



پیش دانشگاهی

بخش

سینتیک شیمیایی

۲۱۵۲ < ۳ تعیین جهت پیشرفت واکنش‌های شیمیایی، یعنی تعیین جهتی که واکنش به‌طور خودبه‌خود پیشرفت می‌کند، از اهداف علم ترمودینامیک است.

۲۱۵۳ < ۲ *یه نگاه به نیم‌نگاه زیر بنداز.*

می‌توایم فیلی سریع تفاوت‌های سینتیک و ترمودینامیک رو مرور کنیم؛

۱ ترمودینامیک با تعیین ΔG واکنش، امکان وقوع آن را بررسی می‌کند.

۲ سینتیک شیمیایی به بررسی چگونگی و سرعت انجام واکنش می‌پردازد.

۳ واکنش‌های بسیاری وجود دارند که ترمودینامیک، امکان وقوع آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند، اما از دید سینتیک راه مناسبی برای وقوع آن‌ها وجود ندارد، در واقع سرعت بسیار کم مانع از انجام آن‌ها می‌شود.

۲۱۵۴ < ۳ به‌جز مورد (پ)، بقیه‌ی موارد در سینتیک شیمیایی بررسی می‌شوند. دقت داشته باشید که پیشرفت واکنش جزو مباحث علم ترمودینامیک است، نه سینتیک!!

۲۱۵۵ < ۱ فقط عبارت (پ) درست است.

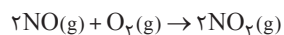
بررسی سایر عبارات‌ها:

(آ) افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات، باعث تشکیل سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می‌شود.

(ب) اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولیدشده در این واکنش، تُرد و شکننده است و فرو می‌ریزد.

(ت) بسیاری از کتاب‌های دست‌نویس قدیمی در گذر زمان، زرد و پوسیده شده‌اند. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیه‌ی سلولز کاغذ بسیار کند رخ می‌دهد.

۲۱۵۶ < ۳ گاز نیتروژن مونوکسید (آلاینده‌ای که از آگزوز خودروها وارد هوا کره می‌شود)، در هوا کره مطابق واکنش زیر به گاز نیتروژن دی‌اکسید قهوه‌ای‌رنگ تبدیل می‌شود.



۲۱۵۷ < ۲ عبارات‌های (ب) و (ت) درست هستند.

بررسی سایر عبارات‌ها:

(آ) خودبه‌خودی بودن یک واکنش از دید ترمودینامیک به این معنا نیست که واکنش یادشده بایستی با سرعت انجام شود.

(پ) تنها برای مواد گازی شکل و محلول، می‌توان سرعت متوسط مصرف یا تولید را افزون بر یکای $\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ با $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ نیز گزارش کرد.

۲۱۵۸ < ۴ ترمودینامیک با تعیین سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و تغییر آنتروپی، امکان وقوع واکنش را بررسی می‌کند. در حالی‌که سینتیک درباره‌ی چگونگی تبدیل آن‌ها به یک‌دیگر و شرایط بهینه برای انجام واکنش گفت‌وگو می‌کند.

۲۱۵۹ < ۱ در هر دو واکنش (آ) و (ب) حداقل یک ماده‌ی رنگی وجود دارد که با توجه به مصرف یا تولید آن، می‌توان پیشرفت واکنش را بررسی کرد. با پیشرفت واکنش (آ) بر شدت رنگ قهوه‌ای که ناشی از تولید گاز NO_2 است، افزوده می‌شود و با پیشرفت واکنش (ب) از شدت رنگ آبی که ناشی از مصرف محلول CuSO_4 است، کاسته می‌شود.

۲۱۶۰ از روی تغییرات غلظت مواد می‌توان معادله‌ی واکنش را به‌دست آورد. اندازه‌ی تغییرات غلظت A برابر ۴٪ و تغییرات غلظت B و C نیز به‌ترتیب برابر ۲٪ و ۶٪ مولار است. اگر این سه عدد را بر کوچک‌ترین آن‌ها یعنی ۲٪ تقسیم کنیم، ضرایب مولی A، B و C به‌ترتیب برابر ۲، ۱ و ۳ به‌دست می‌آید که مجموع آن‌ها برابر ۶ خواهد بود.

۲۱۶۱ در یک واکنش شیمیایی، با گذشت زمان، سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده‌ها مانند سرعت متوسط تولید فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

۲۱۶۲ به نیم‌نگاه و دیگر هیچ.

واکنش $aA + bB \rightarrow cC + dD$ را در نظر بگیرید. در این واکنش، سرعت مصرف شدن A و B و یا سرعت تولید شدن C و D لزوماً با یکدیگر برابر نیست. به‌طوری‌که هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش بزرگتر باشد، سرعت مصرف و یا تولید شدن آن نیز بیشتر است و هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده در یک واکنش کوچکتر باشد، سرعت مصرف یا تولید شدن آن کم‌تر است.

در واکنش موردنظر که معادله‌ی شیمیایی آن به‌صورت زیر است، ضریب مولی هیدروکلریک اسید (HCl(aq)) متفاوت با ضریب مولی سایر مواد است.
 $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

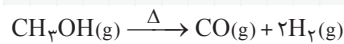
۲۱۶۳ ابتدا در سنامه‌ی زیر را بفوانید.

۶۱

ضرایب استوکیومتری واکنش

- ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش، می‌تونه بهت در موارد زیر کمک کنه!
- ۱- در نمودارهای پیشرفت (مول - زمان) یا (غلظت - زمان)، قدرمطلق یا مقدار شیب منحنی تولید یا مصرف مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.
 - ۲- سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.
 - ۳- میزان تغییر مول یا تغییر غلظت مولی مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.
 - ۴- فقط و فقط در مورد فراورده‌های واکنش (به شرطی که در ابتدا فراورده‌ای در ظرف نباشد) در هر لحظه از زمان، غلظت مولی فراورده‌ها متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.

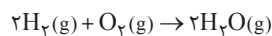
معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش تجزیه‌ی بخار متانول به‌صورت مقابل است:



بررسی چهار عبارت:

- (ا) نادرست - با گذشت زمان، سرعت متوسط تولید فراورده‌ها، مانند سرعت متوسط مصرف واکنش‌دهنده کاهش می‌یابد.
- (ب) نادرست - از آن‌جا که ضریب مولی H_2 ، دو برابر ضریب مولی واکنش‌دهنده (CH_3OH) است، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات غلظت گاز H_2 در هر بازه‌ی زمانی، دو برابر اندازه‌ی تغییرات غلظت واکنش‌دهنده است.
- (پ) درست - با توجه به برابر بودن ضرایب‌های مولی واکنش‌دهنده و گاز CO، این عبارت درست است.
- (ت) درست - با توجه به بزرگ‌تر بودن ضریب مولی H_2 در مقایسه با ضریب مولی CO و واکنش‌دهنده، این عبارت درست است.

۲۱۶۴ معادله‌ی واکنش سوختن هیدروژن به‌صورت زیر است:



هرچه بازه‌ی زمانی انجام واکنش، کوچک‌تر و به ابتدای واکنش نزدیک‌تر باشد، سرعت واکنش بیشتر خواهد بود. از طرفی در یک بازه‌ی زمانی معین، سرعت مصرف یا تولید ماده‌ای بیشتر است که ضریب مولی آن بزرگ‌تر باشد. با این توضیحات گزینه‌ی (۲) پاسخ این تست است.

۲۱۶۵ ابتدا محدودکننده را تعیین می‌کنیم:

$$\frac{3}{CO} > \frac{1}{H_2} \Rightarrow H_2 \text{ محدودکننده است.}$$

در واکنش‌های کامل، محدودکننده به‌طور کامل مصرف می‌شود و غلظت آن در پایان واکنش، به صفر می‌رسد. درست در لحظه‌ای که غلظت محدودکننده به صفر می‌رسد (لحظه‌ی پایان واکنش)، غلظت سایر واکنش‌دهنده‌ها ثابت می‌شود.

بررسی چهار گزینه:

(۱) نادرست است، زیرا مدتی پس از صفر شدن غلظت H_2 ، غلظت CO ثابت شده است.

(۲) نادرست است، زیرا CO به‌جای H_2 به‌طور کامل مصرف شده است.

۳) نادرست است، زیرا CO نیز مانند H_۲ به طور کامل مصرف شده است.
 ۴) درست است، زیرا غلظت H_۲ به صفر رسیده و مطابق معادله‌ی واکنش با کاهش غلظت H_۲ به اندازه‌ی ۱ mol.L⁻¹، غلظت CO نیز ۱/۵ mol.L⁻¹ کاهش یافته و از ۳ mol.L⁻¹ به ۲/۵ mol.L⁻¹ رسیده است. در ضمن، در لحظه‌ای که غلظت H_۲ به صفر می‌رسد (لحظه‌ی پایان واکنش)، غلظت CO نیز ثابت می‌شود.

۲۱۶۶ ۳ به جز واکنش (ب) که تمام اجزای آن بی‌رنگ هستند، در بقیه‌ی واکنش‌ها حداقل یک ماده‌ی رنگی وجود دارد و با توجه به مصرف یا تولید آن، می‌توان پیشرفت واکنش را بررسی کرد.

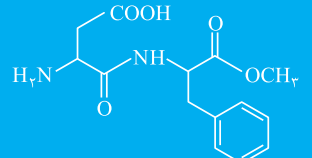
بررسی چهار واکنش:

آ) با پیشرفت این واکنش بر شدت رنگ قهوه‌ای که ناشی از تولید گاز NO_۲ است، افزوده می‌شود.
 ب) در این واکنش، هیچ ماده‌ی رنگی وجود ندارد. گازهای N_۲ و O_۲ که از اجزای اصلی هواکره هستند مانند بخار آب (H_۲O(g)) بی‌رنگ هستند. همچنین گاز NH_۳ نیز بی‌رنگ است. اگر به شکل ۲ صفحه‌ی ۷ کتاب درسی شیمی ۳ مراجعه کنید، می‌بینید گازهای NH_۳ و HCl بی‌رنگ هستند.

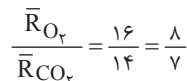
پ) با پیشرفت این واکنش از شدت رنگ زرد که ناشی از مصرف گاز Cl_۲ است، کاسته می‌شود.
 ت) با پیشرفت این واکنش از شدت رنگ آبی که ناشی از مصرف محلول CuSO_۴ است، کاسته می‌شود.

۲۱۶۷ ۲ به نیم‌نگاه آلی!

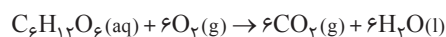
ساختار ترکیب آلی اسپارتام در آخرین صفحه‌ی کتاب درسی شیمی (۲) آمده است. فرمول مولکولی این ترکیب آلی به صورت C_{۱۴}H_{۱۸}N_۲O_۵ است.



معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش سوختن کامل اسپارتام به صورت مقابل است:



۲۱۶۸ ۳ معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



سرعت متوسط مصرف C_۶H_{۱۲}O_۶ با سرعت متوسط مصرف یا تولید سایر مواد شرکت‌کننده در واکنش متفاوت است، زیرا ضریب مولی آن متفاوت است.

۲۱۶۹ ۴ ترمودینامیک با تعیین سطح انرژی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها (ΔH) و تغییر آنتروپی (ΔS) و یا در حالت کلی با تعیین ΔG واکنش، امکان وقوع آن را بررسی می‌کند. در حالی که سینتیک شیمیایی به بررسی چگونگی و سرعت انجام واکنش می‌پردازد.

۲۱۷۰ ۱ مطابق نمودار، غلظت a و b افزایش و غلظت c کاهش می‌یابد، بنابراین a و b فراورده و c واکنش‌دهنده است. از طرفی تغییرات غلظت a و c یکسان و دو برابر تغییرات غلظت b است. به این ترتیب نمودار را می‌توان به معادله‌ی واکنش کلی c → ۲a + b نسبت داد.

بررسی چهار گزینه:

۱ و ۲) اگر نمودار را به واکنش ۲NO(g) + O_۲(g) → ۲NO_۲(g) نسبت دهیم، a و b به ترتیب به تغییر غلظت NO و O_۲ مربوط است.
 ۳ و ۴) اگر نمودار را به واکنش ۲SO_۳(g) → ۲SO_۲(g) + O_۲(g) نسبت دهیم، c و b به ترتیب به تغییر غلظت SO_۳ و O_۲ مربوط است.

۲۱۷۱ ۲ بررسی چهار گزینه:

- ۱) نمودار (۱) تغییر غلظت NO را نشان می‌دهد.
- ۲) نمودار (۲) تغییر غلظت O_۲ را نشان می‌دهد.
- ۳) شیب نمودار تغییر غلظت NO در مقایسه با O_۲ تندتر است.
- ۴) نمودار (۳) تغییر غلظت NO_۲ را نشان می‌دهد و شیب آن از شیب نمودار تغییر غلظت O_۲ بیشتر است.

۲۱۷۲ ۴

$$\text{سرعت کلی واکنش} = \frac{\bar{R}_C}{C_{\text{ضریب}}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\bar{R}_D = \frac{3}{4} \bar{R}_C = \frac{3}{4} \times 0.5 = 0.375 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}_A = \bar{R}_C = 0.5 \text{ mol.s}^{-1}, \quad \bar{R}_B = \frac{1}{4} \bar{R}_C = 0.125 \text{ mol.s}^{-1}$$



ابتدا باید ببینیم، در ازای تولید ۱۵ لیتر گاز O_2 چند مول KClO_3 مصرف می‌شود.

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ mol KClO}_3}{2} = \frac{15 \cancel{\text{L}} \times 0.18 \text{ g} / \cancel{\text{L}}}{3 \times 32} \Rightarrow x = 0.25 \text{ mol KClO}_3 \text{ (مصرف می‌شود)}$$

با توجه به نمودار، مقدار اولیه‌ی KClO_3 برابر ۱ mol می‌باشد، با مصرف شدن ۰.۲۵ mol از آن مقدار KClO_3 به ۰.۷۵ mol می‌رسد. مطابق نمودار، پس از ۱۰s مقدار KClO_3 به ۰.۷۵ mol خواهد رسید.

۴ ۲۱۷۴

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\overline{R}_{\text{NO}}}{\text{ضریب NO}} = \frac{1/6 \times 10^{-4}}{2} = 8 \times 10^{-5} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\overline{R}_{\text{Br}_2} = \frac{1}{2} \overline{R}_{\text{NO}} = \frac{1}{2} \times 1/6 \times 10^{-4} = 8 \times 10^{-5} \text{ mol.s}^{-1}$$

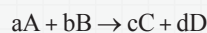
۴ ۲۱۷۵ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی $4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_3$ نشان می‌دهد که در ازای مصرف شدن ۴ مول NO ، مقدار ۱ مول O_2 مصرف می‌شود. پس چنانچه ۲ مول NO مصرف شود و مقدار NO به صفر برسد، باید ۰.۵ مول O_2 مصرف شود و مقدار آن از ۱ مول به ۰.۵ مول برسد. این تغییرات در نمودار گزینه‌ی (۴) قابل مشاهده است.

۴ ۲۱۷۶ اول، در ستاره زیر رو بچون.



روابط محاسبه‌ی سرعت

با تقسیم سرعت متوسط تشکیل یا مصرف یک ماده‌ی شرکت‌کننده در واکنش بر ضریب استوکیومتری آن در معادله‌ی موازنه‌شده، سرعت واکنش به دست می‌آید. سرعت واکنش، مقدار پیشرفت واکنش در واحد زمان را نشان می‌دهد.



$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\overline{R}_A}{a} = \frac{\overline{R}_B}{b} = \frac{\overline{R}_C}{c} = \frac{\overline{R}_D}{d}$$

سرعت متوسط مصرف A یا سرعت متوسط تولید B را در واکنش $aA \rightarrow bB$ ، بر حسب تغییر مول به صورت زیر می‌نویسیم:

$$\frac{\Delta n(A)}{\Delta t} = n_2 - n_1$$

$$\overline{R}_A = -\frac{\Delta n(A)}{\Delta t}$$

$$\overline{R}_B = +\frac{\Delta n(B)}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta n(B)}{\Delta t} = n_2 - n_1$$

۱- علامت منفی در رابطه‌ی سرعت متوسط مصرف A فقط نشان‌دهنده‌ی این است که A یک واکنش‌دهنده است و در حال مصرف شدن می‌باشد. دلیل ویجوری! منفی هم اینه که، تغییر مول (Δn) برای یک واکنش‌دهنده منفی به دست می‌آید و از آن جا که سرعت واکنش بایستی مثبت باشد، آن را در یک منفی ضرب می‌کنیم و کلاغه رو به فونش می‌رسونیم!

۲- چنانچه سرعت واکنش مطابق روابط بالا محاسبه شود، واحد آن mol.s^{-1} یا mol.min^{-1} یا mol.h^{-1} می‌شود.

۳- با توجه به روابط بالا سرعت واکنش را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

$$R_{\text{واکنش}} = -\frac{\Delta n(A)}{a \Delta t} = +\frac{\Delta n(B)}{b \Delta t}$$

معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



بررسی گزینه‌های نادرست:

۱) $\frac{-\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{2\Delta t}$

۲) $\frac{-\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{\Delta t}$
ضریب استوکیومتری O_2 ضریب استوکیومتری N_2O_5

۳) $\frac{\Delta n(\text{NO}_2)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{\Delta t}$
ضریب استوکیومتری NO_2

۴۲۱۷۷ برای این که در صورت کسرهای ضرب وجود نداشته باشد، همه‌ی کسرها را در $\frac{1}{۳}$ ضرب می‌کنیم. به این ترتیب خواهیم داشت:

$$\frac{-\Delta[A]}{۱۰\Delta t} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{-\Delta[C]}{۶\Delta t} = \frac{\Delta[D]}{۲\Delta t}$$

این رابطه نشان می‌دهد که مواد A و C در یک سوی معادله‌ی واکنش و دو ماده‌ی B و D در سوی دیگر این واکنش جای دارند، بنابراین یکی از معادله‌های $۱۰A + ۶C \rightarrow B + ۲D$ یا $B + ۲D \rightarrow ۱۰A + ۶C$ را می‌توان به واکنش موردنظر نسبت داد. با توجه به گزینه‌ها، گزینه‌ی (۴) پاسخ این تست است.

۴۲۱۷۸ در ستاره‌ی زیر رو از دست نره.

۶۳

محاسبه‌ی سرعت بر حسب تغییر غلظت

واکنش $aA \rightarrow bB$ را که در حالت گاز یا محلول انجام می‌شود، در نظر بگیرید. برای به دست آوردن سرعت متوسط مصرف A یا سرعت متوسط تولید B بر حسب تغییر غلظت از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

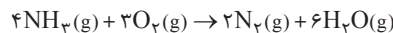
$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

$$\bar{R}_B = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

$\Delta[A]$ و $\Delta[B]$ ، تغییر غلظت مولی A یا B را بر حسب mol.L^{-1} نشان می‌دهد. بنابراین اگر سرعت واکنشی مطابق روابط فوق محاسبه شود، واحد آن $(\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1})$ یا $(\text{mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1})$ یا $(\text{mol.L}^{-1}.\text{h}^{-1})$ می‌شود.

تذکر: غلظت مواد جامد (s) و مایع خالص (l) ثابت است و تغییر نمی‌کند. بنابراین نمی‌توان سرعت تولید یا مصرف شدن مواد جامد و مایع خالص را بر حسب تغییر غلظت بیان نمود.

معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



$$\frac{\bar{R}_{\text{NH}_۳}}{۴} = \frac{\bar{R}_{\text{O}_۲}}{۳} \Rightarrow \frac{-\Delta[\text{NH}_۳]}{۴\Delta t} = \frac{-\Delta[\text{O}_۲]}{۳\Delta t} \Rightarrow \frac{۳\Delta[\text{NH}_۳]}{\Delta t} = \frac{۴\Delta[\text{O}_۲]}{\Delta t}$$

شکل درست گزینه‌های نادرست:

۱) $\frac{-\Delta[\text{O}_۲]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{H}_۲\text{O}]}{۲\Delta t}$

۲) $\frac{-\Delta[\text{NH}_۳]/\Delta t}{\text{ضریب استوکیومتری NH}_۳} = \frac{\Delta[\text{N}_۲]/\Delta t}{\text{ضریب استوکیومتری N}_۲}$

۳) $\frac{\Delta[\text{N}_۲]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{H}_۲\text{O}]}{۳\Delta t}$

۳۲۱۷۹ تساوی‌های (پ) و (ت) درست هستند.

بررسی چهار مورد:

ا) $\frac{\bar{R}_{\text{CS}_۲}}{۱} = \frac{\bar{R}_{\text{SO}_۲}}{۲} \Rightarrow \frac{-\Delta n(\text{CS}_۲)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{SO}_۲)}{۲\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta n(\text{CS}_۲)}{\Delta t} = \frac{-\Delta n(\text{SO}_۲)}{۲\Delta t}$

ب) $\text{CS}_۲$ مایع خالص است و نمی‌توان سرعت آن را بر حسب تغییرات غلظت در واحد زمان بیان کرد. در واقع غلظت مایع خالص (l) ثابت بوده و تغییرات غلظت آن برابر صفر است.

پ) $\text{واکنش R} = \frac{\bar{R}_{\text{SO}_۲}}{۲} = \frac{\frac{\Delta[\text{SO}_۲]}{\Delta t}}{۲} \Rightarrow ۲\text{واکنش R} = \frac{\Delta[\text{SO}_۲]}{\Delta t}$

ت) $\frac{\bar{R}_{\text{O}_۲}}{۳} = \frac{\bar{R}_{\text{SO}_۲}}{۲} \Rightarrow \frac{-\Delta n(\text{O}_۲)}{۳\Delta t} = \frac{\Delta n(\text{SO}_۲)}{۲\Delta t} \Rightarrow \frac{-۲\Delta n(\text{O}_۲)}{\Delta t} = \frac{۳\Delta n(\text{SO}_۲)}{\Delta t}$

۱۲۱۸۰ برای پاسخ‌گویی به این‌گونه تست‌ها بهتر است در صورت کسرها ضرب وجود نداشته باشد، بنابراین همه‌ی کسرها را در $\frac{1}{۳}$ ضرب می‌کنیم:

$$\frac{-\Delta n(A)}{۹\Delta t} = \frac{\Delta n(B)}{\Delta t} = \frac{\Delta n(C)}{۶\Delta t}$$

اکنون به سادگی نتیجه می‌شود که معادله‌ی $۹A \rightarrow B + ۶C$ را می‌توان به واکنش موردنظر نسبت داد، بنابراین مورد (ب) قابل قبول است. لطفاً عهده نگنید! رابطه‌ی فوق نشان نمی‌دهد که کدام یک از مواد A، B و C، واکنش‌دهنده و کدام یک فرآورده هستند. این رابطه فقط بیان می‌کند که B و C در یک طرف معادله و A در طرف دیگر معادله است، بنابراین معادله‌ی $B + ۶C \rightarrow ۹A$ را نیز می‌توان به این واکنش نسبت داد.

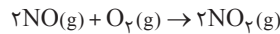
ابتدا سرعت تشکیل آب را به مول بر دقیقه تبدیل می‌کنیم: **۴ < ۲۱۸۱**

$$\bar{R}_{H_2O} = 1/44 \frac{g}{s} \times \frac{1 \text{ mol}}{18 g} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}} = 4/11 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

با توجه به ضرایب مولی میان H₂O و HCl می‌توان نوشت:

$$\frac{\bar{R}_{HCl}}{\text{ضریب HCl}} = \frac{\bar{R}_{H_2O}}{\text{ضریب H}_2\text{O}} \Rightarrow \bar{R}_{HCl} = 2\bar{R}_{H_2O} = 2 \times 4/11 = 8/11 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است: **۴ < ۲۱۸۲**



$$\Delta n(NO_2) = 30 L \times \frac{1 \text{ mol}}{25 L} = 1/2 \text{ mol } NO_2$$

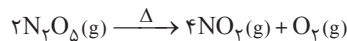
$$\Delta[NO_2] = \frac{\Delta n(NO_2)}{\text{حجم ظرف}} = \frac{1/2}{0.5} = 2/4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$\Delta t = 4 \text{ min} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}} = 240 s$$

$$\Rightarrow \bar{R}_{NO_2} = \frac{2/4}{240} = 0.01 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_{NO_2}}{2} = \frac{0.01}{2} = 0.005 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است: **۳ < ۲۱۸۳**



منظور از گاز سبک‌تر، گاز اکسیژن (O₂) است که جرم مولی کم‌تری دارد.

$$\bar{R}_{O_2} = 1/2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{N_2O_5} = 2\bar{R}_{O_2} = 2 \times 1/2 = 2/4 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{N_2O_5} = -\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t} = -\frac{\Delta n(N_2O_5)}{V \Delta t} \Rightarrow 2/4 = -\frac{\Delta n(N_2O_5)}{3 \Delta t} \Rightarrow -\Delta n(N_2O_5) = 36 \text{ mol } N_2O_5$$

$$\text{تجزیه شده } N_2O_5 \text{ مقدار } = 36 \text{ mol} \times \frac{108 g}{1 \text{ mol}} = 3888 g N_2O_5$$

۲ < ۲۱۸۴

$$R_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{N_2O_4} = 0.04 \text{ mol} \cdot s^{-1}$$

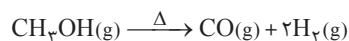
$$\bar{R}_{N_2O_4} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.04 = \frac{\Delta n}{15} \Rightarrow \Delta n = 0.6 \text{ mol } N_2O_4$$

مطابق اطلاعات سؤال، شمار مول‌های NO₂ نیز پس از گذشت ۱۵ ثانیه برابر ۰/۶ مول است.

$$\bar{R}_{NO_2} = 2\bar{R}_{N_2O_4} = 2 \times 0.04 = 0.08 \text{ mol} \cdot s^{-1}$$

$$\bar{R}_{NO_2} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.08 = -\frac{(0.6 - n_1)}{15} \Rightarrow n_1 = 1/8 \text{ mol } NO_2$$

معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت زیر است: **۱ < ۲۱۸۵**



$$\bar{R}_{CH_3OH} = \frac{1}{2}\bar{R}_{H_2} = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} = 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$$

$$\bar{R}_{CH_3OH} = -\frac{\Delta[CH_3OH]}{\Delta t} \Rightarrow 0.1 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1} = -\frac{[CH_3OH]_{t-1} - [CH_3OH]_t}{(3 \times 60) s} \Rightarrow [CH_3OH]_t = 6/2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

به واکنش مهم!! **۱ < ۲۱۸۶**



معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی پتانسیم پرمنگنات به صورت مقابل است:

$$\bar{R}_{KMnO_4} = 0.02 \text{ mol} \cdot s^{-1}$$

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{1}{2}\bar{R}_{KMnO_4} = \frac{1}{2} \times 0.02 = 0.01 \text{ mol} \cdot s^{-1}$$

$$\bar{R}_{O_2} = 0.01 \frac{\text{mol}}{s} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}} \times \frac{60 L}{1 \text{ mol}} = 36 L \cdot \text{min}^{-1}$$

حجم مولی

۳ < ۲۱۸۷ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش موردنظر به‌صورت زیر است:



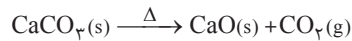
$$\Delta n(C_6H_{12}O_6) = 2/34 - 9/54 = -7/27 g C_6H_{12}O_6$$

$$\Delta n(C_6H_{12}O_6) = -7/27 g C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol}}{180 \text{ g}} = -0.04 \text{ mol}$$

$$\Delta t = 180 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{4}{3} \text{ min}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta n(C_6H_{12}O_6) &= -0.04 \text{ mol} \\ \Delta t &= \frac{4}{3} \text{ min} \end{aligned} \right\} \bar{R}_{C_6H_{12}O_6} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{-0.04}{\frac{4}{3}} = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$R_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{C_6H_{12}O_6} = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$



۳ < ۲۱۸۸ معادله‌ی واکنش موردنظر به‌صورت مقابل است:

$$\bar{R}_{CO_2} = \frac{270 \text{ L}}{5 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ mol}}{90 \text{ L}} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{CaCO_3} = \bar{R}_{CO_2} = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$



۱ < ۲۱۸۹ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش موردنظر به‌صورت زیر است:

می‌توان جرم CO_2 در ابتدا و انتهای بازه‌ی زمانی موردنظر را ابتدا به مول تبدیل کرد و سپس Δn را به‌دست آورد و یا می‌توان ابتدا Δm را محاسبه کرد و سپس آن را به Δn تبدیل کرد. راه دوم ساده‌تر است و فقط یک‌بار تبدیل جرم به مول انجام می‌شود.

$$\Delta m = m_f - m_i = 40/18 g - 23/2 g = 17/6 g CO_2$$

$$\Delta n = \frac{17/6 g}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.04 \text{ mol} CO_2$$

$$\bar{R}_{CO_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.04 \text{ mol}}{\left(\frac{50-20}{60}\right) \text{ min}} = 0.08 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{CO_2}}{20} = \frac{\bar{R}_{NO_2}}{4} \Rightarrow \bar{R}_{NO_2} = \frac{1}{5} \bar{R}_{CO_2} = \frac{1}{5} \times 0.08 = 0.016 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$



۲ < ۲۱۹۰ معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی دی‌نیتروژن پنتوکسید به‌صورت زیر است:

$$\bar{R}_{N_2O_5} = -\frac{\Delta n(N_2O_5)}{\Delta t} = \frac{4 \text{ mol}}{20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} = \frac{1}{300} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{1}{2} \bar{R}_{N_2O_5} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{300} = \frac{1}{600} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

می‌دونیم که می‌دونید! در شرایط STP هر مول گاز ۲۲/۴ لیتر *فضا، محیط و ...* را اشغال می‌کند، پس:

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{1}{600} \frac{\text{mol}}{\text{s}} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 0.0373 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

حجم مولی گاز



۴ < ۲۱۹۱ معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش موردنظر به‌صورت زیر است:

$$\bar{R}_{KClO_3} = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = \frac{6 \text{ mol}}{40 \text{ min}} = \frac{3}{20} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{3}{2} \bar{R}_{KClO_3} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{20} = \frac{9}{40} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

در شرایط STP، هر مول گاز حجمی معادل ۲۲/۴ لیتر اشغال می‌کند، پس می‌تونیم بگوییم:

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{9}{40} \frac{\text{mol}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 0.084 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

حجم مولی گاز

زمان	$2N_2O_5(g)$	$4NO_2(g)$	$O_2(g)$
$t = 0 \text{ min}$	۸	۰	۰
$t = 2 \text{ min}$	$8 - 2x$	$4x$	x

۱ < ۲۱۹۲ معادله‌ی واکنش موردنظر به‌صورت مقابل است:

$$8 - 2x + 4x + x = 8 + 3x = 14 \Rightarrow x = 2 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{O_2} = \frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ min}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

- ۱ میزان تغییر مول یا میزان تغییر غلظت مولی مواد موجود در واکنش متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.
- ۲ فقط و فقط در مورد فرآورده‌های واکنش (به شرطی که توی آغاز واکنش، فرآورده‌ای در ظرف نراشته باشیم) می‌تونیم بگیریم که، در هر لحظه از زمان، غلظت مولی فرآورده‌ها متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست.

معادله‌ی واکنش موردنظر به صورت مقابل است:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

فرض کن می‌خواهیم از روی سرعت مصرف هیدروژن، سرعت تولید آمونیاک را محاسبه کنیم. حالا به سؤال، برای ماسپه‌ی سرعت مصرف هیدروژن پی رو نداریم؟ ... آفرین! مقدار مول مصرفی هیدروژن در دقایق سوم و چهارم. با توجه به نیم‌نگاه بالا، می‌تونیم مقدار مول مصرفی هیدروژن در دقایق سوم و چهارم را از روی میزان تغییرات مول نیتروژن در همان بازه‌ی زمانی به‌دست آوریم.

$$|\Delta n(N_2)| = 2 \Rightarrow |\Delta n(H_2)| = 3 \Rightarrow |\Delta n(N_2)| = 3 \times 2 = 6 \text{ mol}$$

$$|\Delta n(N_2)| = 1 \Rightarrow |\Delta n(H_2)| = 3 \Rightarrow |\Delta n(N_2)| = 3 \times 1 = 3 \text{ mol}$$

$$\left. \begin{aligned} |\Delta n(H_2)| &= 13 + 10 + 6 + 3 = 32 \text{ mol} \\ \Delta t &= 4 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 240 \text{ s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{R}_{H_2} = \frac{|\Delta n(H_2)|}{\Delta t} = \frac{32}{15} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}_{NH_3}}{2} = \frac{\bar{R}_{H_2}}{3} \Rightarrow \bar{R}_{NH_3} = \frac{2}{3} \bar{R}_{H_2} = \frac{4}{45} \text{ mol.s}^{-1}$$

۲۱۹۴ < ۴ معادله‌ی واکنش موردنظر به‌صورت زیر است:



منظور از گاز سنگین‌تر، گاز Cl_2 است که جرم مولی بیشتری در مقایسه با NO دارد.

$$\frac{\bar{R}_{NOCl}}{2} = \frac{\bar{R}_{Cl_2}}{1} \Rightarrow -\frac{\Delta n(NOCl)}{2\Delta t} = \bar{R}_{Cl_2} \Rightarrow \frac{-(0.04 - 0.28)}{2(t_f - 2)} = 0.02 \Rightarrow t_f = 8 \text{ min} = 480 \text{ s}$$

با توجه به این‌که x برحسب ثانیه است، گزینه‌ی (۴) پاسخ تست خواهد بود.

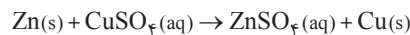
۲۱۹۵ < ۲ بر اثر سوختن کامل هیدروکربن‌ها، گاز CO_2 و بخار آب تولید می‌شود. می‌توان از روی قانون پایستگی جرم، جرم اکسیژن مصرف‌شده را به‌دست آورد:

$$115/2 \text{ g} = (36/8) - (\text{جرم هیدروکربن مصرف‌شده}) - (\text{مجموع جرم فرآورده‌ها}) = \text{جرم اکسیژن مصرف‌شده}$$

$$\Delta n(O_2) = 115/2 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{32 \text{ g}} = 3.6 \text{ mol} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta n = -3.6 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{O_2} = -\frac{\Delta n(O_2)}{\Delta t} = \frac{-(-3.6)}{(\frac{5}{60}) \text{ min}} = 43.2 \text{ mol.min}^{-1}$$

۲۱۹۶ < ۳ معادله‌ی واکنش موردنظر به‌صورت زیر است:



اگر می‌خواهید محدودکننده را تعیین کنید، دست نگه دارید!! با توجه به‌صورت سؤال، محلول آبی‌رنگ مس(II) سولفات، پس از گذشت ۸۰ دقیقه، بی‌رنگ شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مس(II) سولفات به‌طور کامل مصرف می‌شود و محدودکننده است.

$$\left. \begin{aligned} \Delta n(CuSO_4) &= 12/8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{160 \text{ g}} = 0.075 \text{ mol} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta n = -0.075 \text{ mol} \\ \Delta t &= 80 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{4}{3} \text{ h} \end{aligned} \right\} \bar{R}_{CuSO_4} = -\frac{\Delta n(CuSO_4)}{\Delta t} = \frac{-0.075}{\frac{4}{3}} = 0.056 \text{ mol.h}^{-1}$$

با توجه به معادله‌ی واکنش، آهنگ یا سرعت تولید یون روی یا همان محلول روی سولفات، برابر سرعت متوسط مصرف محلول مس(II) سولفات است.

$$\bar{R}_{ZnSO_4} = \bar{R}_{CuSO_4} \Rightarrow \bar{R}_{ZnSO_4} = 0.056 \text{ mol.h}^{-1}$$

گونه‌ها	A	→	۲B	۳C
مول در دقیقه صفر	۵		۰	۰
تغییر مول	-x		+۲x	+۳x
مول در دقیقه ۱۲	۵-x		۲x	۳x

$$R \text{ واکنش} = \bar{R}_A = 5/6 \text{ L.min}^{-1}$$

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta V_A}{\Delta t} \Rightarrow 5/6 \text{ L.min}^{-1} = \frac{-\Delta V_A}{12 \text{ min}} \Rightarrow \Delta V_A = -67/2 \text{ L}$$

$$\Delta n_A = -67/2 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22/4 \text{ L}} = -3 \text{ mol}$$

با توجه به Δn_A به دست آمده می توان نوشت:

$$\Delta n_A = -x \Rightarrow -3 = -x \Rightarrow x = 3 \text{ mol}$$

$$\text{تعداد مول گازها در دقیقه ی دوازدهم} = (\Delta - x) + (2x) + (3x) = \Delta + 4x = \Delta + 4(3) = 17 \text{ mol}$$

بنابراین پس از ۱۲ دقیقه از آغاز واکنش، تعداد مول گازهای درون ظرف برابر ۱۷ مول است و حجم این مقدار گاز در شرایط استاندارد برابر است با:

$$? L_{\text{gas}} = 17 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 380.8 \text{ L}$$

۱۲۱۹۸ **ابتدا نیم نگاه زیر را بفوانید.**

در بعضی از مسایل سرعت، مقدار عددی سرعت گزارش می شود، یعنی جزو داده های سؤال است و در عوض از شما می خواهند که مقدار اولیه یا نهایی ماده ی مورد نظر، زمان انجام واکنش، حجم ظرف و ... را محاسبه کنید.

ثلاً دو تا حالت زیر پیش می آید:

حالت اول: معلوم و مجهول مسأله متعلق به یک ماده است. در این حالت نیازی به نوشتن معادله ی واکنش و موازنه ی آن ندارید.

حالت دوم: معلوم مسأله متعلق به یک ماده و مجهول مسأله متعلق به ماده ی دیگری است. در این حالت نیاز میرمی به نوشتن معادله و موازنه ی آن دارید.

این حالت در واقع یک مسأله ی ترکیبی با استوکیومتری باشد که در بخش تست های ترکیبی قبلی فوب و مفصل باهاشون آشنا می شی!



معادله ی واکنش انجام شده به صورت مقابل است:

$$\frac{\bar{R}_{\text{NH}_3}}{2} = \frac{\bar{R}_{\text{H}_2}}{3} \Rightarrow \bar{R}_{\text{NH}_3} = \frac{2}{3} \bar{R}_{\text{H}_2} = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\Delta t = 20 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{1}{3} \text{ min}$$

$$\bar{R}_{\text{NH}_3} = -\frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} \Rightarrow 1.2 = \frac{-\Delta[\text{NH}_3]}{\frac{1}{3}} \Rightarrow \Delta[\text{NH}_3] = -0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\Delta[\text{NH}_3] = M_2 - M_1 = 0.4 - \frac{0.8}{V} = -0.4 \Rightarrow V = 0.625 \text{ L} = 625 \text{ mL}$$

۴۲۱۹۹ **معادله ی موازنه شده ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:**



$$\bar{R}_{\text{NO}_2} = 2\bar{R}_{\text{O}_2} \Rightarrow \bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} \times 12 = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} \Rightarrow 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{\frac{3 \text{ mol}}{V}}{75 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} \Rightarrow V = 0.4 \text{ L}$$

۲۲۲۰۰ **معادله ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:**



به ازای تجزیه ی ۲ مول N_2O_5 گازی، ۵ مول فراورده ی گازی تولید می شود و ۳ مول بر شمار مول های گازی درون سامانه افزوده می شود.

افزایش شمار مول های گازی ~ مول N_2O_5 تجزیه شده

$$\frac{2 \text{ mol}}{x \text{ mol}} = \frac{3 \text{ mol}}{2.4 \text{ mol}} \Rightarrow x = 1.6 \text{ mol } \text{N}_2\text{O}_5$$

به این ترتیب در هر ثانیه، ۱/۶ مول گاز N_2O_5 تجزیه می شود. مدت زمان لازم برای تجزیه ی ۲۸/۸ مول گاز N_2O_5 برابر است با:

$$\Delta t = 28.8 \text{ mol} \times \frac{1 \text{ s}}{1.6 \text{ mol}} = 18 \text{ s}$$

۱۲۲۰۱ **معادله ی واکنش انجام شده به صورت زیر است:**



گاز دی نیتروژن پنتوکسید واکنش دهنده است، بنابراین بعد از گذشت ۴ دقیقه به اندازه ی $(4/8 + 3/2 + 2/5 + 1/5) \text{ mol}$ از مقدار اولیه ی آن

کاسته می شود. به زبون فرمولی می شه گفت: $\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5) = -12 \text{ mol}$.

$$\bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = -\frac{\Delta n(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = -\frac{-12 \text{ mol}}{4 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}} = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} \bar{R}_{\text{N}_2\text{O}_5} = \frac{1}{2} \times 0.5 = 0.25 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

۲۲۰۲ مطابق صورت تست، بعد از گذشت ۴ دقیقه، ۳۵ مول کربن دی اکسید تشکیل شده است. پس می توانیم سرعت متوسط تشکیل CO_2 را به دست آوریم:

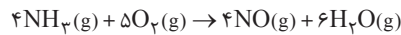
$$\bar{R}_{\text{CO}_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{(35 - 0) \text{ mol}}{4 \text{ min}} = 8.75 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

از آن جا که ضرایب استوکیومتری CO_2 و $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ یکسان است، می توان نوشت:

$$\bar{R}_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \bar{R}_{\text{CO}_2} = 8.75 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

متماً تا الان متوجه شدی که بقیه اطلاعات به بورایی سرکاری بودن ☺

۲۲۰۳ معادله ی موازنه شده ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:

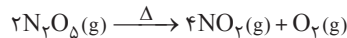


مطابق معادله، ضریب مولی بخار آب، ۱/۵ برابر ضریب مولی آمونیاک است، بنابراین تغییرات مول بخار آب نیز ۱/۵ برابر تغییرات مول آمونیاک خواهد بود. پس در دقیقه ی اول و دوم واکنش به ترتیب $12 \times 1/5$ و $18 \times 1/5$ مول، یعنی به ترتیب ۱۸ و ۱۲ مول بخار آب تولید می شود.

$$\bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{\Delta t} = \frac{(18 + 12 + 6 + 2) \text{ mol}}{(4 \times 60) \text{ s}} = \frac{38}{240} = \frac{19}{120} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{\Delta}{\Delta} \bar{R}_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5}{6} \times \frac{19}{120} = \frac{19}{144} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

۲۲۰۴ معادله ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:



به ازای تولید ۵ مول فرآورده ی گازی، ۱ مول گاز اکسیژن تولید می شود. به این ترتیب اگر ۱/۵ مول گاز تشکیل شده باشد، ۳٪ مول اکسیژن تولید شده است. درگه نیازی به گفتن نداره! ولی ضریب استوکیومتری اکسیژن برابر یک می باشد، پس چه نتیجه ای می گیریم؟ ... آهان، سرعت واکنش با سرعت تولید شدن اکسیژن برابر است.

$$R_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{\text{O}_2} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.3 \text{ mol}}{\left(\frac{1}{6}\right) \text{ min}} = 2.1 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

ضریب مولی N_2O_5 ، دو برابر O_2 است، بنابراین می توان نتیجه گرفت با تولید ۳٪ مول اکسیژن، ۶٪ مول N_2O_5 مصرف شده است.

$$\text{N}_2\text{O}_5 \text{ باقی مانده ی } = 43.2 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{108 \text{ g}} = 0.4 \text{ mol}$$

$$\text{N}_2\text{O}_5 \text{ مصرف شده } = 0.6 \text{ mol} + 0.4 \text{ mol} = 1 \text{ mol N}_2\text{O}_5$$

۲۲۰۵ معادله ی واکنش های مورد نظر به صورت زیر است:



برای این که سرعت متوسط تولید O_2 در دو واکنش برابر باشد، باید ضریب مولی O_2 در دو واکنش یکسان باشد، بنابراین ضرایب واکنش دوم را در عدد ۳ ضرب می کنیم:

$$\frac{\text{جرم جامد تولید شده}}{\text{جرم اکسید گازی تولید شده}} = \frac{\text{جرم KCl}}{\text{جرم NO}_2} = \frac{2 \times 74.5}{3(4 \times 46)} = 0.27$$

۲۲۰۶ معادله ی واکنش های مورد نظر به صورت زیر است:



برای این که سرعت متوسط مصرف گاز اکسیژن در دو واکنش فوق برابر باشد، باید ضریب مولی O_2 در دو واکنش یکسان باشد، یعنی باید ضرایب واکنش اول را در عدد ۵ و ضرایب واکنش دوم را در عدد ۷ ضرب کنیم. در آن صورت نسبت حجم کربن دی اکسید حاصل از سوختن اتان به حجم بخار آب حاصل از سوختن پروپان به صورت زیر به دست می آید:

$$\frac{\text{حجم CO}_2 \text{ در واکنش اول}}{\text{حجم H}_2\text{O} \text{ در واکنش دوم}} = \frac{5 \times 4V}{7 \times 4V} = \frac{5}{7}$$

متماً هواستون هست که حجم مولی گازها در دما و فشار ثابت، با هم برابر است.

۲۲۰۷ فرض می کنیم در ابتدا m مول گاز نیتروژن موجود است. ابتدا جدول زیر رسم می کنیم:

گونه ها	N_2	3H_2	\rightarrow	2NH_3
مول اولیه	m	۶		۰
تغییر مول	-x	-3x		+2x
مول جدید	m - x	۶ - 3x		2x

$$t = 80 \text{ s} : (m - x) + (6 - 3x) + 2x = 9 \text{ mol} \Rightarrow m - 2x = 3$$

مطابق صورت تست می توان نوشت:

با استفاده از سرعت واکنش، سرعت متوسط تشکیل NH_3 را به دست می آوریم:

$$R_{واکنش} = \frac{\bar{R}_{NH_3}}{2} \Rightarrow \bar{R}_{NH_3} = 2R_{واکنش} = 2 \times 0.12 = 0.24 \text{ mol.min}^{-1}$$

حال می توان مقدار x را محاسبه کرد:

$$\bar{R}_{NH_3} = \frac{\Delta n(NH_3)}{\Delta t} \Rightarrow 0.24 \frac{\text{mol}}{\text{min}} = \frac{\Delta n(NH_3)}{1.8 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} \Rightarrow \Delta n(NH_3) = 0.32 \text{ mol}$$

(مقدار NH_3 تجزیه شده)

$$NH_3 \text{ مول تغییر} = 2x = 0.32 \Rightarrow x = 0.16 \text{ mol}$$

$$m - 2x = 3 \Rightarrow m - 2(0.16) = 3 \Rightarrow m = 3.32 \text{ mol}$$

$$\text{درصد نیتروژن تجزیه شده} = \frac{\text{مقدار } N_2 \text{ تجزیه شده}}{\text{مقدار } N_2 \text{ اولیه}} \times 100 = \frac{x}{m} \times 100 = \frac{0.16}{3.32} \times 100 = 4.8\%$$

۲۲۰۸ ۴ اول باید نیم نگاه زیر رو بفونی.

در مدلی دیگر از مسایل سرعت، باید اطلاعات لازم برای حل مسأله را از داده های یک نمودار، جدول یا شکل استخراج کنید. نکات زیر را برای حل این نوع مسایل به خاطر بسپارید.

۱ اگر در صورت تست، بازه ی زمانی مشخصی برای محاسبه ی سرعت گزارش شود، به کمک جدول یا نمودار ارایه شده، تغییر مول (Δn) یا تغییر غلظت (ΔM) یا تغییر حجم (ΔV) را در بازه ی گزارش شده به دست می آوریم.

۲ چنانچه در صورت تست، بازه ی زمانی برای محاسبه ی سرعت گزارش نشد، بنا به قرارداد باید سرعت را در بازه ی آغاز تا پایان واکنش محاسبه کنید. آغاز واکنش در همه ی واکنش ها لحظه ی $t = 0$ است و پایان واکنش جایی است که نمودار دارای مجانب افقی شود. افقی شدن نمودار نشان می دهد که تولید یا مصرف شدن ماده متوقف شده و واکنش به پایان رسیده است.

۳ اگر داده های مسأله به جای نمودار در یک جدول گزارش شد، نخستین لحظه ای که مقدار ماده ی موردنظر بدون تغییر بماند، لحظه ی پایان واکنش است.

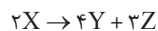
نمودار مول - زمان ارایه شده نزولی است. پس متعلق به واکنش دهنده یعنی A بوده و سرعت مصرف آن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{(0-10) \text{ mol}}{\left(\frac{75}{60}\right) \text{ min}} = 8 \text{ mol.min}^{-1}$$

$$R_{واکنش} = \frac{\bar{R}_A}{2} = \frac{8 \text{ mol.min}^{-1}}{2} = 4 \text{ mol.min}^{-1}$$

۲۲۰۹ ۳ اندازه ی تغییرات مول سه ماده ی X ، Y و Z در بازه ی زمانی موردنظر به ترتیب برابر 0.6 ، 1.2 و 0.9 مول است. اعداد به دست آمده بر 0.3

بخش پذیر هستند. به این ترتیب معادله ی واکنش موردنظر به صورت زیر خواهد بود:

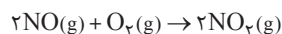


اکنون سرعت واکنش را از روی سرعت متوسط یکی از اجزای واکنش به دست می آوریم:

$$\bar{R}_Z = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{1.2 - 0}{1.2 - 0} = 1.0 \text{ mol.min}^{-1}$$

$$R_{واکنش} = \frac{\bar{R}_Z}{3} = \frac{1.0}{3} = 0.33 \text{ mol.min}^{-1}$$

۲۲۱۰ ۲ معادله ی موازنه شده ی واکنش موردنظر به صورت زیر است:



با توجه به برابر بودن ضرایب مولی NO و NO_2 ، تغییرات غلظت این دو ماده نیز باید یکسان باشد. از آن جا که در بازه ی زمانی 3 تا x ساعت، $[NO_2]$ از 0.2 به 0.3 رسیده و به میزان 0.1 مول بر لیتر تغییر کرده، $[NO]$ نیز باید 0.1 مول بر لیتر تغییر کند و از 0.8 به 0.7 برسد ($y = 0.7$). به این ترتیب گزینه های (۱) و (۳) حذف می شوند.

سرعت واکنش با گذشت زمان کاهش می یابد، بنابراین سرعت متوسط تولید NO_2 از آغاز تا ساعت x باید بیشتر از سرعت متوسط تولید NO_2 از آغاز تا ساعت 1.4 باشد.

$$\text{حذف گزینه ی (۴)} \Rightarrow x < 1.0/5 \Rightarrow \frac{x}{3} < \frac{1.4}{4} \Rightarrow \frac{x}{3} > \frac{4}{14} \Rightarrow \frac{3}{x} > \frac{4}{14} \Rightarrow \frac{0.3-0}{x-0} > \frac{0.4-0}{1.4-0}$$

بنابراین فقط گزینه ی (۲) قابل قبول است.

۲۲۱۱ برون هیچ‌گونه معطلی! جدول مقابل را رسم می‌کنیم:

گونه‌ها	$2SO_2$	$O_2 \rightarrow$	$2SO_3$
حجم اولیه	۱۰	۶	۰
تغییر حجم	$-2x$	$-x$	$+2x$
حجم جدید	$10-2x$	$6-x$	$2x$

مطابق صورت تست، حجم جدید مخلوط گازی پس از گذشت ۵ دقیقه از واکنش، به ۷۵ درصد مقدار اولیه می‌رسد. حجم اولیه مخلوط گازی $10+6=16L$ می‌باشد.

$$\text{حجم جدید مخلوط گازی} = (10-2x) + (6-x) + 2x$$

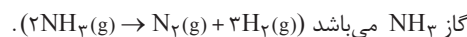
$$= \frac{75}{100} \times 16 = 12 \Rightarrow x = 4L$$

اکنون می‌توان مقدار SO_3 تولیدشده را به دست آورد. سپس سرعت تولید آن محاسبه می‌شود:

$$\text{مقدار } SO_3 \text{ تولیدشده} = 2x = 2 \times 4L = 8L$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta n(SO_3) &= 8L \times \frac{1 \text{ mol}}{24L} = \frac{1}{3} \text{ mol} \\ \Delta t &= 5 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 300 \text{ s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{R}_{SO_3} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{3} \text{ mol}}{300 \text{ s}} = \frac{1}{900} \text{ mol.s}^{-1}$$

۲۲۱۲ مطابق نمودار داده‌شده، غلظت NH_3 با گذشت زمان کاهش می‌یابد، یعنی آمونیاک واکنش‌دهنده است و نمودار مربوط به واکنش تجزیه‌ی



گاز NH_3 می‌باشد (فوب گوش کن، از آن‌جا که اطلاعات مربوط به غلظت گاز آمونیاک در دقیقه‌ی سوم موجود نیست، برای محاسبه‌ی نسبت خواسته‌شده، از نسبت سرعت تولید گاز هیدروژن در همان بازه‌های زمانی کمک می‌گیریم. با توجه به نمودار ارائه‌شده، غلظت گاز هیدروژن در دقیقه‌ی سوم و ششم، به ترتیب برابر $3/25$ و $4/5$ مول بر لیتر است. پس:

$$\frac{\bar{R}_{NH_3}[0-3 \text{ min}]}{\bar{R}_{NH_3}[3-6 \text{ min}]} = \frac{\bar{R}_{H_2}[0-3 \text{ min}]}{\bar{R}_{H_2}[3-6 \text{ min}]} = \frac{3/25 - 0}{4/5 - 3/25} = 2/6$$

۲۲۱۳ نمودار صعودی B مربوط به فرآورده (SO_3) است. تعداد مول B در ثانیه‌ی ۱۸۰ را با x نشان می‌دهیم.

$$\bar{R}_{SO_3}(0-180) = \frac{\Delta n(SO_3)}{\Delta t} \Rightarrow 2 \text{ mol.min}^{-1} = \frac{(x-0) \text{ mol}}{3 \text{ min}} \Rightarrow x = 6 \text{ mol}$$

t(s)	۰	۹۰	۱۳۵	۱۸۰
mol SO_3	۰	۵	n	۶

مطابق معادله‌ی واکنش، تعداد مول تولیدی SO_3 در هر بازه‌ی زمانی برابر با تعداد مول مصرفی SO_2 و دو برابر تعداد مول مصرفی O_2 است. ابتدا به داده‌های جدول مقابل که از روی نمودار داده‌شده به دست آمده‌اند، توجه کنید.

در ۹۰ ثانیه‌ی اول، ۵ مول SO_3 تولید شده است، بنابراین در این مدت ۵ مول SO_2 و $2/5$ مول O_2 ، یعنی در مجموع $7/5$ مول از واکنش‌دهنده‌ها مصرف خواهند شد. هم‌چنین در پایان ثانیه‌ی ۱۸۰، ۶ مول SO_3 تولید شده است که معنی آن این است که در این مدت ۶ مول SO_2 و ۳ مول O_2 ، یعنی در مجموع ۹ مول از واکنش‌دهنده‌ها مصرف می‌شوند. به این ترتیب، تعداد مول مصرفی واکنش‌دهنده‌ها در پایان ثانیه‌ی ۱۳۵، بیشتر از $7/5$ و کم‌تر از ۹ مول خواهد بود. تا این‌جا گزینه‌های (۱) و (۲) حذف می‌شوند.

از طرفی سرعت واکنش با گذشت زمان کاهش می‌یابد، یعنی تعداد مول SO_3 تولیدشده از ثانیه‌ی ۹۰ تا ۱۳۵، باید بیشتر از تعداد مول SO_3 از ثانیه‌ی ۱۳۵ تا ۱۸۰ باشد. یعنی خواهیم داشت:

$$\Delta n_{(90-135)} > \Delta n_{(135-180)} \Rightarrow n - 5 > 6 - n \Rightarrow n > 5/5$$

نتیجه این‌که تعداد مول مصرفی SO_2 در پایان ثانیه‌ی ۱۳۵، بیشتر از $5/5$ و تعداد مول مصرفی O_2 نیز در این زمان بیشتر از $2/5$ ، یعنی مجموع مول‌های مصرفی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر از $5/5 + 2/5 = 7/5$ مول خواهد بود. به این ترتیب گزینه‌ی (۴) نیز حذف می‌شود و پاسخ این تست گزینه‌ی (۳) خواهد بود.

۲۲۱۴ مطابق اطلاعات سؤال، سرعت واکنش از ابتدا تا ثانیه‌ی ۱۲۰ ثابت و برابر 0.2 mol.s^{-1} است، بنابراین پس از ۴۵ ثانیه خواهیم داشت:

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.2 = \frac{-(n_2 - 2.0)}{45} \Rightarrow n_2 = 19/1 \text{ mol A}$$

پس از گذشت ۲ دقیقه یا ۱۲۰ ثانیه از آغاز واکنش، مقدار ماده‌ی A برابر است با:

$$\bar{R}_A = \frac{-\Delta n}{\Delta t} = 0.2 = \frac{-(n_2 - 2.0)}{(2 \times 60)} \Rightarrow n_2 = 17/6 \text{ mol A}$$

از این به بعد (پس از گذشت ۲ دقیقه)، به ازای هر ۲ دقیقه، مقدار واکنش دهنده (ماده‌ی A) نصف می‌شود. برای ادامه‌ی حل سؤال می‌توانید از روابط زیر استفاده کنید:

n: تعداد دفعاتی که مقدار ماده نصف می‌شود.

Δt : کل زمان انجام واکنش

$T_{\frac{1}{2}}$: زمان لازم برای هر بار نصف شدن مقدار ماده

$$n = \frac{\text{مقدار موجود}}{\text{مقدار باقی مانده}}$$

$$\Delta t = n \times T_{\frac{1}{2}}$$

زمانی که ۹۴/۵٪ از ماده‌ی A مصرف شود، ۵/۵٪ آن باقی می‌ماند.
 (باقی مانده) $1/1 \text{ mol A} = 20 \times \frac{5}{100}$ = تعداد مول باقی مانده‌ی A
 $2^n = \frac{17/6}{1/1} \Rightarrow 2^n = 16 \Rightarrow n = 4, \Delta t = n \times T_{\frac{1}{2}} = 4 \times 2 = 8 \text{ min}$
 بنابراین پس از گذشت ۲ دقیقه از آغاز واکنش، ۸ دقیقه طول می‌کشد تا مقدار ماده‌ی A به ۵/۵٪ مقدار اولیه‌ی خود برسد، پس $2 + 8 = 10 \text{ min}$ زمان لازم است.

۳ ۲۲۱۵ معادله‌ی واکنش موازنه‌شده به صورت زیر است:

$2\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 مطابق معادله‌ی فوق برای این که مقدار O_2 برابر ۲/۱ مول شود، باید دو برابر این مقدار یعنی ۴/۲ مول NO_2 تجزیه شود. با تجزیه‌ی ۴/۲ مول NO_2 ، مقدار این گاز از ۶/۲۵ مول به ۲/۵۵ مول می‌رسد.

	$\times 0/8$	$\times 0/8$	$\times 0/8$	$\times 0/8$	$\times 0/8$	
NO₂(mol)	۶/۲۵	۵	۴	۳/۲	۲/۵۶	۲/۰۴۸
t(s)	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۵۰

(۱۵۰s = ۲/۵ min)

* اگر در هر ۳۰ ثانیه، ۲۰٪ از واکنش دهنده‌ی باقی مانده تجزیه شود، به این معنی است که پس از هر ۳۰ ثانیه، مقدار واکنش دهنده (NO_2) برابر ۸۰٪ مقدار اولیه خواهد بود.

۱ ۲۲۱۶ ابتدا در ستاره‌ی زیر رو با دقت بفون.



مسائل سرعت با طعم استوکیومتری

در یک مدل ترکیبی رایج مسایل سرعت، اطلاعات (جرم، مول، غلظت یا حجم) مربوط به یک ماده‌ی شرکت کننده در واکنش داده می‌شود، و سرعت تولید یا مصرف شدن ماده‌ای دیگر یا سرعت واکنش خواسته می‌شود.
 برای حل این نوع مسایل، به دو نکته‌ی زیر توجه کنید:
 ۱- معادله‌ی موازنه‌شده‌ی واکنش را بنویسید.
 ۲- با استفاده از تناسب‌های زیر، که در سال سوم یاد گرفتید، یکاهای رایج را به یکدیگر تبدیل کنید.

$$\frac{\text{میلی لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر گاز (STP)}}{\text{ضریب} \times 22400} = \frac{\text{لیتر گاز (STP)}}{\text{ضریب} \times 22.4} = \frac{\text{اتم گرم یا مولکول گرم}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{اتم یا مولکول}}{\text{ضریب} \times N_A}$$

یادتون باشه که:

- ۱- منظور از ضریب در تناسب‌های فوق، ضریب استوکیومتری ماده‌ی مورد نظر در معادله‌ی موازنه‌شده است.
- ۲- صورت کسرها از صورت مسأله خوانده می‌شود و ضرایب استوکیومتری موجود در مخرج کسرها از معادله‌ی موازنه‌شده دیده می‌شود.
- ۳- اگر ماده‌ی به کار رفته در واکنش ناخالص باشد، کافی است درصد خلوص $\left(\frac{P}{100}\right)$ گزارش شده را در مقدار ماده‌ی ناخالص ضرب کنید.
- ۴- اگر واکنش بازده درصدی داشته باشد، کافی است بازده‌ی درصدی $\left(\frac{R}{100}\right)$ را در صورت کسر مربوط به واکنش دهنده ضرب کنید.
- ۵- چنانچه در مسایل سینتیک، مقدار دو واکنش دهنده یا بیشتر گزارش شود، ابتدا باید میان واکنش دهنده‌ها، واکنش دهنده‌ی محدودکننده را پیدا کنید. سپس با توجه به ضرایب استوکیومتری معادله‌ی واکنش می‌توانید سرعت واکنش و یا سرعت تولید یا مصرف مواد دیگر را به کمک واکنش دهنده‌ی محدودکننده به دست آورید.

معادله‌ی واکنش تجزیه‌ی آمونیوم دی‌کرومات به صورت زیر است:

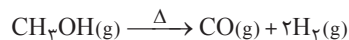


به ازای تجزیه‌ی یک مول آمونیوم دی‌کرومات، یک مول N_2 گازی (۲۸g) و ۴ مول بخار آب (۷۲g) تولید می‌شود که جرم آن‌ها در مجموع ۱۰۰g است.

$$\frac{\text{مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم}} \Rightarrow \frac{x \text{ mol}(NH_4)_2Cr_2O_7}{1} = \frac{56 \text{ g gas}}{(1 \times 28) + (4 \times 18)} \Rightarrow x = 0.56 \text{ mol}(NH_4)_2Cr_2O_7$$

$$\bar{R}_{(NH_4)_2Cr_2O_7} = \frac{|\Delta n|}{\Delta t} = \frac{0.56 \text{ mol}}{20 \text{ min}} = 0.028 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱ ۲۲۱۷ معادله‌ی واکنش انجام شده به صورت زیر است:



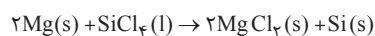
منظور از گاز سبک‌تر، H_2 است که جرم مولی کم‌تری در مقایسه با CO دارد.

$$\frac{\text{جرم متانول}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{14/4 \text{ g } CH_3OH}{1 \times 32} = \frac{x L H_2 \times 0.06 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{2 \times 2} \Rightarrow x = 30 L H_2$$

$$\bar{R}_{H_2} = \frac{\Delta V(H_2)}{\Delta t} = \frac{30 L}{8 \text{ min}} = 3.75 L \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\bar{R}_{CO} = \frac{1}{2} \bar{R}_{H_2} = \frac{1}{2} \times 3.75 = 1.875 L \cdot \text{min}^{-1}$$

۲ ۲۲۱۸ معادله‌ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:



ابتدا محدود کننده را تعیین می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} SiCl_4 : \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} &= \frac{340}{1 \times 170} = 20 \\ Mg : \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} &= \frac{1152}{2 \times 24} = 24 \end{aligned} \right\} SiCl_4 \text{ محدود کننده است.}$$

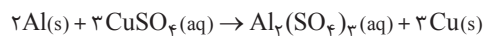
منظور از ترکیب یونی تولید شده، $MgCl_2$ است.

$$\frac{\text{مقدار منیزیم کلرید به مول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مقدار سیلیسیم تترا کلرید به گرم}}{100} \times \frac{R}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{340 \text{ g } SiCl_4 \times \frac{100}{170}}{1 \times 170} = \frac{x \text{ mol } MgCl_2}{2} \Rightarrow x = 32 \text{ mol } MgCl_2$$

$$\bar{R}_{MgCl_2} = \frac{\Delta n(MgCl_2)}{\Delta t} = \frac{32 \text{ mol}}{(4 \times 60) \text{ min}} = \frac{10}{75} = \frac{2}{15} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$$

۱ ۲۲۱۹ معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:



اگر جرم ورقه‌ی آلومینیومی را X فرض کنیم، می‌توان نوشت:

$$\frac{\text{جرم آلومینیوم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مس}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \text{ g } Al}{2 \times 27} = \frac{(x + 5/52) \text{ g } Cu}{3 \times 64} \Rightarrow x = 2/16 \text{ g}$$

$$\text{جرم فلز تولید شده} = 2/16 + 5/52 = 7/68 \text{ g } Cu$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta n(Cu) &= 7/68 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{64 \text{ g}} = 0.12 \text{ mol} \\ \Delta t &= 30 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 0.5 \text{ h} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{R}_{Cu} = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{0.12}{0.5} = 0.24 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

۲ ۲۲۲۰ معادله‌ی واکنش مورد نظر به صورت زیر است:



$$\bar{R}_{KMnO_4} = 2\bar{R}_{O_2} = 2 \times 7/5 \times 10^{-3} = 0.014 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$? \text{ mol } KMnO_4 = 94/8 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{158 \text{ g}} = 0.6 \text{ mol} \text{ (مصرف می‌شود)}$$

$$\Delta n = 0.6 \times \frac{75}{100} = 0.45 \text{ mol} \xrightarrow{\text{مصرف می‌شود}} \Delta n = -0.45 \text{ mol}$$

$$\bar{R}_{KMnO_4} = -\frac{\Delta n}{\Delta t} \Rightarrow 0.014 = \frac{-0.45}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 30 \text{ s}$$