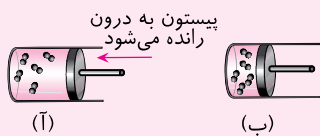


## درس ۸: خواص و رفتار گازها

### یادآوری

جامدها شکل مشخص و حجم معینی دارند. مایع به شکل ظرف درمی‌آید و حجم معینی دارد. گازها شکل و حجم معینی ندارند، بلکه به شکل ظرف محتوی آن درمی‌آیند. در مواد گازی شکل، فاصله بین ذرها بیشتر از مواد جامد و مایع است؛ به طوری که اگر یک نمونه گاز را وارد ظرف کوچک‌تری کنیم، اتم‌ها یا مولکول‌ها به یکدیگر نزدیک می‌شوند و فاصله بین آن‌ها کاهش می‌یابد. به همین دلیل می‌توان یک گاز را به راحتی متراکم کرد و حجم آن را تا حد زیادی کاهش داد.

### مثال



آ. شکل مقابل کدام ویژگی گازها را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.  
 ب. در این عمل، فاصله بین ذره‌های سازنده گاز چه تغییری می‌کند؟  
 پاسخ:  
 آ. تراکم‌پذیری گازها را نشان می‌دهد، با فشردن یک گاز، حجم آن کاهش می‌یابد.  
 ب. فاصله بین ذره‌های سازنده گاز کمتر شده و مولکول‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند.

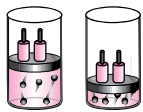
### خواص و رفتار گازها

مولکول‌های یک ماده گازی در هوا منتشر می‌شوند. مثال‌هایی از انتشار گاز عبارتند از: پخش شدن بوی نان، گلاب و دود اسپند. گازها برخلاف جامد و مایع، شکل و حجم معینی ندارند بلکه به شکل ظرف محتوای آن درمی‌آیند و همه فضای ظرف را اشغال می‌کنند. این رو حجم یک نمونه گاز با حجم ظرف آن برابر است.

### ویژگی گازها، مایع‌ها و جامدها:

۱. جامدها شکل و حجم معین دارند.
۲. مایع‌ها شکل ظرف را به خود می‌گیرند اما حجم معین دارند.
۳. شکل و حجم یک ماده جامد به شکل ظرف بستگی ندارد.
۴. گازها تمام فضای ظرف را اشغال می‌کنند و به شکل ظرف درمی‌آیند.
۵. یکی از ویژگی‌های گازها، تراکم‌پذیری آن‌هاست. گازها برخلاف، مایع و جامد تراکم‌پذیرند. اگر به یک نمونه گاز موجود در سرنگ یا سیلندر یا پیستون روان، فشار وارد کنیم، گاز فشرده‌تر و حجم آن کم‌تر می‌شود.
۶. حجم یک نمونه گاز به سه عامل فشار، دما و مقدار گاز وابسته است.

### آ. رابطه گاز و فشار:



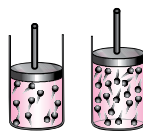
در دما و مقدار برابر، هر چه فشار وارد بر گاز بیشتر باشد، حجم آن کم‌تر است.

### ب. رابطه حجم گاز با دما:



در فشار و مقدار برابر، هر چه دمای گاز بیشتر باشد، حجم آن نیز بیشتر است.

### ب. رابطه مقدار گاز با حجم آن:



در دما و فشار ثابت هر چه مقدار گاز بیشتر باشد، حجم آن نیز بیشتر است. حجم یک نمونه گاز به دما، فشار و مقدار آن وابسته است و با تغییر هر یک از کمیت‌ها، حجم گاز نیز تغییر می‌کند. برای به دست آوردن رابطه‌ای میان حجم و مقدار یک گاز، باید دما و فشار را ثابت در نظر گرفت.

### شرایط استاندارد (STP):

دمای صفر درجه سلسیوس (۲۷۳ K) و فشار یک اتمسفر (۷۶۰ mmHg).

### قانون آووگادرو:

در دما و فشار یکسان، یک مول از گازهای گوناگون، حجم برابری دارند. بر طبق این قانون، یک مول از هر گازی در شرایط استاندارد، حجمی برابر ۲۲/۴ لیتر دارد و تعداد ذرات آن به تعداد عدد آووگادرو یعنی  $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$  می‌باشد. در شرایط ثابت، هر چه تعداد مول گاز افزایش یابد، حجم آن نیز بیشتر می‌شود.

$$\text{ذره } ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \rightarrow ۲۲/۴ \text{ L} \rightarrow ۱ \text{ mol}$$

### مثال



۰/۲ مول گاز هیدروژن در STP:

آ. چند لیتر حجم دارد؟

ب. چند گرم جرم دارد؟

پ. چه تعداد مولکول دارد؟

پاسخ:

( $H_2 = 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$$۰/۲ \text{ mol } H_2 \times \frac{۲۲/۴ \text{ L } H_2}{۱ \text{ mol } H_2} = ۴/۴۸ \text{ L } H_2$$

آ.

$$۰/۲ \text{ mol } H_2 \times \frac{۲ \text{ g } H_2}{۱ \text{ mol } H_2} = ۰/۴ \text{ g } H_2$$

ب.

$$۰/۲ \text{ mol } H_2 \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}}{۱ \text{ mol } H_2} = ۱/۲۰۴ \times ۱۰^{۲۳} \text{ مولکول}$$

پ.



## تمرین‌های امتحانی



۱. جمله‌های زیر را با انتخاب کلمه‌های مناسب کامل کنید.

- آ. در STP، فشار یک اتمسفر و دما ..... است. ( $25^{\circ}\text{C}$  -  $^{\circ}\text{C}$ )  
 ب. یک مول از هر گازی در STP ..... لیتر حجم دارد. ( $22/4$  -  $1$ )  
 پ. تعداد مولکول‌ها در  $1/6$  مول گاز نیتروژن ..... است. ( $6/0.2 \times 10^{23}$  -  $6/0.2 \times 10^{22}$ )

۲. به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- آ. حجم یک نمونه گاز به چه عواملی بستگی دارد؟  
 ب. اگر در شرایط ثابت، تعداد مول گازی دو برابر شود، حجم آن چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.  
 ۳. با توجه به جدول زیر که یک مول از سه گاز را در شرایط داده شده نشان می‌دهد، به پرسش‌ها پاسخ دهید.  
 آ. کدام گاز(ها) در STP قرار دارد؟  
 ب. آیا می‌توان گفت حجم  $\text{O}_2$  < حجم  $\text{CH}_4$  است؟ توضیح دهید.

گاز	دما ( $^{\circ}\text{C}$ )	فشار (atm)
$\text{CH}_4$	0	1
$\text{CO}_2$	0	2
$\text{O}_2$	25	1

۴. ۸ گرم گاز هیدروژن را در STP درون بادکنکی وارد می‌کنیم. حجم اشغال شده توسط گاز را بر حسب لیتر محاسبه کنید.  $\text{H}_2 = 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

۵. در دما و فشار ثابت و برابر،  $0/2$  مول گاز  $\text{H}_2$  حجم بیشتری اشغال می‌کند یا  $0/2$  مول گاز متان ( $\text{CH}_4$ )؟ چرا؟

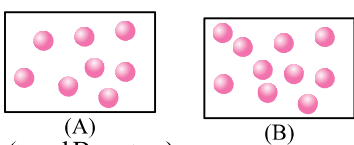
۶. با توجه به تصویر مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید (STP است).

مثال	۱	۲	۳
گاز	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	He
مول (mol)	.....	0/5	1
حجم (L)	11/2	.....	.....
جرم (g)	22/0	16/0	.....

آ. جاهای خالی را در جدول کامل کنید.

ب. چگونه می‌توان قانون آووگادرو را با توجه به تصویر اثبات کرد؟

۷. با توجه به تصویر، به پرسش‌ها پاسخ دهید.



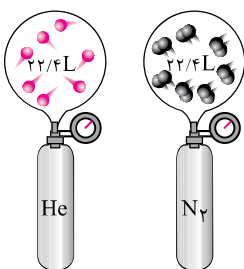
آ. اگر این دو گاز را در STP وارد دو ظرف کنیم، کدام یک حجم بیشتری اشغال می‌کند؟ چرا؟

ب. اگر هر ذره از گاز A برابر  $1/6$  مول از آن باشد، حجم اشغال شده توسط این گاز را محاسبه کنید.

پ. اگر هر ذره از گاز B برابر  $0/2$  مول از آن باشد، جرم گاز B را به دست آورید.

۸. در STP گازی  $5/6$  لیتر حجم دارد؟ تعداد مولکول‌ها در این حجم را به دست آورید.

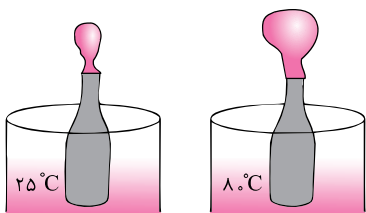
۹. جدول زیر را برای تصویر داده شده کامل کنید (STP است).

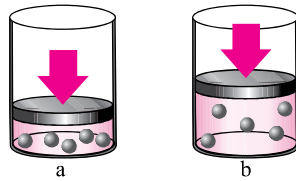
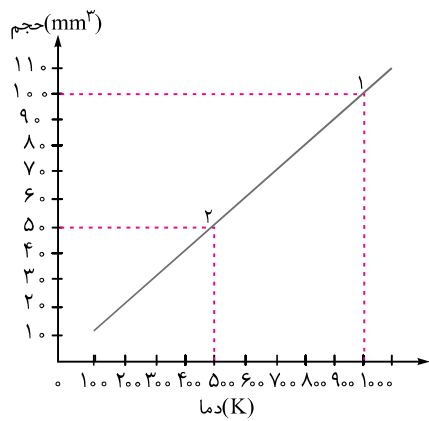


.....	.....	تعداد مول
.....	.....	فشار (atm)
.....	.....	تعداد مولکول‌ها
.....	.....	جرم (g)

۱۰. بادکنکی را مطابق شکل در دهانه یک بطری قرار داده و بطری را یک‌بار در آب سرد و بار دیگر در آب گرم وارد می‌کنیم. علت تغییر

مشاهده شده را بنویسید.



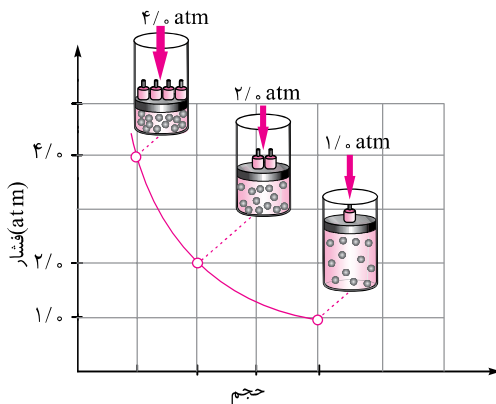


۱۱. با توجه به نمودار به پرسش‌ها پاسخ دهید.

- آ. این نمودار کدام ویژگی گازها را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.  
 ب. با توجه به نمودار، حجم گاز را در دمای  $80^\circ\text{K}$  بیابید.  
 پ. هر یک از دو شکل زیر به کدام یک از دو نقطه ۱ و ۲ تعلق دارد؟  
 ت. با افزایش دما، فاصله میان مولکول‌های گاز چه تغییری می‌کند؟

۱۲. با توجه به شکل، عبارت زیر را کامل کنید.

هر چه فشار وارد بر گاز بیشتر شود، فاصله میان ذرات گاز (بیشتر / کم‌تر) شده و حجم گاز (کم‌تر / بیشتر) می‌شود. بنابراین فشار یک گاز با حجم آن رابطه (مستقیم / وارونه) دارد. در این شکل (تراکم ذرات گاز / تعداد ذرات گاز) ثابت است.



### پاسخ تمرین‌های امتحانی

۱. آ.  $^\circ\text{C}$     ب.  $22/4$     پ.  $6/0.2 \times 10^{22}$

۲. آ. حجم یک نمونه گاز به دما، فشار و مقدار آن بستگی دارد.

ب. حجم گاز نیز دو برابر می‌شود. با افزایش تعداد مول گاز، ابتدا فشار گاز بیشتر شده و برای ثابت ماندن فشار، حجم گاز افزایش می‌یابد.

۳. آ. گاز  $\text{CH}_4$

ب. بله، با افزایش دما فاصله میان مولکول‌ها افزایش یافته و حجم نیز زیاد می‌شود.

۴.

$$\cancel{8\text{gH}_2} \times \frac{1\text{molH}_2}{2\text{gH}_2} \times \frac{22/4\text{LH}_2}{1\text{molH}_2} = 89/6\text{LH}_2$$

۵. حجم هر دو گاز برابر است. زیرا طبق قانون آووگادرو، مول‌های مساوی از گازهای مختلف در دما و فشار یکسان، حجم برابری دارند.

۶. آ. ردیف اول:  $0/5$     ردیف دوم:  $22/4 - 11/2$     ردیف سوم:  $2\text{g}$

ب. در ستون ۱ و ۲ که تعداد مول گازها برابر است، حجم آن‌ها و تعداد مولکول‌ها نیز برابر است. و اگر تعداد مول ستون سوم را نیز به ۲ تقسیم کنیم، حجم آن با دو گاز دیگر یکسان می‌شود.

۷. آ. گاز B. زیرا تعداد ذره‌های آن بیشتر است.

ب.

$$\text{مول گاز A} = 8 \times 0/1 = 0/8\text{mol A}$$

$$\text{تعداد ذره‌های گاز A} = 8$$

$$\cancel{0/8\text{molA}} \times \frac{22/4\text{LA}}{1\text{molA}} = 17/92\text{LA}$$



$$\text{مول گاز B} = 10 \times 0.2 = 2 \text{ mol B}$$

$$2 \text{ mol B} \times \frac{36 \text{ g B}}{1 \text{ mol B}} = 72 \text{ g B}$$

$$5/6 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22/4 \text{ L}} \times \frac{6/0.2 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 1/56 \times 10^{23}$$

پ. ۱۰ = تعداد ذره‌های B

۸

۹

N <sub>۲</sub>	He	تعداد مول
۱	۱	فشار (atm)
۶/۰.۲ × ۱۰ <sup>۲۳</sup>	۶/۰.۲ × ۱۰ <sup>۲۳</sup>	تعداد مولکول‌ها
۲۸	۴	جرم (g)

۱۰. با قرار دادن بطری درون آب گرم، هوای داخل بطری گرم شده، فاصله میان ذرات گاز زیاد شده و حجم گاز افزایش می‌یابد. این امر سبب می‌شود بادکنک باد شود.

۱۱. آ. افزایش حجم گازها با افزایش دما

ب. ۸۰ mm<sup>۳</sup>

پ. شکل a به نقطه ۲ و شکل b به نقطه ۱ تعلق دارد.

ت. افزایش می‌یابد.

۱۲. کم‌تر، کم‌تر، مستقیم، تعداد ذرات گاز

## درس ۹: از هر گاز چقدر؟

واکنش گازها در صنعت، اهمیت و کاربرد بسیاری دارد. برای مثال تهیه سولفوریک اسید و نیتریک اسید شامل چندین واکنش گازی است.

### استوکیومتری

به بخشی از واکنش شیمی که به ارتباط کمی میان مواد شرکت کننده (واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها) در یک واکنش می‌پردازد، گفته می‌شود. با بهره‌گیری از استوکیومتری، می‌توان مشخص کرد که برای تولید مقدار معینی از یک فراورده، به چه مقدار از هر یک از واکنش دهنده‌ها نیاز است.

### مثالی از کاربرد استوکیومتری:

در سراسر جهان، سالانه حدود ۵۰ میلیون قرص آسپرین برای کاهش تب، التهاب و تپش‌های قلبی مصرف می‌شود. این قرص‌ها با بهره‌گیری از استوکیومتری واکنش در شرکت‌های دارویی تهیه می‌شوند.

### ضریب استوکیومتری:

به هر یک از ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله موازنه شده، ضریب استوکیومتری می‌گویند. ضریب استوکیومتری مواد شرکت کننده در واکنش نشان دهنده تعداد مول ماده است.

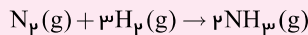
### عامل (کسر) تبدیل:

نسبت مولی میان دو ماده که با توجه به ضریب استوکیومتری آن‌ها نوشته می‌شود، عامل تبدیل نام دارد. با استفاده از عامل تبدیل می‌توان شمار مول‌های شرکت کننده در واکنش را با توجه به شمار مول دیگری به دست آورد.

### مثال



با توجه به واکنش تولید آمونیاک، نسبت‌های مولی (کسر تبدیل) خواسته شده را بنویسید.



آ. نسبت مولی آمونیاک به نیتروژن

ب. نسبت مولی نیتروژن به آمونیاک

پاسخ:

برای نوشتن نسبت مولی، در صورت و مخرج کسر باید ضریب، یکا و نماد ماده به صورت زیر نوشته شود:

$\frac{2 \text{ mol NH}_3}{1 \text{ mol N}_2}$ آ.	$\frac{1 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol NH}_3}$ ب.	$\frac{3 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol N}_2}$ آ.
(نماد ماده) / (ضریب استوکیومتری)	(نماد ماده) / (ضریب استوکیومتری)	(نماد ماده) / (ضریب استوکیومتری)

### آ. محاسبه یک مول ماده با توجه به تعداد مول ماده دیگر

گام ۱: مشخص کردن معلوم و مجهول مسئله

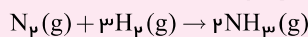
گام ۲: نوشتن نسبت مولی بین معلوم و مجهول (مجهول در صورت کسر می‌آید)

گام ۳: به دست آوردن تعداد مول‌های ماده مجهول (خواسته شده) از روی تعداد مول ماده داده شده با توجه به نسبت مولی.

### مثال



از واکنش ۹ مول هیدروژن طبق معادله زیر با مقدار کافی نیتروژن چند مول آمونیاک تولید می‌شود؟



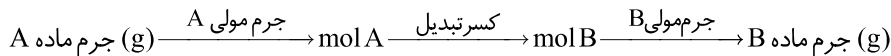
$9 \text{ mol H}_2$  : معلوم (گام ۱)       $? \text{ mol NH}_3$  : مجهول

نسبت مولی ماده مجهول به ماده معلوم (گام ۲):  $\frac{2 \text{ mol NH}_3}{3 \text{ mol H}_2}$

حل مسئله (گام ۳):  $9 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol NH}_3}{3 \text{ mol H}_2} = 6 \text{ mol NH}_3$

### ب. روابط جرمی - مولی در محاسبه‌های استوکیومتری

از آن‌جا که استوکیومتری واکنش‌ها برحسب مول تفسیر می‌شود، بنابراین ابتدا باید با استفاده از جرم مولی، جرم ماده داده شده را به تعداد مول آن و سپس تعداد مول ماده داده شده را به مول ماده خواسته شده تبدیل کرد. به طور کلی برای محاسبات استوکیومتری می‌توان از مسیر زیر یا قسمتی از آن بهره گرفت.



#### محاسبه جرم مولی یک ماده

جرم مولی از جمع جرم اتمی میانگین اتم‌های تشکیل دهنده آن به دست می‌آید.

#### مثال

جرم مولی  $\text{Ca(OH)}_2$  (کلسیم هیدروکسید) و  $\text{CH}_4$  (متان) را حساب کنید.

$$C = 12, H = 1, Ca = 40, O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

پاسخ:

$$\text{Ca(OH)}_2 = 40 + (16 + 1) \times 2 = 74 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{CH}_4 = 12 + 4 \times 1 = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

از جرم مولی هر ترکیب می‌توان برای نوشتن یک کسر تبدیل استفاده کرد. این کسر تبدیل، بین جرم و مول آن ماده ارتباط ایجاد می‌کند.

#### مثال

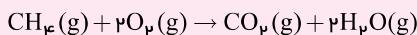
۱. دو کسر تبدیل برای جرم مولی کلسیم هیدروکسید بنویسید.

$$\text{Ca(OH)}_2 = 74 \text{ g.mol}^{-1}$$

پاسخ:

$$\frac{74 \text{ g Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}, \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{74 \text{ g Ca(OH)}_2}$$

۲. واکنش سوختن کامل متان به صورت زیر است.



محاسبه کنید از سوختن ۴ گرم گاز متان، چند گرم بخار آب تولید می‌شود؟

پاسخ:

برای رسیدن به مجهول باید مراحل زیر طی شود

$$4 \text{ g CH}_4 \xrightarrow{\text{جرم مولی CH}_4} \text{mol CH}_4 \xrightarrow{\text{نسبت مولی}} \text{mol H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{جرم مولی H}_2\text{O}} \text{g H}_2\text{O}$$

$$? \text{ g H}_2\text{O} = 4 \text{ g CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{16 \text{ g CH}_4} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CH}_4} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 9 \text{ g H}_2\text{O}$$

تبدیل مول  $\text{H}_2\text{O}$  به جرم  $\text{H}_2\text{O}$  نسبت مولی تبدیل جرم  $\text{CH}_4$  به مول  $\text{CH}_4$

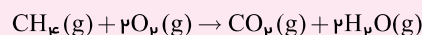
### ب. محاسبات مولی - حجمی

در واکنش‌هایی که حداقل یکی از مواد شرکت کننده گازی شکل است، اگر شرایط استاندارد (STP) باشد، می‌توان حجم گاز شرکت کننده در واکنش را با توجه به قانون حجمی گازها (قانون آووگادرو) به دست آورد. کسر تبدیل برای حجم مولی گازها به صورت زیر است:

$$\frac{1 \text{ mol گاز}}{22.4 \text{ L گاز}} \quad \text{یا} \quad \frac{22.4 \text{ L گاز}}{1 \text{ mol گاز}}$$

#### مثال

در واکنش سوختن کامل متان، اگر ۰/۸ مول اکسیژن مصرف شود، چند لیتر گاز کربن دی اکسید در STP تولید می‌شود؟



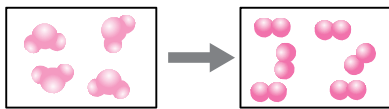
پاسخ:

$$0.8 \text{ mol O}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol O}_2} \times \frac{22.4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 8.96 \text{ L CO}_2$$

تبدیل مول  $\text{CO}_2$  به حجم  $\text{CO}_2$  تبدیل مول  $\text{O}_2$  به مول  $\text{CO}_2$

تمرین‌های امتحانی

۱. کدام جمله زیر درست و کدام نادرست است؟ شکل درست جمله‌های نادرست را بنویسید.
  - آ. به ضرایب مواد شرکت کننده در هر معادله‌ای، ضریب استوکیومتری گفته می‌شود.
  - ب. عامل تبدیل برای دو ماده با توجه به ضریب استوکیومتری آن‌ها نوشته می‌شود.
  - پ. از حجم مولی می‌توان برای تبدیل جرم یک گاز به مول آن استفاده کرد.
۲. با توجه به واکنش  $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_3\text{AlF}_6$  (کریولیت)  $\rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{HF} + \text{NaOH}$  به پرسش‌ها پاسخ دهید.
  - آ. واکنش را موازنه کنید.
  - ب. نسبت‌های مولی زیر را برای این واکنش بنویسید.
    - (a) نسبت مولی سدیم هیدروکسید به آب
    - (b) نسبت مولی HF به کریولیت
۳. هر توصیف زیر به یک مفهوم علمی اشاره دارد. مفهوم مورد نظر را در مقابل جمله بنویسید.
  - آ. ایجاد ارتباط کمی میان مواد شرکت کننده در یک واکنش (.....)
  - ب. ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله موازنه شده (.....)
  - پ. نسبت تعداد مول دو ماده (.....)
۴. به پرسش‌ها پاسخ دهید.
  - آ. استوکیومتری یک واکنش چه کمکی به دانشمندان و پژوهشگران می‌کند؟
  - ب. یک نمونه از کاربرد استوکیومتری در زندگی را بنویسید.
۵. واکنش زیر را در نظر بگیرید.
  - اگر هر مولکول اوزون در ظرف، نشان دهنده  $\frac{1}{2}$  مول از این ماده باشد، محاسبه کنید در این فرایند چند مول گاز اکسیژن تولید می‌شود؟

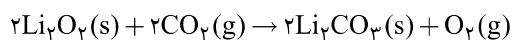


۶. جرم مولی ترکیب‌های زیر را به دست آورید. ( $\text{H} = 1, \text{O} = 16, \text{Al} = 27, \text{S} = 32, \text{N} = 14, \text{P} = 31, \text{Mg} = 24 \text{ g mol}^{-1}$ )
  - آ.  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - ب.  $\text{Al}(\text{OH})_3$
  - پ.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
  - ت.  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$
۷. شکل زیر، معادله تصویری یک واکنش گازی در STP را نشان می‌دهد.
  - آ. معادله نمادی واکنش موازنه شده را بنویسید.
  - ب. نسبت مولی آب به اکسیژن را بنویسید.
  - پ. محاسبه کنید اگر در این واکنش ۶ گرم گاز هیدروژن به طور کامل بسوزد، به چند لیتر گاز اکسیژن نیاز دارد؟



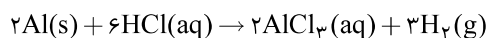
$\text{H} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

۸. از واکنش زیر برای تصفیه هوای فضایی‌ها استفاده می‌شود. اگر هر فضانورد ۲۰ مول کربن دی‌اکسید در شبانه‌روز تولید کند، با مصرف این مقدار کربن دی‌اکسید، چند لیتر گاز اکسیژن در STP تولید می‌شود؟



۹. از واکنش  $\frac{1}{9}$  گرم فلز آلومینیم با محلول هیدروکلریک اسید، طبق معادله زیر:

( $\text{Al} = 27, \text{Cl} = 35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )



- آ. چند لیتر گاز هیدروژن در STP تولید می‌شود؟
- ب. چند گرم آلومینیم کلرید به دست می‌آید؟





۱. آ. نادرست، به ضرایب مواد شرکت کننده در یک معادله موازنه شده، ضریب استوکیومتری گفته می‌شود.

ب. درست

پ. نادرست، از حجم مولی برای تبدیل حجم یک گاز به مول آن استفاده می‌شود.

۲. آ.  $Al_2O_3 + 12HF + 6NaOH \rightarrow 2Na_3AlF_6 + 9H_2O$

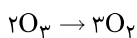
$$\frac{12 \text{ mol HF}}{2 \text{ mol Na}_3\text{AlF}_6} \quad (b) \quad \frac{6 \text{ mol NaOH}}{9 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad (a.ب)$$

۳. آ. استوکیومتری ب. ضریب استوکیومتری پ. کسر تبدیل

۴. آ. کمک می‌کند تا در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن مشخص کنند که برای تولید مقدار معینی از یک فرآورده، به چه مقدار از هر یک از واکنش‌دهنده‌ها نیاز است.

ب. تولید قرص‌های آسپرین با بهره‌گیری از استوکیومتری واکنش در شرکت‌های دارویی تولید می‌شود.

۵. معادله واکنش به صورت زیر است:



$4 \text{ mol O}_3 = 4 \times 48 = 192 \text{ g O}_3$  مول اوزون = تعداد مولکول‌های اوزون

$$\frac{192 \text{ g O}_3}{48 \text{ g O}_3} \times \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol O}_3} = 1.5 \text{ mol O}_2$$

۶.

$$H_2SO_4 = 2(1) + 32 + 4(16) = 98 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{آ.}$$

$$Al(OH)_3 = 27 + (16 + 1) \times 3 = 78 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{ب.}$$

$$NH_4NO_3 = 14 + 4(1) + 14 + 3(16) = 80 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{پ.}$$

$$Mg_3(PO_4)_2 = 3 \times 24 + (3 \times 16 + 4 \times 16) \times 2 = 260 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{ت.}$$

۷.



$$\frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol O}_2} \quad \text{ب.}$$

پ.

$$6 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 33.6 \text{ L O}_2$$

۸.

$$20 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol CO}_2} \times \frac{22.4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 224 \text{ L O}_2$$

۹.

$$0.9 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{22.4 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 1.12 \text{ L H}_2 \quad \text{آ.}$$

$$0.9 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27 \text{ g Al}} \times \frac{2 \text{ mol AlCl}_3}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{133.5 \text{ g AlCl}_3}{1 \text{ mol AlCl}_3} = 4.45 \text{ g AlCl}_3 \quad \text{ب.}$$

## درس ۱۰: تولید آمونیاک، کاربردی از واکنش گازها در صنعت

### یادآوری

بخش عمده گاز نیتروژن به عنوان ماده اولیه برای تولید آمونیاک به کار می‌رود.

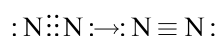
گاز آمونیاک  $\rightarrow$  گاز هیدروژن + گاز نیتروژن

آمونیاک در تهیه کودهای شیمیایی و مواد منفجره کاربرد دارد.

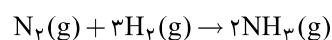
### مقایسه واکنش پذیری نیتروژن با اکسیژن

۱. نیتروژن برخلاف اکسیژن از نظر واکنش پذیری غیر فعال و واکنش ناپذیر است.
۲. نیتروژن به جو بی‌اثر شهرت دارد.
۳. اگر در محیطی که گاز اکسیژن عامل ایجاد تغییر شیمیایی است به جای آن گاز نیتروژن وارد کنیم، تقریباً واکنش رخ نمی‌دهد.
۴. گاز نیتروژن از مولکول‌های دو اتمی تشکیل شده است.

### ساختار لوویس مولکول $N_2$



### کاربرد صنعتی گاز نیتروژن



تولید آمونیاک به روش هابر

### چالش‌های تولید آمونیاک:

۱. واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شود.
۲. واکنش برگشت‌پذیر است و تمام واکنش دهنده‌ها به فرآورده‌ها تبدیل نمی‌شوند.

### بهترین شرایط در فرایند هابر:

۱. دمای  $450^\circ C$
۲. فشار ۲۰ atm
۳. حضور کاتالیزگر (ورقه آهنی)

### روش جداسازی آمونیاک از مخلوط واکنش:

هابر برای جداسازی آمونیاک از هیدروژن و نیتروژن، از نقطه جوش آن‌ها کمک گرفت. نقطه جوش این سه گاز به صورت زیر است:

گاز	$NH_3$	$N_2$	$H_2$
نقطه جوش ( $^\circ C$ )	-۳۳/۵	-۱۹۵/۸	-۲۵۲/۷

دمای جوش آمونیاک نسبت به هیدروژن و نیتروژن خیلی بالاتر است، بنابراین نیروهای بین مولکولی آن قوی‌تر بوده و زودتر به مایع تبدیل می‌شود. پس می‌توان آمونیاک مایع را با سرد کردن مخلوط گازی جدا کرد.

### فرآورده‌های نیتروژن‌دار:

آمونیاک، نیتریک اسید، اوره، آمونیوم نیترات (آمونیاک تولید شده، بیشتر صرف تولید کودهای شیمیایی می‌شود).



## تمرین‌های امتحانی

۱. بهترین گزینه را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

آ. به جو بی اثر شهرت دارد. ( $O_2 - N_2$ )

ب. دمای واکنش هابر ( $45^\circ C - 54^\circ C$ )

پ. فشار در واکنش هابر ( $3 \text{ atm} - 20 \text{ atm}$ )

ت. کاتالیزگر به کار رفته در فرایند هابر (پودر آهن - ورقه آهنی)

۲. کدام عبارت درست و کدام نادرست است؟ شکل صحیح جمله‌های نادرست را بنویسید.

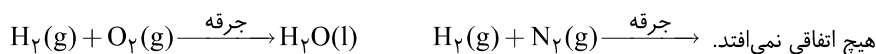
آ. در فرایند هابر، آمونیاک به صورت گاز جدا می‌شود.

ب. نیتروژن به طور مستقیم توسط گیاهان جذب می‌شود.

پ. نیروهای بین مولکولی در آمونیاک قوی‌تر از هیدروژن است.

ت. واکنش تولید آمونیاک به روش هابر یک واکنش برگشت‌ناپذیر است.

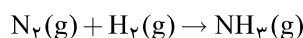
۳. دو واکنش زیر کدام ویژگی گازهای نیتروژن و اکسیژن را مقایسه می‌کند؟ توضیح دهید.



۴. در مورد فرایند هابر به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

آ. هدف تهیه چه ماده‌ای است؟ واکنش تهیه آن را بنویسید.

ب. ورقه آهنی در این فرایند چه نقشی دارد؟ و به چه دلیل به کار می‌رود؟



۵. با توجه به واکنش مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ. معادله واکنش را موازنه کنید.

ب. اگر هدف تهیه یک تن آمونیاک باشد، به چند مول گاز هیدروژن نیاز داریم؟

پ. اگر در این فرایند ۱۰۰ لیتر گاز نیتروژن در STP مصرف شود، چند لیتر گاز آمونیاک تولید می‌شود؟

ت. برای مصرف ۵۰۰ g گاز هیدروژن به چند گرم نیتروژن نیاز داریم؟

ث. در مرحله‌ای از تولید آمونیاک، ۱۰۰ لیتر از این گاز به دست آمده است. تعداد مولکول‌های آمونیاک در این حجم را محاسبه کنید.



## پاسخ تمرین‌های امتحانی

۱. آ.  $N_2$

ب.  $45^\circ C$

پ.  $20 \text{ atm}$

ت. ورقه آهنی

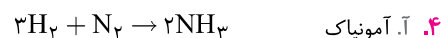
۲. آ. نادرست، آمونیاک به صورت مایع جدا می‌شود.

ب. نادرست، نیتروژن به طور مستقیم توسط گیاهان جذب نمی‌شود.

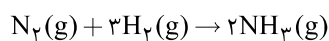
پ. درست

ت. نادرست، واکنش تولید آمونیاک یک واکنش برگشت‌پذیر است.

۳. واکنش‌پذیری را نشان می‌دهد. این واکنش‌ها نشان می‌دهد که واکنش‌پذیری گاز اکسیژن در مقایسه با گاز نیتروژن بیشتر است.



ب. کاتالیزگر، سرعت تولید آمونیاک بیشتر شده و به مقدار قابل توجهی تولید می‌شود.




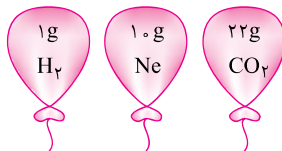
$$\text{ب. } \frac{1000 \text{ kg } NH_3}{1 \text{ تن } NH_3} \times \frac{1000 \text{ g } NH_3}{1 \text{ kg } NH_3} \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{17 \text{ g } NH_3} \times \frac{3 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } NH_3} = 176 \times 10^5 \text{ mol } H_2$$

$$\text{پ. } 100 \text{ L } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{22.4 \text{ L } N_2} \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{1 \text{ mol } N_2} \times \frac{22.4 \text{ L } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 200 \text{ L } N_2$$

$$\text{ت. } 500 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{3 \text{ mol } H_2} \times \frac{28 \text{ g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = 2333 \text{ g } N_2$$

$$\text{ث. } \frac{100 \text{ L } NH_3}{22.4 \text{ L } NH_3} \times \frac{1 \text{ mol } NH_3}{17 \text{ g } NH_3} \times \frac{6.022 \times 10^{23} \text{ مولکول}}{1 \text{ mol } NH_3} = 2.69 \times 10^{23}$$

نمونه سؤالات امتحانی فصل دوم																
ردیف	سؤالات	نمره														
۱	عبارت زیر را با واژه‌های داده شده، کامل کنید (برخی از واژه‌ها اضافه‌اند). (کم - افزایش - کاهش - استراتوسفر - ۵ - زمین - خورشید - ۱۰ - ستارگان - تروپوسفر) آب و هوا، نتیجه برهم کنش میان ..... ، هواکره، آب و ..... است. تغییرات آب و هوایی در فاصله ..... الی ۱۲ کیلومتری از سطح زمین یعنی در لایه ..... اتفاق می‌افتد. هواکره به دلیل داشتن گازهای مختلف فشار دارد که با افزایش ارتفاع به دلیل ..... تعداد مولکول‌های گاز فشار هوا ..... می‌شود.	۱/۵														
۲	هر داده از ستون «آ» با یک عدد از ستون «ب» ارتباط دارد. آن را مشخص کنید.	۱/۵														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>«آ»</th> <th>«ب»</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(۱) حجم مولی گازها</td> <td>الف) ۱۱</td> </tr> <tr> <td>(۲) فشار در فرایند هابر (atm)</td> <td>ب) ۵۰۰</td> </tr> <tr> <td>(۳) درصد اکسیژن در هواکره</td> <td>پ) ۲۲/۴</td> </tr> <tr> <td>(۴) دما در سطح زمین (°C)</td> <td>ت) ۷</td> </tr> <tr> <td>(۵) درصد هلیوم در مخلوط گاز طبیعی</td> <td>ث) ۲۰۰</td> </tr> <tr> <td>(۶) ضخامت هواکره (km)</td> <td>ج) ۲۱</td> </tr> </tbody> </table>	«آ»	«ب»	(۱) حجم مولی گازها	الف) ۱۱	(۲) فشار در فرایند هابر (atm)	ب) ۵۰۰	(۳) درصد اکسیژن در هواکره	پ) ۲۲/۴	(۴) دما در سطح زمین (°C)	ت) ۷	(۵) درصد هلیوم در مخلوط گاز طبیعی	ث) ۲۰۰	(۶) ضخامت هواکره (km)	ج) ۲۱	
«آ»	«ب»															
(۱) حجم مولی گازها	الف) ۱۱															
(۲) فشار در فرایند هابر (atm)	ب) ۵۰۰															
(۳) درصد اکسیژن در هواکره	پ) ۲۲/۴															
(۴) دما در سطح زمین (°C)	ت) ۷															
(۵) درصد هلیوم در مخلوط گاز طبیعی	ث) ۲۰۰															
(۶) ضخامت هواکره (km)	ج) ۲۱															
۳	کدام عبارت درست و کدام نادرست است؟ شکل صحیح جمله‌های نادرست را بنویسید. الف. اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و با تمام عناصرها و مواد واکنش می‌دهد. ب. تمام واکنش‌ها از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند. پ. محلول MgO در آب خاصیت اسیدی دارد.	۱/۵														
۴	به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. الف. در هر شکل، فشار گاز در کدام ظرف بیشتر است؟ چرا؟ ب. شکل زیر چه پدیده‌ای در مورد گازها را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.	۳														
	<p>شکل (۱) دماسنج (۱) دماسنج</p> <p>شکل (۲) دماسنج (۲) دماسنج</p>															
۵	با توجه به واکنش‌های زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. ۱) $N_2 + 3H_2 \xrightarrow{200 \text{ atm}} \dots$ ۲) $N_2O_4 \xrightarrow{\Delta} 2NO_2$ ۳) $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ الف. واکنش (۱) را کامل کنید. ب. علامت $\Delta$ در واکنش (۲) و $200 \text{ atm}$ در واکنش (۱) چه مفهومی دارد؟ پ. واکنش (۳) را موازنه کنید. ت. واکنش (۳) سوختن کامل است یا ناقص؟ چرا؟	۲														

ردیف	سؤالات	نمره
۶	نام یا فرمول شیمیایی ترکیب‌های زیر را بنویسید. الف. $P_2O_5$ ب. $CuBr_2$ پ. گوگرد تری‌اکسید      ت. آهن (III) اکسید	۲
۷	به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. الف. واکنش برگشت‌پذیر را با ذکر مثال تعریف کنید. ب. دوره پیشنهادی شیمی سبز برای محافظت از هواکره را بنویسید. پ. چه رابطه‌ای میان میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی و بالا آمدن سطح آب از دریاهاى آزاد وجود دارد؟ ت. قانون پایستگی جرم را تعریف کنید.	۲/۵
۸	الف. ساختار لوویس مولکول $H_2CO$ و $SO_2$ را رسم کنید. ب. pH محلول گاز $SO_2$ در آب از ۷ کم‌تر است یا بیشتر؟ چرا؟	۱
۹	در هر جمله ویژگی یک گاز آورده شده است. نام یا فرمول شیمیایی گاز مورد نظر را در مقابل هر جمله بنویسید. الف. گازی سمی که میل ترکیبی زیاد با هموگلوبین خون دارد. ( ) ب. از این گاز برای خنک کردن قطعات در دستگاه MRI استفاده می‌شود. ( ) پ. نقش بسیار مهمی در پدیده گلخانه‌ای دارد. ( ) ت. در هوای آلوده و با وجود اکسیدهای نیتروژن تولید می‌شود. ( )	۱
۱۰	الف. کدام نمودار زیر تغییر مقدار اکسیژن از هواکره را با افزایش ارتفاع از سطح زمین نشان می‌دهد؟ توضیح دهید. ب. چرا کوهنوردان به هنگام صعود با خود کپسول اکسیژن حمل می‌کنند؟	۱
		
۱۱	سه بادکنک زیر در دما و فشار ثابت و یکسانی قرار دارند. $H_2 = 2g.mol^{-1}$ , $Ne = 10g.mol^{-1}$ , $CO_2 = 44g.mol^{-1}$  الف. آیا حجم این سه بادکنک یکسان است؟ چرا؟ ب. آیا تعداد ذره‌های گاز در هر سه بادکنک یکسان است؟ توضیح دهید.	۱/۵
۱۲	گاز اتان طبق معادله زیر به طور کامل می‌سوزد. $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ $H_2O = 18g.mol^{-1}$ الف. اگر در این فرایند ۵۰ مول گاز اتان بسوزد، چند مول گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود؟ ب. برای تولید ۱۴/۲ گرم بخار آب به چند لیتر گاز اکسیژن نیاز است؟	۱/۵
۲۰	پرانرژی و پیروز باشید.	

پاسخ نمونه سؤالات امتحانی فصل دوم



۱

زمین - خورشید - ۱۰ - تروپوسفر - کاهش - کم

۲

- ۱. «پ»
- ۲. «ث»
- ۳. «ج»
- ۴. «الف»
- ۵. «ت»
- ۶. «ب»

۳

الف. ناردست؛ اکسیژن گازی واکنش پذیر است و با اغلب عناصرها و مواد واکنش می دهد.

ب. درست

پ. نادرست؛ محلول MgO در آب خاصیت بازی دارد.

۴

الف. شکل (۱): ظرف b: چون دمای گاز بیشتر است و سرعت حرکت مولکولها بیشتر و فشار بیشتر است.

شکل (۲): ظرف d: چون تعداد ذره های گاز بیشتر است و فشار بیشتر است.

ب. با افزایش دمای یک گاز، فاصله میان ذره های گاز بیشتر شده و حجم گاز نیز بیشتر می شود.

۵

الف.  $NH_3$

ب.  $\Delta$  یعنی واکنش دهنده را باید گرم کرد و  $20 \text{ atm}$  نشان دهنده فشار واکنش است.



ت. سوختن کامل، زیرا کربن دی اکسید و بخار آب تولید کرده است اما کربن مونوکسید تولید نشده است.

۶

الف. دی فسفر پنتا اکسید

ب. مس (II) برمید

پ.  $SO_3$

ت.  $Fe_2O_3$

۷

الف. به واکنشی مانند تبدیل اوزون به اکسیژن که در آن هم واکنش دهنده ها به فراورده ها و هم فراورده ها به واکنش دهنده ها تبدیل می شود، واکنش برگشت پذیر گفته می شود.

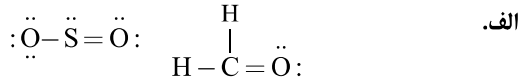
ب. ۱- کربن دی اکسید

۲- تولید پلاستیک های زیست تخریب پذیر

پ. با افزایش استفاده از سوخت های فسیلی، گاز کربن دی اکسید بیشتری تولید شده و دمای هوا کره افزایش می یابد و این امر باعث ذوب شدن برف و یخچال های قطبی شده و سطح آب دریاها بالا می آید.

ت. مجموع جرم مواد پیش از واکنش با مجموع جرم مواد پس از واکنش برابر است.

۸



ب. کم تر از ۷ است، زیرا  $SO_2$  یک اکسید نافلز است و محلول اکسیدهای نافلز خاصیت اسیدی دارد.

۹

الف. کربن مونوکسید

ب. هلیوم

پ. کربن دی اکسید

ت. اوزون

۱۰

الف. نمودار (۱)، با افزایش ارتفاع، هوا رقیق تر شده و مقدار کل گازهای هوا کره و در نتیجه مقدار گاز اکسیژن نیز کم می شود.

ب. در ارتفاع، اکسیژن کافی برای تنفس وجود ندارد. کوهنوردان برای

جلوگیری از آسیب دیدن و داشتن اکسیژن لازم، کپسول اکسیژن حمل می کنند.

۱۱

الف. بله، زیرا مول گازها با هم یکسان و  $0.5$  مول است.

ب. بله، زیرا طبق قانون آووگادرو، تعداد مول برابر از گازها در شرایط یکسان، تعداد ذره های یکسان دارند.

۱۲

الف.

$$50 \text{ mol } C_7H_8 \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_7H_8} = 100 \text{ mol } CO_2$$

ب.

$$\frac{14/2 \text{ g } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} \times \frac{7 \text{ mol } O_2}{6 \text{ mol } H_2O} \times \frac{22/4 \text{ LO}_2}{1 \text{ mol } O_2} = 20.7 \text{ LO}_2$$