

آزمون حضوری  
شماره پنج

رشته ریاضی



تجربہ | ریاضی | انسانی

ویژہ کنکور  
۱۴۰۳

## مرورنامہ آزمون آزمایشی خیلی سبز

نام درس	مباحث	از صفحہ	تا صفحہ	مؤلف	ویراستار
شیمی	شیمی دوازدهم صفحه ۱ تا ۲۸ شیمی دهم صفحه ۴۵ تا ۸۴	۲	۳۰	سروش عبادی - عباس سرمایہ - معصومہ سعیدی	بنیامین یعقوبی



## ثابت تعادل و قدرت اسیدی

- حضور هم‌زمان واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها در مخلوط واکنش، نشانه‌ای از برگشت پذیر بودن واکنش هاست.
- در واکنش‌های برگشت پذیر، همهٔ واکنش دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند؛ بلکه در شرایط معین مقدار آن‌ها در سامانه ثابت است؛ گویی پس از گذشت مدتی، واکنش پیشرفت نمی‌کند و مقدار مواد شرکت کننده دیگر تغییر نخواهد کرد.
- اگر در یک واکنش برگشت پذیر، هم‌زمان واکنش‌های رفت و برگشت (در هر دو جهت) به طور پیوسته انجام می‌شوند و سرانجام غلظت (مقدار) واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها ثابت (و نه لزوماً برابر!) شود. به چنین سامانه‌ای، سامانهٔ تعادلی می‌گویند.
- در واکنش‌های تعادلی هر مقدار از فراورده‌ها که در واحد زمان، طی واکنش رفت تولید می‌شوند، همان مقدار در واحد زمان، طی واکنش برگشت مصرف می‌شوند؛ پس سرعت واکنش رفت با برگشت در سامانه‌های تعادلی برابر است  $\Leftarrow$  مقدار مواد شرکت کننده در سامانه ثابت است. (لزوماً مقدار واکنش دهنده‌ها با فراورده‌ها برابر نیست).
- برای یک واکنش تعادلی، در یک دمای معین، نسبت حاصل ضرب غلظت تعادلی فراورده‌ها هر یک به توان ضریب استوکیومتری تقسیم بر حاصل ضرب غلظت تعادلی واکنش دهنده‌ها هر یک به توان ضریب استوکیومتری همواره مقدار ثابتی است  $\Leftarrow$  این مقدار، ثابت تعادل نامیده می‌شود.
- برای واکنش تعادلی کلی:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  عبارت ثابت تعادل به صورت زیر تعریف می‌شود:

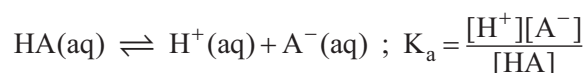
$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

### نکات مهم

- $K$  (ثابت تعادل) در دمای ثابت، مقداری ثابت است و در واقع  $K$  تنها به دما وابسته است.
- غلظت مواد جامد یا مایع خالص، ثابت است و هنگام نوشتن عبارت ثابت تعادل، غلظت آن‌ها نوشته نمی‌شود. در واقع در نوشتن عبارت ثابت تعادل، تنها به غلظت گازها (g) و محلول‌ها (aq) توجه می‌شود.
- $K$  (ثابت تعادل) در دمای ثابت به مقدار آغازی واکنش دهنده‌ها بستگی ندارد.

## ثابت یونش اسیدی

- محلول اسیدها و بازهای ضعیف در آب، نمونه‌ای از سامانه‌های تعادلی و دوطرفه‌اند. در این محلول‌ها به دلیل یونش ناچیز اسید یا باز ضعیف، تعادلی میان اندک یون‌های حاصل از یونش و مولکول‌های یونیده نشده برقرار می‌شود.
- ثابت تعادل واکنش یونش اسیدها به ثابت یونش اسیدی ( $K_a$ ) معروف است.
- دقت کنید که در رابطه ثابت یونش اسید، تنها غلظت تعادلی (نه غلظت ابتدایی!) گونه‌های شرکت کننده در واکنش، آورده می‌شود.



مثال

**مثال** اگر غلظت یون هیدرونیوم و مولکول یونیده نشدهٔ یک اسید در محلولی از آن در دمای معین، به ترتیب برابر  $5/5 \times 10^{-4}$  و  $2/5 \times 10^{-2}$  مول بر لیتر باشد، ثابت تعادل یونش این اسید، کدام است؟

(کنکور تجربی ۹۸)

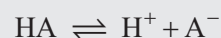
$$1/12 \times 10^{-5} \quad (4)$$

$$1/21 \times 10^{-5} \quad (3)$$

$$2/21 \times 10^{-4} \quad (2)$$

$$2/12 \times 10^{-4} \quad (1)$$

پاسخ گزینهٔ «۳»



$$[H^+] = [A^-] = 5/5 \times 10^{-4}, [HA] = 2/5 \times 10^{-2}$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{5/5 \times 10^{-4} \times 5/5 \times 10^{-4}}{2/5 \times 10^{-2}} = \frac{25 \times 25}{2 \times 5} \times 10^{-7} = 121 \times 10^{-7} = 1/21 \times 10^{-5}$$

### نکات مهم

- مقدار  $K_a$  بزرگتر  $\Leftarrow$  قدرت اسیدی بیشتر  $\Leftarrow$  در شرایط یکسان،  $[H^+]$  حاصل از یونش بیشتر  $\Leftarrow$  رسانایی الکتریکی محلول آن، بیشتر
- هر چه  $K_a$  اسید در دمای معین بیشتر  $\Leftarrow$  اسید قوی تر
- اسیدهایی مانند  $HCl$  که ثابت یونش آن‌ها، عدد بسیار بزرگی است، اسیدهای قوی نام دارند و یونیده شدن آن‌ها در محلول آبی کامل در نظر گرفته می‌شود. درجه یونش این اسیدها برابر با (۱) در نظر گرفته می‌شود. برای اسیدهای قوی، مقداری بزرگ است.
- $HF$  و  $CH_3COOH$  و ... اسیدهای ضعیف هستند که فقط چند درصد از مولکول‌های آن‌ها، یونیده شده و عمدتاً به صورت مولکولی حل می‌شوند. برای اسیدهای ضعیف، مقداری کوچک است و درجه یونش آن‌ها کوچکتر از ۱ است. ( $0 < \alpha < 1$ )

اسیدهای مهم کتاب درسی:

اسیدهای قوی:  $HNO_3$  و  $H_2SO_4$ ،  $HCl$ ،  $HBr$ ،  $HI$

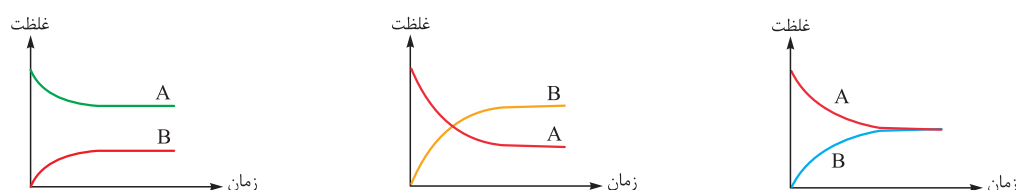
قدرت اسیدی اسیدهای ضعیف:  $HCN < H_2CO_3 < CH_3COOH < HCOOH < HNO_2 < HF$   
 هیدروفلوئوریک اسید    نیترو اسید    فورمیک اسید    استیک اسید    کربنیک اسید    هیدروسیانیک اسید

در میان هیدروهاالیک اسیدها، فقط  $HF$  اسید ضعیف محسوب می‌شود و سایر آن‌ها، اسیدهای قوی هستند!

در کربوکسیلیک اسیدها با افزایش تعداد کربن، قدرت اسیدی کاهش می‌یابد.

### – نمودارشناسی –

نمودار غلظت – زمان برای واکنش تعادل  $A \rightleftharpoons B$ ، می‌تواند به صورت‌های زیر باشد:



شیب هر ماده در نمودار غلظت – زمان، متناسب با ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه شده واکنش است.

نمودار سرعت – زمان برای یک واکنش تعادلی می‌تواند به صورت‌های زیر باشد:

(۱) اگر در ابتدا فقط واکنش‌دهنده داشته باشیم:



### نکات مهم

- در لحظه تعادل واکنش‌های رفت و برگشت متوقف نمی‌شوند؛ بنابراین در حالت تعادل هیچ‌وقت سرعت‌ها صفر نمی‌شوند.
- در لحظه تعادل، مقدار و غلظت همه ماده‌ها ثابت می‌شوند ولی نه لزوماً برابر! از آن‌جا که سرعت واکنش‌های رفت و برگشت برابر می‌شوند، پس سرعت‌های مصرف و تولید هر ماده برابرند و به همین دلیل مقدار و غلظت هر ماده ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.
- بعد از رسیدن به تعادل، ویژگی‌های ظاهری ظرف تعادل (مانند غلظت و مقدار مواد، فشار و ...) ثابت می‌ماند ولی واکنش‌ها متوقف نمی‌شوند.
- در واکنش‌های تعادلی غلظت هیچ ماده‌ای به صفر نمی‌رسد ولی در واکنش‌های یک‌طرفه حداقل یکی از واکنش‌دهنده‌ها می‌تواند کاملاً مصرف شود و مقدار و غلظت آن به صفر برسد.

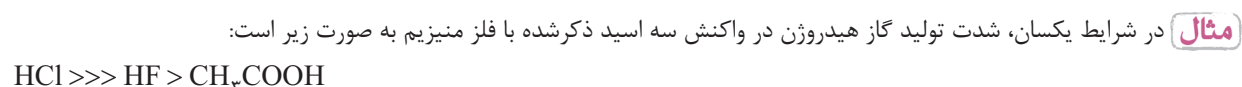
### – سرعت واکنش اسیدها با فلزها –

- اغلب (نه همه!) فلزها با محلول اسیدها واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن آزاد می‌کنند.
- هر چه اسید قوی‌تر باشد ( $K_a$  بزرگ‌تری داشته باشد)، در دما و غلظت یکسان، غلظت یون هیدرونیوم در محلول آن بیشتر و در نتیجه سرعت واکنش آن با فلز بیشتر خواهد بود (سرعت تولید گاز بیشتر است).



● سرعت واکنش اسید با فلز معین، به غلظت یون هیدرونیوم محلول آن بستگی دارد. هر چه  $[H^+] \uparrow \Rightarrow$  سرعت واکنش اسید با فلز  $\uparrow$   
 ● در دما و غلظت یکسان، سرعت واکنش فلز با اسید قوی، نسبت به اسید ضعیف، بیشتر است  $\leftarrow$  زیرا سرعت واکنش اسید و فلز دارای رابطه مستقیم با غلظت یون های هیدرونیوم موجود در محلول است.  
 در واکنش یک فلز با محلول دو اسید یک ظرفیتی در دما و غلظت یکسان:

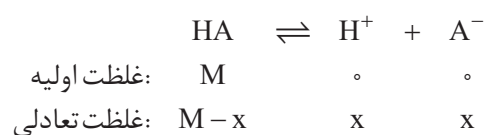
(۱) سرعت تولید گاز  $H_2 \Leftarrow$  اسید قوی  $<$  اسید ضعیف (۲) مقدار  $H_2$  تولیدی در پایان واکنش  $\Leftarrow$  اسید قوی = اسید ضعیف  $\Leftarrow$  زیرا در معادله هر دو واکنش ضرایب استوکیومتری  $H_2$  و اسید یکسان است، مثلاً اگر فلز دوظرفیتی باشد (مانند منیزیم یا آهن)، معادله واکنش به صورت زیر است:



● باران اسیدی به دلیل انحلال گازهای  $NO_x$  و  $SO_x$  در آب باران دارای اسیدهای  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  بوده و باران معمولی به دلیل انحلال گاز  $CO_2$  در آب باران دارای اسید  $H_2CO_3$  است.  
 ● از آنجا که قدرت اسیدی  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  بسیار بیشتر از  $H_2CO_3$  است؛ در باران های اسیدی، غلظت یون هیدرونیوم بیشتر از باران های معمولی است  $\Leftarrow$  باران های اسیدی آثار مخرب بسیار زیادی بر محیط زیست دارند:  
 مقایسه قدرت اسیدی:  $H_2SO_4 > HNO_3 \gg H_2CO_3$

## – رابطه میان غلظت یون هیدرونیوم و ثابت یونش اسیدها –

● اسیدهای ضعیف در آب به طور جزئی یونیده می شوند؛ به طوری که یونیده شدن آن ها با کمیتی به نام درجه یونش ( $\alpha$ ) تعیین می شود.  
 درجه یونش یک اسید به غلظت آن اسید بستگی دارد، اما ثابت یونش اسیدها ( $K_a$ ) مستقل از غلظت اسید است و تنها به دما وابسته است.  
 ● اگر غلظت اولیه محلول یک اسید ضعیف مثل  $HA$  برابر  $M$  باشد و پس از مدتی به تعادل برسد، با توجه به معادله یونش جزئی آن داریم:



ثابت تعادل این واکنش یا همان ثابت یونش اسیدی به صورت زیر تعریف می شود:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x^2}{M - x} \quad \text{یا} \quad K_a = \frac{[H^+]^2}{M - [H^+]}$$

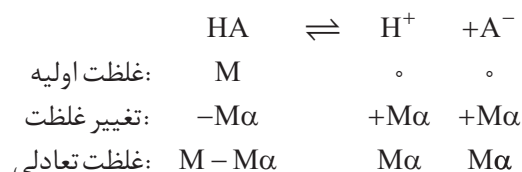
در اسیدهای خیلی ضعیف (معمولاً درجه یونش کمتر از ۰/۰۵ یا ثابت یونش اسیدی کمتر از  $10^{-5}$ )، می توان از  $x$  در مقابل  $M$  صرف نظر کرد:

رابطه تقریبی:  $K_a = \frac{x^2}{M} = \frac{[H^+]^2}{M}$

اگر شرایط گفته شده در بالا (درجه یونش کمتر از ۰/۰۵ یا ثابت یونش اسیدی کمتر از  $10^{-5}$ ) را داشته باشیم یا در صورت تست، عبارت (تقریبی) یا مشابه آن را ببینیم، از رابطه تقریبی استفاده می کنیم.

## – رابطه میان ثابت یونش و درجه یونش اسیدها –

● با دقت در رابطه درجه یونش درمی یابیم که:  $\alpha = \frac{x}{M} \Rightarrow x = [H^+] = M\alpha$   
 ● در معادله یونش اسید گفته شده، می توان به جای  $x$ ،  $M\alpha$  قرار داد:







ثابت تعادل این واکنش یا همان ثابت یونش اسیدی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(M\alpha)(M\alpha)}{M - M\alpha} = \frac{M^2\alpha^2}{M(1-\alpha)} = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$$

با توجه به این که  $\alpha = \frac{[H^+]}{M}$  است، داریم:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{M \left( \frac{[H^+]}{M} \right)^2}{1-\alpha} \Rightarrow K_a = \frac{[H^+]^2}{M(1-\alpha)} \Rightarrow [H^+]^2 = M \times K_a \times (1-\alpha)$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot M(1-\alpha)}$$

در اسیدهای خیلی ضعیف (درجه یونش کم‌تر از ۰/۵ یا ثابت یونش اسیدی کم‌تر از  $10^{-5}$ )، می‌توان از درجه یونش در مقابل ۱ صرف نظر کرد:

$$K_a = M\alpha^2$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot M}$$

پس به طور کلی می‌توان گفت:

$$K_a = M\alpha^2 \text{ : رابطه تقریبی (یا } \alpha < 10^{-5} \text{ یا } K_a < 10^{-5} \text{) ، رابطه دقیق (یا } \alpha > 10^{-5} \text{ یا } K_a > 10^{-5} \text{)}$$

### نکته

با توجه به روابط فوق، در دمای معین، چون مقدار  $K_a$  ثابت است؛ هر چه غلظت اسید ضعیف ( $M$ ) بیشتر شود  $\leftarrow$  درجه یونش آن کاهش می‌یابد (و با رقیق‌تر شدن محلول یک اسید ضعیف در دمای ثابت، درجه یونش آن افزایش می‌یابد).

$$K_a = M\alpha^2 \Rightarrow M \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow$$

**مثال** در محلولی از اسید HX، درصد یونش مولکول‌های اسیدی برابر با ۲۵٪ است. اگر ثابت یونش این اسید برابر با  $2 \times 10^{-3}$  باشد، غلظت مولی اولیه این اسید در محلول مورد نظر چه قدر بوده است؟

- (۱) ۰/۳ (۲) ۰/۶ (۳) ۰/۰۳ (۴) ۰/۰۶

**پاسخ** گزینه «۳»: بین غلظت اسید، درجه یونش و ثابت تعادل یونش آن، رابطه زیر برقرار است:

$$K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = \frac{M \times (0.25)^2}{1-0.25} \Rightarrow M = 0.03 \text{ mol.L}^{-1}$$

**مثال** اگر در محلول ۱/۶ درصد جرمی اسید ضعیف HA با چگالی ۱/۲۵ کیلوگرم بر لیتر، مجموع غلظت مولی یون‌های حاصل از یونش اسید برابر ۰/۰۲ مولار باشد،  $K_a$  این اسید به تقریب کدام است؟ ( $HA = 20 \text{ g.mol}^{-1}$ )

- (۱)  $10^{-3}$  (۲)  $2 \times 10^{-4}$  (۳)  $10^{-4}$  (۴)  $4 \times 10^{-5}$

**پاسخ** گزینه «۳»: محاسبه غلظت اولیه HA:

$$M = \frac{10 \text{ ad}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow M = \frac{10 \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{25}}{1} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

می‌دانیم غلظت  $A^-$  و  $H^+$  برابر است؛ پس با توجه به مجموع غلظت آن‌ها (۰/۰۲ مولار)، غلظت هر کدام ۰/۰۱ مولار است؛ پس داریم:

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{M} = \frac{(0.01)^2}{1} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

pH	محلول
۱/۶ - ۱/۸	معده
۳/۲	پرتقال
۷/۴	خون
۵/۲ - ۷/۱	بزاق دهان
۸/۵	روده کوچک

### pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی بودن -

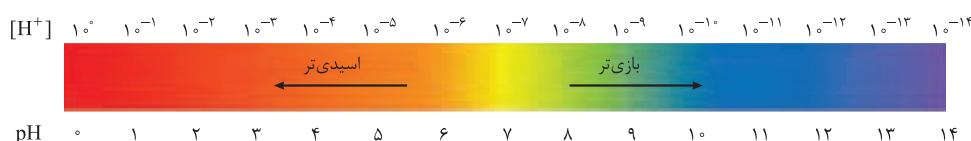
تغییر رنگ کاغذ pH درون یک محلول، (۱) معیاری برای تشخیص اسیدی یا بازی بودن محلول و (۲) نشان‌دهنده pH تقریبی آن محلول است.

میزان اسیدی بودن یک محیط به غلظت یون هیدرونیوم ( $H^+$ ) در آن بستگی دارد؛ به طوری که هر چه غلظت یون هیدرونیوم محلول بیشتر باشد، محیط اسیدی‌تر است و برعکس.

برای پرهیز از بیان غلظت‌های کم و بسیار کم یون هیدرونیوم می‌توان از کمیت pH استفاده کرد زیرا اعدادی به مراتب ساده‌تر و قابل فهم‌تر ارائه می‌دهد.



● pH محلول‌های آبی در دمای اتاق در گستره ۰ تا ۱۴ بیان می‌شود:



● آب و همه محلول‌های آبی، حاوی یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید هستند؛ کاغذ pH در محلول‌های خنثی و آب خالص تغییر رنگ نمی‌دهد  $\Rightarrow$  در این محلول‌ها  $[OH^-] = [H^+]$

در یک نمونه آب خالص، شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های آب به یون‌های  $H^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  یونیده می‌شود. به همین علت آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد.

● در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، غلظت  $H^+$  در آب خالص و دمای اتاق، برابر  $10^{-7}$  مولار است؛ پس pH آب خالص و محلول‌های خنثی برابر با ۷ است؛ اما در محلول‌های اسیدی، pH کمتر از ۷ و در محلول‌های بازی، pH بیشتر از ۷ است:

$pH < 7$	$[H^+] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ $[OH^-] < 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$	در محلول‌های اسیدی
$pH = 7$	$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$	در آب خالص و محلول‌های خنثی
$pH > 7$	$[H^+] < 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ $[OH^-] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$	در محلول‌های بازی

● رابطه pH:  $pH = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH}$

● وقتی غلظت یون هیدرونیوم برابر ۱ مولار است، pH برابر صفر و وقتی غلظت یون هیدرونیوم کمتر و مثلاً برابر  $10^{-7}$  مولار است، pH برابر ۷ می‌شود  $\Leftarrow$  pH دارای رابطه عکس با غلظت یون  $H^+$  است!

پس داریم: کاهش pH  $\propto$  افزایش  $[H^+]$   $\propto$  افزایش میزان اسیدی بودن

● بهتر است لگاریتم‌های زیر را حفظ کنید:

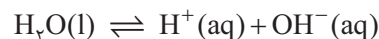
$$\log 1 = 0, \log 10 = 1, \log 2 = 0.3, \log 3 = 0.48 \approx 0.5, \log 5 = 0.7, \log 7 = 0.85$$

## خودیونش آب -

● مقدار ناچیزی از مولکول‌های آب به طور خودبه‌خود به یون‌های مثبت ( $H^+$ ) و منفی ( $OH^-$ ) یونیده می‌شوند. به این واکنش که مولکول‌های آب به یون‌های منفی و مثبت یونیده می‌شود، واکنش خودیونش آب می‌گویند.

● آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد  $\leftarrow$  مقادیر بسیار کمی از یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در آب خالص وجود دارد.

● در یک نمونه از آب خالص شمار بسیار ناچیزی از مولکول‌های آب به یون‌های  $H^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  یونیده می‌شوند.



● در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، حاصل ضرب غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در آب و محلول‌های آبی برابر  $10^{-14}$  است:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

● در واقع خودیونش آب یک واکنش تعادلی است و مثل همه واکنش‌ها ثابت تعادل دارد که  $K_w$  در دمای اتاق برابر با  $10^{-14}$  است.

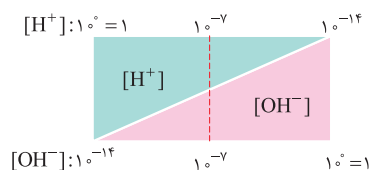
$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

● با توجه به یکسان بودن ضرایب  $H^+$  و  $OH^-$  در واکنش یونیده‌شدن آب، غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم مساوی و برابر با  $10^{-7}$  مولار است.

از رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت که غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید با هم رابطه عکس دارند:

$$K_w = [H^+][OH^-] \Rightarrow [H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} \quad \uparrow [OH^-] \Rightarrow \downarrow [H^+]$$

$$\downarrow [OH^-] \Rightarrow \uparrow [H^+]$$



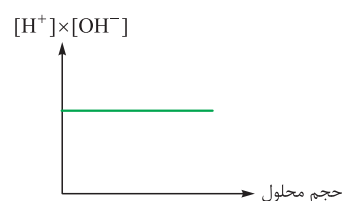
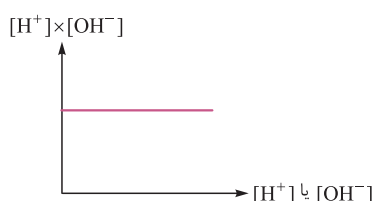
تغییر غلظت این یون‌ها در محلول‌های آبی و دمای اتاق را به صورت مقابل می‌توان نشان داد؛ غلظت یون  $H^+$  از  $10^{-7}$  تا  $10^{-14}$  در حال کاهش و غلظت یون  $OH^-$  در همان فاصله از  $10^{-14}$  تا  $10^{-7}$  در حال افزایش است؛ به طوری که در هر فاصله عمودی از این طرح، رابطه  $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$  برقرار است.

هرگونه تغییر در غلظت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید، تأثیری بر مقدار  $K_w$  ندارد؛ در واقع حاصل ضرب آن‌ها همواره ثابت است: (ثابت تعادل تنها به دما وابسته است).

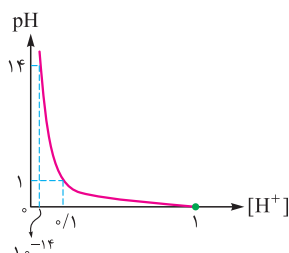
$$K_w = [H^+][OH^-] \Rightarrow [H^+] = K_w \times \frac{1}{[OH^-]}$$

### - نمودارشناسی -

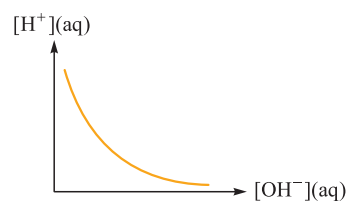
نمودار  $[H^+] \times [OH^-]$  برحسب غلظت هر یک از یون‌ها و حجم محلول، به صورت خط راستی با شیب صفر است:



نمودار pH برحسب  $[H^+]$  در دمای اتاق:  $pH = -\log[H^+]$



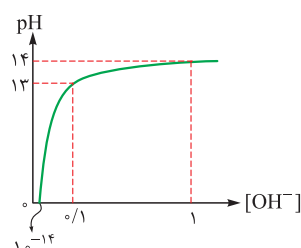
نمودار تغییرات غلظت  $H^+$  برحسب غلظت  $OH^-$  با توجه به رابطه  $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$ ، به صورت زیر است:



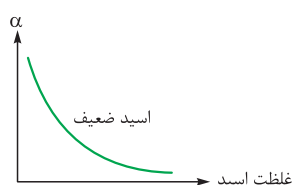
نمودار  $K$  برحسب غلظت اسید و باز: ( $K$ : ثابت یونش) تنها به دما وابسته است و به غلظت اسید یا باز وابسته نیست.



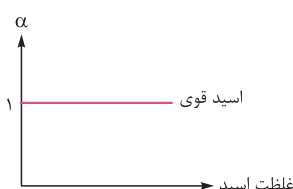
نمودار pH برحسب  $[OH^-]$  در دمای اتاق:



نمودار  $\alpha$  در مقابل غلظت اسید



$$K_a = M\alpha^2 \Rightarrow M \uparrow \Rightarrow \alpha \downarrow$$





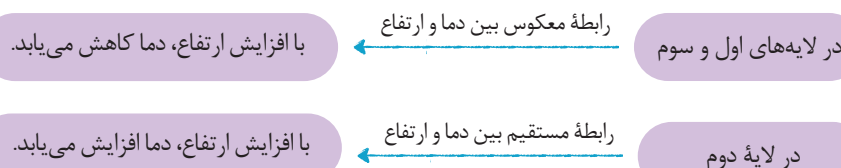
## فصل ۳: ردپای گازها در زندگی

### – هواکره –

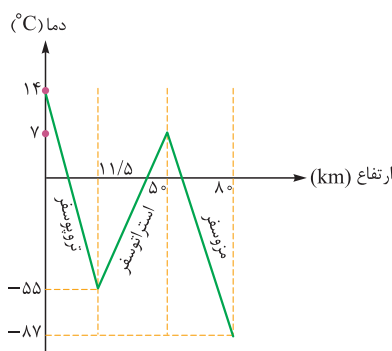
- ۱) به لایه گازی و فیروزه‌ای‌رنگ پیرامون زمین، اتمسفر زمین (هواکره) می‌گویند که اغلب هوا نامیده می‌شود.
  - ۲) زمین تنها سیاره در سامانه خورشیدی است که اتمسفری دارد که امکان زندگی روی آن را فراهم می‌کند. این اتمسفر مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصله ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است.
  - ۳) اتمسفر را می‌توان به اقیانوسی از مولکول‌های گازی تشبیه کرد که ما در کف آن زندگی می‌کنیم. جاذبه زمین گازهای تشکیل‌دهنده هواکره را در اطراف خود نگه می‌دارد و جلوی خروج آن‌ها از اتمسفر را می‌گیرد و از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آن‌ها در حال جنب‌وجوش باشند و در سرتاسر هواکره توزیع شوند.
  - ۴) اغلب (نه همه!) گازها نامرئی (بی‌رنگ) هستند. در میان گازهای هواکره، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب (نه همه!) آن‌ها برای ساکنان زمین سودمند هستند؛ اما برخی از این واکنش‌ها مفید نبوده و فرآورده‌هایی تولید می‌کنند که برای ساکنان این سیاره خاکی مضر هستند.
- نکات تغییر دما و اجزاء سازنده هواکره برحسب ارتفاع از سطح زمین
- ۱) هواکره را براساس روند تغییر دمای آن می‌توان به چند لایه تقسیم نمود. در جدول زیر، ویژگی‌های ۳ لایه اول آورده شده است:

لایه	محدوده ارتفاع (km)	محدوده دما (°C) (روند تغییر دما با افزایش ارتفاع)	گونه‌های شیمیایی موجود
تروپوسفر	۰ – ۱۱/۵	از ۱۴ تا -۵۵ (کاهشی)	$H_2O, N_2, O_2, CO_2, O_3$
استراتوسفر	۱۱/۵ – ۵۰	از -۵۵ تا +۷ (افزایشی)	$N_2, O_2, CO_2, O_3$
مژوسفر	۵۰ – ۸۰	از +۷ تا -۸۷ (کاهشی)	$N_2, O_2, CO_2, O_3$

۲) ارتباط دمای هواکره با ارتفاع آن:



نمودار کلی تغییرات دما (برحسب °C) برحسب ارتفاع در بین لایه‌های هواکره را می‌توان به صورت زیر نشان داد:



### – لایه اول (تروپوسفر) –

- ۱) پایین‌ترین لایه هواکره است که تا ارتفاع ۱۲ – ۱۰ کیلومتری از سطح زمین را شامل می‌شود.
- ۲) حدوداً ۷۵٪ از جرم (نه حجم!) کل هواکره در تروپوسفر متمرکز شده است و تغییرات آب‌وهوایی در این لایه اتفاق می‌افتد.
- ۳) در این لایه با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود ۶ °C افت می‌کند و در انتهای این لایه (ارتفاع ۱۱/۵ کیلومتری)، دما به حدود ۵۵ °C – (۲۱۸ K) می‌رسد؛ دمای سطح زمین به طور میانگین، ۱۴ °C (۲۸۷ K) می‌باشد.

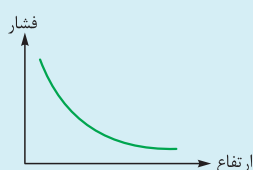
### نکات مهم

- بخار آب تنها در لایه اول (تروپوسفر) وجود دارد و به همین دلیل تغییرات آب‌وهوایی و بسیاری از پدیده‌های جوی که با رطوبت سروکار دارند، مانند ابر، باران، برف و ... در این لایه اتفاق می‌افتد.
- لایه‌های بالایی هواکره (ارتفاع ۸۰ km به بعد) علاوه بر  $N_2$  و  $O_2$ ، اتم اکسیژن ( $O$ ) و کاتیون‌هایی مانند  $He^+$ ،  $O_2^+$  و ... نیز موجود است؛ اما یون با بار منفی یا آنیون وجود ندارد! علت وجود این کاتیون‌ها و اتم‌های آزاد، برخورد پرتوهای پرنرژی کیهانی مانند نور فرابنفش خورشید به اتم‌ها و مولکول‌ها در این لایه است.
- هر چند لایه اوزون مربوط به لایه دوم (استراتوسفر) است، اما باید بدانید که گاز اوزون در لایه تروپوسفر نیز وجود دارد.

### فشار هوا در لایه‌های هواکره

برای هواکره به دلیل داشتن گازهای گوناگون، فشار در نظر می‌گیریم. این فشار در همه (نه اغلب!) جهت‌ها بر بدن ما و به میزان یکسان (نه متفاوت!) وارد می‌شود.

### نکات مهم



- هر چه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، هواکره رقیق‌تر می‌شود، یعنی تعداد کل ذرات در حجم مشخصی از هواکره (چگالی هوا) کاهش یافته و در نتیجه فشار هواکره کاهش می‌یابد.
- نمودار مقابل تغییرات فشار هواکره بر حسب افزایش ارتفاع از سطح زمین را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، با افزایش ارتفاع، تغییرات فشار کاهش می‌یابد.
- میزان کاهش فشار، در ارتفاع‌های پایین‌تر، بیشتر است؛ اما رفته‌رفته با افزایش ارتفاع، این کاهش فشار کم‌تر می‌شود؛ یعنی اندازه شیب منحنی کاهش یافته است.

### مسئله‌های مربوط به تغییرات دمایی هواکره با تغییر ارتفاع

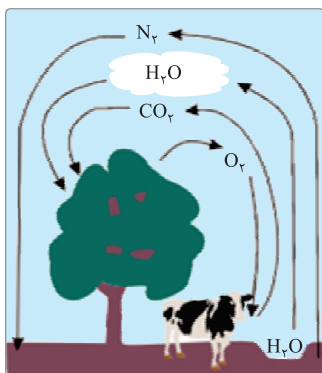
$$T(K) = 273 + \theta (^{\circ}C)$$

- رابطه مربوط به تبدیل واحد دما از درجه سلسیوس به کلین و بالعکس:
- ارزش دمایی « $^{\circ}C$ » برابر با « $K$ » است؛ از این‌رو در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند، ( $\Delta T = \Delta \theta$ ) خواهد بود؛ یعنی تغییر دما در مقیاس سلسیوس و کلین با هم برابر است.
- لایه تروپوسفر تا ارتفاع حدود ۱۱/۵ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد و با افزایش ارتفاع به ازای هر ۱ km، دما حدود  $6^{\circ}C$  کاهش می‌یابد.

$$\theta = -6h + \theta_0$$

$\uparrow$  ارتفاع  
 $\downarrow$  دمای سطح زمین  
 $\downarrow$  دما در ارتفاع h کیلومتری

### هوا معجونی ارزشمند



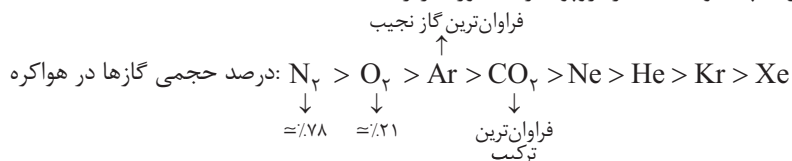
- هواکره و زیست‌کره مدام با یکدیگر در تعامل می‌باشند. در واقع برهم‌کنش این دو به نوعی تضمین‌کننده حیات موجودات زنده است؛ به بیان دیگر زندگی جانداران گوناگون در زیست‌کره با گازهای هوا، گره خورده است. موجودات زنده برای تنفس نیازمند اکسیژن هستند. جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند.

### نکته

$O_2$ ،  $N_2$  و  $CO_2$  از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزانه نقش حیاتی دارند.



۲ مقایسه درصد حجمی گازهای تشکیل دهنده هوای پاک و خشک در تروپوسفر به صورت زیر است:



● با توجه به این که سه گاز نیتروژن، اکسیژن و آرگون بیشترین درصد حجمی را در میان اجزای هواکره دارا می باشند، می توان گفت که هوا منبعی غنی برای این گازها می باشد.

● توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا حدود ۱٪ است، هرچند این مقدار از جایی به جایی دیگر، از روزی به روز دیگر و حتی از ساعتی به ساعتی دیگر تغییر می کند.

● مقدار گازهای نجیب موجود در هواکره بسیار کم است؛ از این رو به گازهای کمیاب معروف هستند.

۳ چند مورد از کاربردهای گاز نیتروژن که اصلی ترین جزء هواکره می باشد در زیر آورده شده است:

- (۱) بسته بندی برخی مواد خوراکی
- (۲) پرکردن تایر خودرو
- (۳) صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی
- (۴) نگهداری نمونه های بیولوژیکی در پزشکی

## – تقطیر جزء به جزء هوای مایع –

- ۱ عبور هوا از صافی ها به منظور گرفته شدن گرد و غبار
  - ۲ کاهش پیوسته دما با استفاده از تغییر فشار
  - ۳ جداسدن رطوبت هوا به صورت یخ در دمای  $0^{\circ}C$
  - ۴ جداسدن کربن دی اکسید به حالت جامد در دمای  $-78^{\circ}C$  (جگالش گاز  $CO_2$ )
  - ۵ تهیه هوای مایع با سردکردن بیشتر دما تا  $-200^{\circ}C$
  - ۶ عبور هوای مایع (مخلوط چند مایع بسیار سرد) از ستون تقطیر و جداسازی اجزای آن
- براساس تفاوت نقطه جوش اجزاء

## نکات مهم

۱ ترتیب جداسدن گازها از هوای مایع وابسته به دمای جوش آن ها است. پس از ورود هوای مایع به برج تقطیر و افزایش تدریجی دما، هر ماده ای که به نقطه جوش خود می رسد، به سرعت به گاز تبدیل شده و از مخلوط جدا می شود. بنابراین هر چه دمای جوش یک گاز پایین تر (منفی تر) باشد، زودتر از مخلوط هوای مایع جدا می شود.

۲ در مخلوط هوای مایع، ابتدا گاز نیتروژن ( $N_2$ ) که نقطه جوش پایین تری دارد، خارج می شود؛ بعد آرگون ( $Ar$ ) و سپس گاز اکسیژن ( $O_2$ )!

گاز	اکسیژن	آرگون	نیتروژن	هلیوم
نقطه جوش ( $^{\circ}C$ )	-183	-186	-196	-269

مقایسه نقطه جوش:  $N_2 < Ar < O_2$   
 $-196^{\circ}C < -186^{\circ}C < -183^{\circ}C$

ترتیب جداسدن گازها:  $N_2 \rightarrow Ar \rightarrow O_2$

- ۳
- A آسان تر به مایع تبدیل می شود.**  
 (در سردکردن مخلوط گازهای A و B، گاز A زودتر مایع می شود.)
- B آسان تر به گاز تبدیل می شود.**  
 (در گرم کردن مخلوطی مایع از A و B، جزء B زودتر به گاز تبدیل و از مخلوط جدا می شود.)





۴ توجه کنید که هوای مایع، با دمای  $200^{\circ}\text{C}$  فاقد هلیم می‌باشد. زیرا نقطه جوش هلیم پایین‌تر از  $200^{\circ}\text{C}$  ( $-269^{\circ}\text{C}$ ) است و اصلاً در دمای  $200^{\circ}\text{C}$  این گاز مایع نشده است و همچنان به صورت گاز است.

۵ در مواردی که نقطه جوش دو ماده نزدیک به یکدیگرند مانند اکسیژن و آرگون، با استفاده از برج تقطیر نمی‌توان آن‌ها را به صورت ۱۰۰٪ خالص از یکدیگر جدا کرد.

### - آرگون -

۱ در میان گازهای سازنده هواکره در هوای پاک و خشک، پس از دو گاز نیتروژن ( $\text{N}_2$ ) و اکسیژن ( $\text{O}_2$ )، رتبه سوم بیشترین درصد حجمی گازهای هواکره را از آن خود کرده است.

۲ آرگون یک گاز نجیب، بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است.

۳ واژه آرگون به معنای تنبل، است، زیرا واکنش‌پذیری آن بسیار ناچیز بوده و در عمل واکنش‌ناپذیر است.

۴ هنگام جوشکاری و یا برش فلزها، دما به شدت بالا می‌رود و امکان ترکیب شدن این فلزات با اکسیژن هوا زیاد است. یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری است؛ این روش بر استحکام و طول عمر فلز جوشکاری شده می‌افزاید.

۵ در لامپ‌های رشته‌ای نیز به کار می‌رود و در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزء به جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود.

### - هلیم -

۱ هلیم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب (در دوره اول و جزء عناصر دسته S جدول دوره‌ای)، بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است.

۲ هلیم در کره زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود، به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوسته زمین وجود دارد، از این رو منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند.

۳ هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود و این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود.

۴ حدود ۷٪ حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می‌دهد و البته این مقدار، در میدان‌های گازی مختلف متفاوت است.

۵ چند مورد از کاربردهای هلیم:

۱ پرکردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی

۲ خنک کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI (مهم‌ترین کاربرد)

۳ جوشکاری

۴ کپسول غواصی

### - اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر در هواکره -

۱ یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهنده هواکره است که بیشتر به صورت مولکول‌های دواتمی  $\text{O}_2$  یافت می‌شود.

۲ مقدار این گاز در لایه‌های مختلف هواکره متفاوت است؛ ولی دقت کنید که درصد حجمی این گاز در سه لایه اول هواکره تقریباً ثابت و حدود ۲۱٪ است.

۳ اکسیژن در آب‌کره، در ساختار مولکول‌های آب وجود دارد و در سنگ‌کره، به صورت ترکیب با دیگر عناصرها وجود دارد و در ساختار همه مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود.

۴ اکسیژن واکنش‌پذیری زیادی دارد و با اغلب عناصرها و مواد واکنش می‌دهد به همین دلیل اکثر واکنش‌های شیمیایی پیرامون ما به دلیل وجود گاز اکسیژن در محیط است.

۵ هر چه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، هواکره رقیق‌تر شده و تعداد کل ذرات موجود در هر لیتر هوا کاهش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع، فشار همه مولکول‌های گازی از جمله اکسیژن کاهش می‌یابد.

● اگرچه با افزایش ارتفاع، غلظت یا فشار اکسیژن (و گازهای دیگر) کاهش می‌یابد اما درصد حجمی آن‌ها تقریباً ثابت است.

● فشار گاز اکسیژن در هر ارتفاعی از سطح زمین را می‌توان از رابطه زیر حساب کرد:

$$\text{فشار هوا} \times \frac{\text{درصد حجمی گاز اکسیژن}}{100} = \text{فشار گاز اکسیژن}$$

$$\frac{\text{فشار گاز نیتروژن}}{\text{فشار گاز اکسیژن}} = \frac{\text{درصد حجمی گاز نیتروژن}}{\text{درصد حجمی گاز اکسیژن}}$$

● نسبت فشار دو گاز در هواکره برابر با نسبت درصد حجمی آن‌هاست:





## – ترکیب اکسیژن با فلزها و نافلزها –

● اکسیژن در سنگ کره به شکل اکسیدهای گوناگون یافت می‌شود.

**مثال** فلز آلومینیم به شکل بوکسیت ( $Al_2O_3$  به همراه ناخالصی) و سیلیسیم به شکل سیلیس ( $SiO_2$ ) در طبیعت وجود دارد.

**توجه** اغلب (نه همه!) عناصر در طبیعت به شکل ترکیب وجود دارند. (فلزاتی مانند طلا ( $Au$ ) و پلاتین ( $PE$ ) به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند و یا نافلزاتی مانند  $O_2$  و  $N_2$  نیز به صورت آزاد در طبیعت وجود دارند.)

● برخی از فلزات مانند آهن در واکنش با اکسیژن (نافلزها)، دو نوع اکسید تولید می‌کنند.

## – نام‌گذاری و فرمول‌نویسی کاتیون‌های چند ظرفیتی –

۱) برای فلزاتی که تنها یک نوع کاتیون دارند، نام یون مربوط به همان نام عنصر بوده و از فرمول «یون + نام عنصر» پیروی می‌کند.

**مثال** کاتیون‌های فلزات گروه‌های ۱ و ۲ جدول دوره‌ای و یون‌هایی مانند ( $Ag^+$ : یون نقره)، ( $Sc^{3+}$ : یون اسکندیم)، ( $Zn^{2+}$ : یون روی)، ( $Al^{3+}$ : یون آلومینیم)

۲) برای فلزاتی که بیش از یک نوع کاتیون با بار متفاوت دارند، بار کاتیون با اعداد رومی جلوی نام کاتیون، داخل پرانتز نشان داده می‌شود. ● در نام‌گذاری یون فلزاتی که فقط یک نوع کاتیون می‌دهند، نباید از اعداد رومی استفاده کرد!

نام‌گذاری: یون + نام فلز + ظرفیت فلز (با عدد رومی داخل پرانتز نشان داده می‌شود).

عدد	۱	۲	۳	۴	۵
نماد رومی	I	II	III	IV	V

**مثال**

یون آهن (II)	یون آهن (III)	یون کروم (II)	یون کروم (III)	یون مس (I)	یون مس (II)
$Fe^{2+}$	$Fe^{3+}$	$Cr^{2+}$	$Cr^{3+}$	$Cu^+$	$Cu^{2+}$

۳) برای نوشتن فرمول ترکیب یونی، ابتدا کاتیون مربوط به فلز را سمت چپ و سپس آنیون را سمت راست می‌نویسیم. بار کاتیون را به عنوان زیروند آنیون و بار آنیون (قدرمطلق آن را) به عنوان زیروند کاتیون قرار می‌دهیم.

دقت کنید که در صورت ساده‌شدن زیروندها، آن‌ها را با هم ساده می‌کنیم و زیروند ۱ هم نوشته نمی‌شود.

۴) برای نام‌گذاری ترکیب‌های یونی ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را بدون ذکر واژه «یون» می‌نویسیم.

۵) برای نام‌گذاری آنیون، از فرمول «یون + نام عنصر یا ریشه نام + ید» استفاده می‌کنیم.

**مثال**  $CrS \leftarrow$  کروم (II) سولفید،  $Li_2O \leftarrow$  لیتیم اکسید، مس (II) اکسید  $\leftarrow O^{2-}$ ،  $Cu^{2+} \leftarrow CuO$

## – نام‌گذاری و فرمول‌نویسی اکسیدهای نافلزی و به طور کلی ترکیب‌های مولکولی دوتایی –

۱) واکنش عناصر با اکسیژن، تنها به فلزات محدود نمی‌شوند، بلکه (اغلب!) نافلزات نیز با آن واکنش داده و به اکسید نافلزات تبدیل می‌شوند. در واقع اکسیدهای نافلزی دسته دیگری از ترکیبات شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند.

**مثال**  $CO_2$ ،  $NO_2$ ،  $SO_2$ ،  $SO_3$  و ...

۲) هر زیروند در فرمول شیمیایی، نمایانگر شمار اتم‌های آن عنصر در ترکیب است و به همین دلیل شیمی‌دان‌ها برای بیان شمار هر یک از اتم‌ها، پیشوندهای معرفی شده در جدول زیر را به کار می‌برند.

تعداد اتم	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
پیشوند یونانی	مونو	دی	تری	تترا	پنتا	هگزا	هپتا	اوکتا	نونا	دکا



● برای نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی دوتایی به صورت زیر عمل می‌شود:

پیشوند یونانی (در صورت لزوم) + نام نافلز سمت چپ + پیشوند یونانی + نام یا ریشه نام نافلز سمت راست + پسوند «ید»

### نکات مهم

- ۱ پیشوندها اعداد یونانی هستند که تعداد اتم عنصر مربوطه را در ترکیب نشان می‌دهد.
- ۲ اگر تعداد اتم نافلز سمت چپ در فرمول برابر یک باشد، پیشوند «مونو» برای آن نباید ذکر شود.
- ۳ اگر تعداد اتم نافلز سمت راست برابر یک باشد، ذکر پیشوند «مونو» برای آن ضروری است.
- ۴ برای ترکیبات هیدروژن‌دار دوتایی عنصرهای گروه ۱۷ جدول دوره‌ای (هیدروژن هالیدها)، برای عنصر دوم (هالوژن) هم از پیشوند «مونو» استفاده نمی‌کنیم.
- مثال** (دی‌کلر هپتاکسید:  $\text{Cl}_7\text{O}_2$ ) (کربن تتراکلرید:  $\text{CCl}_4$ ) (هیدروژن فلوئورید:  $\text{HF}$ )
- ۵ برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبات مولکولی دوتایی به کمک نام آن‌ها، هیچ‌وقت در مرحله آخر زیروندها را ساده نکنید. برای مثال اگر زیروندها را در ترکیب  $\text{N}_2\text{O}_4$  ساده کنیم،  $\text{NO}_2$  ایجاد می‌شود؛ اما این دو ماده، دو ترکیب با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت هستند.
- مثال** ( $\text{Cl}_2\text{O}$ : دی‌کلر مونوکسید) ( $\text{N}_2\text{O}_4$ : دی‌نیتروژن تترااکسید) ( $\text{NO}_2$ : نیتروژن دی‌اکسید)

### – ساختار لوویس –

● در ساختار لوویس یک مولکول، الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها طوری در اطراف اتم‌ها چیده می‌شوند که همه اتم‌های موجود در مولکول از قاعده هشت‌تایی پیروی کنند. (به جز هیدروژن!)

مراحل رسم ساختار لوویس گونه‌هایی که از قاعده هشت‌تایی پیروی می‌کنند:

۱ محاسبه تعداد کل الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌های سازنده

**تذکر** تعداد الکترون‌های ظرفیت عناصر S و P (به جز هلیوم) برابر با عدد یکان شماره گروه آن عنصر است.

۲ تعیین اتم مرکزی و چیدمان اتم‌های دیگر اطراف آن

● اغلب نخستین اتم از سمت چپ (به جز هیدروژن) در فرمول مولکولی ماده، اتم مرکزی است.

۳ متصل کردن اتم‌های اطراف به اتم مرکزی با یک پیوند و هشت‌تایی کردن اتم‌های اطراف با قراردادن ۳ جفت الکترون ناپیوندی روی همه اتم‌های مجاور به جز هیدروژن

۴ محاسبه باقی‌مانده الکترون‌های ظرفیتی و قراردادن آن‌ها در صورت وجود روی اتم مرکزی

● تعداد کل الکترون‌های به‌کاررفته (پیوندی و ناپیوندی) در مرحله (۳) را از شمار کل الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها در مرحله (۱) کم می‌کنیم و در صورت باقی‌ماندن الکترون، آن‌ها را به صورت جفت ناپیوندی روی اتم مرکزی قرار می‌دهیم.

۵ هشت‌تایی کردن اتم مرکزی به شرطی که تا این مرحله هشت‌تایی نشده باشد.

اگر پس از مرحله (۴)، اتم مرکزی هشت‌تایی نشده باشد، برای هشت‌تایی کردن آن می‌توانیم از یک (یا در صورت نیاز دو) اتم کناری یک (یا براساس نیاز دو) جفت ناپیوندی کم کرده و آن را به صورت یک پیوند جدید دوگانه (یا سه‌گانه) با اتم مرکزی درآوریم.

**مثال** مراحل رسم ساختار لوویس  $\text{CO}_2$ :  

$$16 = 4 + 2(6) = \text{محاسبه تعداد کل الکترون‌های ظرفیت}$$

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \\ \text{C} \quad \text{O} \end{array}$$

۲  $\Rightarrow$  چیدمان اتم‌ها  $\text{O} \quad \text{C} \quad \text{O}$   $\Rightarrow$  کربن اتم مرکزی است.

۳  $\Rightarrow$  هشت‌تایی کردن اتم‌های کناری  $\text{O}::\text{C}::\text{O}:$   $\Rightarrow$  ساختار  $\text{O}::\text{C}::\text{O}:$   $\Rightarrow$  تعداد e به‌کاررفته در ساختار

۴ جفت ناپیوندی برای اتم کربن وجود ندارد.  $\Rightarrow$  تعداد e به‌کاررفته در ساختار = تعداد کل e ظرفیت

۵  $\Rightarrow$  هشت‌تایی کردن اتم کربن (اتم مرکزی) با استفاده از اتم‌های کناری  $\text{O}::\text{C}::\text{O}:$   $\Rightarrow$  ساختار نهایی  $\text{O}=\text{C}=\text{O}:$

ساختار نهایی



## نکات مهم

- در رسم ساختار لوویس، هنگامی که اتم‌های یکسانی به اتم مرکزی متصل‌اند، نمایش پیوند دوگانه بر سه‌گانه مقدم است.
- اتم‌های هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهند و هشت‌تایی نمی‌شوند در واقع تنها با  $2e^-$  پایدار می‌شوند. اتم‌های H در مولکول‌ها، همیشه اتم کناری هستند.
- هرگاه اتم عنصرهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) اتم کناری باشند، تنها یک پیوند اشتراکی (یگانه) تشکیل می‌دهند.
- به جفت‌الکترونی که در تشکیل پیوند شرکت می‌کند، جفت‌الکترون پیوندی و به جفت‌الکترونی که در تشکیل پیوند شرکت نمی‌کند و فقط متعلق به یکی از اتم‌هاست، جفت‌الکترون ناپیوندی می‌گویند؛ می‌دانید که هر پیوند اشتراکی یگانه، معادل یک جفت (دو) الکترون پیوندی است. (به آوردن یا نیاوردن کلمه جفت در تست‌ها دقت کنید!)
- مراحل رسم ساختار لوویس یون‌های چنداتمی، دقیقاً مشابه با رسم ساختار مولکول‌هاست با این تفاوت که در مرحله (۱) و در هنگام محاسبه تعداد کل الکترون‌های ظرفیت در یون‌هایی با بار منفی، به اندازه بار منفی یون، به شمار الکترون‌های ظرفیت، اضافه و در یون‌هایی با بار مثبت، به تعداد بار مثبت از شمار الکترون‌های ظرفیت، کم می‌کنیم.
- نکته خیلی مهم در یون‌های چنداتمی آن‌که بار یون، متعلق به همه اتم‌های سازنده است؛ (نه یک اتم خاص!) بنابراین ساختار به دست آمده در مرحله آخر را درون یک کروشه ([ ]) قرار داده و بار یون را بالا و سمت راست کروشه یادداشت کنید.

**مثال** رسم ساختار لوویس یون  $NO_3^+$ :

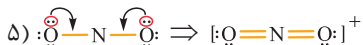
$$1) NO_3^+ \Rightarrow [(1 \times 5) + (3 \times 6)] - 1 = 16$$

$\downarrow$  N                       $\downarrow$  ۶ بار یون (+۱)



$$3) \cdot\ddot{O} - N - \ddot{O} \cdot \Rightarrow 16 \text{ e}^- \text{ های به‌کاررفته}$$

$$4) 16 - 16 = 0 \Rightarrow \text{اتم مرکزی جفت ناپیوندی ندارد.}$$



## نکات مهم

- با استفاده از فرمول زیر می‌توان بدون رسم ساختار لوویس مولکول‌ها، شمار کل پیوندهای اشتراکی در مولکول را محاسبه کرد:  
(یا همان مجموع تعداد الکترون‌های جفت‌نشده در آرایش الکترون - نقطه‌ای اتم‌ها)  

$$\text{شمار کل پیوندهای اشتراکی در یک مولکول} = \frac{\text{مجموع ظرفیت اتم‌ها}}{2}$$
- ظرفیت برای عناصر گروه ۱ و ۱۷، برابر ۱؛ برای عناصر گروه ۱۶، برابر ۲؛ برای عناصر گروه ۱۴، برابر ۴ و ... به همین ترتیب است!
- (مجموع شمار الکترون‌های به کار رفته در ساختار لوویس) - (مجموع شمار الکترون‌های لایه ظرفیت اتم‌ها) = بار یون چند اتمی

## - سوختن -

- یک واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد و علاوه بر تولید ترکیب (یا ترکیبات) اکسیژن‌دار، بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود.
- دقت کنید که بخشی از انرژی شیمیایی مواد با سوختن آزاد می‌شود، نه تمام آن!
- شیمی‌دان‌ها از واکنش‌پذیری بالای اکسیژن برای تهیه بسیاری از مواد بهره می‌گیرند؛ برای نمونه در صنعت برای تولید سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با اکسیژن (واکنش سوختن گوگرد) به  $SO_2$  تبدیل می‌کنند.
- رنگ شعله واکنش سوختن گوگرد، آبی می‌باشد.
- برخی عنصرهای فلزی و نافلزی دیگر نیز می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. اغلب فلزات (نه همه آن‌ها!) در شرایط مناسب با گاز اکسیژن می‌سوزند.
- رنگ شعله سوختن فلزهای مختلف می‌تواند با هم متفاوت باشد، فلز آهن، رنگ شعله نارنجی، فلز منیزیم، رنگ شعله سفید و فلز سدیم، رنگ شعله زردرنگ دارند.
- افزون بر برخی عناصر، دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند.



نور و گرما + کربن دی اکسید + گوگرد دی اکسید + بخار آب → اکسیژن + زغال سنگ

### نکته

نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن، علاوه بر ماهیت خود ماده سوختنی به مقدار اکسیژن در دسترس نیز بستگی دارد! به طوری که اگر اکسیژن کافی وجود داشته باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و در مورد سوختن هیدروکربن‌ها، گاز  $CO_2$  و بخار آب تولید می‌شود. در این حالت رنگ شعله آبی است که نشان از سوختن کامل می‌باشد. اما اگر اکسیژن کم باشد، در حین سوختن هیدروکربن‌ها، گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد. رنگ شعله در این حالت، تقریباً زردرنگ خواهد شد که نشان‌دهنده سوختن ناقص است.

### ویژگی‌ها و اثرات گاز کربن مونوکسید -

- ۱ گاز بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است.
- ۲ چگالی این گاز کم‌تر از هوا است و قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد می‌باشد؛ به طوری که به سرعت در همه فضای یک اتاق پخش می‌شود.
- ۳ میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز  $CO$  بسیار زیاد و بیش از  $200\%$  برابر اکسیژن است. به همین دلیل می‌تواند باعث مسمومیت و در نهایت موجب مرگ فرد شود.

۴  $CO$  از  $CO_2$  ناپایدارتر است؛ می‌تواند دوباره در اکسیژن بسوزد و نور و گرما به همراه  $CO_2$  تولید کند:



۵ در ساختار شیمیایی هر مولکول  $CO$ ، سه جفت الکترون پیوندی (یک پیوند سه‌گانه) و دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.



### رفتار اکسیدهای فلزی و نافلزی -

اکسیدهای فلزی و نافلزی به دلیل تنوع رفتار، کاربردهای فراوانی در زندگی دارند. مثال:

- برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک -  $CaO$ ) را برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این ماده به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند.

- هم‌چنین از کلسیم اکسید برای کنترل میزان اسیدی بودن آب دریاچه‌ها (به عنوان اکسید بازی) استفاده می‌شود.
- مرجان‌ها گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی (از جنس کلسیم اکسید) هستند و پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این جانداران با افزایش میزان کربن دی اکسید (یک اکسید نافلزی) محلول در آب از بین می‌روند؛ زیرا گاز  $CO_2$  در آب، باعث ایجاد خاصیت اسیدی در آن می‌شود.

### اکسیدهای اسیدی و بازی -

- ۱ به طور کلی اغلب اکسیدهای فلزی در صورت حل شدن در آب با تولید یک باز، باعث افزایش pH آب می‌شوند؛ به همین دلیل به آن‌ها اکسیدهای بازی می‌گوییم. ( $pH > 7$ )
- ۲ به طور کلی اغلب اکسیدهای نافلزی در صورت حل شدن در آب، با تولید یک اسید pH آب را کاهش می‌دهند؛ به همین دلیل به آن‌ها اکسیدهای اسیدی می‌گوییم. ( $pH < 7$ )
- ۳ pH، معیاری است برای سنجش میزان اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها. محدوده تغییرات pH محلول‌های آبی در دمای اتاق از  $0$  تا  $14$  است. آب خالص یک ماده خنثی است و pH آن  $7$  می‌باشد، مواد اسیدی،  $pH < 7$  و مواد بازی،  $pH > 7$  دارند.

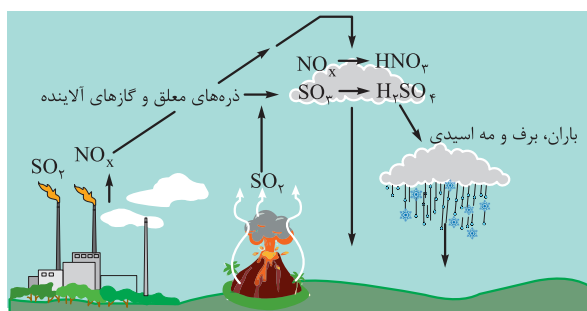
### نکات مهم

- ۱ آب گازدار یا آب کربناته، آبی است که در آن کربن دی اکسید، تحت فشار حل شده باشد آب گازدار خاصیت اسیدی دارد.
- ۲ لزوماً هر اکسید نافلزی، اکسید اسیدی نیست؛ به طور مثال گازهای  $CO$ ،  $NO$  و  $N_2O$  در آب به صورت مولکولی حل شده و با آب واکنش نمی‌دهند؛ پس اکسید اسیدی نیستند.
- ۳ یکی از ساده‌ترین روش‌های اندازه‌گیری pH محلول‌ها، استفاده از کاغذ pH است که تنها می‌توان pH تقریبی محلول را اندازه‌گیری و آن‌ها را با هم مقایسه کرد. رنگ این کاغذ در محیط‌های اسیدی، سرخ و در محیط‌های بازی، آبی است.



### – باران اسیدی و اثرات مخرب آن –

- ۱) باران طبیعی و معمولی: به دلیل وجود  $\text{CO}_2$  محلول در آن، اندکی اسیدی و دارای  $\text{pH} < 7$  است.
$$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$$
- ۲) منظور از باران اسیدی، بارانی است که  $\text{pH}$  آن کمتر از باران معمولی باشد.
- آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند (به طور عمده  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_x$ ) هنگام بارش باران در آب حل می‌شوند و به صورت محلولی که خاصیت اسیدی چشمگیری دارد، به زمین فرومی‌ریزد. در این حالت می‌گوییم باران، اسیدی شده است.
- ۳) در شیمی هواکره، اصطلاح رایجی با عنوان «آنچه که در هواکره بالا می‌رود، باید پایین بیاید» وجود دارد؛ این اصطلاح بیان می‌کند که آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شود و بالا می‌رود؛ هنگام بارش در آب حل می‌شوند و پس از واکنش با آب به صورت باران اسیدی به زمین فرو می‌ریزد.



عامل کاهش  $\text{pH}$ :  $\text{CO}_2$  محلول در آب باران

$\text{pH} < 7$

باران معمولی

عامل کاهش  $\text{pH}$  نسبت به باران طبیعی: حل شدن آلاینده‌های هوا مانند  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_x$  در آب باران و تولید نیتریک اسید و سولفوریک اسید

$\text{pH} < 7$  ولی کمتر از باران معمولی

باران اسیدی

### نکات مهم

- ۱) در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی علاوه بر گاز کربن دی‌اکسید، گازهای دیگری مانند  $\text{NO}$ ،  $\text{NO}_2$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{CO}$  و برخی هیدروکربن‌ها هم وارد هواکره می‌شود.
- ۲) از سوختن سوخت‌های فسیلی در کارخانجات و در گازهای خروجی از آتشفشان‌ها، گاز  $\text{SO}_2$  وجود دارد. از کارخانجات، اکسیدهای نیتروژن مختلفی هم با فرمول کلی  $\text{NO}_x$  آزاد می‌شود در هواکره،  $\text{SO}_2$  به  $\text{SO}_3$  تبدیل می‌شود. گازهای  $\text{SO}_3$  و  $\text{NO}_x$  در طی واکنش‌های مختلفی در هواکره، سولفوریک اسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) و نیتریک اسید ( $\text{HNO}_3$ ) را می‌سازند که با خاصیت اسیدی زیاد خود، سبب تشکیل باران، مه و برف اسیدی می‌شود.

**توجه** اگرچه گاز  $\text{NO}$  موجود در هواکره، اکسید اسیدی نیست ولی به علت واکنش‌پذیری زیاد، با اکسیژن هوا ترکیب شده و  $\text{NO}_2$  تولید می‌کند.  $\text{NO}_2$  اکسید اسیدی است که با آب و اکسیژن واکنش داده و به  $\text{HNO}_3$  که اسید قوی است تبدیل می‌شود.

### – واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم –

- ۱) هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آن‌ها را با یک معادله نشان می‌دهند.
- تغییر شیمیایی می‌تواند با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، رسوب و گاهی ایجاد نور یا صدا همراه باشد.
- ۲) سوختن کربن را به صورت زیر نمایش می‌دهند:
$$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$$





# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## شیمی

معادله نخست، نوشتاری و معادله دوم، نمادی نامیده می‌شوند؛ در معادله نوشتاری، نام واکنش‌دهنده‌ها در سمت چپ و نام فراورده‌ها در سمت راست فلش نوشته می‌شود.

❏ شیوه‌های نمایش واکنش‌های شیمیایی، به دو صورت معادله نوشتاری و نمادی است که در جدول زیر آن‌ها را مقایسه کرده‌ایم:

نوع معادله / اطلاعات دریافتی	نمادی	نوشتاری
نام مواد	x	✓
فرمول شیمیایی مواد	✓	x
حالت فیزیکی مواد	✓	x
شرایط لازم برای انجام واکنش	✓	x
نسبت مولی مواد شرکت‌کننده در واکنش	✓	x
چگونگی و ترتیب اختلاط واکنش‌دهنده	x	x
شرح عملی واکنش و نکته‌های ایمنی	x	x

❏ نمادهای به کار رفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی

نماد	(s)	(l)	(g)	(aq)
معنا	جامد	مایع	گاز	محلول آبی

❏ معنای برخی عبارت‌ها یا نمادهای مورد استفاده در معادله‌های شیمیایی در جدول زیر آمده است:

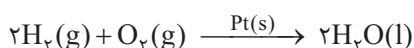
نماد	معنا
→	تولید می‌کند یا می‌دهد.
$\xrightarrow{\Delta}$	واکنش‌دهنده‌ها در اثر گرم شدن واکنش می‌دهند.
$\xrightarrow{20\text{ atm}}$	واکنش در فشار 20 atm انجام می‌شود.
$\xrightarrow{1200^\circ\text{C}}$	واکنش در دمای 1200 درجه سلسیوس انجام می‌شود.
$\xrightarrow{\text{Pd}}$	برای انجام شدن واکنش، از پالادیم (Pd) به عنوان یک کاتالیزگر استفاده می‌شود.

### نکات مهم

- ❏ علامت  $\xrightarrow{\Delta}$  تنها به این معناست که واکنش‌دهنده‌ها در اثر گرم شدن واکنش می‌دهند؛ حالا این واکنش می‌تواند گرماگیر یا گرماده باشد!
- ❏ علامت‌های « $\xrightarrow{1200^\circ\text{C}}$ » و « $\xrightarrow{20\text{ atm}}$ » به این معناست که واکنش به ترتیب در دمای 1200 درجه سلسیوس و فشار 20 atm انجام می‌شود و نمی‌توان گفت پس از انجام واکنش، دما و فشار به ترتیب به 1200 درجه سلسیوس و 20 atm می‌رسد.

❏ کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد بدون آن‌که در واکنش مصرف شود.

❏ **مثال** واکنش سوختن کامل گاز هیدروژن و تشکیل آب، در حضور کاتالیزگر پلاتین (Pt(s)) انجام می‌شود:

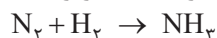




### – قانون پایستگی جرم –

- ۱) مطابق این قانون مجموع جرم مواد واکنش دهنده با مجموع جرم فراورده‌ها برابر است یا به عبارت دیگر، جرم کل مواد در مخلوط واکنش ثابت است.
- ۲) یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همه آن‌ها از این قانون پیروی می‌کنند؛ زیرا در واکنش‌های شیمیایی نه اتمی به وجود می‌آید و نه اتمی از بین می‌رود، بلکه پس از انجام واکنش همه اتم‌ها به شیوه‌های دیگر به هم متصل می‌شوند.
- ۳) مطابق قانون پایستگی جرم، شمار اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله یک واکنش یکسان است.
- ۴) مجموع شمار اتم‌های موجود در واکنش دهنده‌ها با مجموع شمار اتم‌های موجود در فراورده‌ها برابر است؛ یعنی شمار کل اتم‌ها در یک واکنش شیمیایی ثابت است.

● دقت کنید که برابری تعداد اتم‌ها در دو طرف معادله کفایت نمی‌کند؛ و حتماً باید تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله برابر باشد!



**مثال**

هر چند تعداد کل اتم‌ها در دو طرف معادله یکسان است؛ اما معادله موازنه‌شده نیست!

اشتباه نکنید:

- ۱) در واکنش‌های شیمیایی، مولکول‌ها و ترکیب‌های اولیه از بین می‌روند و مولکول‌ها و ترکیبات جدید به وجود می‌آیند.
- ۲) در ضمن لزوماً تعداد مولکول‌ها و مول‌های مواد در دو طرف معادله برابر نیستند.
- ۳) مطابق قانون پایستگی جرم، شمار کل اتم‌ها در یک واکنش شیمیایی ثابت است؛ بنابراین برای موازنه کردن یک معادله شیمیایی، باید به هر یک از واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی نسبت داد تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله برابر شود.

### – موازنه کردن معادله واکنش‌های شیمیایی –

یعنی برابر کردن تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله واکنش

#### نکات مهم

- ۱) در معادله‌های شیمیایی موازنه‌شده، ضریب ۱ نوشته نمی‌شود.
- ۲) برای موازنه کردن هر معادله نمادی، باید برای هر یک از واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی قرار داد تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.
- ۳) هنگام موازنه کردن، نباید زیروندها را در فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها تغییر داد.
- ۴) ضریب‌ها در معادلات موازنه‌شده باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.
- ۵) سعی کنید تا حد امکان اتم‌های اکسیژن و هیدروژن را در مراحل آخر موازنه نمایید؛ زیرا این عناصر معمولاً در ساختار تعداد بیشتری از گونه‌ها قرار دارند.
- ۶) معادله شیمیایی موازنه‌شده به ۲ صورت خوانده می‌شود؛ برای نمونه معادله موازنه‌شده سوختن گاز هیدروژن در حضور اکسیژن:  

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$
 (۱) دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مول بخار آب تولید می‌شود.  
 (۲) دو مولکول هیدروژن با یک مولکول اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مولکول آب تولید می‌شود.

#### موازنه به روش واری

- یکی از ساده‌ترین روش‌های موازنه، روش واری است.
- گام اول:** نوشتن معادله موازنه‌نشده واکنش و گذاشتن خط تیره پشت هر ماده!
- گام دوم:** شناسایی عنصر شروع کننده موازنه: عنصر مورد نظر باید شرایط زیر را داشته باشد:
- ۱) در هر سمت معادله، تنها در ساختار یک ماده وجود داشته باشد.
  - ۲) اگر دو یا چند عنصر شرط اول را داشته باشند، از بین آن‌ها عنصری شروع کننده موازنه است که در هر دو سمت معادله به صورت ترکیب با سایر عناصر باشد یا به بیان دیگر به صورت یک ماده تک‌عنصری (مثل S, Fe, Cl<sub>۲</sub> و...) نباشد.
  - ۳) اگر دو یا چند عنصر، شرایط اول و دوم را داشتند، موازنه را از عنصری شروع می‌کنیم که در ترکیب پیچیده تری باشد؛ یعنی ترکیب دارای آن عنصر، تعداد و نوع اتم‌های بیشتری داشته باشد.

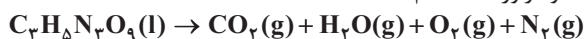




۴) اگر دو یا چند عنصر، سه شرط قبلی را داشته باشند، موازنه را با عنصری آغاز می‌کنیم که در پیچیده‌ترین ترکیب، زیروند بزرگ‌تری داشته باشد. **گام سوم:** موازنه کردن عنصر شروع‌کننده موازنه در دو سمت معادله: پس از مشخص شدن عنصر شروع‌کننده موازنه، به ترکیبی که عنصر شروع‌کننده در آن زیروند بزرگ‌تری دارد، ضریب (۱) می‌دهیم. با مشخص شدن تعداد اتم‌های این عنصر در یک سمت معادله، به ترکیب دارای این عنصر در سمت دیگر معادله، ضریبی می‌دهیم تا تعداد این عنصر در دو سمت واکنش برابر شود. **گام چهارم:** موازنه کردن بقیه عناصرها: پس از موازنه عنصر شروع‌کننده، موازنه را براساس عنصرهایی که تعداد اتم‌های آن‌ها در یک سمت معادله مشخص شده و در سمت دیگر، تنها یک ضریب مربوط به آن‌ها نامعلوم است، ادامه می‌دهیم. **توجه:** در هنگام موازنه کردن واکنش‌ها باید دو اصل زیر را رعایت کنیم:

- ۱) هنگام موازنه کردن نباید زیروندهای موجود در فرمول شیمیایی واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها را تغییر داد. مثلاً نمی‌شود  $\text{CH}_4$  رو کرد  $\text{CH}_3$ !
- ۲) بر طبق قرارداد، ضرایب نهایی موجود در یک معادله موازنه‌شده بایستی کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشند؛ یعنی ضریب کسری ممنوع! توجه کنید که اگر واکنش‌ها را به روشی که گفتیم، موازنه می‌کنید، در هر مرحله از موازنه که به ضریب کسری برخوردید، خیلی تند و سریع! همه ضرایب معلوم شده را در عدد مخرج کسر مورد نظر ضرب کنید تا ضریب کسری نیست و نابود شود!

**مثال** در واکنش زیر، پس از موازنه، تفاوت مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها و فرآورده‌ها کدام است؟



۲۶ (۴)

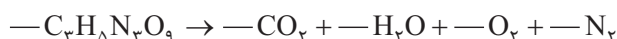
۲۵ (۳)

۲۴ (۲)

۲۳ (۱)

پاسخ: گزینه «۳»

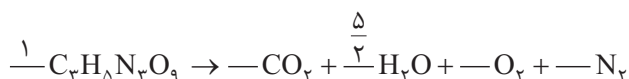
**گام اول:** نوشتن معادله موازنه‌نشده واکنش و گذاشتن خط تیره پشت هر ماده:



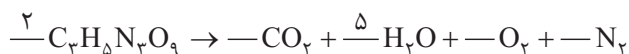
**گام دوم:** شناسایی عنصر موازنه‌کننده: موازنه را با O نمی‌توان شروع کرد؛ زیرا در سمت راست معادله، در ساختار سه ماده وجود دارد (عدم رعایت شرط اول). موازنه را با N نیز نمی‌توان شروع کرد؛ زیرا در ساختار یک ماده تک‌عنصری ( $\text{N}_2$ ) وجود دارد (عدم رعایت شرط دوم). پس می‌ریم سراغ شروط سوم و چهارم! پیچیده‌ترین ترکیب موجود در این واکنش  $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9$  است. موازنه این واکنش را با عنصر H شروع می‌کنیم؛ زیرا زیروند بزرگ‌تری دارد.

**گام سوم:** موازنه کردن عنصر شروع‌کننده موازنه در دو سمت معادله:

به ترکیب پیچیده  $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_9$  ضریب (۱) و به  $\text{H}_2\text{O}$  ضریب  $\frac{5}{2}$  می‌دهیم تا در هر طرف معادله، ۵ اتم H داشته باشیم.

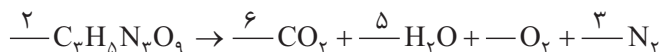


ضرایب معلوم‌شده را در عدد مخرج کسر  $\frac{5}{2}$  (یعنی ۲) ضرب می‌کنیم تا ضریب کسری از بین برود.

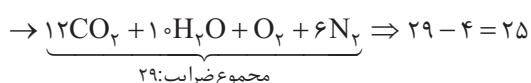
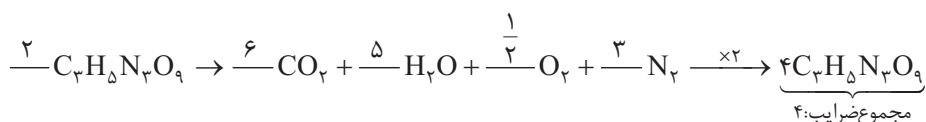


**گام چهارم:** موازنه کردن بقیه عناصرها:

در سمت چپ ۶ اتم C داریم؛ پس ضریب  $\text{CO}_2$  را برابر ۶ قرار می‌دهیم تا تعداد اتم C در دو طرف برابر شود. به همین ترتیب به  $\text{N}_2$  باید ضریب ۳ بدهیم تا از هر دو طرف موازنه N هم خلاص شیم!



فقط می‌مونه موازنه O! در سمت چپ ۱۸ اتم O داریم. در سمت راست تا الان ۱۷ اتم O داریم؛ پس ضریب  $\text{O}_2$  را برابر  $\frac{1}{2}$  قرار می‌دهیم تا تعداد اتم O در هر دو طرف یکسان شود و در آخر، همه ضرایب را در ۲ ضرب می‌کنیم.





### – رد پای کربن دی اکسید –

- ۱) سبک زندگی انسان و نوع وسایلی که در زندگی استفاده می کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می دهد، روی کره زمین و هواکره تأثیر دارد.
- ۲) رد پا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده اند. رد پای کربن دی اکسید نشان می دهد در تولید یک محصول یا در اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید و وارد هواکره می شود.
- ۳) برای این که مقدار  $\text{CO}_2$  هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی آن به وسیله گیاهان یا دیگر پدیده های طبیعی مصرف شود؛ حال هر چه مقدار کربن دی اکسید وارد شده به طبیعت زیادتر باشد، رد پای ایجاد شده سنگین تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود، زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیله پدیده های طبیعی طولانی تر است.
- ۴) یک درخت تنومند سالانه در حدود  $50$  کیلوگرم  $\text{CO}_2$  مصرف می کند، هر چه درخت تنومندتر باشد،  $\text{CO}_2$  بیشتری مصرف می کند و تأثیر بیشتری در کاهش رد پای کربن دی اکسید دارد.
- ۵) در اثر سوزاندن سوخت های فسیلی انواع آلاینده ها وارد هواکره می شود؛ یعنی علاوه بر گاز کربن دی اکسید، گازهایی مانند:  $\text{CO}$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_2$  و هیدروکربن ها ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) هم وارد هواکره می شوند که ناشی از سوختن ناخالصی های موجود در این سوخت ها است.
- ۶) مقایسه رد پای  $\text{CO}_2$  ایجاد شده از منابع گوناگون تولید انرژی الکتریکی:  
باد > گرمای زمین > انرژی خورشید > گاز طبیعی > نفت خام > زغال سنگ: مقایسه رد پای  $\text{CO}_2$

- ۷) طبیعت با کمک گیاهان،  $\text{CO}_2$  را مصرف می کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای کاهش رد پای کربن دی اکسید، کاشت و مراقبت از درختان و ایجاد کمربندهای سبز در شهرها، شهرک های صنعتی و روستاها است.

### – گرم شدن زمین و اثرات آن –

- ۱) دانشمندان با استفاده از (۱) بالون های هواشناسی، (۲) ماهواره ها، (۳) کشتی های اقیانوس پیما و (۴) گویچه های شناور در دریاچه ها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کره زمین را اندازه می گیرند. شواهد نشان می دهد که در طول سده اخیر، میانگین دمای کره زمین افزایش یافته است و این افزایش دما سبب شده است که شرایط آب و هوایی در نقاط مختلف زمین تغییر کند.
- ۲) سالانه میلیاردها تن  $\text{CO}_2$  به هواکره وارد می شود، به طوری که مقدار این گاز در سده اخیر در هواکره به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است که دارای آثار زیر است:  
 آثار افزایش میزان  $\text{CO}_2$  موجود در هوا:
  - افزایش دمای کره زمین و افزایش سطح آب دریا
  - کاهش مساحت برف در نیمکره شمالی
- ۳) به دلیل گرم شدن زمین و کوتاه شدن فصل زمستان، شواهد بیانگر این است که فصل بهار در نیمکره شمالی زمین، نسبت به  $50$  سال گذشته در حدود ۱ هفته زودتر آغاز می شود.

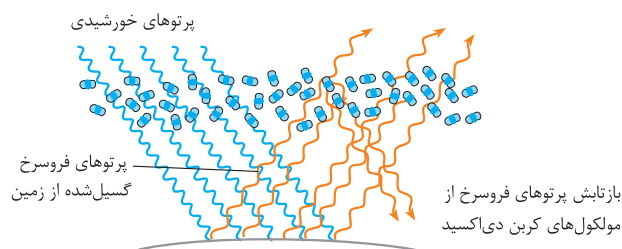
### – اثر گلخانه ای –

- ۱) گلخانه ها زمین های کشاورزی ویژه ای هستند که دور تا دور آن ها را تا ارتفاع معینی با لایه ای از پلاستیک های شفاف می پوشانند و در آن ها گیاهان و میوه های گوناگونی پرورش می دهند.
- ۲) دمای درون گلخانه در ساعت شبانه روز به طور نامنظم در حال تغییر است ولی تغییرات دمایی بسیار ناچیز بوده و آسیبی به گیاهان نمی رساند.
- ۳) به پدیده به دام افتادن و برگرداندن پرتوهای فروسرخ به وسیله مولکول های  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و برخی گازهای دیگر موجود در هواکره که باعث گرم شدن زمین می شود، اثر گلخانه ای و به این گازها، گازهای گلخانه ای می گویند.
- ۴) نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول ها و دیگر ذره های موجود در آن برخورد می کند و تنها بخشی از (نه همه!) آن به سطح زمین می رسد. از این رو زمین گرم شده، مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیسی (بیشتر از نوع فروسرخ) گسیل می دارد؛ انرژی پرتوهای

فروسرخ، کم تر و طول موج آن ها بلندتر است. بخش قابل توجهی از پرتوهای فروسرخ منتشر شده از زمین وارد فضا می شوند و بخش کوچک تری از آن هم توسط گازهای گلخانه ای، به زمین بازگردانده می شوند و به این ترتیب زمین را گرم می کنند.

۵ اگر پدیده گلخانه ای وجود نداشت، میانگین دمای کره زمین به  $-18$  درجه سلسیوس یا  $255$  کلوین می رسید. امروزه افزایش بیش از حد گازهای گلخانه ای ( $CO_2$ ) در هوا، باعث افزایش میانگین دمای زمین بیش از حد معمول شده است.

۶ پلاستیک یا شیشه گلخانه ها دقیقاً مانند گازهای گلخانه ای عمل می کنند. پرتوهای پراثری خورشید از شیشه یا پلاستیک گلخانه عبور می کند و توسط خاک و گیاهان جذب و باعث گرم شدن آن ها می شوند. از خاک و گیاهان، پرتوهای فروسرخ منتشر می شود که به علت بلندبودن طول موج از پلاستیک یا شیشه عبور نمی کند و درون فضای گلخانه به دام افتاده و آن را گرم می کنند.



### – شیمی سبز –

۱ شاخه ای از شیمی است که در آن شیمی دان ها در جست و جوی فرایندها و فرآورده هایی هستند که به کمک آن ها بتوان (۱) کیفیت زندگی را با بهره گیری از منابع طبیعی افزایش داد و (۲) هم زمان از طبیعت محافظت کرد.

۲ در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که رد پاهای سنگینی روی کره زمین بر جا می گذارند کاهش داد یا متوقف کرد.

### – برخی از دستاوردهای شیمی سبز –

۱ تولید سوخت سبز: سوختی است که در ساختار آن افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز وجود دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه های روغنی به دست می آید.

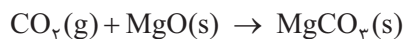
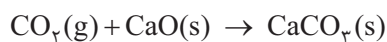
این مواد زیست تخریب پذیرند، از این رو در مدت زمان نسبتاً کوتاهی به وسیله جانداران ذره بینی به مواد ساده تر تجزیه می شوند و به طبیعت بازمی گردند.

اتانول ( $C_2H_5OH$ ) و روغن های گیاهی نمونه هایی از این نوع سوخت ها هستند.

• در اثر سوختن اتانول، آلاینده های کمتری نسبت به سوخت های فسیلی تولید می شود، هم چنین در مقایسه با هیدروکربن ها هم به ازای جرم یکسان،  $CO_2$  کمتری را تولید می کند.

۲ تبدیل  $CO_2$  به مواد معدنی

کافی است  $CO_2$  تولید شده در نیروگاه ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید و کلسیم اکسید (اکسیدهای بازی) واکنش دهند و آن ها را به کربنات های جامد این فلزات تبدیل کنند.



۳ تولید پلاستیک‌های سبز (زیست تخریب پذیر)

این پلیمرها بر پایهٔ مواد گیاهی مانند نشاسته ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آن‌ها علاوه بر کربن و هیدروژن، اکسیژن هم وجود دارد. این نوع پلاستیک‌ها زیست تخریب پذیرند؛ بنابراین در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت بازمی‌گردند.

۴ دفن کردن  $\text{CO}_2$  در (۱) سنگ‌های متخلخل در زیرزمین، (۲) میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند.

۵ تولید خودرو و سوخت با کیفیت بسیار خوب

## – هیدروژن و توسعه پایدار –

۱ هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به صورت ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و نور و گرما تولید کند.

۲ جدول بسیار مهم:

نام سوخت	گرمای آزادشده (کیلوژول بر گرم)	فراورده‌های سوختن	قیمت (ریال به ازای یک گرم)
بنزین	۴۸	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	۱۴
زغال‌سنگ	۳۰	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{SO}_2$	۴
هیدروژن	۱۴۳	$\text{H}_2\text{O}$	۲۸۰۰
گاز طبیعی	۵۴	$\text{CO}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$	۵

## نکات مهم

۱ با توجه به این جدول، استفاده از گاز هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های کم‌تری ایجاد می‌کند؛ در واقع بر اثر سوختن هیدروژن، فقط بخار آب تولید می‌شود.

۲ مقایسهٔ گرمای آزادشده به ازای سوختن ۱ g

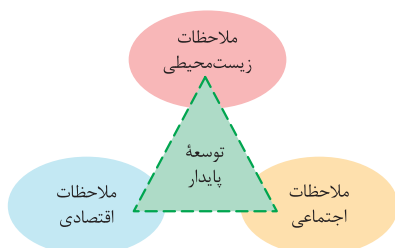
۳ مقایسهٔ قیمت به ازای ۱ g

۴  $\text{CO}$  (در اثر سوختن ناقص)،  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$ ، فراورده‌های مشترک در اثر سوختن هر سه سوخت فسیلی گاز طبیعی، زغال‌سنگ و بنزین هستند.

۵ زغال‌سنگ دارای بیشترین تنوع آلاینده‌هاست و علاوه بر موارد مشترک بالا،  $\text{SO}_2$  (و البته  $\text{NO}_x$ ) هم تولید می‌کند که می‌تواند سبب ایجاد باران اسیدی شود.

تولید، حمل‌ونقل و نگهداری هیدروژن بسیار پرهزینه است؛ اما در برخی کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری هنگفتی می‌شود!

۳ توسعه پایدار یعنی این‌که در تولید هر فراورده، همهٔ هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود.



## – اوزون، دگرشکلی از اکسیژن در هواکره –

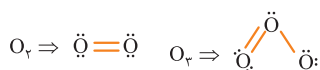
۱ آلوتروپ (دگرشکل): به شکل‌های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می‌شود:

اکسیژن دارای دو آلوتروپ است؛ یعنی عنصر اکسیژن به دو شکل گاز اکسیژن ( $\text{O}_2$ ) و گاز اوزون ( $\text{O}_3$ ) در هواکره یافت می‌شود.

### نکته

آلوتروپ یعنی شکل‌های گوناگون یک عنصر که تنها از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند، بنابراین در مورد ترکیب‌ها استفاده از واژه آلوتروپ نادرست است.

۲) آرایش الکترون - نقطه‌ای (ساختار لوویس) گازهای اکسیژن و اوزون به صورت زیر است:



۳) اصطلاح لایه اوزون به منطقه مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. مقدار اوزون در هواکره ناچیز است.

### - مقایسه گازهای اوزون ( $O_3$ ) و اکسیژن ( $O_2$ ) -

۱) اکسیژن در حالت مایع، آبی‌رنگ و اوزون مایع، لاجوردی (آبی پررنگ‌تر) است.

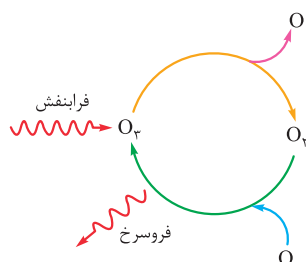
۲) جرم مولی اوزون بیشتر از اکسیژن است و دمای جوش آن هم بالاتر از اکسیژن است، پس با سردکردن این دو گاز، اوزون راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

نام دگرشکل	فرمول شیمیایی	جرم مولی ( $g \cdot mol^{-1}$ )	نقطه جوش ( $^{\circ}C$ )
اکسیژن	$O_2$	۳۲	-۱۸۳
اوزون	$O_3$	۴۸	-۱۱۲

۳) گاز اوزون از گاز اکسیژن واکنش‌پذیرتر بوده و در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها و سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.

۴) تفاوت در ساختار لوویس اوزون و اکسیژن است که باعث ایجاد تفاوت‌های چشمگیر در خواص آن‌ها شده است، در واقع با این که اوزون و اکسیژن از اتم‌های یکسان تشکیل شده‌اند، اما تفاوت ساختاری آن‌ها باعث تفاوت در خواص شده است؛ پس ساختار هر ماده، تعیین‌کننده خواص و رفتار آن است.

### - عملکرد لایه اوزون -

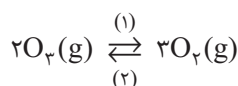


۱) هنگامی که تابش پرنرژی فراپنفش به مولکول‌های  $O_3$  در لایه اوزون برخورد می‌کند،  $O_3$  می‌شکند و به یک اتم اکسیژن ( $O$ ) و یک مولکول اکسیژن ( $O_2$ ) تبدیل می‌شود. ذره‌های تولیدشده دوباره با هم واکنش می‌دهند و مولکول اوزون را به وجود می‌آورند و مقداری انرژی به صورت تابش فروسرخ آزاد می‌شود.

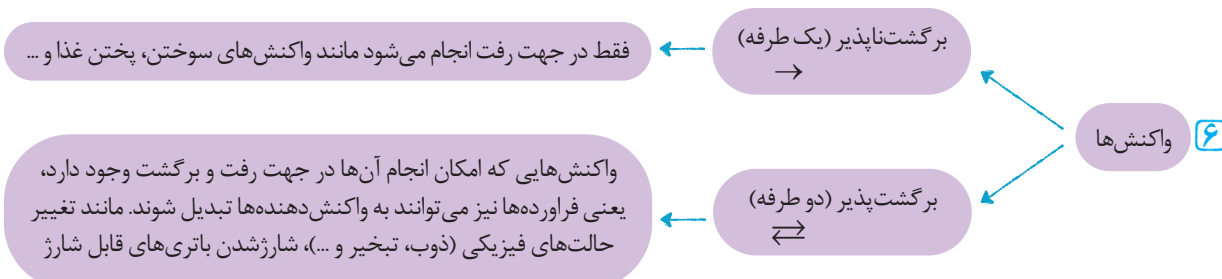
۲) تابش فروسرخ انرژی کمتر نسبت به تابش فراپنفش دارد و برای موجودات زنده تهدیدی به حساب نمی‌آید.

۳) با تکرار پیوسته دو واکنش فوق، لایه اوزون بخش قابل توجهی از (نه همه!) تابش فراپنفش را جذب و تابش‌های کم‌انرژی‌تر فروسرخ را به زمین گسیل می‌دارد.

۴) مجموعه واکنش‌های لایه اوزون را می‌توان با معادله زیر نمایش داد:



۵) شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت می‌گویند.



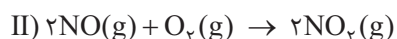
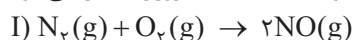




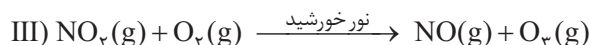
## - اوزون تروپوسفری -

۱ در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم، به طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم سبب ۱) سوزش چشمان و ۲) آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود.

۲ گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازنده هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد و به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد اما تنها هنگام رعد و برق، دمای هوا در آن ناحیه به اندازه‌ای بالا می‌رود که گاز نیتروژن با اکسیژن هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شود.



۳ از سوی دیگر در هوای آلوده شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. این گازها در واقع از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. از آن‌جا که گاز نیتروژن دی‌اکسید ( $\text{NO}_2$ ) به رنگ قهوه‌ای است، هوای آلوده شامل این گاز به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود. در این شرایط و در حضور نور خورشید، با انجام واکنش زیر در تروپوسفر، مقداری گاز اوزون تولید می‌شود که همان اوزون تروپوسفری است.



## - خواص و رفتار گازها -

- ۱ مولکول‌های یک ماده گازی به راحتی در فضای اطراف منتشر می‌شوند.
- ۲ گازها شکل و حجم معینی ندارند. (مایعات شکل معینی ندارند ولی حجم معینی دارند).
- ۳ گازها برخلاف جامدات و مایعات تراکم‌پذیرند یعنی با فشرده کردن آن‌ها می‌توانند در حجم کوچک‌تری جای گیرند.

## نکته

گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود اما اگر فشار کاهش یابد، فاصله بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.



## - عوامل مؤثر بر حجم گازها -

۱ برای توصیف یک نمونه گاز، علاوه بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال ۱ مول گاز هیدروژن در دما و فشار اتاق، مثالی از یک نمونه گاز است.

۱) مقدار گاز      ۲) دمای گاز      ۳) فشار گاز

## - قوانین گازها -

## ۱. رابطه میان حجم گاز با فشار در دمای ثابت

در دمای ثابت برای مقدار معینی گاز، بین حجم و فشار یک نمونه گاز رابطه عکس وجود دارد، به طوری که حاصل ضرب حجم در فشار گاز برابر با عدد ثابتی خواهد بود.

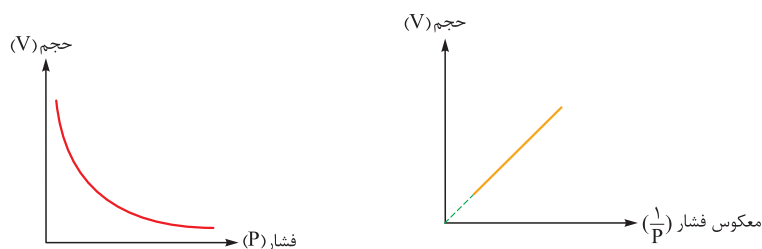
$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$P \times V = \text{عدد ثابت} \Rightarrow P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

در فرمول بالا، یکاهای  $P_1$  و  $P_2$  و یکاهای  $V_1$  و  $V_2$  باید یکسان باشند.



## – نمودارهای مربوط به رابطه بین حجم گاز با فشار آن –



## ۲. رابطه میان حجم گاز با دما در فشار ثابت

در فشار ثابت بین حجم و دمای یک نمونه گاز رابطه مستقیم وجود دارد؛ به طوری که نسبت حجم به دمای گاز برابر با عدد ثابتی خواهد بود.

$$V \propto T$$

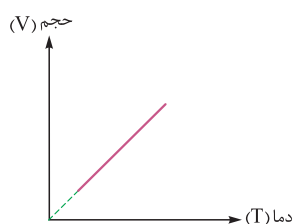
$$\frac{V}{T} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

در فرمول بالا، یکاهای  $V_1$  و  $V_2$  باید یکسان باشند اما دما (T) حتماً باید برحسب کلوین (K) باشد؛ پس اگر در سؤالی دما برحسب درجه سلسیوس ( $^{\circ}\text{C}$ ) داده شده باشد، باید حتماً با رابطه زیر دما را به کلوین تبدیل کرد:

$$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273$$

**مثال** قراردادن بادکنک‌های پرشده از هوا، درون نیتروژن مایع، سبب می‌شود که حجم آن‌ها به شدت کاهش یابد.

## – نمودار مربوط به رابطه بین حجم گاز و دمای آن –



گفتیم که در فشار ثابت، حجم یک نمونه معینی گاز با دمای آن رابطه مستقیم دارد؛ پس می‌توان گفت نمودار حجم برحسب دمای کلوین برای هر گازی به صورت خط راست با شیب ثابت است.

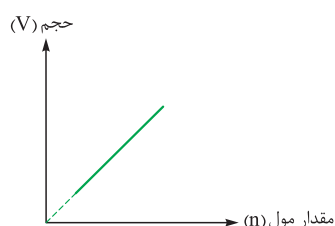
## ۳. رابطه بین مول (مقدار) و حجم گاز در دما و فشار ثابت

در دما و فشار ثابت، حجم هر گازی به تعداد مول‌های آن بستگی دارد و بین تعداد مول‌های گازی (n) و حجم نمونه گاز (V) رابطه مستقیم برقرار است.

$$V \propto n$$

$$\frac{V}{n} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

## نمودار مربوط به رابطه حجم و مول گاز



گفتیم که در دما و فشار ثابت، حجم هر گاز با شمار مول‌های آن رابطه مستقیم دارد.

دیدید که حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هر یک از این کمیت‌ها حجم گاز تغییر می‌کند.

قانون آووگادرو: در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است.





در نکتهٔ دما و فشار یکسان در حجم‌های یکسانی از گازهای مختلف، تعداد مولکول‌های برابری وجود دارد ولی الزاماً تعداد اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ گازها با هم برابر نیست! زیرا برخی گازها تک‌اتمی (گازهای نجیب)، برخی دواتمی ( $O_2$ ،  $N_2$  و ...) و تعدادی نیز چنداتمی ( $CH_4$ ،  $CO_2$  و ...) هستند.

$$\frac{\text{تعداد مول یا مولکول گاز A}}{\text{حجم گاز A}} = \frac{\text{تعداد مول یا مولکول گاز B}}{\text{حجم گاز B}} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

فرمول قانون آووگادرو:

$$(1) \quad \frac{\text{جرم}}{\text{تعداد مول}} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}}$$

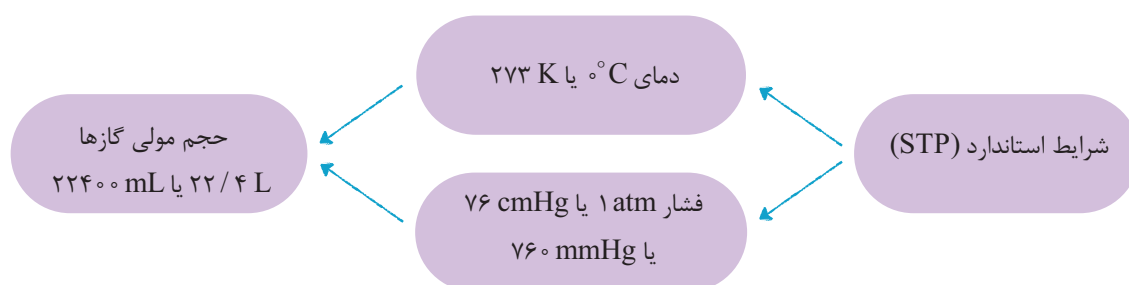
۱ چگالی یا جرم حجمی یک گاز، از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی گاز مورد نظر در شرایط مورد نظر به دست می‌آید:

$$(2) \quad (\rho) \text{ چگالی گاز} = \frac{M_w (\text{جرم مولی})}{V (\text{حجم مولی})}$$

۲ برای محاسبهٔ نسبت چگالی دو گاز در دما و فشار یکسان، کافی است جرم مولی دو گاز را به هم تقسیم کنیم؛ زیرا مطابق قانون آووگادرو،

$$\text{جرم مولی همهٔ گازها در شرایط یکسان با هم برابر است.} \quad (3) \quad \left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right) = \frac{M_{w2}}{M_{w1}}$$

### – شرایط استاندارد یا STP –



• در شرایط استاندارد هر یک مول از هر نوع گازی،  $22/4$  لیتر یا  $22400$  میلی‌لیتر حجم دارد که به این مقدار، حجم مولی گازها در شرایط استاندارد یا STP می‌گوییم.

### – استوکیومتری واکنش –

۱ به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت‌کننده (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) در هر واکنش می‌پردازد، استوکیومتری واکنش می‌گویند.

۲ دانشی که کمک می‌کند تا شیمی‌دان‌ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن، مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فراورده به چه مقدار از هر واکنش‌دهنده نیاز است.

### نکات مهم

۱ به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادلهٔ موازنه‌شده ضریب استوکیومتری می‌گویند.

۲ دقت کنید که در محاسبات استوکیومتری فقط از معادلهٔ موازنه‌شده باید استفاده کنیم! یعنی اولین گام در حل تست‌های استوکیومتری، موازنه‌کردن معادلهٔ واکنش داده‌شده است.

زیرا معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش است که ضرایبی را مشخص می‌کند (ضرایب استوکیومتری) که مواد موجود در واکنش متناسب با آن تولید یا مصرف می‌شود و این ضرایب، رابطهٔ مولی بین تعداد ذرات واکنش‌دهنده (ها) و فراورده (ها) را نشان می‌دهد.



### روشن کلی حل مسائل استوکیومتری واکنش

در حل این مسائل به دو روش می‌توان عمل کرد:

#### ۱- استفاده از کسر تبدیل

در این روش سه مرحله زیر را باید انجام داد:

مرحله اول: با استفاده از کسر تبدیل‌های مناسب، مقدار ماده داده شده (A) را به تعداد مول آن تبدیل می‌کنیم:

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

$$\text{تعداد ذرات} \xrightarrow{\times \frac{1}{6.02 \times 10^{23}}} \text{مول}$$

$$\text{حجم (L)} \xrightarrow[\text{در شرایط غیر STP}]{\times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}}} \text{مول}$$

$$\text{حجم (L)} \xrightarrow[\text{در شرایط غیر STP}]{\times \frac{\text{چگالی (g/L)}}{1} \times \frac{1}{\text{جرم مولی (g.mol}^{-1})}} \text{مول}$$

با استفاده از چگالی (g / L)

مرحله دوم: تعداد مول ماده داده شده (A) را که در مرحله قبل حساب کردیم، با ضرایب استوکیومتری مواد در معادله موازنه شده به تعداد مول ماده خواسته شده (B)، تبدیل می‌کنیم.

$$\text{تعداد مول B} = \frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}} \times \text{تعداد مول A}$$

مرحله سوم: تعداد مول ماده خواسته شده (B) را به کمیتی از آن که در مسئله مورد نظر است، تبدیل می‌کنیم (برعکس مرحله اول):

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

$$\text{مول} \xrightarrow{\times \frac{6.02 \times 10^{23}}{1}} \text{تعداد ذرات}$$

$$\text{مول} \xrightarrow[\text{در شرایط STP}]{\times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}} \text{حجم (L)}$$

$$\text{مول} \xrightarrow[\text{در شرایط غیر STP}]{\times \frac{\text{جرم مولی}}{1} \times \frac{1}{\text{چگالی (g/L)}}} \text{حجم L}$$

با استفاده از چگالی (g / L)

#### ۲- حل مسائل به روش تناسب

در این روش، کافی است با توجه به یکاهای مطرح شده در صورت مسئله، با کمک دوتا از کسرهای تناسب زیر، یک معادله تشکیل داده و مجهول مورد نظر را به دست آورد:

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز (mL)}}{\text{حجم گاز (L)} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد ذره}}{\text{عدد آووگادرو} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول}}{\text{ضریب}}$$

شرایط STP

**توجه** منظور از ضریب در تناسب‌های فوق، ضریب استوکیومتری ماده مورد نظر در معادله موازنه شده واکنش است.



**مثال** اگر بدن انسان در دما و فشار ثابت و معینی به طور میانگین در هر شبانه روز ۳۳۶ L گاز اکسیژن مصرف کند، در هر شبانه روز چند

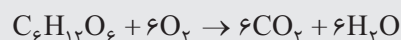
گرم گلوکز ( $C_6H_{12}O_6$ ) مصرف می شود؟ (چگالی گاز اکسیژن را  $1/4 \text{ g.L}^{-1}$  در نظر بگیرید.) ( $O = 16, C = 12, H = 1: \text{g.mol}^{-1}$ )

۸۷۴ (۴)

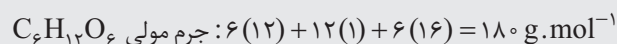
۵۴۶ (۳)

۴۴۱ (۲)

۳۱۵ (۱)



**پاسخ** گزینه «۲»: ابتدا معادله واکنش:



روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$336 \text{ L } O_2 \times \frac{1/4 \text{ g } O_2}{1 \text{ L } O_2} \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{32 \text{ g } O_2} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{6 \text{ mol } O_2} \times \frac{180 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 441 \text{ g } C_6H_{12}O_6$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \quad \frac{x}{1 \times 180} = \frac{1/4 \times 336}{6 \times 32} \quad x = \frac{180 \times 1/4 \times 336}{6 \times 32} = 441$$

$$x = 30 \times 0 / 7 \times 21 = 21 \times 21 = 441 \text{ g } C_6H_{12}O_6$$

**مثال** اگر مخلوطی از گازهای هیدروژن و متان (در شرایط استاندارد) به طور کامل بسوزند و مقدار ۵/۶ لیتر گاز کربن دی اکسید (در شرایط

استاندارد) و ۱۱/۲۵ گرم آب تولید کنند، چند درصد حجمی این مخلوط را گاز متان تشکیل می دهد؟ ( $O = 16, C = 12, H = 1: \text{g.mol}^{-1}$ )

(سراسری ریاضی قارچ از کشور ۸۷ و سراسری تهرانی ۸۸)

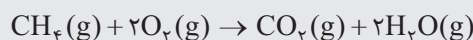
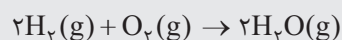
۳۵/۲۵ (۲)

۲۵/۱۲ (۱)

۶۶/۶۶ (۴)

۳۳/۳۳ (۳)

**پاسخ** گزینه «۴»: روش اول: معادله واکنش سوختن هیدروژن و متان به صورت زیر است:



همان طور که می بینید  $CO_2$  فقط بر اثر سوختن متان به دست می آید؛ پس در اولین حرکت! باید با استفاده از حجم  $CO_2$ ، حجم گاز متان

موجود در این مخلوط را حساب کنیم:

$$5/6 \text{ L } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22/4 \text{ L } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{1 \text{ mol } CO_2} \times \frac{22/4 \text{ L } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 5/6 \text{ L } CH_4$$

در حرکت بعدی! باید ببینیم که بر اثر سوختن ۵/۶ لیتر گاز  $CH_4$ ، چند گرم  $H_2O$  به دست می آید:

$$5/6 \text{ L } CH_4 \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{22/4 \text{ L } CH_4} \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } CH_4} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 9 \text{ g } H_2O$$



فب! تا این جا فهمیدیم که از  $11/25$  گرم  $H_2O$  تولید شده،  $9$  گرم آن مربوط به سوختن گاز  $CH_4$  بود؛ پس حتماً بقیه آن یعنی  $2/25$  گرم، مربوط به سوختن  $H_2$  است. حالا باید حساب کنیم که برای تولید  $2/25$  گرم  $H_2O$ ، چند لیتر  $H_2$  باید بسوزد:

$$2/25 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } H_2O} \times \frac{22.4 \text{ L } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 2.8 \text{ L } H_2$$

$$\text{درصد دانه تموم می شه!} \quad \text{درصد حجمی گاز } CH_4 = \frac{\text{حجم گاز } CH_4}{\text{حجم گاز } CH_4 + \text{حجم گاز } H_2} \times 100 = \frac{5/6}{5/6 + 2/8} \times 100 = 66/66\%$$

روش دوم: آله بفوایم فیلی شیک و مهلسی! حلش کنیم، ابتدا تعداد مول متان را به دست می آوریم:

$$5/6 \text{ L } CO_2 \times \frac{1 \text{ mol } CO_2}{22.4 \text{ L } CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{1 \text{ mol } CO_2} = 0.25 \text{ mol } CH_4$$

حالا باید ببینیم بر اثر سوختن  $0.25$  مول  $CH_4$ ، چند گرم  $H_2O$  به دست می آید:

$$0.25 \text{ mol } CH_4 \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } CH_4} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 9 \text{ g } H_2O$$

پس  $2/25$  گرم  $H_2O$  باقی مانده مال  $H_2$  می باشد! پس تعداد مول  $H_2$  برابر است با:

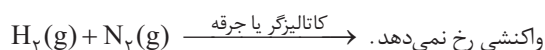
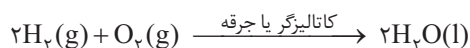
$$2/25 \text{ g } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{2 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } H_2O} = 0.125 \text{ mol } H_2$$

در شرایط یکسان دما و فشار، نسبت های حجمی گازها برابر با نسبت های مولی آنها است؛ بنابراین تمام شد!

$$\text{درصد حجمی (مولی) گاز } CH_4 = \frac{\text{مول گاز } CH_4}{\text{مول گاز } CH_4 + \text{مول گاز } H_2} \times 100 = \frac{0.25}{0.25 + 0.125} \times 100 = 66/66\%$$

### – تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت –

- گاز نیتروژن، فراوان ترین جزء سازنده هواکره بوده که در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش ناپذیر است.
- برای مثال، مخلوط گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر می شود و آب تولید می کند. اما در مخلوط گازهای نیتروژن و هیدروژن، حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه واکنش رخ نمی دهد.



- پس گاز نیتروژن در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش ناپذیر است. از این رو گاز نیتروژن به جو بی اثر شهرت یافته و در محیط هایی که گاز اکسیژن، عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می کنند.

- برای پر کردن و تنظیم باد تایر خودرو به جای هوا از گاز نیتروژن استفاده می شود.

- در سال ۱۹۱۸ میلادی، دانشمندی به نام فریتس هابر شیمی دان معروف آلمانی، به دلیل تهیه آمونیاک از گازهای  $N_2$  و  $H_2$ ، برنده جایزه نوبل شیمی شد. هابر واکنش زیر را مبنای پژوهش های خود قرار داد:



- مشکل اصلی هابر یافتن شرایط بهینه برای انجام این واکنش بود. او در این راستا با دو چالش عمده مواجه بود:

### ۱. واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی شد.

هابر با تلاش ها و آزمایشات فراوان واکنش میان گازهای هیدروژن و نیتروژن را بارها در دماها و فشارهای مختلف انجام داد تا بتواند شرایط بهینه آن را پیدا کند. سرانجام دریافت که اگر مخلوط این گازها از روی ورقه آهنی (به عنوان کاتالیزگر) در دما و فشار مناسب (به عنوان نکته اضافه بدانید! دمای  $450^\circ$  درجه سلسیوس و فشار  $200 \text{ atm}$ )، عبور داده شود، با انجام واکنش، مقدار قابل توجهی آمونیاک تولید می شود، اما همه واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل نخواهد شد؛ زیرا این واکنش برگشت پذیر است؛ با این توصیف در ظرف واکنش مخلوطی از سه گاز  $H_2$ ،  $N_2$  و  $NH_3$  وجود دارد. اکنون هابر با مشکل دیگری هم روبه رو بود:



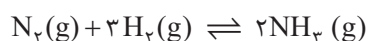
## ۲. چگونه می‌توان آمونیاک (فراوردهٔ واکنش) را از مخلوط واکنش جدا کرد.

او با بررسی نقطهٔ جوش این مواد، راه‌حلی را برای جداسازی آمونیاک پیدا کرد.

نقطهٔ جوش:  $\text{NH}_3 > \text{N}_2 > \text{H}_2$

$-34^\circ\text{C} \quad -196^\circ\text{C} \quad -253^\circ\text{C}$

هابر پس از انجام واکنش، دما را کمی پایین‌تر از نقطهٔ جوش آمونیاک آورد تا فقط آمونیاک مایع‌شده و از مخلوط خارج شود. در فرایند هابر، گازهای  $\text{N}_2$  و  $\text{H}_2$  واکنش نداده را بازگردانی کرده و به ظرف اصلی واکنش برمی‌گردانند تا دوباره با هم واکنش دهند.



جمع‌بندی

