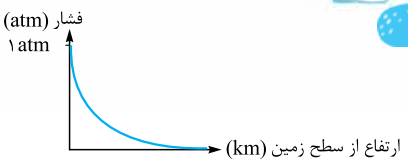
ردّپای گازها در زندگی

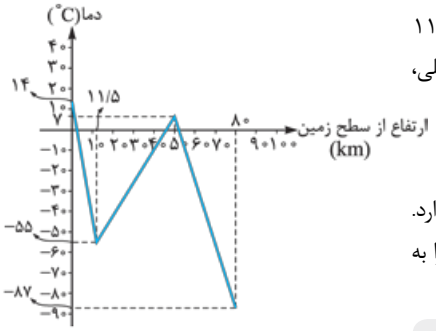
فصل ۲

تغییر دما و فشار با ارتفاع در هواکره



با افزایش ارتفاع از سطح زمین، فشار هوا، همواره کاهش می‌یابد.

نمودار روبه‌رو تغییر فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح زمین را نشان می‌دهد.



ولی تغییرات دما با افزایش ارتفاع، روند منظمی ندارد. با افزایش ارتفاع در لایهٔ تروپوسفر (یعنی تا ارتفاع حدود ۱۱/۵ کیلومتری) دما کاهش می‌یابد، ولی افزایش ارتفاع در لایهٔ دوم (استراتوسفر) با افزایش دما همراه است. به طور کلی، تغییر دما برحسب ارتفاع از سطح زمین به صورت نمودار روبه‌رو است:

کلوین

ما معمولاً دما را برحسب درجهٔ سلسیوس بیان می‌کنیم، ولی دما یک واحد اندازه‌گیری دیگری هم به نام کلوین دارد. جناب ویلیام تامسون *که بهش می‌گفتن* لرد کلوین، رابطهٔ بین دما برحسب کلوین و دما برحسب درجهٔ سلسیوس را به صورت زیر بیان کرد:

$$\text{دما برحسب کلوین (K)} = \text{دما برحسب درجهٔ سلسیوس (°C)} + ۲۷۳ \quad \Rightarrow T(K) = \theta(^\circ C) + ۲۷۳$$

مثال دمای ۲۵ °C برحسب کلوین برابر است با:

$$T(K) = \theta(^\circ C) + ۲۷۳ = ۲۵ + ۲۷۳ = ۲۹۸\ K$$

یا دمای ۲۱۸ کلوین، برحسب درجهٔ سلسیوس، برابر است با:

$$T(K) = \theta(^\circ C) + ۲۷۳ \Rightarrow ۲۱۸ = \theta(^\circ C) + ۲۷۳ \Rightarrow \theta(^\circ C) = -۵۵\ ^\circ C$$

رابطهٔ بین درجهٔ سلسیوس و کلوین

در بعضی سؤال‌ها طراح محترم، از رابطهٔ بین دمای کلوین و دمای درجهٔ سلسیوس *سوءاستفاده* می‌کند و سؤال‌هایی مطرح می‌کند. با استفاده از دو نکتهٔ بعدی، خیلی راحت می‌توانیم این سؤال‌ها رو حل می‌کنیم.

نکته تغییرات دما برحسب کلوین (ΔT)، با تغییرات دما برحسب درجهٔ سلسیوس $(\Delta\theta)$، با هم برابر است.[۱] *یعنی اگه تو سؤال دیدیم که دما ۵۰ °C افزایش پیدا کرده، می‌تونیم فرض کنیم که ۵۰ K زیاد شده.*

$$\Delta T = \Delta\theta$$

نکته در بعضی سؤال‌ها درصد تغییرات دما را می‌دهند یا حتی مقدار آن را می‌خواهند؛ درصد تغییرات دما برابر است با: $\frac{\text{تغییر دما}}{\text{دمای اولیه}} \times ۱۰۰$. *اما بدانید و آگاه باشید که* درصد تغییر دما در مقیاس‌های مختلف متفاوت است؛ یعنی:

$$\text{درصد تغییر دما در مقیاس درجهٔ سلسیوس} = \frac{\Delta\theta}{\theta_۱} \times ۱۰۰ \quad , \quad \text{درصد تغییر دما در مقیاس کلوین} = \frac{\Delta T}{T_۱} \times ۱۰۰$$

تست **دمای یک گاز $-۳\ ^\circ C$ است. اگر دمای آن را $۳۰\ ^\circ C$ کاهش دهیم، دمای آن در مقیاس کلوین چند درصد کاهش یافته است؟**

۱) ۱۲/۵ ۲) ۱۱/۱ ۳) ۲۵ ۴) ۲۲/۲

پاسخ اولین قدم محاسبهٔ دمای اولیه، برحسب کلوین است.

$$T_۱ = \theta_۱ + ۲۷۳ = (-۳) + ۲۷۳ = ۲۷۰\ K$$

می‌دانیم که تغییر دما برحسب درجهٔ سلسیوس، با تغییر دما برحسب کلوین برابر است.

$$\Delta T = \Delta\theta = -۳۰\ K$$

بنابراین درصد تغییر دما در مقیاس کلوین، برابر است با:

$$\text{درصد تغییر دما در مقیاس کلوین} = \frac{\Delta T}{T_۱} \times ۱۰۰ = \frac{-۳۰}{۲۷۰} \times ۱۰۰ = -\left(\frac{۱}{۹}\right) \times ۱۰۰ = -٪۱۱/۱$$

هواسمون هست که عدد منفی، نشان‌دهندهٔ کاهش دما است.

گزینهٔ (۲) صحیح است.

۱- *اثباتش هم کاری نداره!*

$$\Delta T = T_۲ - T_۱ = (\theta_۲ + ۲۷۳) - (\theta_۱ + ۲۷۳) = \theta_۲ + ۲۷۳ - \theta_۱ - ۲۷۳ = \theta_۲ - \theta_۱ = \Delta\theta$$

تغییر دما با ارتفاع ۲۳

در لایهٔ تروپوسفر، یعنی همین لایه‌ای که ما در آن زندگی می‌کنیم، با افزایش ارتفاع، دما کاهش می‌یابد. طبق تحقیقات به‌عمل‌آمده: «در لایهٔ تروپوسفر، به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، دمای هوا حدود $6\ ^\circ C$ کاهش می‌یابد.»؛ یعنی:

تغییر دما $\cong (-6\ ^\circ C)$ افزایش ارتفاع $1\ km$

تست **اگر دمای هوا در قلهٔ کوه دنا در مقیاس کلوین، ۹ درصد کم‌تر از سطح زمین باشد، به ترتیب از راست به چپ ارتفاع کوه دنا چند متر بوده و دما در قلهٔ آن، حدود چند درجهٔ سلسیوس است؟ (دمای سطح زمین را $15\ ^\circ C$ در نظر بگیرید.)**

۱) -11_4095 ۲) -9_4095 ۳) -9_4320 ۴) -11_4320

پاسخ اول دمای سطح زمین را برحسب کلوین حساب می‌کنیم:

$$T_1(K)=\theta(^\circ C)+273=15+273=288\ K$$

بعد با استفاده از درصد تغییر دما، ΔT را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد تغییر دما در مقیاس کلوین}=\frac{\Delta T}{T_1}\times 100 \Rightarrow -9=\frac{\Delta T}{288}\times 100 \Rightarrow (I)\ \Delta T=\frac{-288\times 9}{100}K$$

از آن‌جا که تغییر دما در مقیاس کلوین و درجهٔ سلسیوس برابر است، داریم:

$$\Delta\theta=\Delta T=\frac{-288\times \overbrace{9}^{(10-1)}}{100}\ ^\circ C=-\frac{2880-288}{100}=-25/92\ ^\circ C \Rightarrow \theta_2-15=-25/92 \Rightarrow \theta_2=-10/92\simeq -11\ ^\circ C$$

در نهایت با توجه به رابطهٔ (I) و این‌که هر ۱ کیلومتر افزایش ارتفاع، باعث $-6\ ^\circ C$ تغییر دما می‌شود، ارتفاع قلهٔ کوه دنا، برحسب متر برابر خواهد بود با:

$$\frac{288\times 9}{100}\ ^\circ C\times\frac{1\ km}{-6\ ^\circ C}\times\frac{1000\ m}{1\ km}=\frac{288\times 9\times 10}{6}=144\times 3\times 10=4320\ m$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

درصد حجمی گازها

هوا از گازهای مختلفی تشکیل شده است. برای بیان نسبت گازهای تشکیل‌دهندهٔ هوا از مفهومی به نام درصد حجمی استفاده می‌کنیم.

«درصد حجمی یک گاز، برابر حجم گاز در هر ۱۰۰ واحد از حجم مخلوط گازی است.»

مثال اگر درصد حجمی گاز N_2 در هوا ۷۸٪ باشد، یعنی در هر ۱۰۰ لیتر هوا، ۷۸ لیتر N_2 وجود دارد. $100\ L\ هوا \cong 78\ L\ N_2$

درصد حجمی گاز A در یک مخلوط گازی، از رابطهٔ مقابل محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد حجمی گاز A}=\frac{\text{حجم گاز A}}{\text{حجم مخلوط گازی}}\times 100$$

نکته در عبارت درصد حجمی، حجم گاز A و حجم مخلوط گازی، هر دو باید برحسب یک واحد باشند؛ مثلاً هر دو باید برحسب لیتر یا برحسب میلی‌لیتر باشند.

مثال اگر در ۲۰۰ لیتر هوا، ۷۷ میلی‌لیتر CO_2 داشته باشیم، درصد حجمی گاز CO_2 به صورت زیر محاسبه می‌شود:

اول حجم CO_2 را برحسب لیتر، حساب می‌کنیم:

$$77\ mL\ CO_2\times\frac{1\ L}{1000\ mL}=77\times 10^{-3}\ L\ CO_2$$

$$\text{درصد حجمی } CO_2=\frac{\text{حجم گاز } CO_2}{\text{حجم مخلوط گازی}}\times 100=\frac{77\times 10^{-3}\ L}{200\ L}\times 100=38/5\times 10^{-3}=\%(0/0385)$$

تست **چنان‌چه به طور میانگین یک فرد عادی در هر دقیقه ۱۲ بار تنفس کند و هر بار ۰/۵ لیتر هوا وارد شش‌های خود کند و هوای دم شامل ۲۱٪ اکسیژن و هوای بازدم شامل ۱۴/۵٪ اکسیژن باشد، چند لیتر گاز اکسیژن در شبانه‌روز مصرف می‌کند؟**

۱) ۵۶۱/۶ ۲) ۱۱۲۳/۲ ۳) ۵۹۲/۴ ۴) ۱۲۵۲/۸

پاسخ درصد اکسیژن مصرف‌شده برابر تفاوت درصد اکسیژن در هوای دم و هوای بازدم است. یعنی در هر دم و بازدم ۶/۵٪ اکسیژن مصرف می‌کند $(21-14/5=6/5)$؛ پس به ازای هر ۱۰۰ لیتر هوای دم و بازدم، ۶/۵ لیتر اکسیژن مصرف می‌کنیم: $100\ L\ هوا \cong 6/5\ L\ O_2$ (مصرفی)

حجم کل اکسیژن مصرفی در شبانه‌روز برابر است با:

$$\Rightarrow (1)\ \underbrace{585}_{\text{کمی کم‌تر از 585}}\downarrow=9\times 65\downarrow=\overset{3}{\cancel{60}}\times 3\times\frac{1}{\cancel{2}}\times\frac{65}{\cancel{10}}\downarrow \Leftarrow \overbrace{\frac{\sim 25\downarrow}{24}}^{\text{ساعت}}\times\overbrace{\frac{60}{\cancel{60}}}^{\text{دقیقه}}\times\overbrace{\frac{\overset{3}{\cancel{12}}}{\cancel{1}}}^{\text{تنفس}}\times 0/5\ L\ هوا\times\frac{6/5\ L\ O_2(\text{مصرفی})}{\underset{4}{\cancel{100}}\ L\ هوا}$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

واکنش‌های شیمیایی و قانون بقای جرم

در واکنش‌های شیمیایی، هر مقدار (برحسب گرم) واکنش‌دهنده در واکنش شرکت کند، همان‌قدر (برحسب گرم) فراورده خواهیم داشت. به بیان دقیق‌تر، همهٔ واکنش‌های شیمیایی از قانون بقای جرم پیروی می‌کنند؛ بنابراین «در واکنش‌های شیمیایی، جرم کل مواد موجود در واکنش، ثابت است.»

قانون بقای جرم ۱۳

در بعضی از سؤال‌ها جرم مواد موجود در واکنش را به ما می‌دهند و جرم یکی از ماده‌ها را از ما می‌خواهند. یک راه‌حل این سؤال‌ها استفاده از قانون بقای جرم است.[۱] طبق قانون بقای جرم، می‌توانیم بگوییم: «در واکنش‌های شیمیایی، مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها با مجموع جرم فراورده‌ها، برابر است.»

۱- این دسته از سؤال‌ها *رو می‌شه* از روش‌های استوکیومتری که جلوتر باهاش *آشنا می‌شین* هم حل کرد.

تست ۳/۶ گرم کربن در واکنش سوختن ناقص با مقداری اکسیژن، به طور کامل به کربن مونوکسید تبدیل می‌شود. اگر ۷۰ درصد کربن مونوکسید حاصل در واکنش با ۳/۳۶ گرم اکسیژن دیگر، ۹/۲۴ گرم کربن دی‌اکسید تولید کند، جرم اکسیژن مصرف‌شده در واکنش اول، چند گرم است؟

۱) ۵/۸۸ ۲) ۴/۸ ۳) ۸/۴ ۴) ۰/۵۱۶

پاسخ **اول** محاسبهٔ جرم کربن مونوکسید در واکنش دوم است. کربن دی‌اکسید ← اکسیژن + کربن مونوکسید (۲)

با توجه به قانون بقای جرم: $m_{CO} + m_{O_2} = m_{CO_2} \Rightarrow m_{CO} + ۳/۳۶ = ۹/۲۴ \Rightarrow m_{CO_{(۲)\text{واکنش}}} = ۵/۸۸\ g$

دوم این مقدار، ۷۰ درصد کل کربن مونوکسید تولیدشده، در واکنش اول است؛ پس در باید جرم CO تولیدشده در واکنش اول را حساب کنیم:

$$m_{CO_{(۱)\text{واکنش}}} = \frac{۱۰}{۷} m_{CO_{(۲)\text{واکنش}}} = \frac{۱۰}{۷} \times ۵/۸۸ = \frac{۵۸/۸}{۷} = \frac{۵۶ + ۲/۸}{۷} = ۸/۴\ g$$

(۸ ، ۰/۴)

سوم در با توجه به قانون بقای جرم در واکنش اول، جرم اکسیژن مصرف‌شده به دست می‌آید. کربن مونوکسید ← اکسیژن + کربن (۱)

$$m_C + m_{O_2} = m_{CO} \Rightarrow ۳/۶ + m_{O_2} = ۸/۴ \Rightarrow m_{O_{۲(۱)\text{واکنش}}} = ۴/۸\ g$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

موازنه کردن معادلهٔ یک واکنش شیمیایی[۱]

در واکنش‌های شیمیایی هیچ اتمی از بین نمی‌رود و هیچ اتمی هم به وجود نمی‌آید؛ یعنی اتم‌های موجود در واکنش‌دهنده‌ها فقط تغییر آرایش می‌دهند و فراورده‌ها را تولید می‌کنند.

جملهٔ بالا بیانی از قانون بقای جرم است. برای این‌که قانون بقای جرم در معادله‌های شیمیایی برقرار باشد، باید واکنش‌های شیمیایی را موازنه کنیم؛ یعنی تعداد اتم‌های هر عنصر را در دو طرف معادله، برابر کنیم.

مثلاً اگر معادلهٔ سوختن متان را به صورت روبه‌رو بنویسیم: $CH_4(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$

در این معادله، قانون بقای جرم برقرار نیست. چون در سمت چپ، ۴ اتم H داریم، ولی در سمت راست، ۲ اتم H؛ یا در سمت چپ، ۲ اتم O داریم و در سمت راست، ۳ اتم O.

برای موازنه‌کردن معادلهٔ یک واکنش شیمیایی، یک سری عدد سمت چپ هر فرمول قرار می‌دهیم تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف معادله‌ها برابر شود. به این عددها می‌گوییم **ضریب‌های استوکیومتری**.

طبق قرارداد، هر یک از ضریب‌های استوکیومتری، باید کوچک‌ترین اعداد طبیعی ممکن باشند؛ یعنی همهٔ ضرایب نباید هم‌زمان به عدد خاصی قابل تقسیم باشند و هم‌چنین ضرایب نباید کسری باشند.

موازنه به روش وارَسی[۲]

برای موازنهٔ واکنش، به ترتیب تعداد هر یک از اتم‌ها را در دو طرف واکنش، برابر می‌کنیم. برای این کار، اول معادلهٔ واکنش را می‌نویسیم و قبل از هر ماده یک خط‌تیره می‌گذاریم. این کار کمک می‌کند که بدانیم اولاً کدام ماده‌ها ضریب ندارند و دوماً برای ماده‌ای که ضریب ندارد، *اشتباهی* ضریب ۱ فرض نکنیم.

قدم اول: انتخاب عنصر شروع‌کننده

عنصر شروع‌کننده، عنصری است که در هر سمت معادله فقط در ساختار یک ماده **ضریب نداشته باشد**؛ مثلاً در واکنش زیر، عنصر H، عنصر شروع‌کننده است.

$$__ H_2O_2(aq) \rightarrow __ H_2O(l) + __ O_2(g)$$

اگر در یک معادله، دو یا چند عنصر شروع‌کننده داشتیم، عنصری را به عنوان شروع‌کننده انتخاب می‌کنیم که در ماده‌های پیچیده‌تر حضور دارد. *در این‌جا منظورمون* از مادهٔ پیچیده‌تر، ماده‌ای است که در اولویت اول، نوع اتم‌هایش و در اولویت دوم، تعداد اتم‌هایش بیشتر باشد.

ترتیب پیچیدگی چند ماده	HCN >	Fe_2O_3 >	S_8 >	Cl_2
اولویت اول	۳ نوع	۲ نوع	۱ نوع	۱ نوع
اولویت دوم	۳ اتم	۵ اتم	۸ اتم	۲ اتم

پس بهتر است که اول در ماده‌های پیچیده‌تر دنبال عنصر شروع‌کننده بگردیم.

مثال در واکنش زیر، عنصرهای Cr، N و H می‌توانند شروع‌کننده باشند؛ ولی عنصر Cr عنصر شروع‌کننده است.

$$__ (NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow __ Cr_2O_3 + __ N_2 + __ H_2O$$

عنصر Cr در ماده‌های $(NH_4)_2Cr_2O_7$ و Cr_2O_3 حضور دارد، عنصر N در ماده‌های $(NH_4)_2Cr_2O_7$ و N_2 وجود دارد و عنصر H در ماده‌های $(NH_4)_2Cr_2O_7$ و H_2O است. از آن‌جا که مادهٔ $(NH_4)_2Cr_2O_7$ در آن‌ها مشترک است، با تعیین پیچیدگی بین Cr_2O_3، N_2 و H_2O، می‌توانیم بفهمیم که عنصر شروع‌کننده Cr است.

مقایسهٔ پیچیدگی: $Cr_2O_3 > H_2O > N_2$

اگر پیچیدگی ماده‌ها یکسان بود، از هر عنصری که دوست داشتید، موازنه را شروع کنید.

۱- با توجه به این‌که در کنکورهای اخیر تست موازنه رؤیت شده و کلاً معادلهٔ واکنش‌ها رو در تست‌ها موازنه‌نشده *سِرِوِ می‌کنن*، بر شما واجب است که خیلی خوب موازنه‌کردن رو یاد بگیرید!

۲- *فیلی به اسمش کاری نداشته باشید. وارَسی یعنی موازنهٔ هر عنصر رو دونه‌دونه بررسی کنیم.*

قدم دوم: انتخاب عنصر ادامه‌دهنده

موازنه را با عنصری ادامه می‌دهیم که فقط در ساختار ۱ ماده **ضریب نداشته باشد**؛ *یعنی فقط تو یه ماده فط تیرهٔ پشتش خالی باشه!*

دقت کنید که شرط عنصر شروع‌کننده این بود که فقط در ۲ ماده **ضریب نداشته باشد** (در هر سمت در یک ماده)، ولی شرط عنصر ادامه‌دهنده این است که فقط در ۱ ماده، **ضریب نداشته باشد**.

برای پیداکردن سریع عنصر ادامه‌دهنده، عنصرهایی را بررسی کنید که کنار عنصر شروع‌کننده در یک ماده بودند.

مثال برای انتخاب عنصر ادامه‌دهنده در واکنش زیر، دیگر دنبال بررسی Cl نروید. عنصر شروع‌کننده، H است، چون فقط در ماده‌های NaOH و H_2O ضریب ندارد.

$$—NaOH + —Cl_2 \rightarrow —NaCl + —NaClO_3 + —H_2O$$

برای موازنهٔ H کافی است به NaOH ضریب ۲ و به H_2O ضریب ۱ بدهیم:

$$۲NaOH + —Cl_2 \rightarrow —NaCl + —NaClO_3 + ۱H_2O$$

عنصر ادامه‌دهنده O است؛ چون فقط در مادهٔ $NaClO_3$ ضریب ندارد. *همین‌طوری که می‌بینید مثلاً* Na *ادامه‌دهنده نیست، چون در دو یا ضریب ندارد* (—NaCl و $—NaClO_3$).

وقتی یک عنصر را موازنه می‌کنیم، فقط و فقط به همان عنصر نگاه می‌کنیم و به بقیهٔ عنصرهای اطرافش در ماده، *اصلاً و ابداً* کاری نداریم. وقتی نوبت به آن‌ها رسید، آن‌ها را بررسی می‌کنیم. قدم دوم را آن‌قدر ادامه می‌دهیم *تا!!!!* همهٔ ماده‌ها ضریب بگیرند.

هنگام انتخاب عنصر ادامه‌دهنده، لزومی ندارد پیچیدگی ماده‌ها را بررسی کنیم؛ هر ادامه‌دهنده‌ای که پیدا کردیم موازنه را با آن ادامه می‌دهیم.

مثال بیایید با هم واکنش مقابل را موازنه کنیم:

$$—KBr + —KBrO_3 + —HCl \rightarrow —Br_2 + —KCl + —H_2O$$

در گام اول، قبل از هر ماده یک خط‌تیره می‌گذاریم. عنصرهای واجد شرایط شروع‌کننده، H، O و Cl هستند، از آن‌جا که O در ماده‌های پیچیده‌تری ($KBrO_3$ و H_2O) حضور دارد، O عنصر شروع‌کننده است. برای موازنهٔ O، به $KBrO_3$ ضریب ۱ و به H_2O ضریب ۳ می‌دهیم:

$$—KBr + ۱KBrO_3 + —HCl \rightarrow —Br_2 + —KCl + ۳H_2O$$

عنصر ادامه‌دهنده، H است، چون فقط در مادهٔ HCl ضریب ندارد. الآن سمت راست ۶تا H داریم، پس برای موازنهٔ H، به HCl ضریب ۶ می‌دهیم:

$$—KBr + ۱KBrO_3 + ۶HCl \rightarrow —Br_2 + —KCl + ۳H_2O$$

عنصر ادامه‌دهنده، Cl است که در KCl ضریب ندارد. به KCl ضریب ۶ می‌دهیم:

$$—KBr + ۱KBrO_3 + ۶HCl \rightarrow —Br_2 + ۶KCl + ۳H_2O$$

عنصر ادامه‌دهنده، K است، الآن در سمت راست ۶تا K داریم و در سمت چپ هم فعلاً ۱ اتم K داریم، پس به KBr ضریب ۵ می‌دهیم:

$$۵KBr + ۱KBrO_3 + ۶HCl \rightarrow —Br_2 + ۶KCl + ۳H_2O$$

الآن که دیگه معلومه عنصر ادامه‌دهنده، Br است. در سمت چپ کلاً ۶ اتم Br داریم (۵تا در ۵KBr و یکی در $۱KBrO_3$). پس به Br_2 ضریب ۳ می‌دهیم:

$$۵KBr + ۱KBrO_3 + ۶HCl \rightarrow ۳Br_2 + ۶KCl + ۳H_2O$$

هنگام تعیین ضریب‌ها، ممکن است ضریب ماده‌ای کسری ($\frac{۱}{۲}$ ، $\frac{۱}{۳}$ یا ...) شود. وقتی به ضریب کسری رسیدیم، *فیلی سریع و درها*، همهٔ ضریب‌های معلوم‌شده را در مخرج کسر ضرب می‌کنیم، *تا از شرِ ضریب کسری فلاص شویم*.

تست **مجموع ضریب‌های استوکیومتری فراورده‌ها در معادلهٔ واکنش: $C_2H_5NH_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + N_2$، پس از موازنه، کدام است؟**

۱) ۲۳ ۲) ۲۴ ۳) ۱۵ ۴) ۱۲ (سراسری ریاضی ۹۷)

پاسخ در گام اول، قبل از هر ماده یک خط‌تیره می‌گذاریم. عنصر شروع‌کننده می‌تواند C، H یا N باشد، ولی C و H در ساختارهای پیچیده‌تری حضور دارند (CO_2 ، H_2O). از آن‌جا که پیچیدگی CO_2 و H_2O تفاوتی ندارد، پس فرقی نمی‌کند که موازنه را از C شروع کنیم یا از H. ما موازنه را با C شروع می‌کنیم.

برای موازنهٔ C، به $C_2H_5NH_2$، ضریب ۱ و به CO_2 ضریب ۲ می‌دهیم:

$$۱C_2H_5NH_2 + —O_2 \rightarrow ۲CO_2 + —H_2O + —N_2$$

عنصر ادامه‌دهنده، می‌تواند H یا N باشد. موازنه را با H ادامه می‌دهیم. در سمت چپ ۷ اتم H داریم ($C_2\mathbf{H_5}N\mathbf{H_2}$)، پس باید به H_2O ضریب $\frac{۷}{۲}$ بدهیم:

$$۱C_2H_5NH_2 + —O_2 \rightarrow ۲CO_2 + \frac{۷}{۲}H_2O + —N_2$$

ضریب کسری! درجا همهٔ ضرایب معلوم‌شده را در ۲ ضرب می‌کنیم:

$$۲C_2H_5NH_2 + —O_2 \rightarrow ۴CO_2 + ۷H_2O + —N_2$$

عنصر ادامه‌دهنده، می‌تواند N یا O باشد؛ در این‌جا با N ادامه می‌دهیم و به N_2 ضریب ۱ می‌دهیم:

$$۲C_2H_5NH_2 + —O_2 \rightarrow ۴CO_2 + ۷H_2O + ۱N_2$$

عنصر ادامه‌دهنده، O است. در سمت راست کلاً ۱۵ اتم O داریم (۸تا در $۴CO_2$ و ۷تا در $۷H_2O$)، پس به O_2 ضریب $\frac{۱۵}{۲}$ می‌دهیم:

$$۲C_2H_5NH_2 + \frac{۱۵}{۲}O_2 \rightarrow ۴CO_2 + ۷H_2O + ۱N_2$$

ضریب کسری! درجا همهٔ ضرایب معلوم‌شده را در ۲ ضرب می‌کنیم:

$$۴C_2H_5NH_2 + ۱۵O_2 \rightarrow ۸CO_2 + ۱۴H_2O + ۲N_2$$

بنابراین، مجموع ضریب‌های استوکیومتری فراورده‌ها ۲۴ است (۲۴ = ۲ + ۱۴ + ۸).

گزینهٔ (۲) صحیح است.

موازنه‌های سخت‌تر

در بعضی از معادله‌ها، ممکن است عنصر ادامه‌دهنده پیدا نکنیم. برای موازنهٔ این نوع معادله‌ها، می‌توانیم از روش مجهول‌گیری استفاده کنیم:

مثال بیایید واکنش روبه‌رو را با هم موازنه کنیم: $\text{—}\,SCl_2 + \text{—}\,NaF \rightarrow \text{—}\,SF_4 + \text{—}\,S_2Cl_2 + \text{—}\,NaCl$

عنصر شروع‌کننده، فلوئور (F) است: $\text{—}\,SCl_2 + 4NaF \rightarrow 1SF_4 + \text{—}\,S_2Cl_2 + \text{—}\,NaCl$

عنصر ادامه‌دهنده، سدیم (Na) است: $\text{—}\,SCl_2 + 4NaF \rightarrow 1SF_4 + \text{—}\,S_2Cl_2 + 4NaCl$

همان‌طور که می‌بینید! عنصر ادامه‌دهنده نداریم. گوگرد (S) در دو جا ضریب ندارد (SCl_2 , S_2Cl_2)، کلر (Cl) هم دو جا ضریب ندارد (S_2Cl_2 , SCl_2). *حالا چه کنیم؟!*

می‌توانیم از الگوی زیر استفاده می‌کنیم:

اگر عنصر ادامه‌دهنده پیدا نکردی ← عنصری که دو جا ضریب ندارد (مثل S) را در نظر بگیر ← ضریب یکی از دو جا را مجهول x بگیر (*x یه عدد یه که بعداً به درست میاد.*) ← موازنه را مثل قبل ادامه بده ← در نهایت همهٔ ماده‌ها ضریب خواهند داشت (ضریب بعضی‌ها برحسب x است) ← هم‌چنان یک عنصر موازنه‌نشده باقی مانده است. ← موازنهٔ آن عنصر معادله‌ای برحسب x می‌دهد ← x محاسبه می‌شود. ✓

در این مثال عنصر ادامه‌دهنده نداریم. با در نظر گرفتن عنصر گوگرد (S)، ضریب یکی از دو ترکیبش مثلاً S_2Cl_2، را x در نظر می‌گیریم (الان S_2Cl_2 ضریب دارد؛ ضریب x!)

$$?SCl_2 + 4NaF \rightarrow 1SF_4 + xS_2Cl_2 + 4NaCl$$

حالا عنصر ادامه‌دهنده S است، S را موازنه می‌کنیم تا ضریب SCl_2 محاسبه شود:

$$\overbrace{?}^{?SCl_2}\times 1 = \overbrace{1}^{1SF_4}\times 1 + \overbrace{x}^{xS_2Cl_2}\times 2 \rightarrow ? = 2x + 1$$

$$(2x+1)SCl_2 + 4NaF \rightarrow 1SF_4 + xS_2Cl_2 + 4NaCl$$

حالا همهٔ ماده‌ها ضریب دارند (بعضی‌ها برحسب x) ولی هنوز موازنهٔ عنصر Cl باقی‌مانده است.

موازنهٔ Cl یک معادله برحسب x به ما می‌دهد که می‌توانیم x را حساب کنیم.

موازنهٔ Cl: $\overbrace{(2x+1)SCl_2}^{(2x+1)SCl_2}\times 2 = \overbrace{x}^{x\,SCl_2}\times 2 + \overbrace{4}^{4NaCl}\times 1 \Rightarrow 4x + 2 = 2x + 4 \Rightarrow 2x = 2 \Rightarrow x = 1$

بنابراین در نهایت معادلهٔ موازنه‌شده به صورت مقابل خواهد بود: $3SCl_2 + 4NaF \rightarrow 1SF_4 + 1S_2Cl_2 + 4NaCl$

تست **در معادلهٔ واکنش زیر، پس از موازنه، نسبت مجموع ضرایب فراورده‌ها به واکنش‌دهنده‌ها کدام است؟**

$$FeBr_3 + CO + H_2O \rightarrow FeBr_2 + H_2CO_3 + HBr$$

۱) ۰/۸ ۲) ۱ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۲۵

پاسخ عنصر شروع‌کننده C است: $\text{—}\,FeBr_3 + 1CO + \text{—}\,H_2O \rightarrow \text{—}\,FeBr_2 + 1H_2CO_3 + \text{—}\,HBr$

عنصر ادامه‌دهنده O است: $\text{—}\,FeBr_3 + 1CO + 2H_2O \rightarrow \text{—}\,FeBr_2 + 1H_2CO_3 + \text{—}\,HBr$

عنصر ادامه‌دهنده H است: $\text{—}\,FeBr_3 + 1CO + 2H_2O \rightarrow \text{—}\,FeBr_2 + 1H_2CO_3 + 2HBr$

حالا ادامه‌دهنده نداریم، با در نظر گرفتن عنصر Fe، یکی از ضرایب $FeBr_3$ یا $FeBr_2$ را x می‌گیریم (مثلاً $FeBr_3$).

$$xFeBr_3 + 1CO + 2H_2O \rightarrow ?FeBr_2 + 1H_2CO_3 + 2HBr$$

بنابراین عنصر ادامه‌دهنده Fe است.

$$\overbrace{x}^{x\,FeBr_3}\times 1 = \overbrace{?}^{?FeBr_2}\times 1 \Rightarrow ? = x$$

$$xFeBr_3 + 1CO + 2H_2O \rightarrow xFeBr_2 + 1H_2CO_3 + 2HBr$$

حالا همهٔ ماده‌ها ضریب دارند (بعضی‌ها برحسب x). با موازنهٔ عنصر Br، یک معادله برحسب x به دست می‌آید:

موازنهٔ Br: $\overbrace{x}^{xFeBr_3}\times 3 = \overbrace{x}^{xFeBr_2}\times 2 + \overbrace{2}^{2HBr}\times 1 \Rightarrow 3x = 2x + 2 \Rightarrow x = 2$

$$2FeBr_3 + 1CO + 2H_2O \rightarrow 2FeBr_2 + 1H_2CO_3 + 2HBr$$

بنابراین: $\dfrac{\text{مجموع ضرایب فراورده‌ها}}{\text{مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها}} = \dfrac{5}{5} = 1$,

گزینهٔ (۲) صحیح است.

تست **پس از موازنهٔ معادلهٔ واکنش‌های زیر، تفاوت مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در آن‌ها، کدام است؟**

a) $I_2(s) + HNO_3(aq) \rightarrow HIO_3(aq) + NO_2(g) + H_2O(l)$

b) $As_2S_3(s) + HNO_3(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3AsO_4(aq) + NO(g) + H_2SO_4(aq)$

۱) ۶ ۲) ۲۴ ۳) ۴۹ ۴) ۵۱

پاسخ موازنهٔ واکنش a: عنصر شروع‌کننده N است: $\text{—}\,I_2(s) + 1HNO_3(aq) \rightarrow \text{—}\,HIO_3(aq) + 1NO_2(g) + \text{—}\,H_2O(l)$

حالا عنصر ادامه‌دهنده نداریم. با در نظر گرفتن عنصر I، برای I_2، ضریب x در نظر می‌گیریم:

عنصر ادامه‌دهنده I است، پس ضریب HIO_3 می‌شود 2x. $xI_2(s) + 1HNO_3(aq) \rightarrow 2x\,HIO_3(aq) + 1NO_2(g) + \text{—}\,H_2O(l)$

عنصر ادامه‌دهنده را O می‌گیریم: $xI_2(s) + 1HNO_3(aq) \rightarrow 2x\,HIO_3(aq) + 1NO_2(g) + ?H_2O(l)$

$$O: \overbrace{1\times3}^{1HNO_3} = \overbrace{2x\times3}^{2x\ HIO_3} + \overbrace{1\times2}^{1NO_2} + \overbrace{?\times1}^{?H_2O} \Rightarrow 3 = 6x + 2 + ? \Rightarrow ? = 1 - 6x$$

حالا همهٔ مادهها ضریب دارند، بعضیها برحسب x، ولی هنوز عنصر H موازنه نشده است، موازنهٔ عنصر H معادلهای برحسب x به ما میدهد:

$$x\,I_2(s) + 1HNO_3(aq) \rightarrow 2x\,HIO_3(aq) + 1NO_2(g) + (1-6x)H_2O(l)$$

$$H: 1\times1 = 2x\times1 + (1-6x)\times2 \Rightarrow 1 = 2x + 2 - 12x \Rightarrow 10x = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{10}I_2(s) + 1\,HNO_3(aq) \rightarrow \frac{2}{10}HIO_3(aq) + 1NO_2(g) + \frac{4}{10}H_2O(l)$$

حالا همهٔ ضرایب را در ۱۰ ضرب میکنیم:

$$1I_2(s) + 10HNO_3(aq) \rightarrow 2HIO_3(aq) + 10NO_2(g) + 4H_2O(l) \Rightarrow \text{مجموع ضریبهای استوکیومتری} = 27$$

موازنهٔ واکنش b:

عنصر شروعکننده As است. $1As_2S_3(s) + -- HNO_3(aq) + -- H_2O(l) \rightarrow 2H_3AsO_4(aq) + -- NO(g) + -- H_2SO_4(aq)$

عنصر ادامهدهنده S است: $1As_2S_3(s) + -- HNO_3(aq) + -- H_2O(l) \rightarrow 2H_3AsO_4(aq) + -- NO(g) + 3H_2SO_4(aq)$

حالا عنصر ادامهدهنده نداریم. با در نظر گرفتن عنصر N، ضریب HNO_3 را x در نظر میگیریم؛ بنابراین ضریب NO هم x میشود:

$$1As_2S_3(s) + x\,HNO_3(aq) + ?H_2O(l) \rightarrow 2H_3AsO_4(aq) + x\,NO(g) + 3H_2SO_4(aq)$$

عنصر ادامهدهنده O است:
$$O: \overbrace{x\times3}^{x\ HNO_3} + \overbrace{?\times1}^{?H_2O} = \overbrace{2\times4}^{2H_3AsO_4} + \overbrace{x\times1}^{x\ NO} + \overbrace{3\times4}^{3\times H_2SO_4} \Rightarrow 3x + ? = 8 + x + 12 \Rightarrow ? = 20 - 2x$$

حالا همهٔ مادهها ضریب دارند (بعضیها برحسب x)، موازنهٔ عنصر H، معادلهای برحسب x میدهد، که x محاسبه میشود.

$$1As_2S_3(s) + x\,HNO_3(aq) + (20-2x)H_2O(l) \rightarrow 2H_3AsO_4(aq) + x\,NO(g) + 3H_2SO_4(aq)$$

$$H: \overbrace{x\times1}^{x\ HNO_3} + \overbrace{(20-2x)\times2}^{(20-2x)H_2O} = \overbrace{2\times3}^{1H_3AsO_4} + \overbrace{3\times2}^{3H_2SO_4} \Rightarrow x + 40 - 4x = 6 + 6 \Rightarrow 28 = 3x \Rightarrow x = \frac{28}{3}$$

$$1As_2S_3(s) + \frac{28}{3}HNO_3(aq) + \frac{4}{3}H_2O(l) \rightarrow 2H_3AsO_4(aq) + \frac{28}{3}NO(g) + 3H_2SO_4(aq)$$

حالا همهٔ ضرایب به دست آمده را در ۳ ضرب میکنیم:

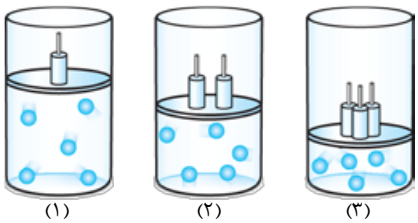
$$3As_2S_3(s) + 28HNO_3(aq) + 4H_2O(l) \rightarrow 6H_3AsO_4(aq) + 28NO(g) + 9H_2SO_4(aq) \Rightarrow \text{مجموع ضریبهای استوکیومتری} = 78$$

تفاوت مجموع ضریبهای واکنش a و b $= 78 - 27 = 51$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

خواص و رفتار گازها

۱۳ رابطهٔ فشار و حجم گازها در دمای ثابت



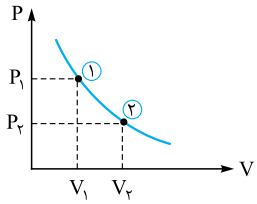
اگر در **دمای ثابت**، فشار یک نمونه گاز درون سیلندر با پیستون متحرک را زیاد کنیم، حجم آن کاهش مییابد.

نکته فشار با حجم گاز رابطهٔ عکس دارد. یعنی اگر در دمای ثابت، فشار یک نمونه گاز ۲ برابر شود، حجم آن نصف ($\frac{1}{2}$ برابر) میشود.

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

تست در این آزمایشها، باید دما و مقدار گاز ثابت باشد.

در دمای ثابت، رابطهٔ فشار و حجم یک نمونه گاز را میتوانیم به صورت نمودار روبهرو هم نشان بدهیم:



نکته تناسب $P \propto \frac{1}{V}$ را میتوانیم با کمک یک عدد ثابت، به یک تساوی تبدیل کنیم:

$$P \propto \frac{1}{V} \Rightarrow P = \text{عدد ثابت} \times \frac{1}{V}$$

بنابراین میتوانیم یک نتیجهٔ جالب از آن بگیریم:

$$P \times V = \text{عدد ثابت} \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$$

خواستان باشد در این رابطه، P_1 و P_2 و همچنین V_1 و V_2 باید واحدهای یکسانی داشته باشند، مثلاً هر دوی V_1 و V_2 برحسب L یا mL باشند.

تست **مخزن یک گاز، حاوی ۳ لیتر گاز اکسیژن با فشار ۴ atm است. اگر آن را به یک مخزن خالی از هوا به حجم ۵ لیتر وصل کنیم، در دمای ثابت، فشار هر مخزن، چند اتمسفر میشود؟**

۱) ۱/۵ ۲) ۰/۶۶ ۳) ۲/۴ ۴) ۲

پاسخ در حالت اول، حجم برابر ۳ لیتر و فشار برابر ۴ اتمسفر است:

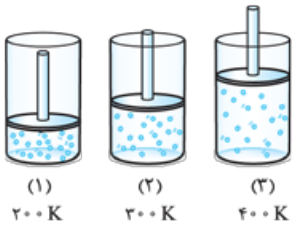
$$V_1 = 3\ L\ ,\ P_1 = 4\ atm$$

وقتی این دو مخزن را به یکدیگر وصل کنیم، حجم کل برابر با ۸ لیتر میشود ($V_2 = 8\ L (3+5=8)$). بنابراین با توجه به رابطهٔ $P_1V_1 = P_2V_2$ میتوانیم فشار نهایی را حساب کنیم:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow 4\times3 = P_2\times8 \Rightarrow P_2 = \frac{3}{2} = 1/5\ atm$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

۲ رابطهٔ حجم و دمای گازها در فشار ثابت



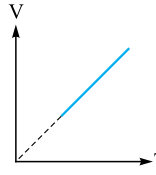
اگر در **فشار ثابت**، دمای یک نمونه گاز درون یک سیلندر با پیستون متحرک را زیاد کنیم، حجم آن افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش دمای گاز، سرعت و جنبش مولکول‌های گاز، افزایش یافته است و در نتیجه مولکول‌ها فضای بیشتری را اشغال می‌کنند؛ بنابراین، حجم گاز افزایش می‌یابد.

نکته دمای گاز برحسب کلوین، با حجم گاز رابطهٔ مستقیم دارد. یعنی اگر در فشار ثابت، دما برحسب کلوین برای یک نمونه گاز ۲ برابر شود، حجم گاز هم ۲ برابر می‌شود $V \propto T(K)$.

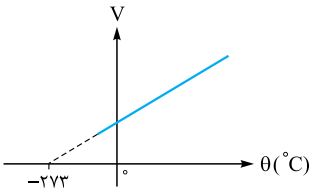
برای مثال حجم گاز در ظرف (۳)، دو برابر حجم گاز در ظرف (۱) است.

نکته در این سه ظرف، فشار و مقدار گاز ثابت است.

در فشار ثابت، رابطهٔ حجم و دمای گاز برحسب کلوین را می‌توانیم به صورت نمودار روبه‌رو نشان دهیم:



نکته اگر بخواهیم محور دما را برحسب درجهٔ سلسیوس بنویسیم، با توجه به رابطهٔ $T = \theta + ۲۷۳$، این نمودار، ۲۷۳ واحد جابه‌جا می‌شود.[۱]



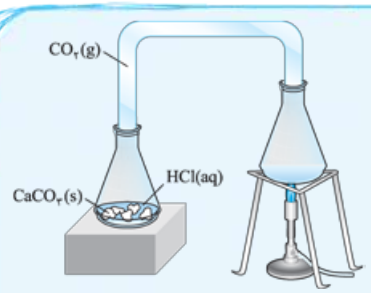
نکته تناسب $V \propto T$ را می‌توانیم با کمک یک عدد ثابت به تساوی تبدیل کنیم. $V \propto T \Rightarrow V = \text{عدد ثابت} \times T$

بنابراین می‌توانیم برای یک نمونه گاز در فشار ثابت، رابطهٔ زیر را در نظر بگیریم:

$$\frac{V}{T} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲} \quad \text{یا} \quad \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{T_۲}{T_۱}$$

خواستن باشد در این رابطه $T_۱$ و $T_۲$ باید حتماً برحسب کلوین باشند، هم‌چنین $V_۱$ و $V_۲$ باید واحدهای یکسانی داشته باشند.

نکته اگر در فشار ثابت، دمای یک گاز را در مقیاس کلوین x برابر کنیم، حجم آن گاز x برابر می‌شود.[۲]



تست **یک دانش‌آموز ۴۱/۰ میلی‌لیتر از گاز کربن دی‌اکسید را با استفاده از واکنش کلسیم کربنات جامد و هیدروکلریک اسید، مطابق شکل روبه‌رو در دمای ۲۰ °C تولید کرد. سپس گاز تولیدشده را تا دمای ۳۵ °C بدون تغییر فشار حرارت داد. حجم نهایی گاز $CO_۲$ به تقریب چه‌قدر خواهد بود؟**

۱) ۴۳/۱ mL
۲) ۷۱/۸ mL
۳) ۳۹/۰ mL
۴) ۲۳/۴ mL

پاسخ اول دمای اولیه $(\theta_۱ = ۲۰\ ^\circ C)$ و دمای ثانویه $(\theta_۲ = ۳۵\ ^\circ C)$ را برحسب کلوین حساب می‌کنیم:

$$T_۱ = \theta_۱ + ۲۷۳ = ۲۰ + ۲۷۳ = ۲۹۳\ K \quad , \quad T_۲ = \theta_۲ + ۲۷۳ = ۳۵ + ۲۷۳ = ۳۰۸\ K$$

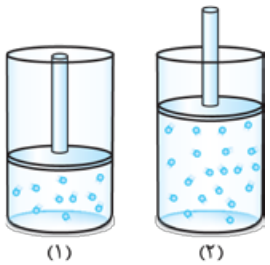
حالا با استفاده از رابطهٔ $\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{T_۲}{T_۱}$، حجم نهایی به دست می‌آید.

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{T_۲}{T_۱} \Rightarrow \frac{V_۲}{۴۱\ mL} = \frac{۳۰۸}{۲۹۳} \Rightarrow V_۲ = \underbrace{\left(\frac{۳۰۸}{۲۹۳}\right)}_{\text{کمی بزرگ‌تر از یک}} \times ۴۱ \simeq ۴۳/۱\ mL$$

از بین گزینه‌ها مشقمه که جواب، گزینهٔ (۱) می‌شه!

گزینهٔ (۱) صحیح است.

۳ رابطهٔ مول با حجم گازها در دما و فشار ثابت



در **دما و فشار ثابت**، اگر تعداد مول یک گاز را افزایش دهیم، حجم آن نیز افزایش می‌یابد.

نکته تعداد مول گاز (n) با حجم گاز (V)، رابطهٔ مستقیم دارد. یعنی اگر در دما و فشار ثابت، تعداد مول گاز ۲ برابر شود، حجم گاز هم ۲ برابر می‌شود؛ مثلاً تعداد مول ظرف (۲) (۲۰ ذره)، ۲ برابر تعداد مول ظرف (۱) (۱۰ ذره) است، بنابراین حجم ظرف (۲) هم ۲ برابر حجم ظرف (۱) است. $(V \propto n)$

نکته در این آزمایش‌ها، باید دما و فشار گاز ثابت باشد.

نکته تناسب $V \propto n$ را می‌توانیم با کمک یک عدد ثابت به یک تساوی تبدیل کنیم: $V \propto n \Rightarrow V = \text{عدد ثابت} \times n$

$$\Rightarrow \frac{V}{n} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_۱}{n_۱} = \frac{V_۲}{n_۲} \quad \text{یا} \quad \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{n_۲}{n_۱}$$

خواستن باشد در رابطهٔ مقابل، حجم‌ها باید واحدهای یکسانی داشته باشند.

مستر آووگادرو یک قانون مهم داره به نام قانون آووگادرو:

«در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است.»

می‌بینیم که اگر در رابطهٔ بالا، تعداد مول گاز را ۱ مول بگذاریم، حجم‌ها با هم برابر می‌شوند:

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{n_۲}{n_۱} \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{۱}{۱} \Rightarrow V_۲ = V_۱$$

در واقع نوع گاز در این قانون اهمیتی ندارد؛ مثلاً در دما و فشار اتاق، ۱ مول گاز He و ۱ مول گاز $CO_۲$، حجم یکسانی دارند.

۱- دمای $-۲۷۳\ ^\circ C$ یا $۰\ K$ پایین‌ترین دمایی است که می‌تواند وجود داشته باشد. البته دانشمندان فقط توانستند به نزدیک این دما برسند. *اما خود صفر کلوین، دسترسی ناپذیره!* (در دمای $۰\ K$ حجم گاز به صورت نظری به صفر می‌رسد.)

۲- *ولی اگه مثلاً در فشار ثابت دمای گاز رو از ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس به ۳۰۰ درجهٔ سلسیوس افزایش بدیم، حجم گاز سه برابر نمی‌شه!*

تست یک بادکنک را با ۱۶/۵ گرم گاز کربن دی‌اکسید پر می‌کنیم. اگر بخواهیم یک بادکنک دیگر با همان اندازه و در دما و فشار مشابه پر کنیم، به چند گرم گاز هلیم نیاز داریم؟ $(O=16, C=12, He=4: g.mol^{-1})$

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ دما و فشار یکسان است؛ بنابراین:

$$(I)\ \frac{V_2}{V_1}=\frac{n_2}{n_1}$$

از طرفی چون اندازهٔ دو بادکنک یکسان است، پس حجم گاز درون دو بادکنک هم یکسان است:

$$V_1=V_2$$

با توجه به رابطهٔ (I) خواهیم داشت:

$$\frac{n_2}{n_1}=\frac{V_2}{V_1}=1 \Rightarrow n_2=n_1$$

در ادامه جرم گاز هلیم را محاسبه می کنیم:

راه اول

$$n_2=n_1 \Rightarrow \frac{\text{جرم هلیم}}{\text{جرم مولی هلیم}}=\frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{جرم مولی کربن دی‌اکسید}} \Rightarrow \frac{x\ g}{4\ g.mol^{-1}}=\frac{16/5\ g}{44\ g.mol^{-1}}=\frac{\overbrace{2\times 16/5}^{33}}{2\times \underbrace{44}_{4}} \Rightarrow x=1/5y$$

راه دوم کسر تبدیل: از آن‌جا که تعداد مول He و CO_2 برابر است، یک مول هلیم با یک مول CO_2 متناظر است:

$$16/5\ g\ CO_2\times\frac{1\ mol\ CO_2}{44\ g\ CO_2}\times\frac{1\ mol\ He}{1\ mol\ CO_2}\times\frac{4\ g\ He}{1\ mol\ He}=1/5\ g\ He$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

همه با هم! ۳

می‌توانیم همهٔ رابطه‌های گفته‌شده در گازها را، *یک‌کاسه کرده* و همیشه از یک فرمول برای حل مسائل آن‌ها استفاده کنیم.

$$\frac{PV}{nT}=\text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

یک ویژگی خوب این فرمول این است که از آن می‌توانیم در هر شرایطی استفاده کنیم. *حتی همهٔ سؤال‌های قبلی رو می‌تونیم با این فرمول حل کنیم. اگه حال‌وحوصله نداشتی که ببینی پی ثابت هست و پی نیست، از همین فرمول استفاده کن. اونایی که ثابتن خودشون خط می‌خورن!*

تست نمونه‌ای از گاز اکسیژن به حجم ۷۴۵ میلی‌لیتر در دما و فشار اتاق داریم. اگر فشار این گاز را نصف و دمای آن در مقیاس درجهٔ سلسیوس را دو برابر کنیم، حجم نهایی آن برحسب میلی‌لیتر کدام است؟

۱) ۱۴۹۰ ۲) ۱۶۱۵ ۳) ۲۹۸۰ ۴) ۱۸۶۵

پاسخ دما و فشار اتاق به ترتیب $25\ ^\circ C$ و $1\ atm$ است؛ بنابراین فشار نهایی و دمای نهایی گاز برابر $\frac{1}{2}\ atm$ و $50\ ^\circ C$ خواهد بود.

حواسمان هست که دما را باید در مقیاس کلوین بررسی کنیم؛ بنابراین:

$$T_1=\theta_1+273=25+273=298\ K \quad , \quad T_2=\theta_2+273=50+273=323\ K$$

با توجه به رابطهٔ کلی برای گازها داریم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2} \xrightarrow[n_1=n_2]{\text{مقدار نمونهٔ گاز، ثابت است.}} \frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_2=\frac{P_1V_1}{T_1}\times\frac{T_2}{P_2}=\frac{1\times \overbrace{745}^{5\times 149}}{\underbrace{298}_{2\times 149}}\times\frac{323}{\frac{1}{2}}=\frac{\overbrace{5}^{10/2}\times 323}{2\times\frac{1}{2}}=\frac{3230}{2}=1615\ mL$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

تست نمونه‌ای از گاز کربن دی‌اکسید به حجم ۶ لیتر و در دمای ۳۱۳ کلوین در اختیار داریم. ابتدا در دمای ثابت، فشار آن را ۵۰٪ افزایش داده و سپس در فشار ثابت، دمای آن را ۷۵٪ در مقیاس درجهٔ سلسیوس افزایش می‌دهیم. حجم نهایی آن برحسب لیتر کدام است؟

۱) ۳/۶۵ ۲) ۴/۳۸ ۳) ۴/۵۶ ۴) ۷

پاسخ نیازی نیست هر فرایند را جداگانه بررسی کنیم، می‌توانیم برای حالت اولیه و نهایی رابطهٔ $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ را در نظر بگیریم.

فشار در نهایت ۵۰٪ افزایش یافته است. یعنی:

$$P_2=P_1+\frac{50}{100}P_1=\frac{3}{2}P_1$$

دمای اولیه برابر است با:

$$\theta_1=T_1-273=313-273=40\ ^\circ C$$

دما در مقیاس درجهٔ سلسیوس ۷۵٪ افزایش یافته، بنابراین:

$$\text{درصد تغییرات دما در مقیاس درجهٔ سلسیوس}=\frac{\Delta\theta}{\theta_1}\times 100 \Rightarrow 75=\frac{\Delta\theta}{40}\times 100 \Rightarrow \Delta\theta=\frac{\overset{3}{75}\times\overset{10}{40}}{\underset{4}{100}}=30\ ^\circ C \Rightarrow \theta_2=70\ ^\circ C \Rightarrow T_2=343\ K$$

حالا می‌توانیم حجم نهایی را حساب کنیم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2} \Rightarrow \frac{P_1\times 6}{313}=\frac{\frac{3}{2}P_1\times V_2}{343} \Rightarrow V_2=4\times\frac{343}{313}=4\times\left(\frac{313+30}{313}\right)$$

$$V_2=4\times\left(\underbrace{\frac{313}{313}}_{1}+\underbrace{\frac{30}{313}}_{0/1\downarrow}\right)=4\times 1/1\downarrow=4/4\downarrow \longrightarrow (2)$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

۵/۳ شرایط STP

مستر آووگادرو گفت که در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون برابر است، ولی مشخص نکرد که حجم یک مول گاز چه‌قدر است. *راستش* از آن‌جایی که حجم گازها، علاوه بر تعداد مول، به فشار و دما بستگی دارد، در شرایط مختلف حجم گازها می‌تواند متفاوت باشد.

شیمی‌دان‌ها برای این‌که به یک عدد برای حجم مولی گازها برسند، *آمدند* و یک حالت خاص برای دما و فشار در قانون آووگادرو در نظر گرفتند. اسمش را هم گذاشتند؛ شرایط STP[۱].

«به دمای صفر درجهٔ سلسیوس (۲۷۳ K) و فشار ۱ اتمسفر، شرایط STP می‌گوییم.»

نکته **در شرایط STP، حجم یک مول از هر گازی ۲۲/۴ لیتر است.**

تذکر وقتی می‌گوییم هر گازی، یعنی نوع گاز هیچ اهمیتی ندارد. در واقع در شرایط STP، هم ۱ مول گاز O_2، هم ۲۲/۴ لیتر حجم دارد و هم ۱ مول گاز CO_2 یا هر گاز دیگری.

شرایط STP: ۱ mol گاز ≅ ۲۲/۴ L گاز

برای تبدیل مول یک گاز به حجم آن در شرایط STP، می‌توانیم از کسر تبدیل $\frac{\text{۲۲/۴ L گاز}}{\text{۱ mol گاز}}$ استفاده کنیم.

مثال حجم ۰/۵ مول گاز O_2، برابر است با:

$$0/5\,mol\,O_2 \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 11/2\,L\,O_2$$

برای تبدیل حجم یک گاز به تعداد مول آن در شرایط STP، می‌توانیم از کسر تبدیل $\frac{\text{۱ mol گاز}}{\text{۲۲/۴ L گاز}}$ استفاده کنیم.

مثال تعداد مول ۵/۶ لیتر گاز N_2، برابر است با:

$$5/6\,L\,N_2 \times \frac{1\,mol\,N_2}{22/4\,L\,N_2} = \frac{5/6}{22/4} = \frac{5/6}{2\times 11/2} = \frac{1}{4} = 0/25\,mol\,N_2$$

نکته تعداد مول‌های یک گاز در شرایط STP را می‌توانیم از رابطهٔ مقابل حساب کنیم:

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{لیتر گاز}}{22/4}$$

نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ (update)

در فصل قبل گفتیم برای کمیت‌های مختلف می‌توانیم نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ را تشکیل دهیم. این نسبت برای کمیت لیتر گاز در شرایط STP به صورت مقابل است:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز در شرایط STP}}{\text{ضریب} \times 22/4}$$

« مول » « لیتر در STP »

تست **شمار اتم‌های کلر در ۰/۵۶ لیتر گاز کلر در شرایط STP، برابر شمار اتم‌ها در چند گرم نئون است؟** $(Ne = 20\,g.mol^{-1})$ (سراسری تجربی خارج ۹۲)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۰/۵ ۴) ۱/۵

پاسخ **اول** برای گاز Cl_2، کمیت «لیتر در STP» و برای اتم‌ها کمیت «تعداد ذره‌ها» را می‌نویسیم:

$$\frac{0/56\,L\,Cl_2}{22/4 \times 1} = \frac{x\,\text{اتم}\,Cl}{N_A \times 2} \Rightarrow x = \frac{N_A}{20}$$

پس تعداد اتم‌های Ne هم برابر $\frac{N_A}{20}$ است. حالا برای نئون کمیت «گرم» و برای اتم‌ها کمیت «تعداد ذره‌ها» را می‌نویسیم:

$$\frac{x\,g\,Ne}{20 \times 1} = \frac{\frac{N_A}{20}\,\text{اتم}\,Ne}{N_A \times 1} \Rightarrow x = 1\,g$$

دوم در گام اول، تعداد اتم‌های کلر را حساب می‌کنیم:

$$0/56\,L\,Cl_2 \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{22/4\,L\,Cl_2} \times \frac{N_A\,\text{مولکول}\,Cl_2}{1\,mol\,Cl_2} \times \frac{2\,\text{اتم}}{1\,\text{مولکول}\,Cl_2} = \frac{0/56 \times 2}{22/4} N_A = \frac{1/12}{2\times 11/2} N_A = \frac{1}{20} N_A$$

قرار است تعداد اتم‌ها برابر باشد، پس در گام دوم حساب می‌کنیم که این تعداد اتم نئون چند گرم جرم دارد.

$$\frac{1}{20} N_A\,\text{اتم}\,Ne \times \frac{1\,mol\,Ne}{N_A\,\text{اتم}\,Ne} \times \frac{20\,g\,Ne}{1\,mol\,Ne} = 1\,g\,Ne$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

برای این‌که در شرایط STP، سرعت محاسباتمان بالاتر برود، خوب است که این اعداد را به خاطر بسپاریم. معمولاً در سؤال‌های شرایط STP، این اعداد یا ترکیبی از آن‌ها می‌آید.

جرم مولی در STP

۰/۷ — ۱/۴ — ۲/۸ — ۵/۶ — ۱۱/۲ — ۲۲/۴ — ۴۴/۸ — ۸۹/۶ — ۱۷۹/۲ — ۳۵۸/۴

(÷۲ ÷۲ ÷۲ ÷۲ ÷۲ ×۲ ×۲ ×۲ ×۲)

حداقل اعداد رنگی را بلد باش!

مثال $\frac{13/44}{22/4} = \frac{11/2 + 2/24}{22/4} = 0/6$ (۱۱/۲ ← ۰/۵ ، ۲/۲۴ ← ۰/۱ ، ۲۲/۴)

نکته می‌دانیم که حدود ۲۰ درصد حجم هوا را گاز اکسیژن تشکیل می‌دهد. ۲۰ درصد یعنی $\frac{1}{5}$، پس در هر ۵ لیتر هوا، ۱ لیتر اکسیژن وجود دارد. $5\,L\,\text{هوا} \cong 1\,L\,O_2$

یعنی اگر سؤالی حجم O_2 را از روی حجم هوا خواست، کافی است حجم هوا را در $\frac{1}{5}$ ضرب کنیم.

۱- Standard Temperature and Pressure

تست هر فرد بالغ به طور میانگین ۱۲ بار در دقیقه نفس می‌کشد و هر بار ۰/۵ لیتر هوا به ریه‌هایش وارد می‌شود. به تقریب، در یک شبانه‌روز چند مول اکسیژن وارد شش‌ها می‌شود؟ (شرایط را STP فرض کنید.) (خود را بیازمایید کتاب درسی دهم)

۱) ۶۸ ۲) ۷۷ ۳) ۱۳۶ ۴) ۱۶۲

پاسخ می‌دانیم هر شبانه‌روز ۲۴ ساعت و هر ساعت ۶۰ دقیقه است، (دقیقه ۶۰×۲۴). پس با توجه به این‌که به تقریب در هر ۵ لیتر هوا، ۱ لیتر O_2 وجود دارد، می‌توانیم تعداد مول اکسیژن را حساب کنیم.

اول تعداد لیتر اکسیژن برابر است با:

$$۲۴\times\frac{\cancel{۶۰}^{۶}\times۱۲\times\cancel{۰/۵}\times\frac{۱}{\cancel{۱۰}\,\cancel{۵}}}{}=۲۴\times۶\times۱۲\,L\,O_2$$

حالا کمیت «مول» و کمیت «لیتر در STP» را برای O_2 می‌نویسیم:

$$\frac{x}{۱}=\frac{۲۴\times۶\times\frac{۱۲}{۵/۶}}{\frac{۲۲/۴}{۱/۴}\times۱}\Rightarrow x=\frac{\cancel{۶}^{۳}\times۶\times۳}{\cancel{۱/۴}\,{}_{۰/۷}}=\frac{۵۴}{۰/۷}=\frac{۵۴۰}{۷}=\frac{۴۹۰+۴۹+۱}{۷}=\frac{\cancel{۴۹۰}^{۷۰}}{۷}+\frac{\cancel{۴۹}^{۷}}{۷}+\frac{۱}{۷}\simeq ۷۷\,mol$$

($۱O_2 \sim ۶ \sim ۳O_2$)

دوم

$$۲۴\times۶۰\times\frac{\text{تنفس}۱۲}{\text{دقیقه}۱}\times\frac{\overset{۱}{\cancel{۰/۵}}\,L\,\text{هوا}}{\text{تنفس}۱}\times\frac{۱\,L\,O_2}{\underbrace{۵\,L\,\text{هوا}}_{\text{تبدیل لیتر هوا به لیتر }O_2\text{ (به تقریب)}}}\times\frac{۱\,mol\,O_2}{\underbrace{۲۲/۴\,L\,O_2}_{\text{تبدیل لیتر }O_2\text{ به مول }O_2\text{ در شرایط STP}}}=\frac{۱۴۴\cancel{۰}\times۱۲}{۱\cancel{۰}\times۲۲/۴}$$

(تبدیل دقیقه به تنفس / تبدیل تنفس به لیتر هوا)

از آن‌جا که اختلاف بین گزینه‌ها زیاد است، می‌توانیم به صورت تقریبی محاسبه را انجام دهیم:

$$=\frac{۱۴۴\times\cancel{۱۲}^{۱}}{\underbrace{۲۲/۴}_{\simeq ۲۴_{۲}}}=\frac{۱۴۴}{۲}=\text{کمی بیشتر از }۷۲=\text{کمی بیشتر از}\xrightarrow{\text{بین گزینه‌ها}}۷۷\,mol\,O_2$$

گزینهٔ (۲) صحیح است.

شرایط غیر STP

در شرایط غیر STP، دیگر نمی‌توانیم از عدد ۲۲/۴ به عنوان حجم مولی گازها استفاده کنیم. اگر شرایط STP نباشد، ۳ حالت رخ می‌دهد:

۱) شرایط دما و فشار داده می‌شود و می‌توانیم با رابطهٔ $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ حجم یا مول در شرایط جدید را حساب کنیم.

البته برای این کار، شرایط داده‌شده را با شرایط STP (که همه‌چیزش رو می‌دونیم!) مقایسه می‌کنیم:

$$\overbrace{\frac{P_1V_1}{n_1T_1}}^{\text{STP شرایط}}=\overbrace{\frac{P_2V_2}{n_2T_2}}^{\text{شرایط جدید}}\Rightarrow\frac{۱\,atm\times۲۲/۴\,L}{۱\,mol\times۲۷۳\,K}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

حالا هر متغیری که در شرایط جدید خواسته شده باشد (که معمولاً مول (n_2) است) به راحتی محاسبه می‌شود.

تست برای پرکردن کیسهٔ هوای یک خودرو به ۱۶/۸ لیتر گاز احتیاج داریم. اگر فشار درون کیسهٔ هوا ۳/۲ اتمسفر و دمای درون آن $91\,^\circ C$ باشد، برای پرکردن این کیسه در این شرایط چند گرم گاز نیتروژن نیاز است؟ $(N=14\,g.mol^{-1})$

۱) ۲۴/۲ ۲) ۲۵/۲ ۳) ۴۸/۴ ۴) ۵۰/۴

پاسخ ابتدا از رابطهٔ زیر و مقایسهٔ شرایط داده‌شده با شرایط STP، تعداد مول N_2 موردنیاز را به دست می‌آوریم:

$$\overbrace{\frac{P_1V_1}{n_1T_1}}^{\text{STP}}=\overbrace{\frac{P_2V_2}{n_2T_2}}^{\text{شرایط جدید}}\Rightarrow\frac{۱\times\overset{۴\times۵/۶}{۲۲/۴}}{۱\times\underbrace{۲۷۳}_{۳\times۹۱}}=\frac{۳/۲\times\overset{۳\times۵/۶}{۱۶/۸}}{n_2\times\underbrace{(۲۷۳+۹۱)}_{۴\times۹۱}}\Rightarrow n_2=\frac{\overset{۰/۲}{\cancel{۳/۲}}\times۳\times۳}{\cancel{۴}\times۴}=۱/۸\,mol$$

حالا گرم N_2 به راحتی محاسبه می‌شود:

($۱N_2 \sim ۱N_2$)

$$\frac{x}{۲۸\times۱}=\frac{۱/۸}{۱}\Rightarrow x=۲۸\times۱/۸=۵۰/۴\,g\,N_2$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

۲) برای شرایط حاکم بر آزمایش، یک حجم مولی جدید به ما می‌دهند. مثلاً سؤال می‌گوید که «حجم مولی گازها در شرایط آزمایش ۲۵ L است.»

در این حالت می‌توانیم از همان رابطهٔ مربوط به شرایط STP استفاده کنیم، با این تفاوت مهم که به جای عدد ۲۲/۴ باید حجم مولی جدید را به کار ببریم:

$$\frac{\text{لیتر گاز}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

«لیتر با حجم مولی» / «مول»

تست برای سوزاندن مقداری سوخت در یک ماشین نیاز به ۹۶ گرم گاز اکسیژن داریم. برای تأمین این میزان اکسیژن، چند لیتر هوا لازم است؟ (حجم مولی گاز در شرایط آزمایش ۲۴ L است، $O=16\,g.mol^{-1}$)

۱) ۳۳۶ ۲) ۶۷۲ ۳) ۷۲ ۴) ۳۶۰

پاسخ **اول** اگر x لیتر هوا داشته باشیم، حجم O_2 برابر $\frac{x}{۵}$ لیتر خواهد بود. حالا کمیت‌های «گرم» و «لیتر با حجم مولی» را برای O_2 می‌نویسیم:

$$\frac{\text{گرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{لیتر}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{\overset{۳}{۹۶}}{۳۲\times۱}=\frac{\frac{x}{۵}}{۲۴\times۱}\Rightarrow x=۳\times\overset{۱۲}{۲۴}\times\frac{\overset{۱۰}{۲}}{۵}=۳۶۰\,L$$

($۱O_2 \sim ۳O_2$)

دوم با استفاده از کسر تبدیل‌های مناسب، حجم هوا را حساب می‌کنیم.

$$96\ g\,O_2 \times \underbrace{\frac{1\ mol\,O_2}{32\ g\,O_2}}_{\text{تبدیل جرم به مول } O_2} \times \underbrace{\frac{24\ L\,O_2}{1\ mol\,O_2}}_{\text{تبدیل مول به لیتر } O_2} \times \underbrace{\frac{5\ L\,\text{هوا}}{1\ L\,O_2}}_{\text{تبدیل لیتر به لیتر هوا}} = \frac{96\times 24\times 5}{32} = \frac{3\times 24\times 10}{2} = 360\ L\,\text{هوا}$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

۳ چگالی گاز موردنظر را می‌دهند.

می‌دانیم که چگالی، نسبت جرم به حجم یک ماده است. چگالی گازها اغلب برحسب گرم بر لیتر است.

$$\text{چگالی}\,(g.L^{-1}) = \frac{\text{جرم}\,(g)}{\text{حجم}\,(L)}$$

اگر چگالی یک گاز را داشته باشیم، می‌توانیم از هم‌ارزی مربوط به آن هم استفاده کنیم.

مثال اگر چگالی گاز CO_2 برابر ۱/۱ گرم بر لیتر باشد؛ یعنی در هر ۱ لیتر از آن، ۱/۱ گرم CO_2 وجود دارد. $1\ L\,CO_2 \cong 1/1\ g\,CO_2$

نکته جرم یک گاز را با استفاده از چگالی، می‌توانیم از رابطهٔ زیر حساب کنیم:

چگالی گاز × لیتر گاز = جرم گاز

نکته تعداد مول یک گاز با استفاده از چگالی و جرم مولی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{چگالی}\times\text{لیتر گاز}}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \text{تعداد مول} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}$$

بنابراین نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ برای کمیت «لیتر با چگالی» برابر است با:

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی}\times\text{لیتر گاز}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}$$

«مول» «لیتر با چگالی»

تست تعداد کل اتم‌ها در ۴ لیتر از گاز SO_3 با چگالی $0/9\ g.L^{-1}$ چه‌قدر است؟ $(S=32, O=16 : g.mol^{-1})$

۱) $1/08\times10^{23}$ ۲) $8/67\times10^{23}$ ۳) $1/67\times10^{24}$ ۴) $4/67\times10^{23}$

پاسخ اول برای گاز SO_3 کمیت «لیتر با چگالی» و برای تعداد اتم‌ها کمیت «تعداد ذره‌ها» را می‌نویسیم:

$$\frac{\text{چگالی}\times\text{لیتر گاز}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{\text{ضریب}\times 6/02\times10^{23}} \Rightarrow \frac{4\times 0/9}{80\times 1} = \frac{x}{6/02\times10^{23}\times 4} \Rightarrow x = 6/02\times2\times0/9\times10^{22} = 12/04\times9\times10^{21}$$

(SO_3 ~ ۱ اتم ۴)

$$\simeq 108\times10^{21} = 1/08\times10^{23}$$

دوم اول جرم SO_3 را با استفاده از چگالی حساب می‌کنیم:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}\,(g)}{\text{حجم}\,(L)} \Rightarrow 0/9 = \frac{\text{جرم } SO_3}{4} \Rightarrow \text{جرم } SO_3 = 3/6\ g$$

حالا با استفاده از جرم SO_3 تعداد اتم‌ها را حساب می‌کنیم:

$$3/6\ g\,SO_3 \times \frac{1\ mol\,SO_3}{80\ g\,SO_3} \times \frac{6/02\times10^{23}\ \text{مولکول}\,SO_3}{1\ mol\,SO_3} \times \frac{4\ \text{اتم}}{1\ \text{مولکول}\,SO_3} = \frac{36\times10^{-1}\times6/02\times10^{23}\times4}{8\times10^{1}} = 18\times6/02\times10^{21} \simeq 108\times10^{21} = 1/08\times10^{23}$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

۴ در بعضی سؤال‌ها، نسبت چگالی دو گاز داده می‌شود. نسبت چگالی دو گاز در دما و فشار یکسان برابر با نسبت جرم مولی آن دو گاز است.

$$\frac{\text{چگالی گاز A}}{\text{چگالی گاز B}} = \frac{\text{جرم مولی گاز A}}{\text{جرم مولی گاز B}}$$

اثباتش هم کاری ندارد! می‌دانیم در شرایط دما و فشار یکسان، ۱ مول از گازهای مختلف حجم برابری دارند؛ یعنی حجم ۱ مول گاز A با حجم ۱ مول گاز B برابر است: $V_A = V_B$

اگر ۱ مول از هر گاز داشته باشیم، جرم آن برابر با جرم مولی گاز (M) می‌شود؛ پس:

$$\frac{d_A}{d_B} = \frac{\frac{M_A}{V_A}}{\frac{M_B}{V_B}} \Rightarrow \frac{d_A}{d_B} = \frac{M_A}{M_B}$$

تست چگالی یک گاز نسبت به چگالی گاز هلیم برابر ۷/۵ است. ۴/۵ گرم از این گاز در شرایط STP چند لیتر حجم دارد؟ $(He = 4\ g.mol^{-1})$

۱) ۳/۳۶ ۲) ۱/۴۹ ۳) ۱۴/۹ ۴) ۳۳/۶

پاسخ با توجه به نسبت چگالی‌ها، جرم مولی گاز محاسبه می‌شود:

$$\frac{\text{چگالی گاز}}{\text{چگالی He}} = \frac{\text{جرم مولی گاز}}{\text{جرم مولی He}} \Rightarrow 7/5 = \frac{\text{جرم مولی گاز}}{4} \Rightarrow \text{جرم مولی گاز} = 30\ g.mol^{-1}$$

حالا حساب می‌کنیم ۴/۵ گرم از آن، چه حجمی دارد:

اول

$$\frac{\text{گرم گاز ۱}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر در STP گاز ۱}}{22/4\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{4/5}{30\times1} = \frac{x}{22/4\times1} \Rightarrow x = \frac{22/4\times1/5}{10} = \frac{33/6}{10} = 3/36\ L$$

دوم

$$4/5\ g\,\text{گاز} \times \frac{1\ mol\,\text{گاز}}{30\ g\,\text{گاز}} \times \frac{22/4\ L\,\text{گاز}}{1\ mol\,\text{گاز}} = 3/36\ L\,\text{گاز}$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

محاسبه‌های استوکیومتری ۱

برسیم به قلب تپندهٔ شیمی یعنی استوکیومتری. این بخش مسئولیت همهٔ محاسبه‌های کمّی (محاسبه‌های عددی) را در شیمی به عهده گرفته است. استوکیومتری به ما کمک می‌کند تا مشخص کنیم برای تهیهٔ مقدار معینی از یک فراورده، به چه مقدار از یک واکنش‌دهنده نیاز داریم.

در استوکیومتری فقط و فقط از واکنش موازنه‌شده استفاده می‌کنیم. یک واکنش موازنه‌شده را می‌توانیم به دو صورت بخوانیم: ۱ مولکولی ۲ مولی

$$2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$$

۲ مولکول گوگرد تری‌اکسید ← می‌دهد ← ۱ مولکول اکسیژن + ۲ مولکول گوگرد دی‌اکسید :مولکولی

۲ مول گوگرد تری‌اکسید ← می‌دهد ← ۱ مول اکسیژن + ۲ مول گوگرد دی‌اکسید :مولی

وقتی یک واکنش را به صورت مولی می‌خوانیم، در واقع داریم از یک ارتباط کمّی بین مواد شرکت‌کننده در واکنش حرف می‌زنیم. یعنی می‌دانیم در این واکنش این نسبت‌های مولی برقرار است:

$$2\ mol SO_2 \cong 1\ mol O_2 \cong 2\ mol SO_3$$

«نسبت‌های مولی بین دو ماده در یک واکنش موازنه‌شده، برابر با نسبت ضریب استوکیومتری آن‌ها است.»

از این هم‌ارزی‌ها می‌توانیم به صورت کسر تبدیل استفاده کنیم و با استفاده از آن تعداد مول یک ماده را از روی تعداد مول مادهٔ دیگری حساب کنیم:

$$\frac{2\ mol SO_3}{1\ mol O_2} \quad \text{یا} \quad \frac{1\ mol O_2}{2\ mol SO_3}$$

۱۳ رابطهٔ مولی ـ مولی

بعضی وقت‌ها، تعداد مول یک مادهٔ شرکت‌کننده در واکنش را می‌دهند و تعداد مول یک مادهٔ دیگر را از ما می‌خواهند. برای این‌کار می‌توانیم از نسبت‌های مولی به صورت کسر تبدیل استفاده کنیم:

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

نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$، روش سوپرسرعتی!

همان‌طور که گفتیم: «در یک **واکنش موازنه‌شده** یا **یک هم‌ارزی**، نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ ماده‌ها با هم برابر است.»

یعنی اگر اطلاعات ماده‌ای را به ما دادند (*ما پوش می‌گیم مادهٔ معلوم*) و اطلاعات مادهٔ دیگری را از ما خواستند (*ما پوش می‌گیم مادهٔ مجهول*)، نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ هر کدام را با توجه به کمیت آن می‌نویسیم و با هم، برابر قرار می‌دهیم. در این صورت مجهول موردنظر ما محاسبه می‌شود، *مثل باقلوا!*

(براساس کمیت خواسته‌شده) مادهٔ مجهول $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ = $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ مادهٔ معلوم (براساس کمیت داده‌شده)

ما تا الان برای کمیت‌های زیر، نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ را یاد گرفتیم:

$$\frac{\text{چگالی} \times \text{لیترگاز}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیترگاز}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} = \frac{\text{لیتر در STP}}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{\text{ضریب} \times 6/02 \times 10^{23}} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

«لیتر با چگالی» «لیتر با حجم مولی» «لیتر در STP» «گرم» «تعداد ذره‌ها» «مول»

تست **اگر ۰/۵ مول از لیتیم نیترید در واکنش زیر مصرف شود، در مجموع چند مول فراورده تشکیل می‌شود؟** (سراسری تجربی ۹۵)

واکنش موازنه‌نشده: $Li_3N(s) + H_2O(l) \rightarrow LiOH(aq) + NH_3(aq)$

۱) ۲/۵ ۲) ۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۱

پاسخ واکنش موازنه‌شده به صورت روبه‌رو است:

$$Li_3N + 3H_2O \rightarrow 3LiOH + NH_3$$

اول نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$، تعداد مول هر فراورده را جدا حساب می‌کنیم:

$$1\,Li_3N \sim 1\,NH_3 \quad \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/5}{1} = \frac{y}{1} \Rightarrow y = 0/5\ mol\ NH_3$$

$$1\,Li_3N \sim 3\,LiOH \quad \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/5}{1} = \frac{x}{3} \Rightarrow x = 1/5\ mol\ LiOH$$

دوم روش کسر تبدیل:

$$0/5\ mol\ Li_3N \times \frac{1\ mol\ NH_3}{1\ mol\ Li_3N} = 0/5\ mol\ NH_3 \quad , \quad 0/5\ mol\ Li_3N \times \frac{3\ mol\ LiOH}{1\ mol\ Li_3N} = 1/5\ mol\ LiOH$$

بنابراین در مجموع ۲ مول فراورده تشکیل می‌شود (۲ = ۰/۵ + ۱/۵).

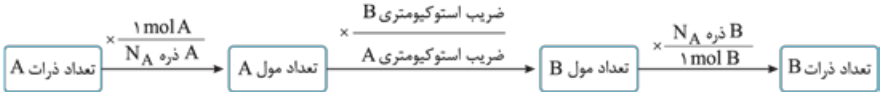
گزینهٔ (۲) صحیح است.

۲۳ روابط مولی ـ ذره‌ای

در بعضی سؤال‌ها تعداد مول یک ماده را می‌دهند و تعداد ذره‌های یک مادهٔ دیگر را می‌خواهند یا برعکس. در این سؤال‌ها اول تعداد مول مادهٔ معلوم را با استفاده از نسبت‌های مولی، به تعداد مول مادهٔ مجهول تبدیل می‌کنیم و بعد با استفاده از کسر تبدیل عدد آووگادرو، تعداد ذره‌های مادهٔ مجهول محاسبه می‌شود.

۱- *توجه! توجه!* درس‌نامهٔ استوکیومتری *به‌واری* مهم‌ترین درس‌نامهٔ *این کتابه!* چرا که برای حل تمام تست‌هایی که با محاسبهٔ کمّی در واکنش‌های شیمیایی سروکار دارند و درصد قابل توجهی از تست‌های کنکور را تشکیل می‌دهند، باید *دست به دامان* روابط استوکیومتری شوید. *پس سراپاگوش باشید!*

نقشهٔ مقابل به ما کمک می‌کند تا انواع تبدیل‌ها را بین ذره‌ها و تعداد مول انجام دهیم.



همچنان می‌توانیم بدون در نظر گرفتن راه بالا و تنها از نسبت‌های $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ سؤال را به راحتی حل کنیم. تنها باید برای کمیت «تعداد ذره‌ها» از نسبت « $\frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{\text{ضریب} \times ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}}$ » استفاده کنیم.

تست **از واکنش $۲/۹۲ \times ۱۰^{۲۳}$ مولکول هیدروکلریک اسید در واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، چند مولکول کلر تولید می‌شود؟**

$$MnO_۲ + HCl \rightarrow MnCl_۲ + Cl_۲ + H_۲O$$

۱) $۷/۳ \times ۱۰^{۲۱}$ ۲) $۱/۴۶ \times ۱۰^{۲۲}$ ۳) $۷/۳ \times ۱۰^{۲۲}$ ۴) $۱/۴۶ \times ۱۰^{۲۱}$

پاسخ واکنش موازنه‌شده به صورت روبه‌رو است:

$$MnO_۲ + ۴HCl \rightarrow MnCl_۲ + Cl_۲ + ۲H_۲O$$

اول برای HCl کمیت تعداد ذره‌ها داده شده و برای $Cl_۲$ کمیت تعداد ذره‌ها خواسته شده است؛ بنابراین:

$$\frac{۴HCl}{\text{تعداد ذره‌ها}} \sim \frac{۱Cl_۲}{\text{تعداد ذره‌ها}} \Rightarrow \frac{۲/۹۲ \times ۱۰^{۲۳}}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \times ۴} = \frac{x}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \times ۱} \Rightarrow x = \frac{۲/۹۲ \times ۱۰^{۲۳}}{۴} = \frac{۲۹۲ \times ۱۰^{۲۱}}{۴}$$

$$= ۷۳ \times ۱۰^{۲۱} = ۷/۳ \times ۱۰^{۲۲}$$

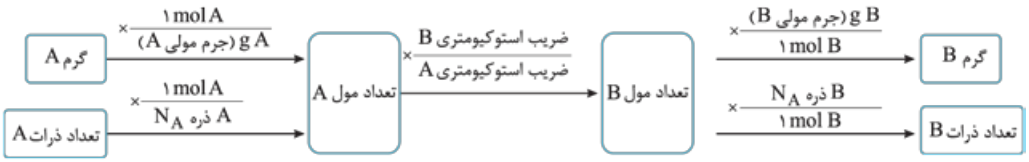
دوم

$$۲/۹۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ مولکول HCl} \times \frac{۱ \text{ mol HCl}}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ مولکول HCl}} \times \frac{۱ \text{ mol } Cl_۲}{۴ \text{ mol HCl}} \times \frac{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳} \text{ مولکول } Cl_۲}{۱ \text{ mol } Cl_۲} = ۷/۳ \times ۱۰^{۲۲} \text{ مولکول } Cl_۲$$

گزینهٔ (۳) صحیح است.

۳-۳ روابط مولی ـ جرمی

در بعضی سؤال‌ها گرم یک ماده، داده می‌شود یا گرم یک ماده، خواسته می‌شود. در این سؤال‌ها باید از جرم مولی ماده‌ها هم به عنوان کسر تبدیل جدید استفاده کنیم.



نقشهٔ بالا به ما کمک می‌کند تا انواع تبدیل‌ها بین تعداد مول، تعداد ذره‌ها و جرم ماده‌ها را انجام دهیم.

می‌توانیم بدون در نظر گرفتن راه بالا و فقط از روش $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ سؤال را مثل هلو حل کنیم. تنها باید برای کمیت «گرم» از نسبت « $\frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}$ » استفاده کنیم.

تست **در واکنش $CaCN_۲ + H_۲O \rightarrow CaCO_۳ + NH_۳$، مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد پس از موازنهٔ معادله، کدام است و اگر ۰/۱ مول $CaCN_۲$ در این واکنش شرکت کند، چند گرم کلسیم کربنات به دست می‌آید؟ $(Ca = ۴۰, O = ۱۶, C = ۱۲ : g.mol^{-۱})$** (سراسری ریاضی خارج ۹۵)

۱) ۱۰،۸ ۲) ۲۰،۷ ۳) ۲۰،۸ ۴) ۱۰،۷

پاسخ واکنش موازنه‌شده به صورت روبه‌رو است:

$$CaCN_۲ + ۳H_۲O \rightarrow CaCO_۳ + ۲NH_۳$$

بنابراین مجموع ضریب‌های استوکیومتری برابر ۷ است $(۷ = ۲ + ۱ + ۳ + ۱)$.

تا این‌جا ۱ و ۳ *پر!* برای $CaCN_۲$ کمیت مول داریم و برای $CaCO_۳$ کمیت گرم را می‌خواهیم، بنابراین:

اول

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} \sim \frac{۱CaCN_۲}{\text{گرم}} \quad \frac{\text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \sim \frac{۱CaCO_۳}{} \Rightarrow \frac{۰/۱}{۱} = \frac{x}{۱۰۰ \times ۱} \Rightarrow x = ۱۰ \text{ g}$$

دوم

$$۰/۱ \text{ mol } CaCN_۲ \times \frac{۱ \text{ mol } CaCO_۳}{۱ \text{ mol } CaCN_۲} \times \frac{۱۰۰ \text{ g } CaCO_۳}{۱ \text{ mol } CaCO_۳} = ۱۰ \text{ g } CaCO_۳$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

تست **اگر محلول کلرید یک فلز (X) که دارای ۲/۷ گرم از این نمک است با مقدار کافی محلول نقره نیترات، مطابق واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، ۵/۷۴ گرم نقره کلرید تشکیل دهد، نسبت جرم مولی این فلز به ظرفیت آن (n) کدام است؟ $(Ag = ۱۰۸ , Cl = ۳۵/۵ : g.mol^{-۱})$** (سراسری ریاضی ۹۵)

$$XCl_n + AgNO_۳ \rightarrow AgCl + X(NO_۳)_n$$

۱) ۶۷/۵ ۲) ۵۴ ۳) ۴۶ ۴) ۳۲

پاسخ واکنش موازنه‌شده، به صورت روبه‌رو است:

$$XCl_n + nAgNO_۳ \rightarrow nAgCl + X(NO_۳)_n$$

برای XCl_n کمیت گرم داده شده و برای AgCl هم کمیت گرم داریم؛ بنابراین:

اول

$$\frac{۱ XCl_n \text{ گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \sim \frac{n AgCl \text{ گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۲/۷}{(M_X + ۳۵/۵n) \times ۱} = \frac{\overbrace{۴ \times ۱/۴۳۵}^{۵/۷۴}}{\frac{۱۴۳/۵ \times n}{۱۰۰}} \Rightarrow ۲۷۰n = ۴M_X + ۱۴۲n \Rightarrow ۱۲۸n = ۴X \Rightarrow \frac{M_x}{n} = \frac{۱۲۸}{۴} = ۳۲$$

دوم

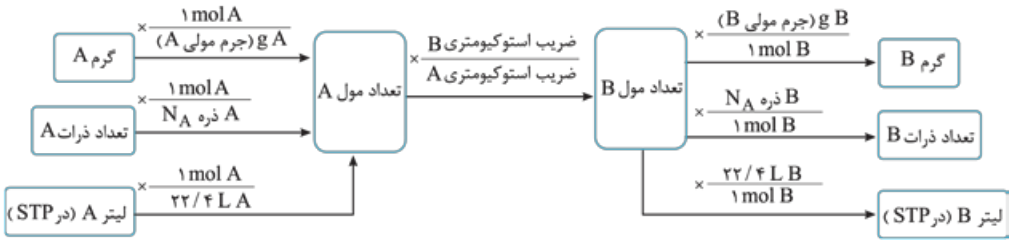
$$۲/۷\,g\,XCl_n \times \frac{۱\,mol\,XCl_n}{(M_X+۳۵/۵n)\,g\,XCl_n} \times \frac{n\,mol\,AgCl}{۱\,mol\,XCl_n} \times \frac{۱۴۳/۵\,g\,AgCl}{۱\,mol\,AgCl} = ۵/۷۴ \Rightarrow ۲۷۰n = ۴M_X + ۱۴۲n \Rightarrow \frac{M_X}{n} = \frac{۱۲۸}{۴} = ۳۲$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

۴ روابط مولی ـ حجمی در شرایط STP

می‌دانیم که در شرایط STP، حجم ۱ مول از هر گازی برابر ۲۲/۴ لیتر است. در بعضی سؤال‌ها با اشاره به این‌که شرایط حاکم بر واکنش STP است، کمیت حجم یک گاز را می‌دهند و یا می‌خواهند.

در حل این سؤال‌ها، باید از کسر تبدیل شرایط STP ($\frac{۱\,mol\,\text{گاز}}{۲۲/۴\,L\,\text{گاز}}$ یا $\frac{۲۲/۴\,L\,\text{گاز}}{۱\,mol\,\text{گاز}}$) استفاده کنیم.



این نقشه به ما کمک می‌کند تا انواع تبدیل‌ها را بین تعداد مول، تعداد ذره‌ها، جرم ماده‌ها و حجم گازها در شرایط STP انجام دهیم.

باز هم می‌توانیم بدون استفاده از روش کسر تبدیل و تنها به کمک نسبت‌های $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$، سؤال را *مثل باقلوا!* حل کنیم. تنها باید برای کمیت «لیتر در STP» از نسبت «$\frac{\text{لیتر گاز در شرایط STP}}{\text{ضریب} \times ۲۲/۴}$» استفاده کنیم.

تست مخلوطی به جرم ۵ گرم از CaO و $CaC_۲$ در آب انداخته شده تا واکنش‌های موازنه‌نشدهٔ زیر انجام شود. اگر حجم گاز جمع‌آوری‌شده در شرایط STP برابر ۱/۰۵ لیتر باشد، چند درصد جرم مخلوط اولیه را کلسیم اکسید تشکیل می‌دهد؟ $(Ca=۴۰, O=۱۶, C=۱۲ : g.mol^{-1})$ (سراسری تجربی خارج ۹۲)

$$CaO(s) + H_۲O(l) \rightarrow Ca(OH)_۲(aq)$$
$$CaC_۲(s) + H_۲O(l) \rightarrow Ca(OH)_۲(aq) + C_۲H_۲(g)$$

۱) ۴۰ ۲) ۵۰ ۳) ۵۵ ۴) ۶۰

پاسخ واکنش‌های موازنه‌شده به صورت روبه‌رو هستند:

$$CaO(s) + H_۲O(l) \rightarrow Ca(OH)_۲(aq)$$
$$CaC_۲(s) + ۲H_۲O(l) \rightarrow Ca(OH)_۲(aq) + C_۲H_۲(g)$$

می‌بینیم تنها گازی که تولید می‌شود $C_۲H_۲(g)$ است. پس با استفاده از آن می‌توانیم جرم $CaC_۲$ را حساب کنیم.

برای $C_۲H_۲(g)$ کمیت لیتر گاز در STP را داریم و برای $CaC_۲$ کمیت گرم را می‌خواهیم؛ بنابراین:

اول

$$\frac{\overbrace{۱CaC_۲}^{\text{گرم}}}{\underbrace{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}_{۱CaC_۲}} \sim \frac{\overbrace{۱C_۲H_۲}^{\text{لیتر } C_۲H_۲}}{\underbrace{\text{ضریب} \times ۲۲/۴}_{۱C_۲H_۲}} \Rightarrow \frac{x}{۶۴\times۱} = \frac{۱/۰۵}{۲۲/۴\times۱} \Rightarrow x = \frac{۶۴\times(۱+\frac{۱}{۲۰})}{۲۲/۴} = \frac{۶۴+\overbrace{\frac{۶۴}{۲۰}}^{۳/۲}}{۲۲/۴} = \frac{\overbrace{۳\times۲۲/۴}^{۶۷/۲}}{۲۲/۴} = ۳\,g$$

دوم

$$۱/۰۵\,L\,C_۲H_۲ \times \frac{۱\,mol\,C_۲H_۲}{۲۲/۴\,L\,C_۲H_۲} \times \frac{۱\,mol\,CaC_۲}{۱\,mol\,C_۲H_۲} \times \frac{۶۴\,g\,CaC_۲}{۱\,mol\,CaC_۲} = ۳\,g\,CaC_۲$$

جرم مخلوط CaO و $CaC_۲$، ۵ گرم بوده که ۳ گرم آن $CaC_۲$ است، پس جرم CaO برابر ۲ گرم بوده است؛ بنابراین درصد جرمی CaO برابر است با:

$$\text{درصد جرمی } CaO = \frac{\text{جرم } CaO}{\text{جرم کل مخلوط}} \times ۱۰۰ = \frac{۲}{۵} \times ۱۰۰ = ٪۴۰$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

۵ روابط مولی ـ حجمی در شرایط غیر STP

گفتیم که اگر شرایط غیر STP باشد، سه حالت پیش می‌آید:

حالت اول شرایط دما و فشار داده می‌شود.

در این حالت اگر کمیتی از یک ماده را دادند و حجم گاز را خواستند، اول با روش $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$، تعداد مول ماده در شرایط جدید $(n_۲)$ را حساب می‌کنیم و بعد با استفاده از مقایسهٔ شرایط STP و شرایط جدید و رابطهٔ $\frac{\overbrace{P_۱V_۱}^{\text{شرایط STP}}}{n_۱T_۱} = \frac{\overbrace{P_۲V_۲}^{\text{شرایط جدید}}}{n_۲T_۲}$، حجم گاز را در شرایط جدید حساب می‌کنیم.

تست گاز نیتروژن موردنیاز برای پرشدن کیسهٔ هوای خودرو از تجزیهٔ سدیم آزید (NaN_3)، مطابق واکنش موازنه‌نشدهٔ: $NaN_3(s) \rightarrow Na(s) + N_2(g)$ به دست می‌آید. اگر با مصرف ۱۳ گرم سدیم آزید و انجام واکنش، دمای درون کیسهٔ هوا به ۱۲۷ °C برسد، حجم گاز درون کیسهٔ هوا در این لحظه به تقریب، چند لیتر خواهد بود؟ (فشار گاز درون کیسه ۱ اتمسفر فرض شود.) $(Na = 23 , N = 14 : g.mol^{-1})$ (سراسری ریاضی ۹۵)

۱) ۶/۷۲ ۲) ۸/۲۵ ۳) ۹/۸۵ ۴) ۱۱/۴۵

پاسخ واکنش موازنه‌شده، به صورت روبه‌رو است: $2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$

اول برای NaN_3، کمیت «گرم» را داریم و برای N_2 کمیت «مول» را می‌خواهیم:

$$\frac{\overset{2NaN_3}{\text{گرم}}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\overset{3N_2}{\text{مول } N_2}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{13}{65 \times 2} = \frac{x}{3} \Rightarrow x = 0/3 \text{ mol}$$

دوم
$$13 \text{ g } NaN_3 \times \frac{1 \text{ mol } NaN_3}{65 \text{ g } NaN_3} \times \frac{3 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } NaN_3} = 0/3 \text{ mol } N_2$$

دوم در شرایط جدید، دمای گاز N_2 از ۰ °C به ۱۲۷ °C می‌رسد؛ یعنی:

$$T_2 = \theta_2 + 273 = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

حالا می‌توانیم با استفاده از رابطهٔ $\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$، حجم را در شرایط جدید حساب کنیم:

$$\overset{\text{شرایط STP}}{\frac{P_1V_1}{n_1T_1}} = \overset{\text{شرایط جدید}}{\frac{P_2V_2}{n_2T_2}} \Rightarrow \frac{1 \text{ atm} \times 22/4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \times V_2}{0/3 \text{ mol} \times 400 \text{ K}} \Rightarrow V_2 = \frac{22/4 \times 0/3 \times 400}{273}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{224 \times 3 \times 4}{273} = \frac{\overset{\simeq 675\downarrow}{672} \times 4}{\underbrace{273}_{\simeq 270\uparrow}} \simeq \frac{675 \times 4}{270}\downarrow \simeq \frac{\overset{2/5}{7/5} \times 4}{3}\downarrow \simeq 10 \text{ L}\downarrow \overset{*}{\simeq} 9/85 \text{ L} \xrightarrow{\text{بین گزینه‌ها}} (3)$$

از آن‌جا که صورت کمی کم‌تر از ۶۷۵ (↓ ۶۷۵) و مخرج کمی بیشتر از ۲۷۰ (↑ ۲۷۰) است، پس عدد حاصل کمی کم‌تر از ۱۰ (↓ ۱۰) خواهد بود.

گزینهٔ (۳) صحیح است.

حالت دوم حجم مولی گازها در شرایط آزمایش داده می‌شود.

مثلاً اگر مسئله بگوید که حجم مولی گازها ۲۵ L است، کسر تبدیل مربوط به تبدیل مول به لیتر گاز و برعکس، به صورت زیر خواهد بود: $\frac{\text{۲۵ L گاز}}{\text{۱ mol گاز}}$ یا $\frac{\text{۱ mol گاز}}{\text{۲۵ L گاز}}$

همچنان می‌توانیم از روش $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ استفاده کنیم. تنها باید برای کمیت «لیتر با حجم مولی» از نسبت «$\frac{\text{لیتر گاز}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}}$» استفاده کنیم.

تست برای سوختن کامل یک مول از ۱ـ بوتانول طبق واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، چند لیتر هوا لازم است؟ (۲۰ درصد حجم هوا را اکسیژن تشکیل می‌دهد و حجم مولی گازها در شرایط آزمایش ۲۵ L است.)

$$C_4H_9OH(l) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$$

۱) ۶۲۵ ۲) ۶۸۷/۵ ۳) ۷۵۰ ۴) ۸۱۲/۵ (سراسری تجربی خارج ۹۴)

پاسخ اول واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$C_4H_9OH(l) + 6O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(g)$$

بعد حجم O_2 را با استفاده از حجم مولی گازها حساب می‌کنیم. به این منظور، برای C_4H_9OH کمیت «مول» و برای O_2 کمیت «لیتر با حجم مولی» را می‌نویسیم:

$$\frac{\overset{1C_4H_9OH}{\text{مول}}}{\text{ضریب}} = \frac{\overset{6O_2}{O_2 \text{ لیتر}}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{1}{1} = \frac{x}{25 \times 6} \Rightarrow x = 25 \times 6 = 150 \text{ L } O_2$$

حالا با استفاده از این‌که ۲۰ درصد $(\frac{1}{5})$ حجم هوا را اکسیژن تشکیل می‌دهد، حجم هوای لازم به دست می‌آید:

$$150 \text{ L } O_2 \times \frac{5 \text{ L هوا}}{1 \text{ L } O_2} = 750 \text{ L هوا}$$

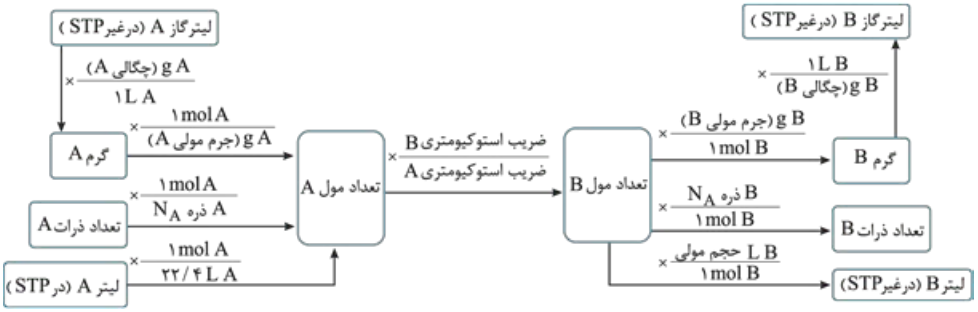
دوم می‌توانیم با استفاده از کسرهای تبدیل بنویسیم:

$$1 \text{ mol } C_4H_9OH \times \frac{6 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_4H_9OH} \times \frac{25 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2} \times \frac{5 \text{ L هوا}}{1 \text{ L } O_2} = 750 \text{ L هوا}$$

گزینهٔ (۳) صحیح است.

حالت سوم چگالی گاز داده می‌شود.

وقتی که چگالی یک گاز داده شود و بخواهیم با استفاده از حجم آن، به کمیتی برای یک مادهٔ دیگر برسیم، اول لیتر گاز را با کسر $\frac{\text{گاز } d \text{ g (چگالی)}}{\text{گاز } 1 \text{ L}}$ به جرم آن تبدیل می‌کنیم، بعد جرم گاز را با جرم مولی آن به مول گاز تبدیل کرده و ادامهٔ راه هم دقیقاً مثل قبل ادامه می‌دهیم.



نقشهٔ صفحهٔ قبل به ما کمک می‌کند، که همهٔ تبدیل‌های ممکن بین تعداد مول، تعداد ذره‌ها، جرم ماده، حجم در شرایط STP و حجم در شرایط غیر STP را انجام دهیم.

دیگه نگم دیگه، همچنان می‌توانیم بدون در نظر گرفتن راه بالا و تنها از روش $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ سؤال را *مثل بنز!* حل کنیم. تنها باید برای کمیت «لیتر با چگالی» از نسبت «$\frac{\text{چگالی گاز} \times \text{لیتر گاز}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}}$» استفاده کنیم.

تست **$۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}$ اتم آهن، برابر چند مول است و در واکنش با مقدار کافی سولفوریک اسید مطابق واکنش $Fe + H_۲SO_۴ \rightarrow FeSO_۴ + H_۲$، چند لیتر گاز هیدروژن آزاد می‌سازد؟ (چگالی گاز هیدروژن در شرایط واکنش برابر $۰/۰۸\ g.L^{-۱}$ است. گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)** (سراسری ریاضی ۹۳)

۱) ۴/۵ ، ۰/۱۸ ۲) ۳/۹ ، ۰/۱۸ ۳) ۳/۲۵ ، ۰/۱۵ ۴) ۳/۷۵ ، ۰/۱۵

پاسخ با یک نگاه به گزینه‌ها، می‌بینیم که تنها کافی است که قسمت دوم سؤال را حل کنیم!

اول با استفاده از کمیت «تعداد ذره‌ها» برای Fe و کمیت «لیتر با چگالی» برای هیدروژن داریم:

$$\frac{\text{تعداد ذره‌ها}}{\text{ضریب} \times ۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۱} = \frac{x\times۰/۰۸}{۲\times۱} \Rightarrow x = \frac{۳}{۰/۰۸\times۱۰} = \frac{۳}{۸}\times۱۰ = ۰/۳۷۵\times۱۰ = ۳/۷۵\ L$$

دوم
$$۹/۰۳\times۱۰^{۲۲}\ \text{اتم Fe} \times \frac{۱\ \text{mol Fe}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ \text{اتم Fe}} \times \frac{۱\ \text{mol}\ H_۲}{۱\ \text{mol Fe}} \times \frac{۲\ \text{g}\ H_۲}{۱\ \text{mol}\ H_۲} \times \frac{۱\ \text{L}\ H_۲}{۰/۰۸\ \text{g}\ H_۲} = ۳/۷۵\ \text{L}\ H_۲$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

حالت چهارم در بعضی از سؤال‌های استوکیومتری دو یا چند واکنش مطرح می‌شود.

در این سؤال‌ها اطلاعات یک ماده در واکنش اول را می‌دهند و اطلاعات یک مادهٔ دیگر را در واکنش دوم می‌خواهند. برای حل این سؤال‌ها باید مادهٔ مشترک دو واکنش را پیدا کنیم.

مثلاً در واکنش‌های زیر، جرم $C_۲H_۲$ از واکنش اول را می‌دهند و جرم $CaCO_۳$ در واکنش دوم را می‌خواهند.

۱) $۲C_۲H_۲ + ۵O_۲ \rightarrow \mathbf{۴CO_۲} + ۲H_۲O$ ۲) $CaO + \mathbf{CO_۲} \rightarrow CaCO_۳$

برای حل این سؤال باید مادهٔ مشترک ($CO_۲$) را در نظر بگیریم. با توجه به آن: ۱) با توجه به جرم $C_۲H_۲$، تعداد مول $CO_۲$ را در واکنش اول حساب می‌کنیم.

۲) با استفاده از تعداد مول $CO_۲$، جرم $CaCO_۳$ را در واکنش دوم به دست می‌آوریم.

تست **با توجه به واکنش‌های موازنه‌نشدهٔ زیر، چند گرم آلومینیم باید با هیدروکلریک اسید (HCl) واکنش دهد تا گاز به دست آمده با ۱۶ گرم اکسیژن، واکنش کامل دهد؟ $(Al = ۲۷ , O = ۱۶ : g.mol^{-۱})$**

$Al + HCl \rightarrow AlCl_۳ + H_۲$ ، $H_۲ + O_۲ \rightarrow H_۲O$

۱) ۲/۷ ۲) ۹ ۳) ۱۳/۵ ۴) ۱۸ (سراسری ریاضی ۹۴)

پاسخ واکنش‌های موازنه‌شده، به صورت مقابل هستند:

$۲Al + ۶HCl \rightarrow ۲AlCl_۳ + ۳H_۲$ $۲H_۲ + O_۲ \rightarrow ۲H_۲O$

اول با استفاده از جرم اکسیژن ($O_۲$) در واکنش دوم، تعداد مول $H_۲$ را حساب می‌کنیم.

$$۱۶\ \text{g}\ O_۲ \times \frac{۱\ \text{mol}\ O_۲}{۳۲\ \text{g}\ O_۲} \times \frac{۲\ \text{mol}\ H_۲}{۱\ \text{mol}\ O_۲} = ۱\ \text{mol}\ H_۲$$

دوم حالا با استفاده از تعداد مول $H_۲$ می‌توانیم جرم آلومینیم را از واکنش اول به دست بیاوریم.

$$۱\ \text{mol}\ H_۲ \times \frac{۲\ \text{mol Al}}{۳\ \text{mol}\ H_۲} \times \frac{۲۷\ \text{g Al}}{۱\ \text{mol Al}} = ۱۸\ \text{g Al}$$

گزینهٔ (۴) صحیح است.

در ادامه با روشی *آشنا می‌شید* که به کمک آن، می‌توان مثال بالا را خیلی سریع‌تر حل کرد.

نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ هم‌چنان یکه‌تازی می‌کند!

در سؤال‌های استوکیومتری، که ۲ یا چند واکنش مطرح شود، مثلاً طراح محترم! اطلاعات یک ماده در واکنش اول را بدهد (مثل A) و اطلاعات یک مادهٔ دیگر در واکنش دوم را بخواهد (مثل G)، می‌توانیم از روش زیر، سؤال را با نسبت‌های $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ حل کنیم:

۱) $A + B \rightarrow C + D$ ۲) $\mathbf{۲}C + E \rightarrow F + ۳G$

در این سؤال‌ها یک مادهٔ مشترک (مثل C) وجود دارد.

بیایید اول تکلیف مادهٔ مشترک را روشن کنیم!

مادهٔ مشترک

در اصل تعریف مادهٔ مشترک به صورت مقابل است: «مادهٔ مشترک ماده‌ای است که مطمئن باشیم مقدار آن در **دو واکنش** یا **دو هم‌ارزی** یکسان است.»

یعنی اگر در سؤالی، صورت سؤال به ما بفهماند که مقدار یک ماده در دو واکنش یا دو هم‌ارزی یکسان است، ما می‌توانیم آن ماده را به عنوان مادهٔ مشترک در نظر بگیریم.

مثلاً دو واکنش روبه‌رو را در نظر بگیرید: $MgCO_۳(s) \rightarrow MgO(s) + CO_۲(g)$ $CaCO_۳(s) \rightarrow CaO(s) + CO_۲(g)$

اگر صورت سؤال مثلاً بگوید که حجم گاز تولیدشده در دو واکنش یکسان است، ما می‌توانیم گاز $CO_۲$ را به عنوان مادهٔ مشترک بین این دو واکنش در نظر بگیریم.

حالا اگر صورت سؤال اشاره‌ای به یکسان‌بودن مقدار یک ماده‌ای نکند، در یک حالت می‌توانیم آن ماده را مادهٔ مشترک در نظر بگیریم. آن هم این‌که:

«ماده‌ای که در **واکنش اول تولید شده** (فراورده باشد) و **در واکنش دوم مصرف شود** (واکنش‌دهنده باشد) را می‌توانیم به عنوان مادهٔ مشترک در نظر بگیریم.»

حالا برای حل این سؤال‌ها، باید ضریب مادهٔ مشترک (C) را در ۲ معادله یکسان کنیم. (مثلاً همهٔ ضریب‌های معادلهٔ ۱ را در عدد ۲ ضرب کنیم.)

۱) $2A+2B \rightarrow (2C)+2D$ ۲) $(2C)+E \rightarrow F+3G$

در این صورت می‌توانیم نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ را بین همهٔ ماده‌های موجود در معادله‌ها بنویسیم. (مثل مادهٔ A و G)

$$\text{نسبت } A \frac{\text{مول}}{\text{ضریب جدید}} = \text{نسبت } G \frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$$

حل تست قبلی، به روش نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ به صورت زیر است:

ابتدا ضریب مادهٔ مشترک (H_2) را در دو واکنش یکسان می‌کنیم. برای این‌کار واکنش اول را در ۲ و واکنش دوم را در ۳ ضرب می‌کنیم:

۱) $4Al+12HCl \rightarrow 4AlCl_3+6H_2$ ۲) $6H_2+3O_2 \rightarrow 6H_2O$

حالا می‌توانیم به طور مستقیم بین Al و O_2 نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ را بنویسیم:

$$\frac{4Al}{\frac{\text{گرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}} \sim \frac{3O_2}{\frac{\text{گرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}} \Rightarrow \frac{x}{27\times4} = \frac{16}{32\times3} \Rightarrow x = 18\ g\ Al$$

تست مقدار اکسیژن آزادشده از تجزیهٔ گرمایی ۱۰۲ گرم سدیم نیترات را از تجزیهٔ گرمایی چند گرم پتاسیم کلرات می‌توان به دست آورد؟ معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ واکنش‌های انجام‌شده به صورت زیر هستند: $(K=39, Cl=35/5, Na=23, O=16, N=14 : g.mol^{-1})$

$$NaNO_3(s) \rightarrow NaNO_2(s)+O_2(g) \quad ، \quad KClO_3(s) \rightarrow KCl(s)+O_2(g)$$

۱) ۴۹ ۲) ۵۱ ۳) ۱۴۷ ۴) ۱۵۳

پاسخ اول دو واکنش داده‌شده را موازنه می‌کنیم: $(I)2NaNO_3(s) \rightarrow 2NaNO_2(s)+O_2(g)$ ، $(II)2KClO_3(s) \rightarrow 2KCl(s)+3O_2(g)$

با توجه به صورت سؤال، مقدار اکسیژن در دو واکنش یکسان است، بنابراین O_2 را مادهٔ مشترک در نظر گرفته و ضریب آن را در دو معادله یکسان می‌کنیم. (ضرایب واکنش I را در ۳ ضرب می‌کنیم):

$$(I)\ 6NaNO_3(s) \rightarrow 6NaNO_2(s)+3O_2(g) \quad ، \quad (II)\ 2KClO_3(s) \rightarrow 2KCl(s)+3O_2(g)$$

$$6\ NaNO_3 \sim 2\ KClO_3$$

حالا می‌توانیم بین همهٔ ماده‌ها، نسبت $\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}}$ را برابر قرار دهیم:

$$\frac{102}{85\times6} = \frac{x}{122/5\times2} \Rightarrow x = \frac{122/5\times2}{5} = \frac{122/5\times2\times2}{10} = \frac{490}{10} = 49\ g$$

گزینهٔ (۱) صحیح است.

سؤالات ۴ گزینه‌ای

تغییر دما و فشار با ارتفاع در هواکره

۶۷- میانگین دمای هوا در سطح زمین برابر $15\ ^\circ C$ است. اگر دمای هوا در انتهای لایهٔ تروپوسفر برحسب کلوین ۱۵ برابر دمای هوا در سطح زمین برحسب درجهٔ سلسیوس باشد، ارتفاع تقریبی لایهٔ تروپوسفر در این ناحیه کدام است؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۰/۵ ۳) ۵/۵ ۴) ۹

۶۸- دمای اتمسفر در یک سیارهٔ فرضی، از رابطهٔ $\theta(^\circ C) = -6-2\sqrt{h}$ پیروی می‌کند. دمای هوا در ارتفاع ۴ کیلومتری از سطح سیاره، بر حسب درجهٔ کلوین، کدام است؟ (h برحسب کیلومتر است.) (سراسری تجربی ۹۸)

۱) ۲۵۹ ۲) ۲۶۳ ۳) ۲۸۳ ۴) ۲۸۷

۶۹- میانگین دمای هوا در سطح زمین برابر $12\ ^\circ C$ است. در مقیاس کلوین، دمای هوا در چه ارتفاعی از لایهٔ تروپوسفر برحسب کیلومتر، ۲۰ درصد کم‌تر از دمای هوا در سطح زمین است؟

۱) ۱۲ ۲) ۹/۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۶

۷۰- یک بالن تحقیقاتی در ارتفاع مشخصی از سطح زمین قرار دارد. با ۱/۵ برابر شدن ارتفاع بالن، دمای آن در مقیاس سلسیوس به اندازهٔ ۴۵٪ کاهش پیدا می‌کند. اگر دمای سطح زمین برابر $19\ ^\circ C$ باشد، ارتفاع بالن از سطح زمین به چند متر رسیده است؟

۱) ۱۵۰۰ ۲) ۳۰۰۰ ۳) ۲۲۵۰ ۴) ۱۸۰۰

۷۱- در لایهٔ استراتوسفر، به ازای هر کیلومتر ارتفاع، به تقریب پنج درجهٔ سلسیوس افزایش دما رخ می‌دهد. اگر دما در ابتدای این لایه برابر ۲۱۷ کلوین و در انتهای آن، برابر ۷ درجهٔ سلسیوس باشد. ارتفاع تقریبی این لایه چند کیلومتر است؟ (سراسری ریاضی خارج ۹۹)

۱) ۱۱/۶ ۲) ۱۲/۶ ۳) ۲۳ ۴) ۲۵

۷۲- فشار هوا در لایهٔ تروپوسفر به ازای هر ۲ کیلومتر افزایش ارتفاع، تقریباً ۰/۸ برابر می‌شود. اگر دمای هوا در سطح زمین برابر $11\ ^\circ C$ باشد، در نقطه‌ای از لایهٔ تروپوسفر که دما به $248\ K$ می‌رسد، فشار هوا به تقریب برابر با چند اتمسفر خواهد بود؟ (فشار هوا در سطح زمین را برابر با یک اتمسفر در نظر بگیرید.)

۱) ۰/۳۲۸ ۲) ۰/۶۴ ۳) ۰/۵۱۲ ۴) ۰/۲۶۲

۷۳- چگالی یک نمونهٔ هوا برابر $1/25\ g.L^{-1}$ است. اگر درصد حجمی گاز نئون در این نمونه برابر ۰/۰۰۱۸٪ باشد، در هر کیلوگرم از این نمونهٔ هوا، چند میلی‌لیتر گاز نئون وجود دارد؟

۱) ۱۸ ۲) ۲۲/۵ ۳) ۲۸/۲ ۴) ۱۴/۴

۷۴- در اولین لایهٔ هواکره از یک سیارهٔ فرضی، دما و فشار هوا برحسب ارتفاع (h) با استفاده از روابط $P(atm) = ۲ - ۰/۱۲h$ و $\theta(^\circ C) = ۸۰ - ۰/۴h^۲$ محاسبه می‌شود. تفاوت ارتفاع دو نقطه از این سیاره که در آن‌ها دمای هوا برحسب درجهٔ سلسیوس ۵۰ برابر فشار هوا برحسب اتمسفر است، برابر با چند کیلومتر می‌شود؟

۱) ۱۲ ۲) ۱۰ ۳) ۷ ۴) ۵

۷۵- درصد حجمی گازهای نیتروژن، اکسیژن و آرگون در یک نمونهٔ هوای پاک و خشک به ترتیب برابر ۷۸٪، ۲۰٪ و ۰/۹۲٪ است. اگر به کمک فرایند تقطیر، کل نیتروژن موجود در این نمونه را خارج کنیم، درصد حجمی گازهای $O_۲$ و Ar در مخلوط باقی‌مانده تقریباً به ..... و ..... درصد می‌رسد.

۱) ۴/۲، ۹۵/۶ ۲) ۴/۲، ۹۰/۹ ۳) ۴/۴، ۹۵/۶ ۴) ۴/۴، ۹۰/۹

۷۶- درصد حجمی گازهای نیتروژن و اکسیژن در یک نمونه از هوا به ترتیب برابر ۷۵٪ و ۲۰٪ است. با خارج‌کردن بخشی از گاز نیتروژن موجود در این نمونهٔ هوا، درصد حجمی گاز اکسیژن ۱/۶ برابر می‌شود. طی این فرایند، چند درصد از گاز $N_۲$ موجود در نمونهٔ هوا از آن خارج شده است؟

۱) ۳۷/۵ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

واکنش‌های شیمیایی و قانون بقای جرم

۷۷- کدام‌یک از معادله‌های شیمیایی زیر، از قانون پایستگی جرم پیروی نمی‌کنند؟

۱) $CS_۲ + ۳O_۲ \rightarrow CO_۲ + ۲SO_۲$
۲) $HClO_۳ + ۶HI \rightarrow HCl + ۳I_۲ + ۳H_۲O$
۳) $۴NH_۳ + ۵O_۲ \rightarrow ۴NO_۲ + ۶H_۲O$
۴) $SnCl_۲ + I_۲ + ۲HCl \rightarrow SnCl_۴ + ۲HI$

۷۸- اگر بر اثر سوختن کامل هر مول از یک ترکیب شیمیایی، ۸ مول گاز کربن دی‌اکسید تولید شود. فرمول شیمیایی این ماده می‌تواند به صورت ..... باشد و در این حالت، ضریب گاز اکسیژن در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن ترکیب موردنظر برابر ..... می‌شود.

۱) $C_۷H_{۱۵}COOH$ ـ ۱۰ ۲) $CH_۳COOC_۷H_{۱۵}$ ـ ۱۲ ۳) $C_۸H_{۱۷}COOH$ ـ ۲۵ ۴) $C_۸H_{۱۷}OH$ ـ ۱۲

۷۹- در واکنش: $CH_۴(g) + NH_۳(g) + O_۲(g) \rightarrow HCN(g) + H_۲O(g)$، پس از موازنه، ضریب استوکیومتری چند گونه با یکدیگر برابر است؟ (سراسری تجربی خارج ۹۶)

۱) ۴ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۵

۸۰- نسبت شمار مول‌های آب به شمار مول‌های $O_۲$ در معادلهٔ واکنش سوختن: $PH_۳(g) + O_۲(g) \rightarrow P_۴O_{۱۰}(s) + H_۲O(g)$، پس از موازنه، کدام است؟ (سراسری تجربی ۹۷)

۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۳}{۵}$ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۲}{۵}$

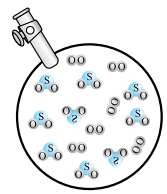
۸۱- در فرایند سوختن کامل کدام‌یک از ترکیب‌های زیر، شمار مولکول‌های آب تولیدشده، ۱/۲ برابر شمار مولکول‌های کربن دی‌اکسید تولیدشده است؟

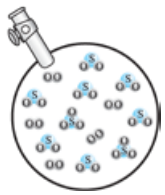
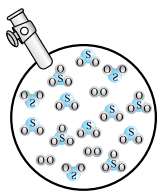
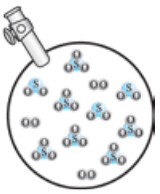
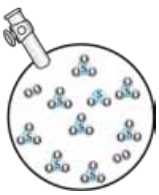
۱) $C_۶H_۶$ ۲) $C_۵H_{۱۱}OH$ ۳) $C_{۱۰}H_{۲۲}$ ۴) $C_{۱۰}H_۸$

۸۲- در واکنش: $۳Cu(s) + aHNO_۳(aq) \rightarrow ۳Cu(NO_۳)_۲(aq) + bA(g) + ۴H_۲O(l)$ به ترتیب a و b از راست به چپ برابر ..... و ..... و A گاز ..... است. (سراسری ریاضی خارج ۹۳)

۱) NO ،۲ ،۸ ۲) $NO_۲$ ،۲ ،۸ ۳) NO ،۴ ،۱۰ ۴) $NO_۲$ ،۴ ،۱۰

۸۳- مقداری از گازهای گوگرد دی‌اکسید و اکسیژن را مطابق تصویر مقابل، وارد یک ظرف می‌کنیم تا براساس معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ $SO_۲ + O_۲ \rightarrow SO_۳$ با هم واکنش بدهند. کدام‌یک از تصاویر زیر، نمی‌تواند مربوط به ظرف واکنش بعد از گذشت مدت‌زمان مشخص باشد؟



۱) 
۲) 
۳) 
۴) 

۸۴- چند مورد از مطالب زیر، در رابطه با واکنش‌های مقابل، درست‌اند؟

۱) $C_۶H_{۱۲}O_۶ + O_۲ \rightarrow CO_۲ + H_۲O$

۲) $CO(NH_۲)_۲ + O_۲ \rightarrow N_۲ + CO_۲ + H_۲O$

آ) پس از موازنهٔ واکنش (۱)، تعداد اتم‌های اکسیژن در میان واکنش‌دهنده‌های آن، ۳ برابر تعداد اتم‌های کربن است.

ب) در صورت موازنهٔ این واکنش‌ها، ضریب آب در واکنش (۱)، دو برابر ضریب آب در واکنش (۲) است.

پ) به ازای تولید هر مولکول نیتروژن در واکنش (۲)، دو مولکول آب تولید می‌شود.

ت) پس از موازنهٔ این واکنش‌ها، نسبت میان ضریب کربن دی‌اکسید به ضریب اکسیژن در آن‌ها مشابه به هم است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۵- در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ کدام دو واکنش زیر، مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد، به ترتیب بیشترین و کم‌ترین است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

a) $Cr(s) + H_۲SO_۴(aq) \rightarrow Cr_۲(SO_۴)_۳(aq) + SO_۲(g) + H_۲O(l)$
b) $Ag(s) + H_۲SO_۴(aq) \rightarrow Ag_۲SO_۴(aq) + SO_۲(g) + H_۲O(l)$
c) $H_۳PO_۴(aq) + Zn(OH)_۲(s) \rightarrow Zn_۳(PO_۴)_۲(s) + H_۲O(l)$
d) $NH_۳(g) + O_۲(g) \rightarrow NO(g) + H_۲O(l)$

۱) a ،c ۲) b ،d ۳) c ،b ۴) d ،a (سراسری تجربی خارج ۱۴۰۰)

۸۶- ضریب مولی آب در کدام‌یک از واکنش‌های شیمیایی زیر، نسبت به سایر واکنش‌ها متفاوت است؟

۱) $H_۲ + KIO_۳ \rightarrow KI + H_۲O$
۲) $H_۲SO_۴ + HI \rightarrow H_۲S + H_۲O + I_۲$
۳) $NH_۳ + CaCO_۳ \rightarrow H_۲O + CaCN_۲$
۴) $As_۲O_۳ + KI + HCl \rightarrow AsI_۳ + KCl + H_۲O$

۸۷- مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در معادلهٔ واکنش: $Na_2O_2(s) + H_2O(l) \rightarrow NaOH(aq) + O_2(g)$ پس از موازنه، کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۸)

۱) ۸ ۲) ۹ ۳) ۱۰ ۴) ۱۱

۸۸- با توجه به واکنش‌های زیر، پس از موازنهٔ معادلهٔ آن‌ها، تفاوت مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در آن‌ها، کدام است؟

$H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) + H_2O(g)$ ، $NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow NO(g) + H_2O(g)$

۱) ۳ ۲) ۵ ۳) ۸ ۴) ۱۰ (سراسری تجربی خارج ۹۸)

۸۹- پس از موازنهٔ معادلهٔ واکنش‌های زیر: (سراسری ریاضی خارج ۱۴۰۰)

a) $P_4O_{10}(s) + H_2O(l) \rightarrow H_3PO_4(aq)$

b) $SF_4(g) + H_2O(l) \rightarrow SO_2(g) + HF(g)$

c) $FeS_2(s) + O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s) + SO_2(g)$

d) $HNO_2(aq) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g) + H_2O(g)$

نسبت مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در واکنش a به واکنش c و تفاوت مجموع ضریب‌های استوکیومتری مواد در واکنش‌های d و b، (به ترتیب از راست به چپ) کدام است؟

۱) ۳ ، ۰ / ۲۴ ۲) ۶ ، ۰ / ۲۴ ۳) ۳ ، ۰ / ۴۴ ۴) ۶ ، ۰ / ۴۴

۹۰- پس از موازنهٔ معادلهٔ واکنش $Al(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Al(NO_3)_3(aq) + NO(g) + H_2O(l)$ ، مجموع ضرایب گونه‌های محلول در آب در این واکنش، برابر با ضریب گاز اکسیژن در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن کامل کدام ترکیب زیر است؟

۱) C_2H_7COOH ۲) $C_5H_{11}OH$ ۳) C_4H_6 ۴) C_2H_6

۹۱- در کدام‌یک از واکنش‌های زیر، پس از موازنه، مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها دو برابر فراورده‌ها است؟

۱) $NaOH + Al + H_2O \rightarrow NaAl(OH)_4 + H_2$

۲) $KBr + H_2O + N_2 \rightarrow KBrO_3 + N_2H_4$

۳) $Fe_2O_3 + C \rightarrow Fe + CO_2$

۴) $LiOH + CO_2 \rightarrow Li_2CO_3 + H_2O$

۹۲- طی واکنش آهن (III) اکسید با فلز سدیم، سدیم اکسید و فلز آهن تولید می‌شوند. مجموع ضرایب مواد شرکت‌کننده در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش، چند برابر ضریب آب در واکنش $Cl_2 + NaOH \rightarrow NaCl + NaClO_3 + H_2O$ است؟

۱) ۶ ۲) ۴ ۳) ۲ / ۴ ۴) ۳

خواص و رفتار گازها

۹۳- درصد حجمی گاز کربن دی‌اکسید موجود در یک نمونهٔ هوا در شرایط STP، برابر ۰ / ۰۳۹۲٪ است. هر متر مکعب از این نمونهٔ هوا شامل چند گرم گاز کربن دی‌اکسید است؟ $(O = 16 , C = 12 : g.mol^{-1})$

۱) ۷۷ ۲) ۲۲ ۳) ۰ / ۷۷ ۴) ۰ / ۲۲

۹۴- یک خودروی سواری برای تأمین اکسیژن موردنیاز در موتور خود، به ازای طی هر کیلومتر مسافت، به ۳۸۴۰۰ گرم گاز اکسیژن نیاز دارد. اگر این خودرو در طول یک روز ۱۰۰ km مسافت را طی کند، چند متر مکعب هوا در شرایط STP وارد موتور آن می‌شود؟ $(O = 16\ g.mol^{-1})$

۱) ۴۲۰۰ ۲) ۱۳۴۴۰ ۳) ۳۳۶۰ ۴) ۲۶۸۸

۹۵- جرم مخلوطی از گازهای Ne و SO_3 برابر ۱۸ g است. اگر حجم این مخلوط گازی در شرایط استاندارد برابر ۶ / ۷۲ L باشد، نسبت مولی گاز SO_3 به گاز Ne در این مخلوط کدام است؟ $(S = 32 , Ne = 20 , O = 16 : g.mol^{-1})$

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۸

۹۶- چگالی گاز اکسیژن با فشار ۱ atm در چه دمایی با چگالی گاز N_2 در شرایط استاندارد برابر می‌شود؟ $(O = 16 , N = 14\ g.mol^{-1})$

۱) $-27\ ^\circ C$ ۲) $-39\ ^\circ C$ ۳) $27\ ^\circ C$ ۴) $39\ ^\circ C$

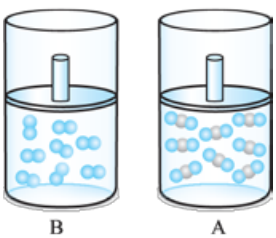
۹۷- چگالی مخلوطی از گازهای NO و NO_2 در شرایط استاندارد، دو برابر چگالی گاز نئون در این شرایط است. اگر حجم این مخلوط گازی برابر ۱۳۴ / ۴ L باشد، چند مول گاز NO در این مخلوط وجود داشته و شمار اتم‌های اکسیژن موجود در این مخلوط چند برابر شمار اتم‌های اکسیژن در ۷۰ / ۲ گرم دی نیتروژن پنتااکسید خواهد بود؟(گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید؛ $(Ne = 20 , O = 16 , N = 14 : g.mol^{-1})$

۱) ۳ _ ۲ / ۲۵ ۲) ۲ / ۵ _ ۲ / ۲۵ ۳) ۳ _ ۳ / ۷۵ ۴) ۲ / ۵ _ ۳ / ۷۵

۹۸- یک مخلوط گازی با چگالی $1/12\ g.L^{-1}$، در شرایط STP دارای ۵۶ درصد حجمی گاز نیتروژن است. درصد جرمی گاز نیتروژن در این مخلوط گازی کدام است؟ $(N = 14\ g.mol^{-1})$

۱) ۶۲ / ۵ ۲) ۵۰ ۳) ۳۷ / ۵ ۴) ۷۵

۹۹- سیلندرهای مقابل، محتوی گازهای کربن دی‌اکسید و اکسیژن در شرایط یکسان از نظر دما و فشار هستند. کدام‌یک از مطالب زیر در رابطه با این دو سیلندر نادرست است؟ $(O = 16 , C = 12 : g.mol^{-1})$



۱) شمار اتم‌های اکسیژن موجود در سیلندر A با شمار اتم‌های این عنصر در سیلندر B برابر است.

۲) با افزایش دمای سیلندر A همانند کاهش فشار سیلندر B، حجم گاز موجود در سیلندر افزایش می‌یابد.

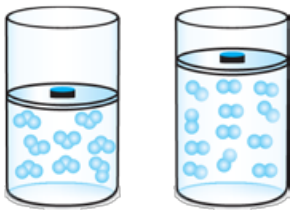
۳) اگر جرم گاز موجود در هر سیلندر را به اندازهٔ ۱۰ g افزایش بدهیم، ارتفاع سیلندر B بیشتر تغییر می‌کند.

۴) با افزودن مقداری گاز اوزون به سیلندر A، تفاوت چگالی محتویات گازی این سیلندر و سیلندر B کاهش می‌یابد.

۱۰۰- جرم‌های برابری از گازهای نیتروژن و هلیم را با هم مخلوط می‌کنیم. چگالی این مخلوط گازی چند برابر چگالی گاز هلیم بوده و درصد حجمی گاز هلیم در این مخلوط کدام است؟ $(N=14, He=4: g.mol^{-1})$

۱) ۸۷/۵ ـ ۱/۷۵ ۲) ۲۲/۲ ـ ۱/۷۵ ۳) ۸۷/۵ ـ ۴ ۴) ۲۲/۲ ـ ۴

۱۰۱- سیلندرهای زیر، دارای سطح مقطع و شرایط یکسان بوده و جرم‌های برابری از گازهای اکسیژن و اوزون در آن‌ها قرار دارند. کدام‌یک از مطالب زیر در رابطه با این سیلندرها نادرست است؟



۱) ارتفاع پیستون در سیلندر حاوی گاز اکسیژن، ۱/۵ برابر سیلندر دیگر است.

۲) چگالی گاز اکسیژن، ۱/۵ برابر چگالی گاز در سیلندر دیگر است.

۳) شمار مولکول‌ها در سیلندر حاوی گاز اکسیژن، ۱/۵ برابر سیلندر دیگر است.

۴) تعداد اتم‌های اکسیژن موجود در این دو سیلندر با هم برابر است.

۱۰۲- یک سیلندر محتوی ۱۶ g گاز اکسیژن در دما و فشار اتاق در اختیار داریم. چند مورد از مطالب زیر در رابطه با این سیلندر درست است؟ $(O=16, He=4: g.mol^{-1})$

آ) با قراردادن یک وزنه بر روی پیستون موجود در این سیلندر، فاصلهٔ مولکول‌های گازی کاهش می‌یابد.

ب) اگر دمای یک گاز را در مقیاس سلسیوس دو برابر کنیم، حجم آن به کم‌تر از دو برابر حالت اولیه افزایش می‌یابد.

پ) با افزودن یک مول گاز اکسیژن به این سیلندر، حجم گاز موجود در آن ۲ برابر می‌شود.

ت) در صورت افزودن مقداری گاز هلیم به محتویات این سیلندر، چگالی گازهای موجود در آن افزایش می‌یابد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۰۳- مخلوطی با دمای $27\ ^\circ C$ و حجم ۶۰ لیتر از گازهای نیتروژن، اکسیژن و هلیم که شامل مول‌های برابری از این گازها است را تا نقطهٔ جوش گاز نیتروژن سرد می‌کنیم. پس از خارج‌کردن اجزای مایع از مخلوط حاصل، دما را تا $57\ ^\circ C$ افزایش می‌دهیم. به شرطی که فشار مخلوط گازها طی این فرایند ثابت مانده باشد، حجم نهایی این مخلوط گازی به چند لیتر می‌رسد؟

۱) ۱۸ ۲) ۳۶ ۳) ۴۴ ۴) ۲۲

۱۰۴- مخلوطی از گازهای هیدروژن و هلیم در یک سیلندر پلاتینی وجود دارند. در صورت خارج‌کردن کل گاز هیدروژن موجود در این محفظه، جرم گازهای موجود در آن به اندازهٔ ۲۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. طی این فرایند، حجم گازهای موجود در سیلندر چند درصد کاهش می‌یابد؟ $(He=4, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

۱۰۵- یک نمونهٔ گازی به حجم ۶ لیتر و با فشار ۲ atm در اختیار داریم. اگر در دمای ثابت، فشار گازهای موجود را به اندازهٔ ۲۰ درصد کاهش دهیم، حجم آن‌ها به اندازهٔ چند لیتر افزایش پیدا می‌کند؟

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۲/۵

۱۰۶- در صورتی که فشار یک نمونهٔ گازی به حجم ۲۰ L را به اندازهٔ ۰/۲ atm افزایش بدهیم، حجم این نمونهٔ گازی به اندازهٔ یک لیتر کاهش پیدا می‌کند. فشار اولیهٔ این نمونهٔ گازی چند atm است؟

۱) ۴/۲ ۲) ۴ ۳) ۳/۸ ۴) ۳/۶

۱۰۷- چهار لیتر گاز نیتروژن با دمای ۲۰۰ K در یک سیلندر با پیستون متحرک وجود دارد. اگر دمای محتویات درون سیلندر را به اندازهٔ $40\ ^\circ C$ کاهش دهیم، چند لیتر از حجم گازهای موردنظر کاسته شده و اگر در این حالت، شمار مولکول‌های گازی موجود در سیلندر را به اندازهٔ ۷۵ درصد افزایش بدهیم، حجم گازها به اندازهٔ چند لیتر تغییر می‌کند؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

۱) ۰/۸ ـ ۲/۴ ۲) ۱/۶ ـ ۲/۴ ۳) ۰/۸ ـ ۱/۲ ۴) ۱/۶ ـ ۱/۲

۱۰۸- فشار نمونهٔ گازی موجود در کدام گزینه، بیشتر از سایر موارد است؟ $(Ar=40, O=16: g.mol^{-1})$

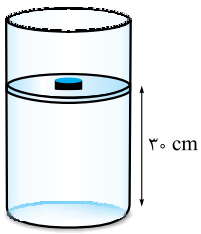
۱) یک مول گاز N_2 در محفظهٔ ۴ لیتری با دمای $27\ ^\circ C$

۲) ۵۶ گرم گاز O_2 در محفظهٔ ۷ لیتری با دمای $54\ ^\circ C$

۳) ۶۵ گرم گاز Ar در محفظهٔ ۵ لیتری با دمای $39\ ^\circ C$

۴) ۱/۲ مول گاز N_2 در محفظهٔ ۶ لیتری با دمای $91\ ^\circ C$

۱۰۹- با قراردادن وزنه بر روی پیستون موجود در سیلندر مقابل، فشار گازهای موجود در آن را ۲۰ درصد افزایش داده و با سردکردن گازهای درون آن، دمای آن‌ها را به اندازهٔ ۲۰ درصد در مقیاس کلوین کاهش می‌دهیم. طی این فرایند، ارتفاع پیستون به اندازهٔ چند cm تغییر می‌کند؟



۱) ۱۰

۲) ۸

۳) ۴

۴) ۵

۱۱۰- سیلندری با پیستون روان که حاوی ۹/۵ لیتر گاز هیدروژن است را از سطح زمین تا ارتفاع ۶ km بالا می‌بریم. اگر دمای هوا در سطح زمین برابر $12\ ^\circ C$ بوده و فشار هوا در ارتفاع ۶ km لایهٔ تروپوسفر برابر ۰/۵ atm باشد، طی این فرایند حجم گازهای موجود در سیلندر به چند لیتر می‌رسد؟

۱) ۲۱/۷ ۲) ۱۶/۶ ۳) ۴/۱۴ ۴) ۵/۴

۱۱۱- برای پرکردن یک کپسول اکسیژن بیمارستانی به حجم ۲۰ L و با فشار ۴ atm، به ۴/۴ مول گاز اکسیژن نیاز است. برای پرکردن یک کپسول گاز به حجم ۲/۵ L و با فشار ۱۲ atm، به چند مول متان نیاز است؟ (دمای گازهای موجود در کپسول‌ها را یکسان در نظر بگیرید.)

۱) ۱/۶۵ ۲) ۳/۳ ۳) ۲/۷۵ ۴) ۲/۲

۱۱۲- دمای یک نمونه از گاز اکسیژن که چگالی آن برابر $1/44\ g.L^{-1}$ است را از ۲۷ °C به ۳۳- °C رسانده و فشار آن را به اندازهٔ ۲۵ درصد کاهش می‌دهیم. پس از پایان این فرایند، چگالی گاز به چند گرم بر لیتر می‌رسد؟

۱) ۲ ۲) ۱/۳۵ ۳) ۰/۷۲ ۴) ۱/۲۸

محاسبه‌های استوکیومتری

۱۱۳- $1/806\times10^{22}$ مولکول متان، معادل با ..... مول از این ماده بوده و طی سوزاندن کامل آن براساس معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ مقابل، ..... گرم بخار آب تولید می‌شود. $(O=16, H=1: g.mol^{-1})$

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

۱) ۲/۱۶ – ۰/۰۳ ۲) ۲/۱۶ – ۰/۰۶ ۳) ۱/۰۸ – ۰/۰۳ ۴) ۱/۰۸ – ۰/۰۶

۱۱۴- مول‌های برابری از مولکول‌های آب در واکنش‌های موازنه‌نشدهٔ زیر مصرف می‌شوند. تعداد مول‌های ید مصرف‌شده در واکنش (I)، چند برابر تعداد مول‌های هیدروژن تولیدشده در واکنش (II) است؟

I) $I_2+H_2O+H_2S\rightarrow HI+H_2SO_4$ II) $Al+NaOH+H_2O\rightarrow NaAl(OH)_4+H_2$

۱) ۱/۲۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۰/۵

۱۱۵- شمار یون‌های موجود در ۸۴ گرم منیزیم سولفید، چند برابر شمار یون‌های مثبت موجود در ۱۶/۶ گرم سدیم نیترید است؟ (سراسری ریاضی خارج ۹۹)

$(S=32, Mg=24, Na=23, N=14: g.mol^{-1})$

۱) ۰/۲۷ ۲) ۲/۵ ۳) ۳/۷۵ ۴) ۵

۱۱۶- طی واکنش $1/806\times10^{21}$ اتم سدیم با مقدار کافی آهن (III) اکسید براساس واکنش موازنه‌نشدهٔ: $Na+Fe_2O_3\rightarrow Na_2O+Fe$، چند گرم فلز آهن تولید می‌شود؟ $(Fe=56\ g.mol^{-1})$

۱) ۰/۰۵۶ ۲) ۰/۰۲۸ ۳) ۰/۲۸ ۴) ۰/۱۴

۱۱۷- از سوختن هر مول پروپان، چند مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود و برای جلوگیری از ورود این مقدار کربن دی‌اکسید به هواکره مطابق واکنش $MgO+CO_2\rightarrow MgCO_3$، به چند گرم منیزیم اکسید نیاز است؟ $(Mg=24, O=16: g.mol^{-1})$

۱) ۱۲۰، ۶ ۲) ۱۲۰، ۳ ۳) ۴۰، ۶ ۴) ۴۰، ۳

۱۱۸- فرمول شیمیایی مس (I) اکسید، مشابه فرمول شیمیایی کدام اکسید است و نسبت جرم اکسیژن به جرم مس در آن، کدام است؟ $(Cu=64, O=16: g.mol^{-1})$

۱) ۰/۱۲۵ ،Ag_2O ۲) ۰/۱۲۵ ،FeO (سراسری ریاضی خارج ۱۴۰۰)

۳) ۰/۲۵ ،Ag_2O ۴) ۰/۲۵ ،FeO

۱۱۹- ۰/۶ مول یون کدام فلز در واکنش با یون فلوئورید، ترکیبی به جرم ۴۶/۸ گرم تشکیل می‌دهد؟ $(Ga=70, Ca=40, Al=27, Mg=24, F=19: g.mol^{-1})$ (سراسری ریاضی ۹۲)

۱) Al ۲) Mg ۳) Ca ۴) Ga

۱۲۰- بر اثر سوختن گاز هیدروژن سولفید در حضور اکسیژن کافی، گازهای گوگرد دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌شوند. اگر جرم گوگرد دی‌اکسید حاصل از سوختن مقداری هیدروژن سولفید، به اندازهٔ ۲۳ گرم بیشتر از جرم بخار آب حاصل باشد، چند گرم هیدروژن سولفید طی این فرایند سوخته است؟ $(S=32, O=16, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۵۱ ۲) ۱۷ ۳) ۲۵/۵ ۴) ۳۴

۱۲۱- در ۱۷/۱ گرم آلومینیم سولفات، چند مول یون آلومینیم وجود دارد و از واکنش کامل این مقدار از آن با مقدار کافی محلول کلسیم هیدروکسید، چند گرم رسوب تشکیل می‌شود؟ $(S=32, Al=27, O=16, H=1: g.mol^{-1})$ (سراسری ریاضی خارج ۱۴۰۰)

(معادلهٔ واکنش موازنه شود.) $Al_2(SO_4)_3(aq)+Ca(OH)_2(aq)\rightarrow Al(OH)_3(s)+CaSO_4(aq)$

۱) ۷/۸، ۰/۰۵ ۲) ۷/۸، ۰/۱ ۳) ۳/۹، ۰/۰۵ ۴) ۳/۹، ۰/۱

۱۲۲- در اثر سوختن کامل ۸۹ گرم از یک نوع چربی $(C_xH_yO_6)$ مطابق واکنش زیر، به ترتیب از راست به چپ، چند لیتر اکسیژن مصرف و چند مول گاز CO_2 تولید می‌شود؟ (حجم مولی گازها در شرایط آزمایش، برابر با ۲۵ L فرض شود؛ $O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1}$) (سراسری تجربی خارج ۹۹)

(موازنهٔ معادلهٔ واکنش کامل شود.) $mC_xH_yO_6+163O_2\rightarrow 114CO_2+110H_2O$

۱) ۵/۷، ۳۰۲/۷۵ ۲) ۷/۵، ۳۰۲/۷۵ ۳) ۵/۷، ۲۰۳/۷۵ ۴) ۷/۵، ۲۰۳/۷۵

۱۲۳- با توجه به واکنش‌های زیر، چند مطلب زیر درست است؟ $(Fe=56, O=16, H=1: g.mol^{-1})$ (سراسری ریاضی خارج ۹۹ با تغییر)

(معادلهٔ واکنش‌ها موازنه شود.)

I) $Fe(OH)_2(s)+H_2O(l)+O_2(g)\rightarrow Fe(OH)_3(s)$

II) $Al(OH)_3(s)+H_2SO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+H_2O(l)$

آ) برای تشکیل ۱۰۷۰ گرم رسوب $Fe(OH)_3$، $12/04\times10^{23}$ مولکول آب نیاز است.

ب) شمار مول‌های واکنش‌دهندهٔ محلول مصرف‌شده در واکنش II، ۲ برابر شمار مول‌های فراوردهٔ محلول تولیدشده است.

پ) از واکنش هر مول سولفوریک اسید با آلومینیم هیدروکسید کافی، ۳۶ گرم آب تشکیل می‌شود.

ت) مجموع ضریب‌های استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (I) با مجموع ضریب‌های استوکیومتری فراورده‌ها در واکنش (II) برابر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۲۴- یک قطعه منگنز (IV) اکسید، با مقدار کافی هیدروکلریک اسید براساس معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ زیر به طور کامل واکنش می‌دهد. اگر مجموع مقدار فراورده‌های تولیدشده به اندازهٔ ۴ مول کم‌تر از واکنش‌دهنده‌های مصرف‌شده باشد، چند گرم منگنز (IV)اکسید طی این واکنش مصرف شده است؟ $(Mn = 55 , O = 16 : g.mol^{-1})$

$$MnO_2(s) + HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$$

۱) ۳۴۸ ۲) ۱۷۴ ۳) ۲۶۱ ۴) ۸۷

۱۲۵- در مخلوطی از گازهای فلوئور و هلیم، درصد جرمی گاز فلوئور ۳/۰۴ برابر درصد حجمی این گاز است. گاز فلوئور موجود در یک نمونهٔ ۱۲۵ گرمی از این مخلوط در واکنش با مقدار کافی فلز سدیم، چند گرم سدیم فلوئورید تولید می‌کند؟ $(Na = 23 , F = 19 : g.mol^{-1})$

$$2Na(s) + F_2(g) \rightarrow 2NaF(s)$$

۱) ۵۲/۵ ۲) ۱۵۷/۵ ۳) ۱۰۵ ۴) ۲۱۰

۱۲۶- پس از موازنهٔ معادلهٔ واکنش‌ها، نسبت مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (II) به مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها در واکنش (I) کدام است و اگر در واکنش (II)، ۱۰/۷ گرم مادهٔ نامحلول در آب تشکیل شود. چند لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP مصرف می‌شود؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید؛ $Fe = 56 , O = 16 , H = 1 : g.mol^{-1}$) (سراسری تجربی ۹۹)

$$I)\ NH_2CH_2COOH(l) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + N_2(g) + H_2O(g)$$

$$II)\ Fe(s) + H_2O(l) + O_2(g) \rightarrow Fe(OH)_3(s)$$

۱) ۲/۲۸ ،۰/۶۵ ۲) ۱/۶۸ ،۰/۶۵ ۳) ۱/۴۵ ،۰/۶۰ ۴) ۱/۲۵ ،۰/۶۰

۱۲۷- در واکنش موازنه‌نشدهٔ: $CaC_2(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s) + C_2H_2(g)$، تفاوت جرم فراورده‌های تولیدشده به ازای مصرف $1/5055 \times 10^{22}$ مولکول آب، برابر چند گرم است؟ $(Ca = 40 , O = 16 , C = 12 , H = 1 : g.mol^{-1})$

۱) ۰/۹ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۸ ۴) ۱/۲

۱۲۸- مقداری پتاسیم پرمنگنات ($KMnO_4$) را گرم کرده تا مطابق واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، به طور کامل تجزیه شود. به تقریب چند درصد از جرم نمونهٔ جامد طی این فرایند کاسته می‌شود؟ $(Mn = 55 , K = 39 , O = 16 : g.mol^{-1})$

$$KMnO_4(s) \rightarrow K_2MnO_4(s) + MnO_2(s) + O_2(g)$$

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۲۷/۵ ۴) ۳۷/۷ (سراسری تجربی خارج ۹۵)

۱۲۹- گاز اکسیژن آزادشده از تجزیهٔ گرمایی ۰/۶ مول پتاسیم کلرات ($KClO_3$)، از تجزیهٔ گرمایی چند گرم سدیم نیترات ($NaNO_3$) به دست آمده و تفاوت جرم فراورده‌های جامد تولیدشده در این دو واکنش برابر چند گرم می‌شود؟ $(K = 39 , Cl = 35/5 , Na = 23 , O = 16 , N = 14 : g.mol^{-1})$

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

$$2NaNO_3(s) \rightarrow 2NaNO_2(s) + O_2(g)$$

۱) ۷۶/۵ ـ ۳۴/۸ ۲) ۷۹/۵ ـ ۱۵۳ ۳) ۳۴/۸ ـ ۱۵۳ ۴) ۷۶/۵ ـ ۷۹/۵

۱۳۰- نمونه‌هایی از سدیم هیدروژن کربنات و منیزیم کربنات را براساس واکنش‌های زیر تجزیه می‌کنیم. درصد کاهش جرم نمونهٔ جامد در فرایند تجزیهٔ منیزیم کربنات، تقریباً چند برابر درصد کاهش جرم نمونهٔ جامد در فرایند تجزیهٔ سدیم هیدروژن کربنات است؟ $(Mg = 24 , Na = 23 , O = 16 , C = 12 , H = 1 : g.mol^{-1})$

$$I)\ MgCO_3(s) \rightarrow MgO(s) + CO_2(g)$$

$$II)\ 2NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$$

۱) ۱/۲۵ ۲) ۱/۴۲ ۳) ۰/۷۱ ۴) ۰/۵

۱۳۱- چند مورد از مطالب زیر، دربارهٔ واکنش‌های زیر پس از موازنهٔ معادلهٔ آن‌ها، درست است؟ (سراسری تجربی ۱۴۰۰ با تغییر)

a) $Co(OH)_2(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Co_2(SO_4)_3(aq) + H_2O(l)$

b) $NiCO_3(s) + H_3PO_4(aq) \rightarrow Ni_3(PO_4)_2(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$

c) $MgCO_3(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Mg(NO_3)_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

آ) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ a و b برابرند.

ب) به ازای تولید مقدار برابر آب در واکنش‌های b و c، جرم یکسانی از گاز کربن دی‌اکسید در این دو واکنش تولید می‌شود.

پ) تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ c، با معادلهٔ b، برابر ۶ است.

ت) در معادلهٔ c، مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها با مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها برابر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۳۲- با توجه به واکنش زیر، از مصرف هر مول بور اکسید، چند لیتر گاز در شرایط STP، تولید می‌شود؟ (معادله موازنه شود.)

$$B_2O_3(s) + Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} BCl_3(l) + O_2(g)$$

۱) ۳۳/۶ ۲) ۳۹/۲ ۳) ۴۴/۸ ۴) ۶۷/۲ (سراسری ریاضی خارج ۹۸)

۱۳۳- تفاوت شمار اتم‌های کربن و هیدروژن موجود در نمونه‌ای از گلوکز برابر با $1/8066 \times 10^{23}$ است. بر اثر اکسایش کامل این نمونه از گلوکز، چند گرم آب تولید شده و گاز CO_2 حاصل از این فرایند، با چند گرم لیتیم اکسید براساس معادلهٔ زیر واکنش می‌دهد؟ $(O = 16 , C = 12 , Li = 7 , H = 1 : g.mol^{-1})$

$$Li_2O(s) + CO_2(g) \rightarrow Li_2CO_3(s)$$

۱) ۹ ـ ۵/۴ ۲) ۱۸ ـ ۵/۴ ۳) ۹ ـ ۱۰/۸ ۴) ۱۸ ـ ۱۰/۸

۱۳۴- مقدار گاز SF_4 لازم برای تهیهٔ ۵۰ لیتر گاز HF را از واکنش چند گرم سدیم فلوئورید با گاز SCl_2 کافی می‌توان به دست آورد و در این فرایند، چند گرم گاز SO_2 تولید می‌شود؟ (معادلهٔ واکنش‌ها، موازنه شوند.)

(۱) $SCl_2(g) + NaF(s) \rightarrow SF_4(g) + S_2Cl_2(g) + NaCl(s)$

(۲) $SF_4(g) + H_2O(l) \rightarrow SO_2(g) + HF(g)$

(جرم هر لیتر گاز HF برابر ۰/۸ گرم در نظر گرفته شود، گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید، $S = 32 , Na = 23 , F = 19 , O = 16 , H = 1 : g.mol^{-1}$)

۱) ۱۲۶، ۳۲ ۲) ۱۲۶، ۴۲ ۳) ۸۴، ۴۲ ۴) ۸۴، ۳۲ (سراسری تجربی ۹۹)

۱۳۵- برای تأمین اکسیژن موردنیاز جهت سوختن کامل ۱۱/۴ گرم اوکتان (C_8H_{18})، تقریباً چند لیتر هوا، در شرایط STP لازم بوده و طی این فرایند، چند گرم کربن دی‌اکسید تولید می‌شود؟ $(O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

۱) ۲۸۰ ـ ۳۵/۲ ۲) ۲۸۰ ـ ۵۲/۸ ۳) ۱۴۰ ـ ۳۵/۲ ۴) ۱۴۰ ـ ۵۲/۸

۱۳۶- یک نمونهٔ ۵/۵۰ گرمی از KNO_3 را براساس معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ $KNO_3(s) \rightarrow K_2O(s) + N_2(g) + O_2(g)$ به طور کامل تجزیه می‌کنیم. جرم پتاسیم اکسید تولیدشده برابر با چند گرم بوده و جرم فراوردهٔ گازی واکنش‌پذیرتر حاصل از این فرایند، تقریباً چند برابر جرم گاز دیگر خواهد بود؟ $(K=39, O=16, N=14 : g.mol^{-1})$

۱) ۲۸/۲ ـ ۲/۸۵ ۲) ۲۸/۲ ـ ۰/۳۵ ۳) ۲۳/۵ ـ ۲/۸۵ ۴) ۲۳/۵ ـ ۰/۳۵

۱۳۷- سیلیسیم کاربید (SiC) از واکنش: (معادله موازنه شود.) $SiO_2(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} SiC(s) + CO(g)$، تولید می‌شود. به ازای تولید هر کیلوگرم از این ماده، چند لیتر گاز آلاینده (در شرایط STP) تولید می‌شود؟ $(Si=28, C=12 : g.mol^{-1})$ (سراسری تجربی ۹۸)

۱) ۵۶۰ ۲) ۱۱۲۰ ۳) ۱۶۸۰ ۴) ۲۲۴۰

۱۳۸- اگر شمار مولکول‌های اکسیژن موجود در مخلوطی از گازهای اکسیژن و هلیم را ۲ برابر کنیم، حجم مخلوط به اندازهٔ ۶۰٪ افزایش پیدا می‌کند. گاز اکسیژن موردنیاز برای سوزاندن کامل ۶۶ گرم پروپان، به کمک چند گرم از مخلوط گازی نهایی ایجادشده تأمین می‌شود؟ $(O=16, C=12, He=4, H=1 : g.mol^{-1})$

۱) ۱۸۰ ۲) ۳۶۰ ۳) ۱۲۵ ۴) ۲۵۰

۱۳۹- یک نمونهٔ ۱۵ گرمی از مادهٔ A، با مقداری از مادهٔ X، واکنش داده و ۳۶ گرم ترکیب AX_3 را ایجاد می‌کند. جرم مولی عنصر X، برابر با چند گرم بوده و یک نمونهٔ ۷۰ گرمی از این عنصر با چند گرم از مادهٔ Z براساس معادلهٔ زیر به طور کامل واکنش خواهد داد؟ $(Z=84, A=60 : g.mol^{-1})$ $2X + 3Z \rightarrow X_2Z_3$

۱) ۱۴ ـ ۳۱۵ ۲) ۲۸ ـ ۳۱۵ ۳) ۱۴ ـ ۶۳۰ ۴) ۲۸ ـ ۶۳۰

۱۴۰- برای تهیهٔ ۷/۶۸ L گاز اکسیژن، چند گرم $KClO_3$ برای شرکت در واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، لازم است؟ (چگالی گاز اکسیژن را در شرایط آزمایش، برابر $1/25\ g.L^{-1}$ در نظر بگیرید و $(K=39, Cl=35/5, O=16 : g.mol^{-1})$

$KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} KCl(s) + O_2(g)$

۱) ۱۲/۵ ۲) ۲۴/۵ ۳) ۳۶/۵ ۴) ۷۳/۵ (سراسری ریاضی خارج ۹۰)

۱۴۱- در شرایطی که چگالی یک نمونه از گاز متان برابر با $4\times10^{-4}\ g.mL^{-1}$ است، یک نمونهٔ ۱۵/۲ گرمی از کربن دی‌سولفید را با مقدار کافی آب وارد واکنش می‌کنیم. مجموع حجم فراورده‌های گازی تولیدشده طی این فرایند برابر با چند لیتر می‌شود؟ $(S=32, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

$CS_2(l) + H_2O(l) \rightarrow CO_2(g) + H_2S(g)$

۱) ۱۸ ۲) ۲۴ ۳) ۳۶ ۴) ۴۸

۱۴۲- مقداری پتاسیم نیترات را براساس معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ $KNO_3(s) \rightarrow K_2O(s) + O_2(g) + N_2(g)$ در شرایطی که حجم مولی گازها برابر با ۷۲ لیتر است، تجزیه می‌کنیم. اگر تفاوت حجم گازهای اکسیژن و نیتروژن تولیدشده در این فرایند برابر با ۴۳/۲ لیتر باشد، جرم پتاسیم نیترات تجزیه‌شده برابر با چند گرم است؟ $(K=39, O=16, N=14 : g.mol^{-1})$

۱) ۳۳/۶ ۲) ۶۰/۶ ۳) ۴۰/۴ ۴) ۸۰/۸

۱۴۳- پتاسیم نیترات براساس واکنش موازنه‌نشدهٔ $KNO_3(s) \rightarrow KNO_2(s) + O_2(g)$ تجزیه می‌شود. گاز اکسیژن حاصل از تجزیهٔ ۴۰/۴ g پتاسیم نیترات، برای سوزاندن چند گرم گاز کربن مونوکسید کافی است؟ $(K=39, O=16, N=14, C=12 : g.mol^{-1})$

۱) ۱۱/۲ ۲) ۱۴ ۳) ۵/۶ ۴) ۷

۱۴۴- از آهن تولیدشده در واکنش موازنه‌نشدهٔ $Fe_2O_3(s) + Al(s) \rightarrow Fe(l) + Al_2O_3(s)$، برای به دست آوردن فلز مس طی واکنش زیر استفاده می‌شود. برای به دست آوردن ۴۸ g فلز مس طی این فرایند، به چند گرم آلومینیم نیاز است؟ $(Cu=64, Al=27 : g.mol^{-1})$

$CuO(s) + Fe(l) \rightarrow Cu(s) + Fe_2O_3(s)$ (معادلهٔ واکنش موازنه شود.)

۱) ۱۸ ۲) ۹ ۳) ۲۷ ۴) ۱۳/۵

۱۴۵- با شرکت‌کردن $1/505\times10^{24}$ مولکول متان در واکنش زیر، چند گرم گاز اکسیژن مصرف شده و درصد جرمی بخار آب در میان فراورده‌های تولیدشده برابر با چند درصد می‌شود؟ $(O=16, N=14, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ واکنش: $CH_4(g) + NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow HCN(g) + H_2O(g)$

۱) ۶۰ ـ ۶۶/۶ ۲) ۱۲۰ ـ ۶۶/۶ ۳) ۶۰ ـ ۵۰ ۴) ۱۲۰ ـ ۵۰

۱۴۶- مخلوطی از منیزیم و کلسیم به جرم ۵۰ g، به طور کامل با اکسیژن واکنش داده و اکسید می‌شوند. اگر جرم مخلوط حاصل از این فرایند برابر ۷۸ g باشد، طی این فرایند تقریباً چند الکترون بین گونه‌ها مبادله شده است و در مخلوط اولیه، شمار اتم‌های منیزیم چند برابر شمار اتم‌های کلسیم بوده است؟ $(Ca=40, Mg=24, O=16 : g.mol^{-1})$

۱) $1/505\times10^{24}$ ـ $1/505\times10^{24}$ ۲) $1/505\times10^{24}$ ـ $2/5$ ۳) $2/1\times10^{24}$ ـ $2/5$ ۴) $2/1\times10^{24}$ ـ $1/5$

۱۴۷- مخلوطی از گازهای NO و NO_2 به جرم ۵۰ g در اختیار داریم. اگر کل گاز نیتروژن مونوکسید موجود در این مخلوط براساس معادلهٔ: $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ با اکسیژن واکنش بدهد، جرم مخلوط به اندازهٔ ۱۴/۴ g افزایش پیدا می‌کند. در این شرایط، چند درصد از جرم مخلوط اولیه را گاز نیتروژن دی‌اکسید تشکیل می‌دهد؟ $(O=16, N=14 : g.mol^{-1})$

۱) ۵۴ ۲) ۴۶ ۳) ۲۷ ۴) ۷۳