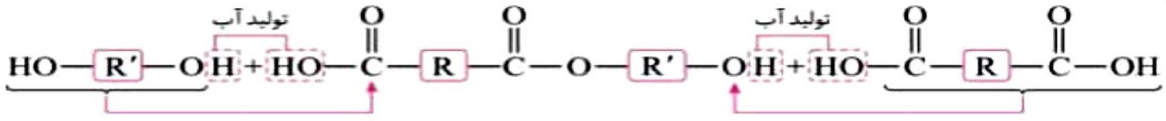
پلی‌استرها از واکنش کربوکسیلیک اسیدهای دو عاملی(دی اسیدها) و الکل‌های دو عاملی(دی الکل ها)در شرایط مناسب تولید می‌شوند. ساختار کلی الکل‌ها و کربوکسیلیک اسیدهای دو عاملی به صورت زیر است:

۱- واکنش‌های پلی‌استری شدن همانند واکنش‌های استری شدن هستند. با این تفاوت که به صورت زنجیروار تکرار می‌شوند. در ادامه مراحل تولید پلی‌استر را توضیح می‌دهیم:

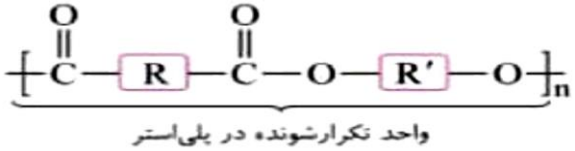
مرحلهٔ (۱): در این مرحله، یکی از گروه‌های الکل دو عاملی با یکی از گروه‌های کربوکسیلیک اسید دو عاملی ترکیب شده و گروه عاملی استری به همراه آب تولید می‌کنند. در ساختار استر ساخته شده، همچنان یک گروه عاملی اسیدی و یک گروه عاملی الکلی موجود است. بنابراین استر حاصل می‌تواند همچنان با یک اسید و یک الکل واکنش دهد.



مرحلهٔ (۲): در این مرحله یک الکل دو عاملی و یک اسید دو عاملی دیگر با استر تولید شده در مرحله اول واکنش داده و یک استر سه عاملی به‌همراه دو مولکول آب تولید می‌شود.



مرحله (۳): با ادامه این روند در نهایت مولکول‌هایی با زنجیر بلند شامل تعداد زیادی گروه استری تولید می‌شود که پلی استر نامیده می‌شود. فرمول مولکولی یک پلی استر به‌صورت زیر است:



نکته: در واکنش‌های پلی‌استری شدن، به ازای ایجاد هرگروه استری، یک مولکول آب تولید می‌شود. از آنجا که در هر واحد تکرار شونده ۲ گروه استری وجود دارد، بنابراین در پلی‌استری با n واحد تکرار شونده، $2n$ گروه استری وجود دارد و حدود $2n$ مولکول آب نیز تولید می‌شود.

۲- مراحل رسم ساختار واحد تکرار شونده پلی‌استر با استفاده از ساختار الکل‌ها و اسیدهای دو عاملی به شکل زیر است:

مرحله (۱): اسید دو عاملی و الکل را از چپ به راست کنار هم قرار می‌دهیم.

مرحله (۲): از اسید هر دو گروه (OH) و از الکل هر دو اتم (H) را حذف می‌کنیم.

مرحله (۳): این دو گروه را پیوند یگانه به هم متصل کرده و پلی‌استر تولید شده را داخل نماد $[\ ]_n$ می‌گذاریم.

نکته: برای نوشتن سریع فرمول مولکولی واحد تکرارشونده پلی‌استر به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

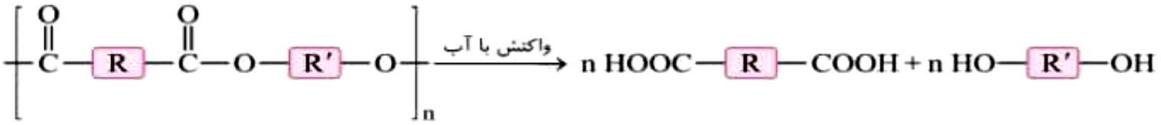
مرحله(۱): تعداد اتم‌های هر عنصر در فرمول شیمیایی اسید و الکل دو عاملی را با هم جمع می‌کنیم.

مرحله (۲): از فرمول شیمیایی حاصل ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن (به اندازه دو مولکول آب) کم می‌کنیم.

برای نمونه داریم:

$$\left.\begin{matrix} n\,C_4H_6O_4 & \text{(دی‌اسید)} \\ n\,C_2H_6O_2 & \text{(دی‌الکل)} \end{matrix}\right\} \Rightarrow +C_7H_{10}O_4+_n \quad \text{(پلی استر)}$$

۳- پلی‌استرها در شرایط مناسب با آب واکنش‌داده (آبکافت) و به مونومرهای سازندهٔ خود یعنی الکل و اسید دو عاملی تبدیل می‌شوند. به این فرآیند آبکافت می‌گویند.



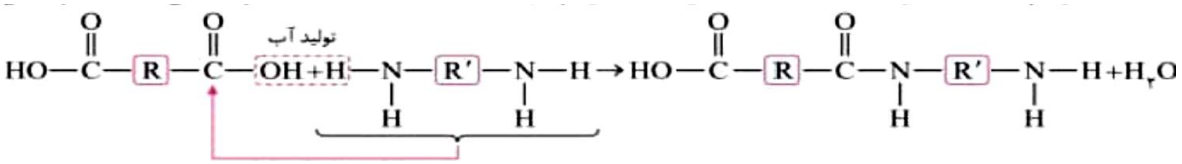
در بیش‌تر مسائل این قسمت، اطلاعاتی در مورد واکنش‌دهنده‌ها یا فرآورده‌ها داده شده و از شما می‌خواهند که مقدار مول، جرم و یا ..... یک یا چند مادهٔ دیگر را به‌دست آورید. در واقع بیش‌تر مسائل این قسمت از مبحث استوکیومتری مطرح می‌شود.

تیپ(۴): پلی‌آمیدها

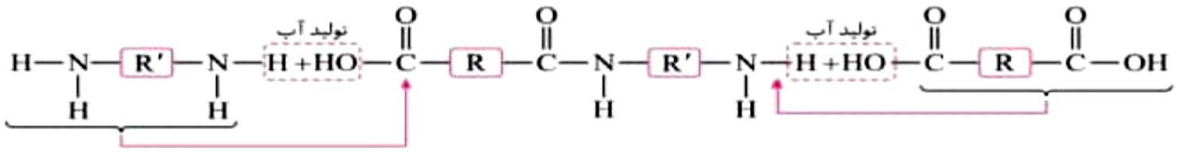
پلی‌آمیدها از واکنش کربوکسیلیک اسیدهای دو عاملی(دی اسید ها)و آمین‌های دو عاملی(دی آمین ها)در شرایط مناسب تولید می‌شوند. ساختار کلی آمین‌ها و اسیدهای دو عاملی به صورت زیر است:

۱- واکنش‌های پلی‌آمیدی شدن همانند واکنش‌های آمیدی شدن هستند. با این تفاوت که به صورت زنجیروار تکرار می‌شوند. در ادامه مراحل تولید پلی‌آمید را توضیح می‌دهیم:

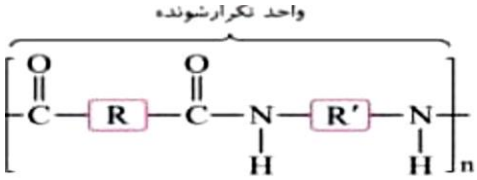
مرحلهٔ (۱): در این مرحله، یک عامل از اسید با یک عامل از آمین ترکیب شده و ضمن تشکیل یک گروه آمیدی، یک مولکول آب نیز تولید می‌شود. از آن‌جا که در ساختار آمید تولید شده، همچنان یک گروه اسیدی و یک گروه آمینی وجود دارد، بنابراین آمید حاصل می‌تواند همچنان با یک اسید و یک آمین دو عاملی واکنش دهد.



مرحلهٔ (۲): در این مرحله یک آمین دو عاملی و یک اسید دو عاملی دیگر با آمید تولید شده در مرحلهٔ قبل واکنش داده و یک آمید سه عاملی به‌همراه دو مولکول آب تولید می‌شوند.



مرحله (۳): با ادامه این روند در نهایت مولکول‌هایی با زنجیر بلند شامل تعداد زیادی گروه آمیدی تولید می‌شود که پلی آمید نام دارد. فرمول ساختاری کلی یک پلی آمید به‌صورت زیر است:



نکته: در واکنش‌های پلی‌آمیدی شدن، به‌ازای ایجاد هرگروه آمیدی، یک مولکول آب تولید می‌شود. در هر واحد تکرار شونده ۲ گروه آمیدی وجود دارد. بنابراین در پلی‌آمیدی با n واحد تکرار شونده، حدود $2n$ گروه آمیدی وجود دارد و حدود $2n$ مولکول آب تولید می‌شود.

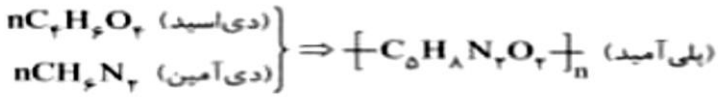
۲- مراحل رسم ساختار واحد تکرار شونده پلی‌آمید با استفاده از ساختار اسید و آمین دو عاملی به صورت زیر است:

مرحله (۱): اسید و آمین دو عاملی را به ترتیب از چپ به راست کنار هم قرار می‌دهیم.
مرحله (۲): از اسید هر دو گروه (OH) و از هر اتم نیتروژن آمینی، یک اتم (H) را حذف می‌کنیم.
مرحله (۳): این دو گروه را با پیوند یگانه به هم وصل کرده و پلی‌آمید تولید شده را داخل نماد $[\ ]_n$ می‌گذاریم.

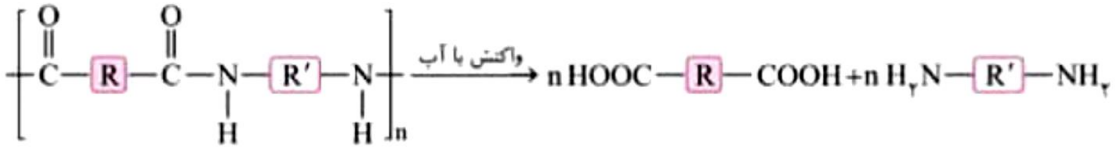
نکته: برای نوشتن سریع فرمول مولکولی واحد تکرارشونده پلی‌آمید به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

مرحلهٔ (۱): تعداد اتم‌های هر عنصر در فرمول شیمیایی اسید و آمین را با هم جمع می‌کنیم.
مرحلهٔ (۲): از فرمول شیمیایی حاصل ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن (به اندازه دو مولکول آب) کم می‌کنیم.

برای مثال داریم:



۳- پلی‌آمیدها در شرایط مناسب با آب واکنش‌داده و به مونومرهای سازندهٔ خود یعنی اسید دو عاملی و آمین دو عاملی تبدیل می‌شود. به این فرآیند، آبکافت می‌گویند.

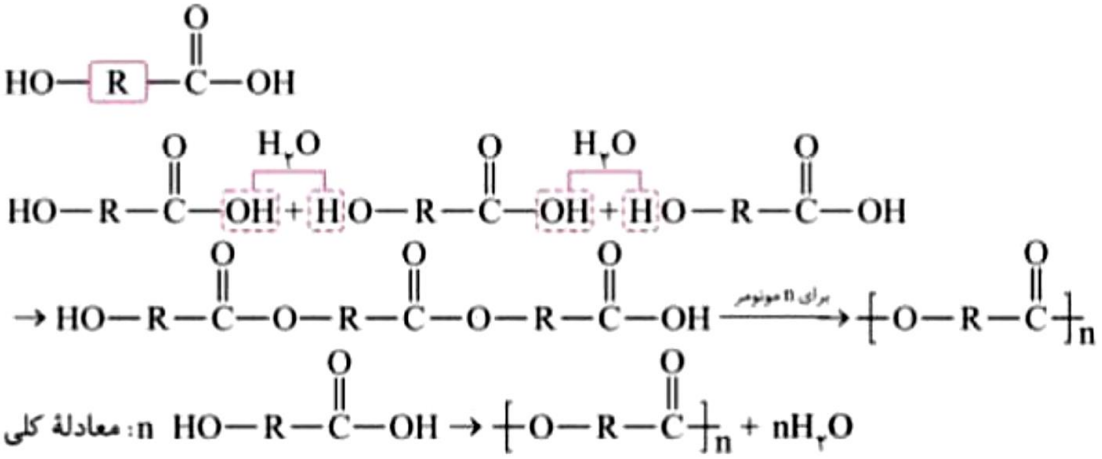


در بیش‌تر مسائل این قسمت، اطلاعاتی در مورد واکنش‌دهنده‌ها یا فرآورده‌ها داده شده و از شما خواسته می‌شود تا مقدار مول، جرم و یا ..... یک یا چند مادهٔ دیگر را به‌دست آورید. در واقع بیش‌تر مسائل این قسمت از مبحث استوکیومتری است.

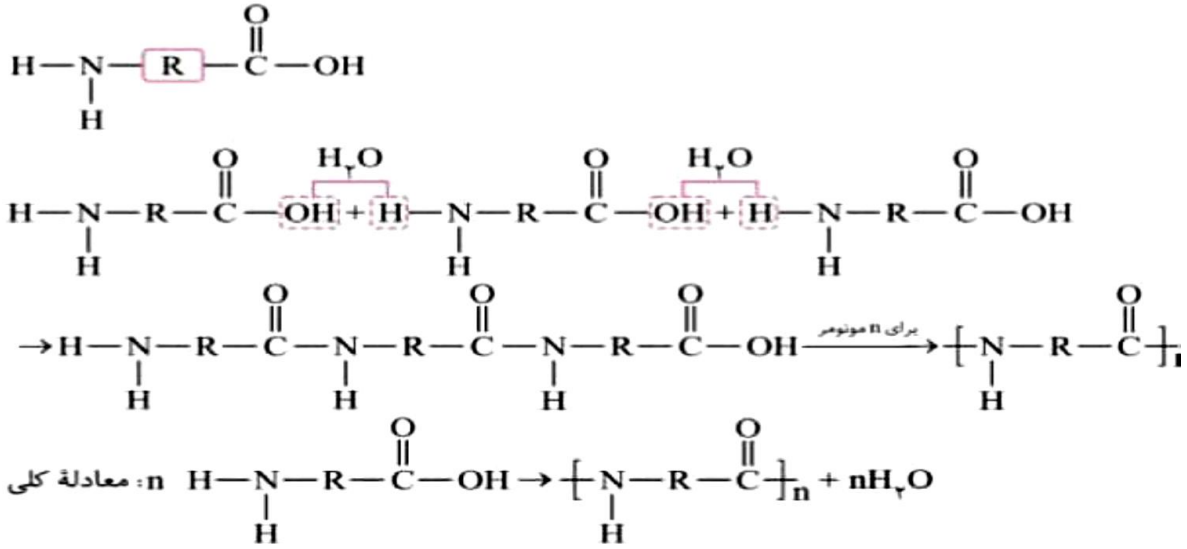
پلی‌استرها و پلی‌آمیدها با یک مونومر سازنده:

اگر در ساختار مونومرها، هم‌زمان گروه عاملی اسیدی و گروه عاملی الکلی وجود داشته باشد، در اثر پلیمر شدن آن‌ها، پلی‌استر تولید می‌شود. همچنین اگر در ساختار مونومرها، هم‌زمان گروه عاملی اسیدی و گروه عاملی آمیدی وجود داشته باشد، در اثر پلیمر شدن آن‌ها، پلی‌آمید تولید می‌شود.

تشکیل پلی استر:



تشکیل پلی آمید:



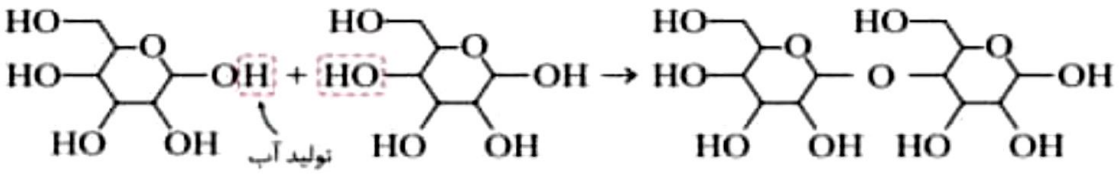
✓ **تیپ (۵): پلی‌ساکاریدها:**

به کربوهیدرات‌هایی مانند نشاسته و سلولز که از نوع پلیمر هستند، پلی‌ساکارید می‌گویند. پلی‌ساکاریدها از مونوساکاریدهایی مانند گلوکز تشکیل می‌شوند. برای مثال نشاسته پلیمری است که مونومرهای آن، مولکول‌های گلوکز هستند که به شیوهٔ خاصی به یکدیگر متصل شده‌اند.

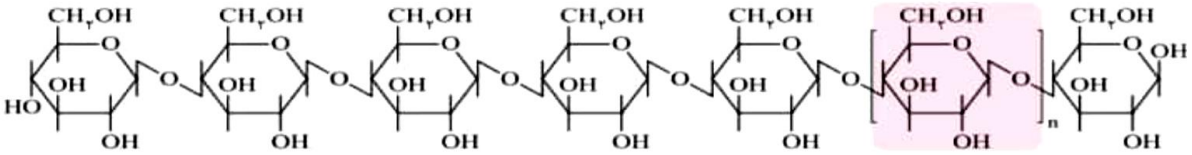
واکنش تولید پلی‌ساکاریدهایی که از گلوکز ساخته می‌شوند به صورت مقابل است: آب + پلی ساکارید $\rightarrow nC_6H_{12}O_6$

۱- مراحل تولید پلیمر سلولز از مونومرهای گلوکز به صورت زیر است:

الف) دو مولکول گلوکز با از دست دادن یک مولکول آب به یکدیگر متصل می‌شوند.



ب) با اتصال شمار زیادی از اتم‌های گلوکز به یکدیگر، پلیمر سلولز تولید می‌شود.



نکتهٔ ۱: جرم مولی پلی‌ساکاریدها از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{جرم مولی پلی ساکارید} = n \times (\text{جرم مولی گلوکز}) - x(\text{جرم مولی آب}) = ۱۸۰n - ۱۸x$$

نکتهٔ ۲: مولکول‌های نشاسته در شرایط مناسب به مونومرهای سازندهٔ خود (گلوکز) تبدیل شده و مزهٔ شیرین ایجاد می‌کنند:

$$\text{پلی ساکارید} + xH_۲O \rightarrow nC_۶H_{۱۲}O_۶$$

۷-بررسی مسائل فصل اول شیمی ۱۲:

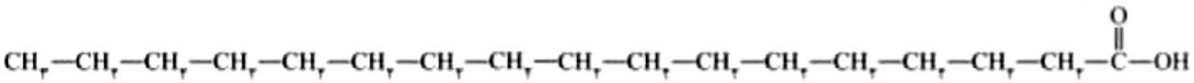
✓ **تیپ (۱) – پاک‌کننده‌ها:**

برای حل مسائل مربوط به این تیپ، باید به ساختار انواع پاک‌کننده‌ها، واکنش‌های تولید آن‌ها و همچنین واکنش آن‌ها با یون‌های موجود در آب سخت تسلط داشته باشید. پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی دو نمونه از پاک‌کننده‌هایی هستند که با ذرات آلودگی تنها برهم کنش بین ذره‌ای دارند و با آلاینده‌ها واکنش نمی‌دهند.

مسائل این قسمت به چهار حالت کلی تقسیم می‌شوند:

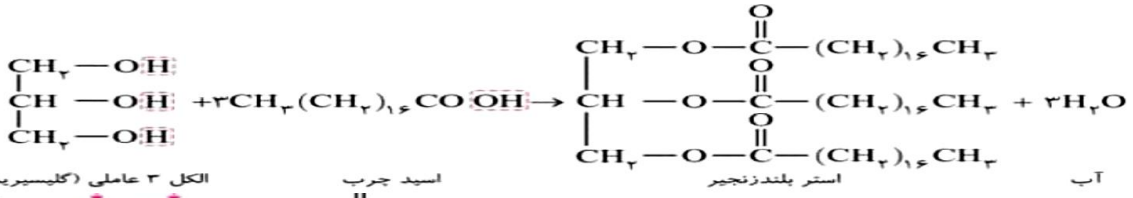
حالت (۱): چربی‌ها: مخلوطی از اسیدهای چرب و استرهای بلند زنجیر (با جرم مولی زیاد) هستند.

الف) اسیدهای چرب: کربوکسیلیک اسیدهایی با زنجیر بلند کربنی هستند. اگر فرمول کلی این اسیدها RCOOH باشد، زنجیر R عموماً بین ۱۴ تا ۱۸ اتم کربن دارد. اگر زنجیر کربنی R سیرشده باشد، می‌توان فرمول شیمیایی اسیدهای چرب را به صورت $C_nH_{۲n+۱}COOH$ یا $CH_۳-(CH_۲)_n-COOH$ نمایش داد. برای مثال فرمول شیمیایی اسید چرب زیر به صورت $C_{۱۶}H_{۳۳}COOH$ یا $CH_۳-(CH_۲)_{۱۵}-COOH$ است.



ب) استرهای بلند زنجیر: استرهایی با زنجیرهای بلند کربنی هستند. استرهای بلند زنجیر از واکنش الکل‌ها و اسیدهای چرب تولید می‌شوند. برای مثال داریم:

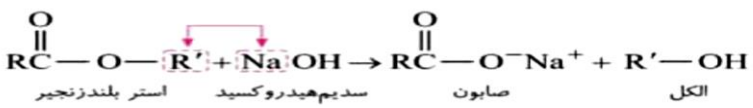
حالت (۲): واکنش صابونی شدن:



صابون جامد دارای فرمول شیمیایی $RCOONa$ است که در آن، R یک زنجیر هیدروکربنی بلند است. در صابون‌های مایع، به جای یون سدیم، یون پتاسیم (K^+) و یا آمونیوم $(NH_۴^+)$ قرار می‌دهیم. صابون جامد، به دو طریق تولید می‌شود:

الف) واکنش یک اسید چرب با سدیم هیدروکسید:

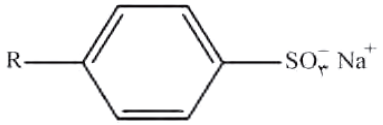
ب) واکنش یک استر بلند زنجیر با سدیم هیدروکسید:



حالت (۳): واکنش صابون با آب سخت: آب دریا و مناطق کویری که شور هستند، حاوی مقادیر چشمگیری از یون‌های (Ca^{2+}) و (Mg^{2+}) هستند. به چنین آب‌هایی، آب سخت گفته می‌شود. صابون در آب سخت به خوبی کف نمی‌کند و قدرت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد، زیرا با یون‌های موجود در آب سخت (Ca^{2+}, Mg^{2+}) رسوب داده و قدرت پاک‌کنندگی آن کاهش می‌یابد. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش یون‌های آب سخت با صابون به صورت زیر است:

$$2RCOONa(aq) + MgCl_2(aq) \longrightarrow (RCOO)_2Mg(s) + 2NaCl(aq)$$
$$2RCOONa(aq) + CaCl_2(aq) \longrightarrow (RCOO)_2Ca(s) + 2NaCl(aq)$$

حالت (۴): پاک‌کننده‌های غیرصابونی: شیمی‌دان‌ها به کمک بنزن و دیگر مواد اولیه که از صنایع پتروشیمی به دست می‌آید، به مواد پاک‌کننده‌ای با قدرت پاک‌کنندگی بیش‌تر از صابون، دست یافتند. به این نوع پاک‌کننده‌ها پاک‌کنندهٔ غیرصابونی می‌گویند.



فرمول کلی این پاک‌کننده‌ها به صورت $RC_6H_4SO_3^-Na^+$ است. در صورتی که زنجیر کربنی R سیرشده باشد، فرمول کلی به صورت $C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3^-Na^+$ و یا $C_{n+6}H_{2n+5}SO_3^-Na^+$ نشان داده می‌شود.

نکته: پاک‌کننده‌های غیرصابونی برخلاف پاک‌کننده‌های صابونی، در آب سخت واکنش نمی‌دهند و بنابراین خاصیت پاک‌کنندگی خود را حفظ می‌کنند.

✓ **تیپ (۲)- درجهٔ یونش:**

اسیدها به هنگام حل‌شدن در آب به میزان متفاوتی یونیده می‌شوند. شیمی‌دان‌ها برای بیان میزان یونش اسیدها از کمیتی به نام درجهٔ یونش (α) استفاده می‌کنند. دامنه تغییرات درجهٔ یونش از صفر تا یک است. $(0 \leq \alpha \leq 1)$ توجه داشته باشید که گاهی به‌جای درجهٔ یونش، می‌توان از درصد یونش استفاده کرد. $(\text{درصد یونش}(\%\alpha) = \text{درجه یونش}(\alpha) \times 100)$

نکته ۱: در مسائل مربوط به این تیپ، گاهی به شما درجهٔ یونش یا درصد یونش داده شده و از شما غلظت، مقدار مول و یا ... هر یک از گونه‌های موجود در محلول خواسته می‌شود یا غلظت، مقدار مول و یا .... گونه‌ها قبل و بعد از یونش داده شده و از شما درجهٔ یونش یا درصد یونش خواسته می‌شود . برای حل اینگونه مسائل، از روابط زیر و جدول مربوطه استفاده کنید:

	$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$		
غلظت، مقدار مول و یا تعداد گونه‌ها در نمونهٔ اولیه	M	۰	۰
تغییر غلظت، مقدار مول و یا تعداد گونه‌ها	-x	+x	+x
غلظت، مقدار مول و یا تعداد گونه‌ها در نمونهٔ نهایی	M-x	x	X

روابط درجهٔ یونش این اسید به‌صورت روبه‌رو است:

$$\text{درصد یونش}(\alpha) = \frac{x}{M} = \frac{[H^+]}{M} = \frac{[A^-]}{M}$$

در نتیجه می‌توانیم بنویسیم: $[H^+] = [A^-] = M.\alpha$

نکته۲: اسیدها بر اساس میزان یونش در آب به دو دستهٔ قوی و ضعیف تقسیم می‌شوند:

الف) اسیدهای قوی $(\alpha \simeq 1)$: در آب تقریباً به‌طور کامل یونیده شده و تقریباً همهٔ مولکول‌های آن به یون‌های (H_3O^+) و آنیون اسید (A^-) تبدیل می‌شوند. HI ، HBr ، HCl و HNO_3 جزء اسیدهای قوی تک پروتون‌دار به‌حساب می‌آیند.

$$[H^+] = [A^-] = M.\alpha \xrightarrow{\alpha \simeq 1} [H^+] = [A^-] = M$$

ب) اسیدهای ضعیف $(\alpha < 1)$: در آب به‌طور جزئی یونیده شده و عمدتاً به‌صورت مولکولی حل می‌شوند. در نتیجه تعداد اندکی از مولکول‌های اسیدی به یون‌های هیدرونیوم (H_3O^+)و آنیون اسید (A^-) تبدیل می‌شوند. HNO_2 ، HF ، HCN و کربوکسیلیک اسیدها جزء اسیدهای ضعیف تک پروتون‌دار هستند. یونش اسیدهای ضعیف در آب، جزء واکنش‌های تعادلی است.

✓ **تیپ ۳: ثابت تعادل و مسائل آن:**

واکنش‌های برگشت‌پذیر در شرایط مناسب می‌توانند به تعادل برسند و سامانه‌ای تعادلی را بوجود آورند. در سامانه‌های تعادلی، پس از برقراری تعادل غلظت مواد واکنش‌دهنده و فراورده ثابت می‌مانند و دچار تغییر نمی‌شوند. برای توضیف میزان پیشرفت یک سامانهٔ تعادلی، از کمیتی به نام ثابت تعادل استفاده می‌کنیم. به نسبت غلظت فرآورده‌ها که به توان ضریب استوکیومتری خود رسیده‌اند به غلظت واکنش‌دهنده‌ها که آن‌ها نیز به توان ضریب استوکیومتری خود رسیده‌اند، ثابت تعادل گویند.

در واکنش فرضی $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ داریم: $K = \frac{[c]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$

نکته ۱: دقت کنید که در رابطهٔ فوق، از غلظت‌های لحظه تعادل (غلظت‌های تعادلی) باید استفاده کنید.

نکته ۲: در رابطهٔ ثابت تعادل فقط غلظت مواد گازی (g) و محلول (aq) را باید قرار دهید.

نکته ۳: یکای ثابت تعادل در معادلهٔ فرضی $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ به صورت زیر است:

$$K = \frac{[c]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \Rightarrow K \text{ یکای} = \frac{[mol.l^{-1}]^c[mol.l^{-1}]^d}{[mol.l^{-1}]^a[mol.l^{-1}]^b} = (mol.l^{-1})^{(c+d)-(a+b)}$$

نکتهٔ ۴: برای محاسبهٔ ثابت تعادل می‌توان شمار مول‌ها را جداگانه نوشته و حجم را فقط یکبار در محاسبات قرار داد تا محاسبات ساده‌تر شود. برای نمونه، برای واکنش $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ داریم:

$$K = \frac{n_C^c \times n_D^d}{n_A^a \times n_B^b} \times V^{-\Delta n} \quad , \quad \Delta n = (c + d) - (a + b)$$

مسائل ثابت تعادل به دو قسمت کلی تقسیم می‌شوند که ما در این‌جا فقط به یکی از این نوع مسائل می‌پردازیم. مسائلی که در آن‌ها مواد شرکت‌کننده در تعادل هستند.

حالت (۱): در برخی مسائل به شما مقادیر (غلظت، مول، جرم و ...) گونه‌های شرکت‌کننده در یک سامانهٔ تعادلی را داده و از شما ثابت تعادل را می‌خواهند. برای حل این‌گونه مسائل، غلظت‌های تعادلی را در رابطهٔ ثابت تعادل قرار دهید.

حالت (۲): در برخی مسائل به شما ثابت تعادل را داده و از شما مقادیر تعادلی (غلظت، مول، جرم و ...) یا حجم ظرف را می‌خواهند. برای حل این‌گونه مسائل، با داشتن مقدار عددی ثابت تعادل می‌توانید به راحتی به خواستهٔ مسئله برسید.

✓ **تیپ (۴): ثابت یونش اسیدها:**

اسیدهای قوی در آب تقریباً به طور کامل یونیده شده و به عبارتی واکنش یونش آن‌ها برگشت‌ناپذیر و یک طرفه است، برای مثال هیدروژن کلرید یک اسید قوی بوده و به طور کامل در آب یونش می‌یابد. معادلهٔ واکنش یونش آن به صورت $HCl(aq) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$ است.

اما واکنش یونش اسیدهای ضعیف در آب به صورت تعادلی بوده و مانند همهٔ واکنش‌های تعادلی دارای یک ثابت تعادل است که **فقط تابع دما** است. هر چه اسید بیش‌تر در آب یونیده شود، مقدار عددی ثابت یونش آن بزرگ‌تر بوده و آن اسید قوی‌تر است. معادلهٔ واکنش یونش HF که اسیدی ضعیف است به صورت:

$HF(aq) \rightarrow H^+(aq) + F^-(aq)$ بوده و ثابت تعادل (K_a) آن به صورت $K_a = \frac{[F^-].[H^+]}{[HF]}$ است.

نکتهٔ (۱): مقایسهٔ قدرت اسیدی چند اسید قوی به صورت روبه‌رو است: $HI > HBr > HCl > H_2SO_4 > HNO_3$

مقایسهٔ قدرت اسیدی چند اسید ضعیف: $HF > HNO_2 > HCOOH > CH_3COOH > H_2CO_3 > HCN$

حالت (۱): در برخی از مسائل به شما اطلاعاتی از غلظت‌های تعادلی داده و ثابت یونش را از شما می‌خواهند. برای حل این مسائل به راحتی می‌توانید از رابطهٔ ثابت یونش اسیدها استفاده کنید.

حالت (۲): در برخی از مسائل، به شما غلظت اولیهٔ اسید و درجه (درصد) یونش آن را داده و ثابت یونش را از شما می‌خواهند یا اینکه به شما غلظت اولیهٔ اسید و ثابت یونش را داده و از شما درجه (درصد) یونش را می‌خواهند. برای حل این‌گونه مسائل می‌توانید از یکی از روش‌های زیر استفاده کنید:

روش (۱): ابتدا غلظت‌های تعادلی را به کمک غلظت اولیهٔ اسید، درجهٔ یونش آن و جدول تغییرات غلظت به‌دست آورده و سپس در رابطهٔ ثابت یونش اسیدی قرار دهید.

روش (۲) : از فرمول‌های ارائه شده که در ادامه به‌دست می‌آیند استفاده کنید.

بررسی رابطهٔ K_a برای اسیدهای تک پروتون‌دار:

	$HA(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + A^-(aq)$		
غلظت اولیه	M	۰	۰
تغییر غلظت	-Mα	+ Mα	+ Mα
غلظت تعادلی	M- Mα	Mα	Mα

$$K_a = \frac{[H^+].[A^-]}{[HA]} = \frac{(M\alpha)^۲}{M - M\alpha} = \frac{M\alpha^۲}{۱ - \alpha}$$

الف) اسیدهای قوی: در اسیدهای قوی $\alpha \simeq ۱$ بوده و بنابراین K_a بی‌نهایت و یک عدد بسیار بزرگ است:

ب) اسیدهای ضعیف:

$$۱)\ K_a = \frac{[H^+]^۲}{M - [H^+]} \quad ,\quad ۲)\ K_a = \frac{M\alpha^۲}{۱ - \alpha} \quad ,\quad ۳)\ K_a = \frac{[H^+].\alpha}{۱ - \alpha}$$

پ) اسیدهای خیلی ضعیف: اگر $\alpha < ۰/۰۵$ و یا $K_a < ۱۰^{-۳}$ باشد، می‌توان از روابط تقریبی فرمول‌های بالا استفاده کرد:

$$۱)\ K_a = \frac{[H^+]^۲}{M} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_a M} \quad ,\quad ۲)\ K_a = M\alpha^۲ \quad ,\quad ۳)\ K_a = [H^+].\alpha$$

توجه ۱: با توجه به اطلاعات مسئله، می‌توانید از یکی از روابط ارائه شده استفاده کنید. برای مثال، برای محاسبهٔ K_a ، اگر در مسئله‌ای به شما غلظت اسید و درجهٔ یونش را دادند، از رابطهٔ:

$K_a = \frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}$ و یا $K_a = M\alpha^۲$ استفاده کنید.

توجه ۲: ثابت یونش اسیدها (ثابت تعادل اسیدها) همانند ثابت تعادل دیگر واکنش‌ها **فقط تابع دما** است. با توجه به رابطهٔ $K_a = M\alpha^۲$ ، در دمای ثابت هر چه غلظت اسید بیش‌تر شود، درجهٔ یونش آن کاهش می‌یابد.

✓ **تیپ (۵)- ثابت یونش بازها (K_b):**

بازهای قوی در آب تقریباً به طور کامل یونیده شده و به عبارتی واکنش یونش آن‌ها برگشت‌ناپذیر و یک طرفه است، برای مثال سود سوزآور (NaOH) یک باز قوی بوده و معادلهٔ یونش آن به صورت $NaOH(aq) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$ است.

اما واکنش یونش بازهای ضعیفی مانند $NH_۳$ به صورت برگشت‌پذیر و تعادلی بوده و مانند همهٔ واکنش‌های تعادلی دارای یک ثابت تعادل است که آن را با (K_b) نمایش می‌دهیم. برای مثال معادلهٔ واکنش یونش $NH_۳$ به صورت $NH_۳(aq) + H_۲O(l) \rightleftharpoons NH_۴^+(aq) + OH^-(aq)$ بوده و ثابت تعادل آن به صورت $K_b = \frac{[NH_۴^+].[OH^-]}{[NH_۳]}$ است.

مسائل و روابط این قسمت همانند روابط اسیدها بررسی می‌شود. بررسی رابطهٔ K_b برای بازهای دارای یک عامل هیدروکسید به صورت زیر است:

	$AOH(aq) \rightleftharpoons A^+(aq) + OH^-(aq)$		
غلظت اولیه	M	۰	۰
تغییر غلظت	-Mα	+ Mα	+ Mα
غلظت تعادلی	M- Mα	Mα	Mα

$$K_b = \frac{[A^+].[OH^-]}{[AOH]} = \frac{(M\alpha)^۲}{M - M\alpha} = \frac{M\alpha^۲}{۱ - \alpha}$$

الف) بازهای قوی: در بازهای قوی $\alpha \simeq ۱$ بوده و بنابراین K_b بی‌نهایت و یک عدد بسیار بزرگ است.

ب) بازهای ضعیف:

$$۱)\ K_b = \frac{[OH^-]^۲}{M - [OH^-]} \quad ,\quad ۲)\ K_b = \frac{M\alpha^۲}{۱ - \alpha} \quad ,\quad ۳)\ K_b = \frac{[OH^-].\alpha}{۱ - \alpha}$$

پ) بازهای خیلی ضعیف: اگر $\alpha < ۰/۰۵$ و یا $K_b < ۱۰^{-۳}$ باشد، می‌توان از روابط تقریبی فرمول‌های بالا استفاده کرد:

$$۱)\ K_b = \frac{[OH^-]^۲}{M} \Rightarrow [OH^-] = \sqrt{K_b M} \quad ,\quad ۲)\ K_b = M\alpha^۲ \quad ,\quad ۳)\ K_b = [OH^-].\alpha$$

توجه: ثابت یونش بازها (ثابت تعادل بازها) همانند ثابت تعادل دیگر واکنش‌های تعادلی فقط تابع دما است. با توجه به رابطهٔ $K_b = M\alpha^۲$ ، در دمای ثابت هر چه غلظت باز بیش‌تر شود، درجهٔ یونش آن کاهش می‌یابد.

✓ **تیپ (۶): مفاهیم اولیهٔ pH و خود یونش آب:**

مفهوم pH و محاسبهٔ آن: میزان اسیدی بودن یک محیط به غلظت یون هیدرونیوم موجود در آن بستگی دارد. به طوری که هر چه قدر غلظت یون H^+ در یک محلول بیش‌تر باشد، محلول اسیدی‌تر است. غلظت H^+ در اغلب محلول‌های آبی بسیار کم است و به کارگیری آن دشوار است. بنابراین به جای بیان غلظت یون H^+ که معمولاً در دمای اتاق در گسترهٔ ۱×۱۰^{-۴} تا ۱ مول بر لیتر است، از pH استفاده می‌کنیم. pH هر محلول برابر منفی لگاریتم غلظت H^+ در آن محلول است. $pH = -\log[H^+]$

همچنین برای درک بهتر غلظت یون OH^- در محلول‌ها نیز از کمیتی به نام pOH استفاده می‌کنیم: $pOH = -\log[OH^-]$

نکتهٔ (۱): pH با غلظت H^+ رابطهٔ عکس دارد. یعنی هر چه pH یک محلول کم‌تر باشد، غلظت یون هیدرونیوم در آن بیش‌تر بوده و بنابراین آن محلول اسیدی‌تر است.

نکتهٔ (۲): از آن‌جایی که در محاسبات pH و pOH، لگاریتم در مبنای ۱۰ است، می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

$$۱)\ pH = -\log_{۱۰}[H^+] \Rightarrow -pH = log_{۱۰}[H^+] \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH}$$
$$۲)\ pOH = -\log_{۱۰}[OH^-] \Rightarrow -pOH = log_{۱۰}[OH^-] \Rightarrow [OH^-] = ۱۰^{-pOH}$$

نکتهٔ (۳): به منظور استفادهٔ سریع‌تر از روابط بالا بهتر است که موارد زیر را به خاطر بسپارید:

$\log ۱ = ۰$, $log ۲ = ۰/۳$, $\log ۳ = ۰/۵$, $\log ۵ = ۰/۷$, $\log ۷ = ۰/۸۵$

$۱۰^{۰/۳} \simeq ۲$, $۱۰^{۰/۵} \simeq ۳$, $۱۰^{۰/۷} \simeq ۵$, $۱۰^{۰/۸۵} \simeq ۷$

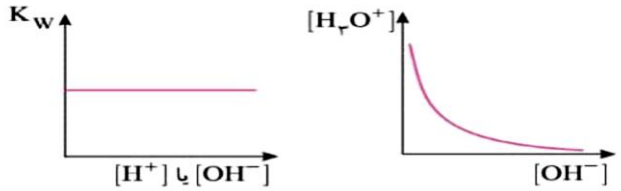
نکتهٔ (۴): لازم به ذکر است که برای مقایسهٔ قدرت اسیدها باید از ثابت یونش آن‌ها (K_a) استفاده کرد. اما برای مقایسهٔ خاصیت اسیدی باید از غلظت H^+ در محلول و در واقع از همان pH استفاده کرد.

در مسائل مربوط به این تیپ، غلظت یون H^+ را داده و از شما pH را می‌خواهند و یا به شما pH را داده و غلظت H^+ را می‌خواهند. برای حل اینگونه مسائل باید از روابط لگاریتمی و نمایی که ذکر شد، استفاده کنید.

واکنش خود یونش آب: در یک نمونه آب خالص، شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های آب به یون‌های $H^+(aq)$ و $OH^-(aq)$ یونش می‌یابند. یافته‌های تجربی در دمای اتاق برای آب واکنش و رابطهٔ زیر را تأیید می‌کند:

$$H_۲O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq) \quad \text{و} \quad K_w = [H^+][OH^-]$$

در واقع ثابت یونش آب را می‌توان حاصل‌ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید حاصل از یونش آن تعریف کرد و از آن دو نمودار رو به رو را به‌دست آورد:



نکتهٔ (۱): مقدار ثابت تعادل فقط به دما بستگی دارد. پس در دمای ثابت مقدار K_w ثابت است. با توجه به یافته‌های تجربی می‌دانیم که مقدار K_w آب و محلول‌های آبی در دمای اتاق برابر ۱×۱۰^{-۱۴} است. در آب خالص و محلول‌های خنثی در دمای ۲۵°C داریم:

۱) $K_w = [H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}\ mol^۲.L^{-۲} \xrightarrow{[H^+]-[OH^-]} [H^+] = [OH^-] = ۱۰^{-۷}$

۲) $pH = -log\,g[H^+] = -log\,۱۰^{-۷} = ۷$

نکتهٔ (۲): در اثر حل شدن اسید یا باز در آب، غلظت H^+ و OH^- تغییر کرده و دیگر با هم برابر نیست. اما حاصل‌ضرب آن‌ها هم‌چنان برابر K_w است. پس در دمای اتاق داریم:

$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow$ در محلول های اسیدی $\begin{cases} [H^+] > ۱۰^{-۷}\ mol.L^{-۱} \\ [OH^-] < ۱۰^{-۷}\ mol.L^{-۱} \end{cases} \Rightarrow [H^+] > [OH^-]\,, pH < ۷$

$[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴} \Rightarrow$ در محلول های بازی $\begin{cases} [H^+] < ۱۰^{-۷}\ mol.L^{-۱} \\ [OH^-] > ۱۰^{-۷}\ mol.L^{-۱} \end{cases} \Rightarrow [H^+] < [OH^-]\,, pH > ۷$

نکتهٔ (۳): در دمای اتاق برای آب خالص و محلول‌های آبی، مجموع pH و pOH ثابت و برابر ۱۴ است. در نتیجه با کاهش pH ، pOH افزایش می‌یابد. و برعکس.

$$[H^+][OH^-]=۱\times۱۰^{-۱۴} \Rightarrow -\log([H^+][OH^-])=-\log۱۰^{-۱۴} \Rightarrow$$
$$-\log[H^+]+(-\log[OH^-])=۱۴ \Rightarrow pH+pOH=۱۴$$

در مسائل مربوط به این قسمت به شما مقدار و یا اطلاعات یکی از یون‌های H^+ یا OH^- را داده و از شما غلظت یا اطلاعات یون دیگر را می‌خواهند. و یا به شما نسبت غلظت این دو یون را داده و از شما غلظت یا اطلاعات دیگری را از این یون‌ها می‌خواهند. برای حل این‌گونه مسائل باید از رابطهٔ $[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$ استفاده کنید.

✓ **تیپ (۷)-محاسبهٔ pH محلول‌ها:**

در مسائل مربوط به این تیپ، معمولاً به شما غلظت یون H^+ را مستقیماً نمی‌دهند. بلکه به‌وسیلهٔ اطلاعاتی مانند غلظت اولیه، درجهٔ یونش (درصد یونش)، ثابت یونش و یا ..... اسید باید غلظت یون H^+ را به‌دست آورده و سپس pH محلول را به دست آورید. مسائل این تیپ، به ۶ حالت کلی تقسیم می‌شوند:

حالت (۱): محاسبهٔ pH محلول به کمک غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید:

در برخی از مسائل، به شما غلظت یون هیدروکسید یا یون هیدرونیوم و یا نسبت غلظت این دو یون را در دمای اتاق می‌دهند و از شما pH محلول را می‌خواهند یا برعکس. برای حل این مسائل باید از روابط زیر استفاده کنید:

$$pH = -\log[H^+]\ ,\ [H^+] = ۱۰^{-pH}\ \ ,\ \ K_w = [H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$$

حالت (۲): محاسبهٔ pH محلول اسیدها و بازهای قوی:

الف) اسید قوی: یونش اسیدهای قوی در آب تقریباً به صورت کامل بوده($\alpha \simeq ۱$) به همین دلیل در محلول اسید قوی تک ظرفیتی، غلظت یون هیدرونیوم با غلظت اولیهٔ اسید برابر است:

pH بدست می آید $\xrightarrow{pH=-log[H^+]}$ $[H^+]$ را محاسبه می کنیم $\xrightarrow{[H^+]=M}$ مولاریته (M) اسید قوی تک ظرفیتی را داریم

ب) باز قوی: یونش بازهای قوی در آب تقریباً به صورت کامل است ($\alpha \simeq ۱$) به همین دلیل در محلول باز قوی تک ظرفیتی، غلظت یون هیدروکسید برابر با حاصل‌ضرب تعداد ظرفیت‌های باز (n) در غلظت اولیهٔ آن (M) است.($[OH^-] = M.n$)

pH بدست می آید $\xrightarrow{pH=-log[H^+]}$ $[H^+]$ را محاسبه می کنیم $\xrightarrow{K_w=[H^+][OH^-]}$ $[OH^-]$ را محاسبه می کنیم $\xrightarrow{[OH^-]=M.n}$ مولاریته (M) باز قوی را داریم

حالت (۳): محاسبهٔ pH محلول اسیدها و بازهای ضعیف:

الف) اسید ضعیف: برای محاسبهٔ غلظت یون H^+ موجود در اسیدهای ضعیف می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم. (n ، برابر تعداد هیدروژن‌های اسیدی در فرمول شیمیایی می‌باشد.)

$$[H^+] = M.n.\alpha$$

pH بدست می آید $\xrightarrow{pH=-log[H^+]}$ $[H^+]$ را $\xrightarrow{[H^+]=M.n.\alpha}$ مولاریته(M) و درجه یونش را داریم

محاسبه می کنیم

ب) باز ضعیف: برای محاسبهٔ غلظت یون OH^- موجود در بازهای ضعیف می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم. (n ، همان تعداد OH^-هایی است که یک باز ایجاد می‌کند.)

$$[OH^-] = M.n.\alpha$$

pH بدست می آید $\xrightarrow{pH=-log[H^+]}$ $[H^+]$ را بدست می آوریم $\xrightarrow{K_w=[H^+][OH^-]}$ $[OH^-]$ را بدست می آوریم $\xrightarrow{[OH^-]=M.n.\alpha}$ M و α را داریم

حالت (۴): محاسبهٔ pH محلول از اختلاط دو یا چند محلول هم خاصیت:

الف) **مخلوط کردن محلول دو یا چند اسید قوی:** اگر محلول دو یا چند اسید قوی تک پروتون‌دار با هم مخلوط شوند، برای محاسبهٔ pH محلول حاصل، ابتدا باید مقدار مول H^+ هر محلول را جداگانه به‌دست آورده و سپس مجموع آن‌ها را به مجموع حجم محلول‌ها تقسیم کرده تا غلظت H^+ در محلول نهایی به‌دست بیاید. سپس به کمک رابطهٔ $pH = -log[H^+]$، مقدار pH محلول نهایی به‌دست می‌آید.

$$[H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_۱V_۱ + M_۲V_۲ + \cdots}{V_۱ + V_۲ + \cdots}$$

ب) **مخلوط کردن محلول دو یا چند باز قوی:** اگر محلول دو یا چند باز قوی با هم مخلوط شوند، برای محاسبهٔ pH محلول حاصل باید مقدار مول OH^- هر محلول را جداگانه به‌دست آورده و سپس مجموع آن‌ها را به حجم کل محلول تقسیم کنیم تا غلظت OH^- در محلول نهایی به‌دست آید.

$$[OH^-]_{\text{نهایی}} = \frac{M_۱n_۱V_۱ + M_۲n_۲V_۲ + \cdots}{V_۱ + V_۲ + \cdots}$$

سپس برای محاسبهٔ pH محلول‌های حاصل در دمای اتاق، می‌توانیم یکی از دو روش زیر را استفاده کنیم:

روش (۱): به کمک $[OH^-]$ ، ابتدا pOH را به دست آورده و سپس به کمک رابطهٔ $pH + pOH = ۱۴$ ، pH را به‌دست آوریم.

روش (۲): به کمک رابطهٔ $[H^+][OH^-] = ۱۰^{-۱۴}$ ، ابتدا $[H^+]$ را به‌دست آورده و سپس pH محلول را به‌دست آوریم.

نکته: در برخی مسائل، مقداری ماده به محلولی اضافه کرده و از شما pH محلول نهایی را می‌خواهند. در این‌گونه مسائل معمولاً از تغییر حجم محلول صرف‌نظر کرده و باید مجموع مقدار مول H^+ یا OH^- را جداگانه محاسبه کرده و بر حجم محلول تقسیم کرد.

حالت (۵): محاسبهٔ pH محلول‌ها با استفاده از ثابت یونش اسیدها و بازهای ضعیف:

الف) اسیدهای ضعیف: پیش از این با رابطهٔ K_a ، M و α آشنا شدید. برای محاسبهٔ pH اسیدهای ضعیف تک پروتون‌دار با استفاده از K_a ، M و α می‌توانید از الگوی زیر استفاده کنید:

pH بدست می آید $\xrightarrow{pH=-log[H^+]}$ $[H^+]$ را بدست می آوریم $\xrightarrow{[H^+]=M.\alpha}$ مولاریته(M) را بدست می آوریم $\xrightarrow{\alpha>۰/۰۵ \text{ یا } K_a>۱۰^{-۳}:K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}}$ α و K_a را داریم $\alpha < ۰/۰۵$ یا $K_a < ۱۰^{-۳} : K_a = M\alpha^۲$

نکته: برای به‌دست آوردن $[H^+]$ اسیدهای ضعیف تک پروتون‌دار، به جای روابط قبلی، می‌توانیم از روابط زیر نیز استفاده کنید:

۱- اگر $\alpha > ۰/۰۵$ یا $K_a > ۱۰^{-۳}$ باشد $\Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_aM(۱-\alpha)}$

۲- اگر $\alpha < ۰/۰۵$ یا $K_a < ۱۰^{-۳}$ باشد $\Rightarrow [H^+] = \sqrt{K_aM}$

ب) بازهای ضعیف: برای محاسبهٔ pH محلول بازهای ضعیف یک ظرفیتی با استفاده از K_b ، M و α از الگوی زیر استفاده می‌کنیم:

α و M ، K_b $\xrightarrow{\alpha>۰/۰۵ \text{ یا } K_b>۱۰^{-۳}:[OH^-]=\sqrt{K_bM(۱-\alpha)}}$ را $[OH^-]$ $\xrightarrow{pH=-log[OH^-]}$ را pOH

بدست می آوریم بدست می آوریم $\alpha < ۰/۰۵$ یا $K_b < ۱۰^{-۳} : [OH^-] = \sqrt{K_bM}$ را داریم

$\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}$ بدست می آید pH

حالت (۶): تغییر pH در اثر رقیق‌سازی محلول:

با اضافه کردن آب به محلول اسیدی یا بازی، محلول رقیق‌تر شده و در نتیجه غلظت یون‌های H^+ و OH^- تغییر می‌کند. پس pH و pOH نیز تغییر می‌کنند.

الف) رقیق‌سازی محلول اسیدهای قوی:اگر حجم محلول یک اسید قوی را n برابر کنیم (محلول را n مرتبه رقیق کنیم):

۱- غلظت این محلول و در نتیجه غلظت H^+ این محلول، $\frac{۱}{n}$ برابر می‌شود.

۲- غلظت OH^- این محلول n برابر می‌شود.

۳- pH این محلول به اندازهٔ $\log n$ افزایش می‌یابد. pH جدید $= pH$ اولیه $+ \log n$

نکته: این روابط برای اسیدهای ضعیف کاربرد ندارد. زیرا اگر یک اسید ضعیف، تغییر غلظت بدهد، درجهٔ یونش آن نیز تغییر می‌کند.

ب) رقیق‌سازی محلول بازهای قوی: اگر حجم محلول یک باز قوی را n برابر کنیم (محلول را n مرتبه رقیق کنیم):

۱- غلظت این محلول و در نتیجه غلظت OH^- آن، $\frac{۱}{n}$ برابر می‌شود.

۲- غلظت H^+ این محلول n برابر می‌شود.

۳- pH این محلول به اندازهٔ $\log n$ کاهش می‌یابد. pH جدید $= pH$ اولیه $- \log n$

نکته: این روابط برای بازهای ضعیف کاربرد ندارد. زیرا با تغییر غلظت بازهای ضعیف، درجهٔ یونش آن نیز تغییر می‌کند.

✓ **تیپ (۸): خنثی شدن اسیدها و بازها:**

یکی از رفتارهای پرکاربرد اسیدها و بازها، واکنش‌های میان آن‌هاست (واکنش خنثی شدن) که طی آن نمک و آب تولید می‌شود.

آب + نمک → محلول باز + محلول اسید

در این واکنش‌ها، یون‌های H^+ با یون‌های OH^- ترکیب شده و آب را پدید می‌آورند. همچنین آنیون‌های حاصل از اسید و کاتیون‌های حاصل از باز، دست نخورده باقی می‌مانند و محلول نمک را تولید می‌کنند.

به همین دلیل واکنش خنثی شدن را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_۲O(l)$$

برای حل این‌گونه مسائل باید توجه داشت که اگر شمار مول‌های یون هیدرونیوم و هیدروکسید برابر باشند، واکنش به صورت کامل انجام می‌شود. این در حالی است که اگر تعداد یکی بیش‌تر از دیگری باشد، واکنش خنثی شدن به صورت ناقص رخ می‌دهد.

حالت (۱): خنثی شدن کامل اسیدها و بازها: همان‌طور که ذکر شد اگر تعداد مول‌های یون (H^+) حاصل از اسید با تعداد مول‌های یون (OH^-) حاصل از باز برابر باشد، اسید و باز یکدیگر را خنثی کرده و PH محلول حاصل برابر ۷ می‌شود. برای انجام محاسبات می‌توانید از روابط زیر استفاده کنید:

$$\underset{\text{اسید}}{M_aV_an_a} = \underset{\text{باز}}{M_bV_bn_b} = \text{مقدار مول اسید یا باز} \times n = \frac{\text{جرم اسید یا باز خالص}}{\text{جرم مولی}} \times n$$

M_b , M_a : غلظت اسید و باز V_b , V_a : حجم محلول اسید و باز

n_a : ظرفیت اسید (تعداد H^+) n_b : ظرفیت باز (تعداد OH^-)

حالت (۲): خنثی شدن ناقص اسیدها و بازها: اگر شما مول‌های یون (H^+) و یون (OH^-) در واکنش خنثی شدن اسید و باز با یکدیگر برابر نباشند، واکنش خنثی شدن به صورت ناقص انجام خواهد شد و در محلول نهایی مقداری اسید و یا باز باقی می‌ماند. برای حل مسائل مربوط به این حالت، مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

مرحله (۱): برای هر یک از محلول‌ها، حاصل‌ضرب غلظت اولیه (M) در حجم محلول (V) در ظرفیت (n) را محاسبه می‌کنیم.

برای اسید : $M_aV_an_a =$ مقدار مول اسید $\times n_a$ برای باز : $M_bV_bn_b =$ مقدار مول باز $\times n_b$

مرحله (۲): بسته به اینکه حاصل‌ضرب(M.n.V) برای کدام محلول بزرگ‌تر است، داریم:

$$M_aV_an_a > M_bV_bn_b \xrightarrow{\text{محلول نهایی اسیدی است}} [H^+]_{\text{نهایی}} = \frac{M_aV_an_a - M_bV_bn_b}{V_a + V_b}$$

$$M_aV_an_a < M_bV_bn_b \xrightarrow{\text{محلول نهایی بازی است}} [OH^-]_{\text{نهایی}} = \frac{M_bV_bn_b - M_aV_an_a}{V_a + V_b}$$

مرحله(۳): pH را به کمک غلظت به‌دست آمده محاسبه می‌کنیم.

ترکیب pH با استوکیومتری محلول‌ها: در برخی از مسائل استوکیومتری و محلول‌ها به جای غلظت محلول اسید و باز، pH محلول را می‌دهند. در این قسمت به کمک تناسب‌های استوکیومتری باید مسائل را حل نمایید.

کاربردهای واکنش‌های اسید و باز: شوینده‌های با خاصیت اسیدی و بازی و همچنین داروهای شیمیایی با خاصیت اسید و ضداسیدی از جمله کاربردهای اسیدها و بازها می‌باشند.

الف) شوینده‌های بازی: برای بازکردن لوله‌هایی که با مخلوطی از اسیدهای چرب مسدود شده‌اند، از شوینده‌های بازی از جمله محلول غلیظ سدیم هیدروکسید استفاده می‌کنیم. در این فرآیند عملاً یک واکنش اسید و باز رخ می‌دهد که باعث تبدیل چربی‌ها به مواد محلول در آب می‌شود.

$$RCOOH(s) + NaOH(aq) \longrightarrow RCOONa(aq) + H_2O(l)$$

یکی از فراورده‌های این واکنش، $RCOONa$ بوده که ضمن این‌که محلول در آب است، خود نوعی پاک‌کننده است و می‌تواند چربی‌های بیش‌تری را بزداید.

ب) شوینده‌های اسیدی: برای بازکردن لوله‌هایی که رسوب‌های با خاصیت بازی مانند $CaCO_3$ سبب گرفتگی آن‌ها شده‌اند، از شوینده‌های اسیدی مانند محلول غلیظ HCl استفاده می‌شود:

$$CaCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

در این واکنش علاوه بر تولید کلسیم کلرید که محلول در آب است، گاز CO_2 نیز تولید می‌شود که با افزایش فشار سبب خروج سریع‌تر و راحت‌تر آلودگی‌ها از لوله می‌شود.

پ) داروهای ضداسیدی: پزشکان برای درمان زخم معده و کاهش عوارض آن، داروهایی با نام کلی ضد اسید را تجویز می‌کنند. این داروها حاوی ترکیباتی با خاصیت بازی‌اند. معروف‌ترین مواد موجود در ضد اسیدها، منیزیم هیدروکسید $Mg(OH)_2$ ، آلومینیوم هیدروکسید $Al(OH)_3$ و سدیم هیدروژن کربنات (جوش شیرین - $NaHCO_3$) هستند که واکنش این مواد با اسید معده (HCl) به‌صورت زیر است:

$$Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$
$$Al(OH)_3(s) + 3HCl(aq) \rightarrow AlCl_3(aq) + 3H_2O(l)$$
$$NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

۸-بررسی مسائل فصل دوم شیمی ۱۲:

✓ **تیپ (۱) : واکنش‌های اکسایش – کاهش و الکترون‌های مبادله شده در آن‌ها:**

به دسته‌ای از واکنش‌های شیمیایی که با انتقال الکترون از یک گونه به گونهٔ دیگر همراه هستند، واکنش‌های اکسایش – کاهش می‌گویند. این واکنش‌ها هم از لحاظ جرم و هم از لحاظ بار الکتریکی باید موازنه باشند.

هر یک از فرایندهای اکسایش (از دست دادن الکترون) و کاهش (گرفتن الکترون) را با یک نیم واکنش نشان می‌دهند. که هر نیم واکنش نیز باید از لحاظ جرم و بار الکتریکی موازنه باشد.

نیم واکنش اکسایش: نیم واکنشی است که از دست دادن الکترون را نشان می‌دهد.مثلا: $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(s) + 2e^-$

نیم واکنش کاهش: نیم واکنشی است که گرفتن الکترون را نشان می‌دهد.مثلا: $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$

نکتهٔ (۱): برای موازنهٔ واکنش‌های اکسایش – کاهش مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

مرحلهٔ (۱) : با توجه به گونهٔ اکسایش یافته و گونهٔ کاهش یافته، واکنش را به دو نیم واکنش اکسایش و کاهش تفکیک می‌کنیم.

مرحلهٔ (۲): هر نیم واکنش را از نظر تعداد اتم (جرم) و بار الکتریکی موازنه می‌کنیم.

مرحلهٔ (۳): در صورت برابر نبودن تعداد الکترون‌های موجود در دو نیم واکنش، یکی از نیم واکنش‌ها یا هر دو را در عددی مناسب ضرب کرده تا تعداد الکترون‌های مصرف شده در نیم واکنش کاهش برابر تعداد الکترون‌های تولید شده در نیم واکنش اکسایش شود.

مرحلهٔ (۴): در انتها دو نیم واکنش را جمع کرده تا با حذف الکترون‌ها، به واکنش کلی اکسایش – کاهش برسیم.

نکتهٔ (۲): در واکنش های اکسایش – کاهش می‌توانیم شمار الکترون‌های مبادله شده را با استفاده از یکی از فرمول‌های زیر تعیین کنیم:

ضریب گونهٔ اکسایش یافته × زیروند گونهٔ اکسایش یافته × میزان اکسایش گونهٔ اکسایش یافته = شمار الکترون‌های مبادله شده

ضریب گونهٔ کاهش یافته × زیروند گونهٔ کاهش یافته × میزان کاهش گونهٔ کاهش یافته = شمار الکترون‌های مبادله شده

در این تیپ از مسائل، معمولاً واکنشی داده شده و از شما تعداد الکترون‌های مبادله شده در آن واکنش خواسته می‌شود. دقت کنید که سؤالات در مورد الکترون‌های مبادله شده به صورت ترکیبی با مسائل استوکیومتری مطرح می‌شود.

✓ **تیپ (۲):سری الکتروشیمیایی در سلول‌های گالوانی:**

پتانسیل استاندارد کاهشی نیم سلول‌های مختلف را به ترتیب کاهش تدریجی در یک جدول از بالا به پایین مرتب می‌کنیم که به آن سری الکتروشیمیایی می‌گوییم. منظور از پتانسیل استاندارد، اندازه‌گیری در دمای ۲۵°C و فشار ۱atm و غلظت یک مولار برای محلول الکترولیت‌ها است. پتانسیل استاندارد نیم سلول‌ها را با نماد E° نشان می‌دهند.

نیم واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$	$+2/87$
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	$+1/50$
$Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$	$+1/20$
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	$+0/80$
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	$+0/34$
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	$+0/00$
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	$-0/14$
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	$-0/44$
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	$-0/76$
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	$-1/18$
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	$-1/66$
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	$-2/37$
$q) + e^- \rightarrow Li(s)$	$-3/04$

در سری الکتروشیمیایی گونهٔ سمت راست پایین‌ترین نیم واکنش، قوی‌ترین کاهنده است و E° منفی‌تری دارد در حالی که در این جدول گونهٔ سمت چپ بالاترین نیم واکنش، قوی‌ترین اکسنده بوده و E° مثبت‌تری دارد.

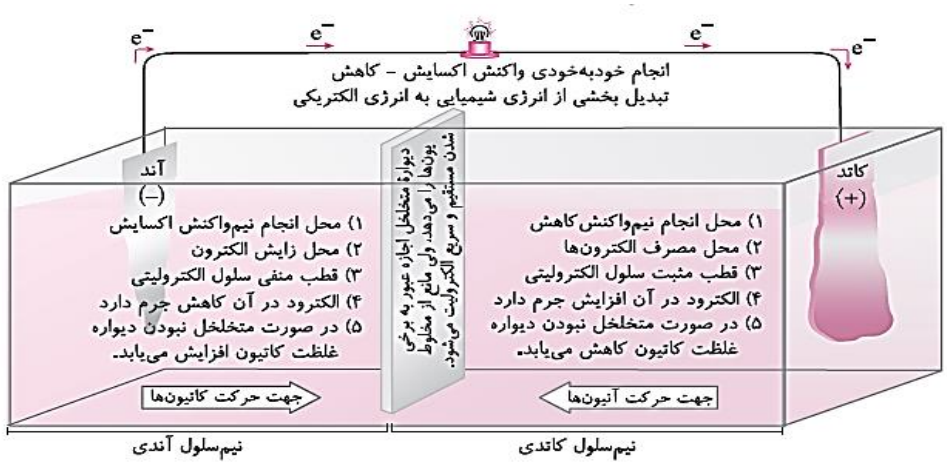
نکتهٔ (۱): واکنش اکسایش و کاهش بین کاهنده و اکسنده قوی‌تر، به‌طور خود به‌خودی انجام می‌شود. به عبارت دیگر در سری الکتروشیمیایی، واکنش میان گونهٔ سمت چپ نیم واکنش بالا با گونهٔ سمت راست نیم‌واکنش پایین به‌طور خودبه‌خودی انجام می‌شود.

نکتهٔ (۲): سلول‌های الکتروشیمیایی از اتصال دو نیم سلول به‌یکدیگر به وجود می‌آیند. این سلول‌ها بر اساس این‌که واکنش اکسایش – کاهش انجام شده در آن‌ها خودبه‌خودی یا غیر خودبه‌خودی است، به ترتیب به دو دستهٔ گالوانی و الکترولیتی تقسیم می‌شوند:

سلول های الکتروشیمیایی:
- ۱ – گالوانی ⇐ واکنش اکسایش – کاهش انجام شده در آن خود به خودی است . طی واکنش مقداری از انرژی شیمیایی مواد به انرژی الکتریکی تبدیل می شود
- ۲ – الکترولیتی ⇐ واکنش اکسایش – کاهش انجام شده در آن غیر خودی به خودی است . (با استفاده از اعمال ولتاژ بیرونی ، یک واکنش شیمیایی در خلاف جهت طبیعی انجام می شود)

نکتهٔ (۳): در سلول‌های گالوانی، عنصری که در جایگاه پایین‌تر در سری الکتروشیمیایی قرار دارد (E° منفی‌تر) نقش آند و عنصری که در جایگاه بالاتری قرار دارد (E° مثبت‌تر) نقش کاتد را دارد.

نکتهٔ (۴): در شکل زیر، نکات مربوط به سلول‌های گالوانی به‌صورت خلاصه ارائه شده است:



در مسائل مربوط به این تیپ، شما با ۳ حالت کلی از مسائل روبه‌رو هستید:

حالت (۱): محاسبه نیروی الکترو موتوری (emf) سلول گالوانی :

E° یک سلول گالوانی همواره عددی مثبت است. (اگر ولت‌سنج عددی منفی را نشان دهد، به این معناست که قطب‌های ناهم‌نام ولت سنج و سلول گالوانی به‌یکدیگر متصل‌اند.) بنابراین پس از تعیین آند و کاتد سلول گالوانی، نیروی الکترونی موتوری (emf) آن را از رابطه زیر بدست آورید:

$$emf:\ E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = E^\circ(\text{بزرگتر}) - E^\circ(\text{کوچکتر}) = E^\circ(\text{نیم واکنش بالاتر در سری الکتروشیمیایی}) - E^\circ(\text{نیم واکنش پایین تر در سری الکتروشیمیایی})$$

حالت (۲): محاسبه تغییر جرم تیغه‌ها و تغییر مقدار و غلظت مواد در سلول گالوانی:

الف) در برخی مسائل از شما تغییر جرم تیغه‌های آندی و کاتدی و همچنین محاسبات استوکیومتری در واکنش اکسایش – کاهش – انجام را می‌خواهند. برای حل این گونه مسائل، ابتدا واکنش انجام شده را می‌نویسیم و سپس به کمک روش کسر تبدیل یا تناسب به‌حل مسائل می‌پردازیم. لازم است سه کسر جدید را به تناسب‌هایی که پیش از این آموختید، اضافه کنیم. (در سؤالاتی که تیغه‌ای را وارد محلول از یونی با خاصیت اکسندگی بیش‌تر می‌کنیم، مثلا واکنش $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow Cu(s) + FeSO_4(aq)$ تغییر جرم از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

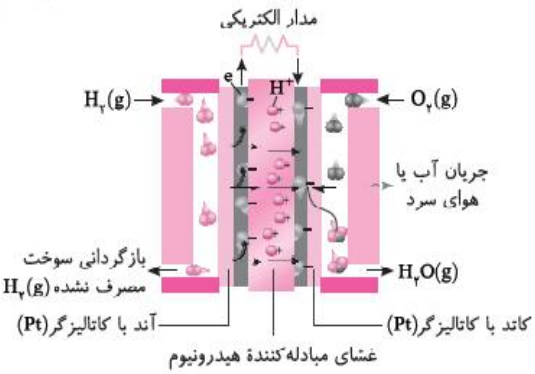
(| جرم مس قرار گرفته روی تیغه – جرم آهن خورده شده |= تغییر جرم تیغه)

$$\frac{\text{تعداد الکترون های مبادله شده}}{\text{ضریب کاتیون کاتدی}\times\text{بار کاتیون کاتدی}\times N_A}=\frac{\text{تغییر جرم تیغه}}{|(\text{جرم مولی فلز کاهنده}\times\text{ضریب})-(\text{جرم مولی فلز اکسنده}\times\text{ضریب})|}=\frac{\text{مول الکترون مبادله شده}}{\text{ضریب کاتیون کاتدی}\times\text{بار کاتیون کاتدی}}=\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

توجه: اگر همهٔ رسوب تولید شده روی تیغه قرار بگیرد، می‌توانیم از کسر تبدیل زیر استفاده کنیم:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{تغییر جرم تیغه}}{|(\text{جرم مولی فلز کاهنده}\times\text{ضریب})-(\text{جرم مولی فلز اکسنده}\times\text{ضریب})|}$$

حالت (۳) : سلول سوختی :



الف) **سلول سوختی هیدروژن – اکسیژن:** سلول سوختی هیدروژن – اکسیژن نوعی سلول گالوانی است که در آن از واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن، آب و انرژی الکتریکی تولید می‌شود. برای حل مسائل این قسمت، باید به واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام شده و ورودی و خروجی‌های این سلول به خوبی مسلط باشید.

نیم واکنش اکسایش : $2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$ $\quad E^\circ = 0V$

نیم واکنش کاهش در کاتد : $O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O(g)$ $\quad E^\circ = +1/23\,V$

واکنش کلی سلول سوختی : $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ $\quad E^\circ = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند}) = 1/23\,V$

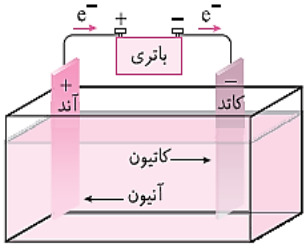
توجه: در واکنش کلی این سلول سوختی، به‌ازای تولید هر دو مول آب، چهار مول الکترون مبادله می‌شود.

ب) **سلول سوختی متان – اکسیژن :** نوع دیگری از سلول‌های سوختی است که در آن از واکنش گازهای متان (CH_4) و اکسیژن، آب و کربن دی‌اکسید و انرژی الکتریکی تولید می‌شود. واکنش کلی آن به‌صورت زیر است: (در این واکنش، به‌ازای مصرف هر مول متان، ۸ مول الکترون مبادله می‌شود.)

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

✓ **تیپ (۳): سلول‌های الکترولیتی:**

همان‌طور که ذکر شد، سلول‌های الکترولیتی نوعی دیگر از سلول‌های الکتروشیمیایی‌اند که در آن‌ها با اعمال ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون یک الکترولیت محلول یا مذاب می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی آن انجام داد. از این نوع سلول الکتروشیمیایی می‌توان برای برقکافت آب، تجزیهٔ نمک‌های مذاب، تجزیهٔ محلول نمک‌ها و .... استفاده کرد. ویژگی‌های کلی سلول‌های الکترولیتی به شرح ذیل است:



۱- اجزای این سلول عبارت‌اند از:

الف) الکترولیت: شامل محلول یک ترکیب یونی با یک ترکیب یونی مذاب است.

ب) الکترود: دو الکترود درون یک الکترولیت هستند و اغلب گرافیتی بوده و در واکنش شرکت نمی‌کند.

پ) باتری: انرژی لازم برای انجام واکنش را فراهم می‌کند.

۲- در آند (قطب مثبت) نیم واکنش اکسایش و در کاتد (قطب منفی) نیم واکنش کاهش رخ می‌دهد.

برای حل مسائل سلول‌های الکترولیتی باید به واکنش‌ها و نیم واکنش‌های انجام شده تسلط کافی داشته باشید و هم‌چنین تعداد الکترون‌های مبادله شده را حساب کنید. در مسائل مربوط به این تیپ، شما با چهار حالت کلی روبه‌رو هستید:

حالت (۱) : برقکافت آب: آب با مصرف انرژی به عنصرهای سازندهٔ خود تجزیه می‌شود. در این سلول الکترولیتی، در آند گاز اکسیژن و در کاتد گاز هیدروژن آزاد می‌شود.

نیم واکنش اکسایش در آند : $۲H_۲O(l) \rightarrow O_۲(g) + ۴H^+(aq) + ۴e^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد : $۲H_۲O(l) + ۲e^- \rightarrow H_۲(g) + OH^-(aq)$

واکنش کلی : $۲H_۲O(l) \rightarrow ۲H_۲(g) + O_۲(g)$

توجه: در این واکنش، به ازای تجزیهٔ دو مول آب، چهار مول الکترون مبادله می‌شود.

حالت (۲) : برقکافت نمک‌های مذاب:

در سلول‌های الکترولیتی می‌توان نمک‌های مذاب را به عنصرهای سازنده‌شان تجزیه کرد. یه طور کلی این سلول‌ها از قواعد زیر پیروی می‌کنند:

در کاتد: کاتیون نمک با گرفتن الکترون، کاهش یافته و به فلز تبدیل می‌شود.

در آند: آنیون نمک با از دست دادن الکترون، اکسایش یافته و به عنصر نافلزی تبدیل می‌شود.

الف) برقکافت $NaCl(l)$ (تهیهٔ سدیم مذاب): معادلهٔ نیم واکنش‌های انجام شده و واکنش کلی این فرایند به صورت زیر است. در این سلول در اطراف آند گاز کلر و در اطراف کاتد، سدیم مذاب تولید می‌شود.

نیم واکنش کاهش در کاتد : $۲Na^+(l) + ۲e^- \rightarrow ۲Na(l)$

نیم واکنش اکسایش در آند : $۲Cl^-(l) \rightarrow Cl_۲(g) + ۲e^-$

واکنش کلی : $\underbrace{۲Na^+(l) + ۲Cl^-(l)}_{۲NaCl(l)} \rightarrow ۲Na(l) + Cl_۲(g)$

توجه: در این واکنش به ازای تولید یک مول کلر و دو مول سدیم، دو مول الکترون مبادله می‌شود.

ب) تهیهٔ فلز منیزیم از برقکافت $MgCl_۲(l)$ مذاب: فرایند برقکافت $MgCl_۲(l)$ تا حدود زیادی مشابه $NaCl(l)$ بوده و نیم واکنش‌های انجام شده به صورت زیر است:

نیم واکنش کاهش در کاتد : $Mg^{۲+}(l) + ۲e^- \rightarrow Mg(l)$

نیم واکنش اکسایش در آند : $۲Cl^-(l) \rightarrow Cl_۲(g) + ۲e^-$

واکنش کلی : $\underbrace{Mg^{۲+}(l) + ۲Cl^-(l)}_{MgCl_۲(l)} \rightarrow Mg(l) + Cl_۲(g)$

توجه: در این واکنش، به ازای تولید یک مول گاز کلر و یک مول منیزیم، دو مول الکترون مبادله می‌شود.

حالت (۳) :برقکافت چند ترکیب یونی مذاب: گاهی دو یا چند ترکیب یونی مذاب را در سلول الکترولیتی قرار می‌دهیم و می‌خواهیم محصولات تولید شده در آند و کاتد را بررسی کنیم. در این حالت بین کاتیون‌ها رقابت کاتدی (رقابت برای الکترون‌گیری) و بین آنیون‌ها رقابت آندی (رقابت برای الکترون‌دهی) صورت می‌گیرد.

رقابت کاتدی: کاتیونی کاهش می‌یابد که اکسنده‌تر باشد و E° بزرگ‌تری داشته باشد. (مثبت‌تر)

رقابت آندی: آنیونی اکسایش می‌یابد که کاهنده‌تر باشد و E° کوچک‌تری داشته باشد. (منفی‌تر)

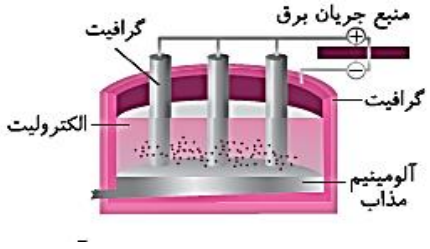
حالت (۴) : برقکافت آلومینیم اکسید (تهیهٔ آلومینیم مذاب در فرایند هال):

در این واکنش گاز اکسیژن با الکترود آند (گرافیت) واکنش می‌دهد و گاز $CO_۲$ را تولید می‌کند. در نتیجه الکترود آند جزء واکنش‌دهنده‌ها به حساب می‌آید. معادلهٔ نیم واکنش‌ها و واکنش کلی به صورت زیر است:

نیم واکنش کاهش در کاتد : $Al^{۳+}(l) + ۳e^- \rightarrow Al(l)$

نیم واکنش اکسایش در آند : $۲O^{۲-}(l) \rightarrow O_۲(g) + ۴e^-$ ، $C(s) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g)$

واکنش کلی : $\underbrace{۴Al^{۳+}(l) + ۶O^{۲-}(l)}_{۲Al_۲O_۳(l)} + ۳C(s) \rightarrow ۴Al(l) + ۳CO_۲(g)$



توجه (۱): کتاب درسی حالت فیزیکی Al_2O_3 را در واکنش کلی به صورت جامد در نظر گرفته است: $2Al_2O_3 + 3C(s) \rightarrow 4Al(l) + 3CO_2(g)$

توجه (۲): در این فرایند، به ازای تولید هر ۴ مول آلومینیم، دوازده مول الکترون مبادله می‌شود.

✓ **تیپ (۴) : خوردگی:**

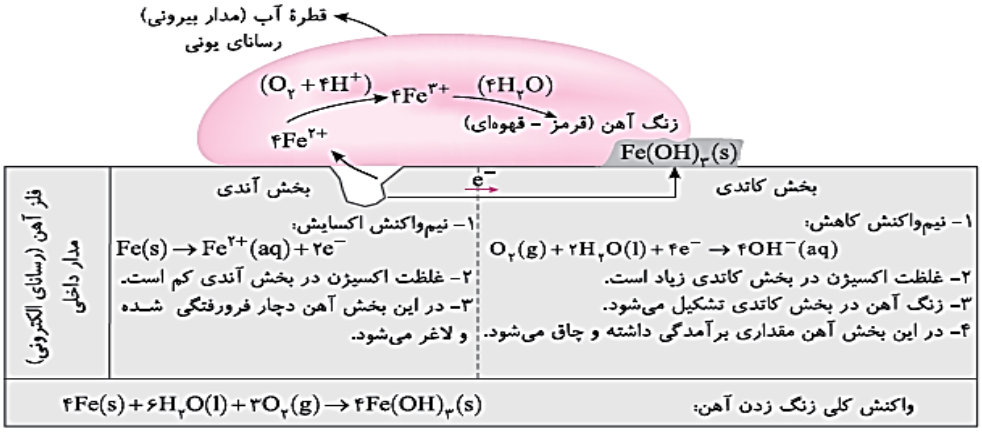
به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فرو ریختن فلزات بر اثر اکسایش، خوردگی گویند. در هنگام خوردگی یک فلز، یک سلول گالوانی تشکیل شده و فلزی که دچار خوردگی می‌شود، نقش آند را داشته و اکسایش می‌یابد، در نتیجه از جرم آن کاسته می‌شود.

در مسائل خوردگی یا سه حالت کلی روبه‌رو می‌شویم:

الف) زنگ زدن آهن ب) حفاظت کاتدی روی از آهن (آهن سفید یا گالوانیزه) پ) خوردگی حلبی

حالت (۱) : زنگ زدن آهن:

در این فرایند، قطرهٔ آب و سطح آهن، یک سلول گالوانی را تشکیل می‌دهند که قسمت‌های مختلف آهن بخش‌های کاتدی و آندی سلول و قطرهٔ آب، محلول الکترولیت این سلول به حساب می‌آید.



مرحلهٔ (۱): بخش آندی، زیره قطره آب است (غلظت O_2 کم است): $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

مرحلهٔ (۲): بخش کاتدی، اطراف قطرهٔ آب است (غلظت O_2 زیاد است): $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

نکته: زنگ زدن آهن در محیط اسیدی بیش‌تر رخ می‌دهد، زیرا E° نیم واکنش کاهش اکسیژن در این محیط بیش‌تر است.

نیم واکنش کاهش در کاتد (محیط اسیدی) : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)\,, \quad E^\circ = 1/23\,V$

نیم واکنش کاهش در کاتد (محیط غیراسیدی) : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq), E^\circ = 0/4\,V$

مرحلهٔ (۳): یون‌های Fe^{2+} که در بخش آندی تولید شده بودند به سمت بخش کاتدی رفته و با یون‌های OH^- واکنش می‌دهند: $Fe^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s)$

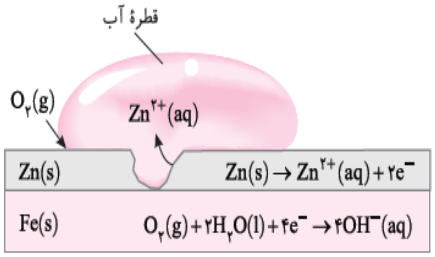
مرحلهٔ (۴): رسوب $Fe(OH)_2$ به دلیل غلظت بالای اکسیژن در بخش کاتدی، اکسایش یافته و به رسوب زنگ آهن $Fe(OH)_3$ تبدیل می‌شود. $4Fe(OH)_2(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

بنابراین معادلهٔ کلی زنگ زدن آهن به صورت زیر بوده و طی آن به ازای تولید هر ۴ مول زنگ آهن، دوازده مول الکترون مبادله می‌شود.

$4Fe(s) + 6H_2O(l) + 3O_2(g) \rightarrow 4Fe(OH)_3(s)$

حالت (۲):حفاظت کاتدی روی از آهن در آهن سفید (گالوانیزه):

در اثر ایجاد خراش روی ورق گالوانیزه، فلزهای آهن و روی در مجاورت اکسیژن و آب (رطوبت هوا) قرار گرفته و یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود. در این سلول، روی نقش آند را داشته و خورده می‌شود اما آهن نقش کاتد را داشته و خورده نمی‌شود.



مرحلهٔ (۱): فلز روی در نقش آندی، اکسایش می‌یابد: $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

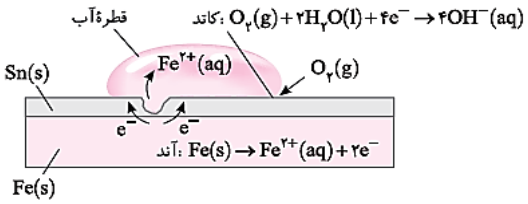
مرحلهٔ (۲): الکترون‌های تولید شده در آند به سطح فلز آهن که کاتد است می‌رسند و با اکسیژن رطوبت هوا، نیم واکنش کاهش را انجام می‌دهند: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

مرحلهٔ (۳): در نهایت $Zn(OH)_2$ تولید شده که بر روی قسمت خراشیده شده قرار می‌گیرد مانع از رسیدن آب و اکسیژن به آهن می‌شوند.

واکنش کلی : $2Zn(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Zn(OH)_2(aq)$

حالت (۳): خوردگی حلبی:

در اثر ایجاد خراش روی حلبی، فلزهای آهن و قلع در مجاورت اکسیژن و آب (رطوبت هوا) قرار گرفته و یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود. در این سلول، آهن نقش آند را داشته و با سرعت بیش‌تری اکسایش می‌یابد.



مرحلهٔ (۱): فلز آهن نقش آند را داشته و اکسایش می‌یابد: $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

مرحلهٔ (۲): الکترون‌های تولید شده در بخش آندی به سطح فلز قلع که کاتد است می‌رسند و با O_2 و رطوبت هوا، نیم واکنش کاهش را انجام می‌دهند: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$

مرحلهٔ (۳): در نهایت $Fe(OH)_2$ تولید شده که همانند فرایند خوردگی آهن دوباره اکسایش یافته و به زنگ آهن $Fe(OH)_3$ تبدیل می‌شود.

واکنش کلی : $2Fe(s) + 2H_2O(l) + O_2(g) \rightarrow 2Fe(OH)_2(aq)$

نکته: قبل از خراش یافتن آهن سفید و حلبی، به ترتیب روی و قلع از آهن محافظت می‌کنند، اما پس از خراش یافتن آن‌ها، روی حفاظت کاتدی را انجام داده اما قلع از آهن محافظت نمی‌کند.

✓ **تیپ (۵) : بررسی فرایند آبکاری:**

برای جلوگیری از خوردگی فلزاتی چون آهن یا مس، سطح این فلزات را با فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی مانند نقره، کروم، نیکل و طلا می‌پوشانند که به این فرایند آبکاری گویند. فرایندی که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود. برای فرایند آبکاری باید نکات زیر را در نظر داشت:

۱- جسمی که قرار است روی آن روکش فلزی ایجاد شود (آبکاری شود)، باید رسانای جریان برق باشد و آن را به عنوان کاتد به قطب منفی باتری متصل می‌کنند.

۲- جسمی که قرار است اتم‌های آن روی جسم دیگر بنشیند و آن را بپوشاند، به عنوان آند به قطب مثبت باتری متصل می‌کنند.

۳- پتانسیل کاهشی استاندارد فلز پوشاننده می‌تواند بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از پتانسیل کاهشی استاندارد فلز به کار رفته در جسم مورد نظر باشند، اما کاتیون فلز پوشاننده باید E° بزرگ‌تری نسبت به E° نیم واکنش کاهشی مولکول‌های آب داشته باشند، زیرا در غیر این صورت در کاتد به جای کاهش کاتیون فلز پوشاننده، مولکول‌های آب کاهش می‌یابند پس فلزهای گروه ۱ و ۲ و آلومینیم و منگنز برای آبکاری مناسب نمی‌باشند.

۴- الکترولیت در سلول آبکاری باید دارای کاتیون فلز پوشاننده باشد و همچنین غلظت آن در طی فرایند آبکاری ثابت است.

نیم واکنش اکسایش در آند (قطب مثبت) : $M(s) \rightarrow M^{n+}(aq) + ne^-$

نیم واکنش کاهش در کاتد (قطب منفی) : $M^{n+}(aq) + ne^- \rightarrow M(s)$

معادله کلی : $M(s\text{ , آند}) \rightarrow M(s\text{, کاتد})$

در مسائل این قسمت از شما جرم جسم آبکاری شده، مقدار الکتریسیته مصرفی جهت آبکاری، غلظت یا حجم محلول الکترولیت و ..... خواسته می‌شود. برای حل مسائل این تیپ، به دو نکته زیر توجه کنید:

الف) در اغلب مسائل، نیم واکنش‌های آندی و کاتدی هر دو مربوط به فلز پوشاننده است.

ب) تعداد الکترون‌های مبادله شده در نیم واکنش اکسایش با اتعداد الکترون های مبادله شده در نیم واکنش کاهش برابر است.

۹-بررسی مسائل فصل سوم شیمی ۱۲:

✓ **تیپ ۱:درصد جرمی:**

درصد جرمی هر ماده در یک نمونه، مقدار گرم آن ماده را در صد گرم از آن نمونه نشان می‌دهد.(البته در برخی از مسائل، مخلوطی از چند عنصر و ترکیب مختلف داریم و درصد جرمی یکی از عنصرها یا ترکیب ها لازم است.) برای به‌دست آوردن درصد جرمی یک ماده در یک نمونه و یا درصد جرمی یک عنصر در نمونه ای شامل چند عنصر و ترکیب مختلف، ابتدا باید جرم ماده (یا عنصر) مورد نظر را به‌دست آورده و از رابطه زیر کمک بگیرید:

$$\text{درصد جرمی یک ماده} = \frac{\text{جرم ماده مورد نظر}}{\text{جرم کل نمونه}} \times ۱۰۰$$

نکتهٔ ۱: در محاسبات درصد جرمی به کمک رابطه بالا، باید توجه داشت که یکای جرم در صورت و مخرج کسر باید یکسان باشد.

نکتهٔ ۲: در مسائلی که درصد جرمی یک عنصر در یک ترکیب مورد بررسی قرار می‌گیرد داریم:

$$\text{درصد جرمی عنصر } X = \frac{\text{جرم عنصر } X}{\text{جرم کل ترکیب}} \times ۱۰۰$$

به‌طور کلی برای حل مسائل مربوط به این تیپ، معمولاً اطلاعاتی از ماده مورد نظر و کل نمونه را به شما داده و از شما درصد جرمی آن ماده را می‌خواهند. برای حل چنین مسائلی، باید جرم هر کدام را به‌دست آورده و سپس از فرمول استفاده کنید.

✓ **تیپ ۲: شاره (سیال)های مولکولی و یونی:**

به ماده‌ای که می‌تواند جاری شود و شکل ظرف را به خود بگیرد (مقاومتی در برابر جاری شدن و تغییر شکل دادن ندارد)، شاره (سیال) می‌گویند. گازها و مایعات از شاره‌ها به حساب آمده اما جامدات شاره نیستند.

انواع شاره‌ها:

۱- شاره مولکولی مانند بخار آب ۲- شاره یونی مانند سدیم کلرید مذاب

برای حل این تیپ از مسائل، باید به روابط گرما و دمای ماده $\mathbf{Q = mc\Delta\theta}$، آنتالپی واکنش‌ها و هم‌چنین مباحث ترکیب‌های مولکولی و یونی تسلط داشته باشید.

مثال: در یک نیروگاه خورشیدی، ۸۴ درصد گرمای جذب شده توسط سدیم کلرید به‌عنوان شاره یونی، صرف بالابردن دمای آب $\mathbf{۲۰^\circ C}$ به $\mathbf{۱۰۰^\circ C}$ می‌شود. اگر این نیروگاه ظرفیت ذخیره ۳۰۰۰۰ گرم شاره یونی را داشته باشد، گرمای ذخیره شده به تقریب چند کیلوگرم آب $\mathbf{۲۰^\circ C}$ را به دمای جوش می‌رساند؟ (ظرفیت گرمایی ویژه آب ۴/۲ ژول بر گرم بر درجه سلسیوس است.)

شاره یونی	حداقل دما $(^\circ C)$	حداکثر دما $(^\circ C)$	ظرفیت گرمایی ویژه $(J.g^{-1}.^\circ C^{-1})$
سدیم کلرید	۸۵۰	۱۳۷۵	۰/۸۵

تیپ ۳: جامدهای بلوری:

جامدهای بلوری را می‌توان به ۴ دسته تقسیم کرد: الف) جامد فلزی ب) جامد مولکولی پ) جامد کووالانسی ت) جامد یونی

الف) جامد فلزی: در یک جامد فلزی، اتم‌های فلز، الکترون‌های ظرفیت خود را از دست داده و کاتیون‌ها در سه بعد به‌صورت منظم قرار گرفته‌اند و در فضای میان آن‌ها، الکترون‌های آزاد، دریایی از الکترون‌ها را ساخته و در آن آزادانه جابه‌جا می‌شوند. مثال: تمام فلزات جدول دوره‌ای

ب) جامد مولکولی: در یک جامد مولکولی، مولکول‌های مجزا در کنار یک‌دیگر با جاذبه‌های بین مولکولی قرار گرفته‌اند. مانند: یخ $H_2O(s)$، ید $I_2(s)$ و یخ خشک $CO_2(s)$.

پ) جامد کووالانسی: در یک جامد کووالانسی، اتم‌ها با پیوند کووالانسی به یک‌دیگر متصل شده و شبکه‌ای غول‌آسا از اتم‌ها را ایجاد می‌کنند. مثال: الماس، گرافیت و سیلیس (SiO_2).

ت) جامد یونی: در یک جامد یونی، کاتیون‌ها و آنیون‌ها در شبکه‌های بلور منظم و سه بعدی قرار گرفته‌اند. آرایش کاتیون‌ها و آنیون‌ها در سرتاسر بلور تکرار می‌شود. مثال: $NaCl$، MgO، Na_2SiO_4

- به شمار نزدیک‌ترین یون‌های ناهم‌نام موجود در پیرامون هر یون در شبکه بلور، عدد کوئوردیناسیون گفته می‌شود. برای مثال عدد کوئوردیناسیون برای هر یک از یون‌های Na^+ و Cl^- در شبکه بلور سدیم کلرید برابر ۶ است.

برای عدد کوئوردیناسیون کاتیون و آنیون در یک بلور یونی، رابطه زیر برقرار است:

زیروند آنیون × عدد کوئوردیناسیون آنیون = زیروند کاتیون × عدد کوئوردیناسیون کاتیون

$$\Rightarrow \frac{\text{عدد کوئوردیناسیون آنیون}}{\text{عدد کوئوردیناسیون کاتیون}} = \frac{\text{زیروند کاتیون}}{\text{زیروند آنیون}}$$

برای حل مسائل مربوط به این تیپ، باید اطلاعات خاص هر یک از جامدات بلوری و ذرات سازندهٔ آن‌ها را در کنار فرمول‌های مربوط به درصد جرمی، چگالی و ... بدانید.

✓ **تیپ ۴: آنتالپی فروپاشی:**

به گرمای مورد نیاز در فشار ثابت، برای فروپاشی شبکهٔ یک مول جامد یونی و تبدیل آن به یون‌های گازی سازنده آن،آنتالپی فروپاشی شبکه ($\Delta H_{\text{فروپاشی}}$) گویند. برای مثال به معادلهٔ فروپاشی پتاسیم برمید توجه کنید:

$$KBr(s) + ۶۸۹kJ \rightarrow K^+(g) + Br^-(g) \Rightarrow \Delta H_{\text{فروپاشی}}(KBr) = +۶۸۹kJ.mol^{-۱}$$

نکته: هر چه چگالی بار یون‌های سازنده یک جامد یونی بیش‌تر باشد، شبکه آن دشوارتر فروپاشی می‌شود و در نتیجه آنتالپی فروپاشی آن بیش‌تر است. (چگالی بار یون هم‌ارز با نسبت بار به حجم آن است یا به‌عبارت ساده‌تر می‌توان آن را هم‌ارز با نسبت مقدار بار یون به شعاع آن در نظر گرفت.)

برای حل مسائل مربوط به این تیپ باید به نوشتن معادلهٔ واکنش فروپاشی ترکیب یونی و تشکیل یک ترکیب یونی از یون‌های گازی سازنده‌اش مسلط باشید و با استفاده از روابط استوکیومتری و انواع آنتالپی‌ها به حل مسائل بپردازید.

✓ **تیپ ۵: آلیاژها:**

به محلول جامد فلزی که متشکل از یک فلز اصلی و یک یا چند فلز یا نافلز دیگر است، آلیاژ گویند. آلیاژها خواص متفاوتی با عناصر تشکیل‌دهندهٔ خود دارند. در آلیاژها فلزات با پیوندهای فلزی به یک‌دیگر متصل شده‌اند و اتم فلزات، الکترون‌های ظرفیت خود را آزاد می‌کنند. به طوری که این الکترون‌ها در دریای الکترونی شناور هستند.

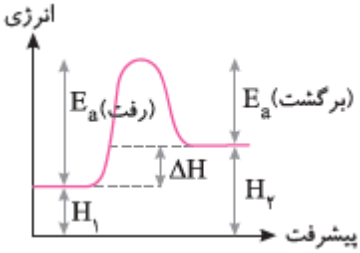
می‌توان گفت که این تیپ از مسائل تکرار مباحث استوکیومتری، درصد جرمی، چگالی و ... است. با این تفاوت که در آن‌ها موادی که مورد سؤال قرار می‌گیرند، آلیاژها هستند.

۱۰- بررسی مسائل فصل چهارم شیمی ۱۲:

✓ **تیپ ۱: انرژی فعال‌سازی (E_a):**

حداقل انرژی لازم برای شروع یک واکنش شیمیایی (هم واکنش‌های گرماگیر و هم گرماده)را انرژی فعال‌سازی می‌گویند. یکای اندازه‌گیری انرژی فعال‌سازی، کیلوژول **(kJ)** است. در مسائل مربوط به این تیپ، شما با ۲ حالت کلی روبه‌رو می‌شوید:

حالت ۱: نمودارهای «انرژی- پیشرفت واکنش»:



۱- در یک واکنش فرضی، نمودار «انرژی- پیشرفت واکنش» را بررسی می‌کنیم:

مجموع آنتالپی فراورده‌ها = $H_۲$ و مجموع آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها = $H_۱$

۲- آنتالپی واکنش فرضی مقابل برابر با تفاوت سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها می‌باشد و از دو طریق زیر قابل محاسبه است:

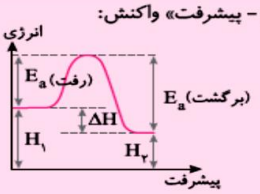
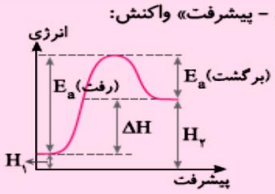
$$\Delta H = H_۲ - H_۱$$

$$\Delta H = E_a \text{ (رفت)} - E_a \text{ (برگشت)}$$

* همان‌طور که از فصل ۲ شیمی ۲ به یاد دارید، آنتالپی واکنش‌هایی که همه مواد شرکت‌کننده در آن‌ها به‌صورت گازی هستند را می‌توان به‌صورت مقابل محاسبه کرد: $\Delta H =$ [مجموع آنتالپی پیوند در مواد واکنش‌دهنده] − [مجموع آنتالپی پیوند در مواد فراورده]

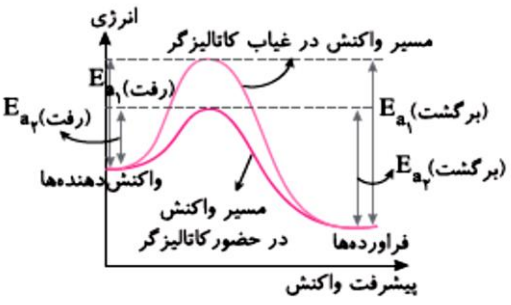
۳- انرژی فعال‌سازی با سرعت انجام واکنش رابطهٔ عکس دارد. یعنی در شرایط یکسان، هر چه E_a یک واکنش بیش‌تر باشد، سرعت انجام آن کم می‌باشد و برعکس.

در جدول زیر، تعدادی از ویژگی‌های واکنش های گرماگیر و گرماده ارائه شده است:

واکنش‌های گرماده $(A \rightarrow B+Q)$	واکنش‌های گرماگیر $(A+Q \rightarrow B)$
۱- نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش:  	۱- نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش: 
۲- در معادلهٔ واکنش نماد Q، سمت راست (فراورده‌ها) قرار دارد.	۲- در معادلهٔ واکنش نماد Q، سمت چپ (واکنش‌دهنده‌ها) قرار دارد.
۳- علامت ΔH واکنش منفی است $\Leftarrow \Delta H < ۰$	۳- علامت ΔH واکنش مثبت است $\Leftarrow \Delta H > ۰$
۴- انرژی از سامانه به محیط منتقل می‌شود.	۴- انرژی از محیط به سامانه منتقل می‌شود.
۵- مقایسهٔ انرژی فعال‌سازی $\Leftarrow E_a$ (برگشت) $> E_a$ (رفت)	۵- مقایسهٔ انرژی فعال‌سازی $\Leftarrow E_a$ (برگشت) $< E_a$ (رفت)
۶- مقایسهٔ سرعت در شرایط یکسان $\Leftarrow \bar{R}_{(رفت)} > \bar{R}_{(برگشت)}$	۶- مقایسهٔ سرعت در شرایط یکسان $\Leftarrow \bar{R}_{(رفت)} < \bar{R}_{(برگشت)}$
۷- مقایسهٔ مجموع آنتالپی پیوندها $\Leftarrow$ واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها	۷- مقایسهٔ مجموع آنتالپی پیوندها $\Leftarrow$ فراورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها
۸- مقایسهٔ پایداری $\Leftarrow$ واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها	۸- مقایسهٔ پایداری $\Leftarrow$ فراورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها
۹- مقایسهٔ فعالیت شیمیایی $\Leftarrow$ فراورده‌ها > واکنش‌دهنده‌ها	۹- مقایسهٔ فعالیت شیمیایی $\Leftarrow$ واکنش‌دهنده‌ها > فراورده‌ها

حالت ۲: اثر کاتالیزگر بر واکنش و نمودار «انرژی- پیشرفت واکنش»:

کاتالیزگر ماده‌ای است که با کاهش انرژی فعال‌سازی، سرعت واکنش‌های شیمیایی را افزایش داده و در نهایت بدون تغییر در پایان واکنش باقی می‌ماند. به موارد زیر دربارهٔ کاتالیزگرها توجه کنید:



الف) کاتالیزگرها، انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک اندازه (نه به یک نسبت) کاهش می‌دهند.

ب) کاتالیزگرها، سرعت واکنش‌های رفت و برگشت را افزایش داده و در نتیجه زمان انجام واکنش را کاهش می‌دهند.

پ) کاتالیزگرها روی سطح انرژی فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها، مقدار نهایی فراورده‌ها و آنتالپی واکنش **(ΔH)** تأثیری ندارد و داریم:

$$\Delta H = E_{a_۱} \text{ (رفت)} - E_{a_۱} \text{ (برگشت)} = E_{a_۲} \text{ (رفت)} - E_{a_۲} \text{ (برگشت)}$$

✓ **تیپ ۲: مبدل‌های کاتالیستی:**

۱- در خروجی اگزوز خودروها، گازهای آلاینده گوناگون مانند CO، SO_2، NO و C_xH_y وجود دارد که نوع آلاینده‌هایی که در هر خودرو یافت می شود به محتویات بنزین بستگی دارد.

گاز CO: در اثر سوختن ناقص هیدروکربن‌ها تولید می‌شود.

گاز NO: در اثر واکنش گاز نیتروژن و اکسیژن در دمای بالای درون موتور خودرو تولید می‌شود. $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g)$

گاز C_xH_y: مقداری از هیدروکربن‌ها بدون این‌که بسوزند، وارد هواکره می‌شوند.

گاز SO_2: در سوخت‌های فسیلی با کیفیت پایین مقداری گوگرد یافت شده و در اثر سوختن آن‌ها گاز SO_2 تولید می‌شود:

$$S(s)+O_2(g)\rightarrow SO_2(g)$$

۲- مبدل کاتالیستی باعث انجام سریع واکنش‌های حذف ۳ آلایندهٔ CO، NO و C_xH_y شده و مقدار این ۳ آلاینده را کاهش می‌دهد:

حذف CO: $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)$

حذف NO: $2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g)$

حذف C_xH_y: $C_xH_y(g)+(x+\frac{y}{4})O_2(g)\rightarrow xCO_2(g)+\frac{y}{2}H_2O(g)$

۳- به دلیل این‌که مبدل‌های کاتالیستی خودروهای بنزینی در خودروهای دیزلی کارایی مناسب ندارند و نمی‌توانند NO و NO_2 را به گاز N_2 تبدیل کنند، از این رو برای خودروهای دیزلی، مبدل‌های جدید طراحی شده است که با ورود آمونیاک به مبدل، گازهای NO و NO_2 را به گازهای N_2 و H_2O تبدیل می‌کنند: $NO(g)+NO_2(g)+2NH_3(g)\rightarrow 2N_2(g)+3H_2O(g)$

برای حل مسائل مربوط به این تیپ، شما باید به واکنش‌های تولید و حذف آلاینده‌ها تسلط خوبی داشته باشید و در صورت نیاز، از اطلاعات استوکیومتری استفاده کنید.